



Implementação de melhoria o processo de produção de talões para pneu

BRUNO MIGUEL AMORIM BARBOSA

Outubro de 2017

IMPLEMENTAÇÃO DE MELHORIA NO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE TALÕES PARA PNEUS

Bruno Miguel Amorim Barbosa

2017

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Departamento de Engenharia Mecânica



POLITÉCNICO
DO PORTO

isep

IMPLEMENTAÇÃO DE MELHORIA NO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE TALÕES PARA PNEUS

Bruno Miguel Amorim Barbosa
1110754

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, realizada sob a orientação do Professor Doutor Francisco José Gomes da Silva e da Professora Doutora Maria Teresa Ribeiro Pereira.

2017

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Departamento de Engenharia Mecânica



POLITÉCNICO
DO PORTO

isep

JÚRI

Presidente

<Grau Académico e Nome>

<Categoria, Instituição>

Orientador

<Grau Académico e Nome>

<Categoria, Instituição>

Co-orientador

<Grau Académico e Nome>

<Categoria, Instituição>

Arguente

<Grau Académico e Nome>

<Categoria, Instituição>

AGRADECIMENTOS

À Continental Mabor pela oportunidade para a realização do projecto curricular em ambiente industrial e pelas óptimas condições de trabalho para o desenvolvimento das competências profissionais e pessoais durante o tempo de estágio.

Ao meu orientador na empresa, Engenheiro Carlos Costa e todos os elementos do DATP pelo apoio e companheirismo ao longo do estágio, pois aprendi bastante com eles e com os seus métodos de trabalho.

Aos meus orientadores no Instituto Superior de Engenharia do Porto, Professor Engenheiro Francisco Silva e Professora Engenheira Maria Teresa Pereira, pela sua disponibilidade, método de trabalho e sugestões para que soluções fossem atingidas. As suas instruções estão presentes ao longo da dissertação, através da sua supervisão e ensinamentos, mas acima de tudo tenho de agradecer por acreditarem em mim.

A todos os docentes que tive a oportunidade de travar conhecimento e pelos ensinamentos transmitidos ao longo dos anos que estudei no ISEP.

Aos meu pai Joaquim e à minha mãe Lucinda, pelo apoio prestado para que tudo decorresse da melhor forma ao longo da minha vida, e me fazerem a pessoa que sou hoje.

A todos os meus colegas e amigos que contribuíram positivamente na minha vida.

PALAVRAS-CHAVE

Pneu, Produção, Qualidade, Lean Manufacturing, Seis Sigma, DMAIC

RESUMO

Este trabalho foi desenvolvido na Continental Mabor S.A. – Indústria de Pneus, fábrica de pneus do grupo alemão em Portugal, concretamente nas máquinas APEX e no seu sistema de produção de cunhas de talão para pneus, com o objectivo de melhorar a performance produtiva e a qualidade do produto.

A necessidade de melhorar este processo deve-se ao facto de terem surgido na fase de inspecção de produto acabado pneus com ar retido entre camadas. Após análise por parte do departamento de qualidade da CM constatou-se que a cunha de talão poderia estar na origem deste problema. A utilização de talões com defeitos de fabrico poderá levar á existência de espaços por preencher na composição do pneu, podendo esse espaço permanecer até ao fim do processo produtivo originando pneus impróprios para utilização.

Surge assim a oportunidade de realização deste projecto, com o intuito de estudar o processo produtivo de cunhas de talão, sugestão e implementação de melhorias.

Aplicando conceitos inerentes à filosofia Lean Manufacturing e Seis Sigma, e seguindo a metodologia DMAIC (Define, Measure, Analyse, Improve, Control), foi realizada uma análise estruturada com recurso a diversas ferramentas da qualidade, onde foram identificadas as causas que afectam negativamente o processo e conseqüentemente a identificação de oportunidades de melhoria.

Foi definida uma série de experiências com o objectivo de se obterem melhorias na qualidade do produto e o controlo e estabilização do processo.

O número de talões produzidos sem defeitos aumentou em 43.5%, e a estabilização do processo seguindo as especificações produtivas foi alcançada.

KEYWORDS

Tire, Production, Quality, Lean Manufacturing, Six Sigma, DMAIC

ABSTRACT

This work was carried out at Continental Mabor tire factory, in Portugal, in the bead APEX machines production process, with the purpose of improving production performance and product quality rate. Due to the appearance of tires with retained air between layers of rubber, and after a detailed analysis from quality department from Mabor, they came up with the idea that the possible origin of that problem could be the bead apex. The use of bead apex with defects could lead to the existence of gaps between layers of the tire, and those gaps possibly will not be eliminated during the production processes, being those tires unsuitable to use.

That's where the opportunity of developing this work appears, with the purpose of process studying, suggestion and implementation of improvements.

Applying concepts as lean Manufacturing and Six Sigma, and using the DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve and Control) methodology was made a structured analysis and the identification of different causes that negatively affect the process in study and consequently the identification of opportunities for improvement.

A series of experiments were developed in order to achieve improvements in product quality rate and process control and stabilization.

The number of produced beads with zero defects increase 43.5% and process stabilization according to productive specifications was achieved.

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

Lista de Abreviaturas

CM	Continental Mabor
DATP	Departamento de Apoio Técnico à Produção
DMAIC	<i>Define, Measure, Analyze, Improve, Control</i>
DMADV	<i>Define, Measure, Analyze, Design, Verify</i>
DPMO	<i>Defeitos Por Milhão de Oportunidades</i>
LC	<i>Limite Central</i>
LIC	<i>Limite Inferior de Controlo</i>
LSC	<i>Limite Superior de Controlo</i>
LSE	<i>Limite Superior de Especificação</i>
LIE	<i>Limite Inferior de Especificação</i>
TPS	<i>Toyota Production System</i>
SPC	<i>Statistical Process Control</i>

Lista de Unidades

mm	Milímetros
°C	Graus Celsius
m/s	Metros por segundo

Lista de Símbolos

σ	Sigma: símbolo que representa o desvio padrão
----------	---

GLOSSÁRIO DE TERMOS

<i>Inputs</i>	Entradas de um sistema
<i>Outputs</i>	Saídas de um sistema
<i>Setup</i>	Inicialização de um processo produtivo
<i>Slitter</i>	Disco de corte
<i>Loops</i>	Sequência de onda que é repetida

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 - CICLO DMAIC	46
FIGURA 2 - SIMBOLOGIA DE DIAGRAMA DE PROCESSO	48
FIGURA 3 - EXEMPLO DE DIAGRAMA DE ISHIKAWA	51
FIGURA 4 - EXEMPLO DE GRÁFICO DE PARETO	52
FIGURA 5 - DIAGRAMA DE UM PNEU	57
FIGURA 6 - NÚCLEO DE TALÃO	58
FIGURA 7 - CUNHA DE TALÃO	58
FIGURA 8 - CAMADA ESTANQUE	58
FIGURA 9 - TELA TÊXTIL	59
FIGURA 10 - PAREDE LATERAL	59
FIGURA 11 - CINTAS METÁLICAS	59
FIGURA 12 - CINTA TÊXTIL	60
FIGURA 13 - PISO DE PNEU	60
FIGURA 14 - COMPOSIÇÃO DO PISO DE PNEU	60
FIGURA 15 - MISTURADORA	61
FIGURA 16 - EXTRUSORA DE PISOS	61
FIGURA 17 - MÁQUINA PU	61
FIGURA 18 - PRENSAS DE VULCANIZAÇÃO	61
FIGURA 19 - INSPECÇÃO FINAL	62
FIGURA 20- IMAGEM DE PNEU COM AR RETIDO	62
FIGURA 21 - MESA DE COMPOSTO	63
FIGURA 22 - TREMONHA	63
FIGURA 23 - CORPO DA EXTRUSORA	64
FIGURA 24 - CABEÇOTE DA EXTRUSORA	64
FIGURA 25 - PASSADEIRA DE TRANSPORTE DE BORRACHA	64
FIGURA 26 - TAMBOR DE ARREFECIMENTO	65
FIGURA 27 - SISTEMA DE LOOPS	65
FIGURA 28 - SLITTER	65
FIGURA 29 – TABULEIRO DE CORTE	66
FIGURA 30 - TAMBOR/DIAFRAGMA E TRANSPORTADOR DE NÚCLEOS	67
FIGURA 31 - MAPA DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE TALÕES	68
FIGURA 32 - ILUSTRAÇÃO DA SOBREPOSIÇÃO DE EMENDA	74
FIGURA 33 - ILUSTRAÇÃO DO DEGRAU DE EMENDA	74
FIGURA 34 - IMAGEM E ILUSTRAÇÃO DA ANOMALIA 1	76
FIGURA 35 - IMAGENS (FRENTE E VERSO) DO TALÃO E ILUSTRAÇÃO DA ANOMALIA 2	76
FIGURA 36 - ILUSTRAÇÃO DE CUNHA BEM APLICADA	77
FIGURA 37 - FOLGA NA MAIORIA DO TALÃO	77
FIGURA 38 - NÚCLEO SOBRESSAÍDO EM RELAÇÃO À CUNHA EM GRANDE PARTE DO TALÃO	78
FIGURA 39 – GRÁFICOS ILUSTRATIVOS DA SITUAÇÃO INICIAL	81
FIGURA 40 - CARTAS DE CONTROLO E HISTOGRAMA DE CAPACIDADE DA LARGURA ANTES DE APLICAÇÃO (INICIAL)	82

FIGURA 41 - CARTAS DE CONTROLO E HISTOGRAMA DE CAPACIDADE DA LARGURA APÓS APLICAÇÃO (INICIAL)	82
FIGURA 42 - CARTAS DE CONTROLO E HISTOGRAMA DE CAPACIDADE DA ESPESSURA ANTES DE APLICAÇÃO (INICIAL)	83
FIGURA 43 - CARTAS DE CONTROLO E HISTOGRAMA DE CAPACIDADE DA ESPESSURA APÓS APLICAÇÃO (INICIAL)	83
FIGURA 44 - CARTAS DE CONTROLO E HISTOGRAMA DE CAPACIDADE DO PESO (INICIAL)	84
FIGURA 45 - HISTOGRAMA COM DADOS DE QUALIDADE DE TALÕES ANALISADOS	84
FIGURA 46 - DIAGRAMA DE PARETO	86
FIGURA 47 - GRÁFICOS DE DADOS DO TESTE 1	90
FIGURA 48 - CARTAS DE CONTROLO E HISTOGRAMA DE CAPACIDADE DA LARGURA DE CUNHA ANTES DE APLICAÇÃO (TESTE 1)	91
FIGURA 49 - CARTAS DE CONTROLO E HISTOGRAMA DE CAPACIDADE DA LARGURA DE CUNHA APÓS APLICAÇÃO (TESTE 1)	91
FIGURA 50 - CARTAS DE CONTROLO E HISTOGRAMA DE CAPACIDADE DA ESPESSURA DE CUNHA ANTES DE APLICAÇÃO (TESTE 1)	92
FIGURA 51 - CARTAS DE CONTROLO E HISTOGRAMA DE CAPACIDADE DA ESPESSURA DE CUNHA APÓS APLICAÇÃO (TESTE 1)	92
FIGURA 52 - CARTAS DE CONTROLO E HISTOGRAMA DE CAPACIDADE DO PESO DE CUNHA (TESTE 1)	93
FIGURA 53 - HISTOGRAMA COM DADOS DE QUALIDADE DE TALÕES ANALISADOS (TESTE 1)	93
FIGURA 54- GRÁFICOS DE DADOS DO TESTE 2	95
FIGURA 55 - CARTAS DE CONTROLO E HISTOGRAMA DE CAPACIDADE DA LARGURA ANTES DE APLICAÇÃO (TESTE 2)	96
FIGURA 56- CARTAS DE CONTROLO E HISTOGRAMA DE CAPACIDADE DA LARGURA APÓS APLICAÇÃO (TESTE 2)	96
FIGURA 57 - CARTAS DE CONTROLO E HISTOGRAMA DE CAPACIDADE DA ESPESSURA ANTES DE APLICAÇÃO (TESTE 2)	97
FIGURA 58 - CARTAS DE CONTROLO E HISTOGRAMA DE CAPACIDADE DE ESPESSURA APÓS APLICAÇÃO (TESTE 2)	97
FIGURA 59 - CARTAS DE CONTROLO E HISTOGRAMA DE CAPACIDADE DO PESO (TESTE 2)	98
FIGURA 60 - HISTOGRAMA COM DADOS DE QUALIDADE DE TALÕES ANALISADOS (TESTE 2)	98
FIGURA 61 - GRÁFICOS DE DADOS DO TESTE 3	101
FIGURA 62 - CARTAS DE CONTROLO E HISTOGRAMA DE CAPACIDADE DA LARGURA ANTES DE APLICAÇÃO (TESTE 3)	102
FIGURA 63 - CARTAS DE CONTROLO E HISTOGRAMA DE CAPACIDADE DA LARGURA APÓS APLICAÇÃO (TESTE 3)	102
FIGURA 64 - CARTAS DE CONTROLO E HISTOGRAMA DE CAPACIDADE DA ESPESSURA ANTES DE APLICAÇÃO (TESTE 3)	103
FIGURA 65 - CARTAS DE CONTROLO E HISTOGRAMA DE CAPACIDADE DA ESPESSURA APÓS APLICAÇÃO (TESTE 3)	103
FIGURA 66 - CARTAS DE CONTROLO E HISTOGRAMA DE CAPACIDADE DO PESO (TESTE 3)	104
FIGURA 67 - HISTOGRAMA COM DADOS DE QUALIDADE DE TALÕES ANALISADOS (TESTE 3)	104
FIGURA 68 - GRÁFICOS DE DADOS DO TESTE 4	106

FIGURA 69 - CARTAS DE CONTROLO E HISTOGRAMA DE CAPACIDADE DA LARGURA ANTES DE APLICAÇÃO (TESTE 4)	107
FIGURA 70 - CARTAS DE CONTROLO E HISTOGRAMA DE CAPACIDADE DA LARGURA APÓS APLICAÇÃO (TESTE 4)	107
FIGURA 71 - CARTAS DE CONTROLO E HISTOGRAMA DE CAPACIDADE DA ESPESSURA ANTES DE APLICAÇÃO (TESTE 4)	108
FIGURA 72 - CARTAS DE CONTROLO E HISTOGRAMA DE CAPACIDADE DA ESPESSURA ANTES DE APLICAÇÃO (TESTE 4)	108
FIGURA 73 - CARTAS DE CONTROLO E HISTOGRAMA DE CAPACIDADE DO PESO (TESTE 4)	109
FIGURA 74 - HISTOGRAMA COM DADOS DE QUALIDADE DE TALÕES ANALISADOS (TESTE 4)	109
FIGURA 75 - GRÁFICOS DE DADOS DO TESTE 5	111
FIGURA 76 - CARTAS DE CONTROLO E HISTOGRAMA DE CAPACIDADE DA LARGURA ANTES DE APLICAÇÃO (TESTE 5)	112
FIGURA 77 - CARTAS DE CONTROLO E HISTOGRAMA DE CAPACIDADE DA LARGURA APÓS APLICAÇÃO (TESTE 5)	112
FIGURA 78 - CARTAS DE CONTROLO E HISTOGRAMA DE CAPACIDADE DA ESPESSURA ANTES DE APLICAÇÃO (TESTE 5)	113
FIGURA 79 - CARTAS DE CONTROLO E HISTOGRAMA DE CAPACIDADE DA ESPESSURA APÓS APLICAÇÃO (TESTE 5)	113
FIGURA 80 - CARTAS DE CONTROLO E HISTOGRAMA DE CAPACIDADE DO PESO (TESTE 5)	114
FIGURA 81 - HISTOGRAMA COM DADOS DE QUALIDADE DE TALÕES ANALISADOS (TESTE 5)	114
FIGURA 82 - GRÁFICOS DE DADOS DO TESTE DE CONTROLO	117
FIGURA 83 - CARTAS DE CONTROLO E HISTOGRAMA DE CAPACIDADE DA LARGURA ANTES DE APLICAÇÃO (TESTE DE CONTROLO)	118
FIGURA 84 - CARTAS DE CONTROLO E HISTOGRAMA DE CAPACIDADE DA LARGURA APÓS APLICAÇÃO (TESTE DE CONTROLO)	118
FIGURA 85 - CARTAS DE CONTROLO E HISTOGRAMA DE CAPACIDADE DA ESPESSURA ANTES DE APLICAÇÃO (TESTE DE CONTROLO)	119
FIGURA 86 - CARTAS DE CONTROLO E HISTOGRAMA DE CAPACIDADE DA ESPESSURA APÓS APLICAÇÃO (TESTE DE CONTROLO)	119
FIGURA 87 - CARTAS DE CONTROLO E HISTOGRAMA DE CAPACIDADE DO PESO (TESTE DE CONTROLO)	120
FIGURA 88 - HISTOGRAMA COM DADOS DE QUALIDADE DE TALÕES ANALISADOS (TESTE DE CONTROLO)	120
FIGURA 89 - CAIXA DE ARMAZENAMENTO DE FIEIRAS EXISTENTE	122
FIGURA 90 - ILUSTRAÇÃO DO PROCESSO DE APLICAÇÃO DE CUNHAS	124

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 - NÍVEL SIGMA EM FUNÇÃO DOS DPMO	46
TABELA 2 – DADOS DE ESPECIFICAÇÃO DO TALÃO A ANALISAR	69
TABELA 3 - VARIÁVEIS DO PROCESSO PRODUTIVO (ANTES DO BATIMENTO)	71
TABELA 4- TABELA DE NÃO-CONFORMIDADES	75
TABELA 5 - DADOS DA SITUAÇÃO INICIAL DO PROCESSO	80
TABELA 6 - DADOS DO TESTE 1	89
TABELA 7 - DADOS DO TESTE 2	94
TABELA 8 - DADOS DO TESTE 3	100
TABELA 9- DADOS TESTE 4	105
TABELA 10 - DADOS DO TESTE 5	110
TABELA 11 – DADOS DE TESTES (FASE II)	115
TABELA 12 - DADOS DO TESTE DE CONTROLO	116
TABELA 13 - DADOS DE TESTE DE CONTROLO	121
TABELA 14 - DADOS DE EVOLUÇÃO DO ESTADO DO PROCESSO PRODUTIVO	127

ÍNDICE

INTRODUÇÃO	27
1 INTRODUÇÃO	29
1.1 Enquadramento	29
1.2 Objetivos	30
1.3 Metodologia	30
1.4 Caracterização da empresa	31
1.4.1 Continental AG	31
1.5 Estrutura da dissertação	32
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	35
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	37
2.1 Indústria de componentes para automóveis	37
2.1.1 Principais requisitos da indústria de componentes automóveis	37
2.2 Indústria de pneumáticos	39
2.2.1 Evolução do produto	40
2.2.2 Mercado (evolução)	41
2.3 Sistema de melhoria contínua	42
2.3.1 Lean Manufacturing	42
2.3.2 Seis Sigma	45
2.4 Ferramentas da qualidade	47
2.4.1 Mapeamento do Processo	47
2.4.2 Controlo estatístico do processo	48
2.4.3 Diagrama de causa-efeito (Ishikawa)	51
2.4.4 Diagramas de pareto	51
DESENVOLVIMENTO	55
3 DESENVOLVIMENTO	57
3.1 Processo de produção de pneumáticos	57
3.1.1 Composição de um pneu	57

3.1.2	Processo de fabrico	60
3.2	Define (definição)	62
3.2.1	Caracterização do Problema	62
3.2.2	Sistema de produção de talões	63
3.2.3	Análise do Processo	67
3.2.4	Definição do estudo	69
3.3	Measure (Medição)	70
3.3.1	O que medir?	70
3.3.2	Como medir?	78
3.3.3	Situação Inicial	80
3.4	Analyze (Análise)	85
3.4.1	Resumo da Análise	87
3.5	Improve (definição e implementação de melhorias)	88
3.5.1	Definição de testes (Fase I)	88
3.5.2	Definição de testes (Fase II)	99
3.5.3	Análise de resultados dos testes	115
3.6	Control (Controlo)	116
3.6.1	Teste de Controlo	116
3.6.2	Análise crítica de controlo de melhorias	121
3.6.3	Sugestão de novas melhorias	121
CONCLUSÕES		125
4.1	CONCLUSÃO INICIAL	125
4	CONCLUSÕES	127
5	BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO	133
5.1	ARTIGOS EM REVISTAS INTERNACIONAIS (Livros e Revistas)	133
5.2	Sítios da internet	134
ANEXOS		137
6	ANEXOS	139
6.1	ANEXO1	139
6.2	ANEXO2	139

6.2.1	ISHIKAWA	139
6.2.2	Matriz causa efeito	139
6.2.3	Pareto	139

INTRODUÇÃO

- 1.1 Enquadramento
- 1.2 Objetivos
- 1.3 **Metodologia**
- 1.4 Caracterização da empresa
 - 1.4.1 Continental AG
- 1.5 Estrutura da dissertação

1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo é descrito de forma introdutória o contexto da realização do presente projecto de estágio.

Inicialmente é apresentado o enquadramento do projecto, referindo a empresa onde foi realizado e explicado o motivo da sua realização.

Posteriormente os objectivos esperados são delineados, assim como a metodologia utilizada para os atingir.

Por último é apresentada a estrutura da presente dissertação por forma a orientar o leitor.

1.1 Enquadramento

No âmbito do último ano do Mestrado em Engenharia Mecânica - Gestão Industrial, a cada aluno compete a missão de realizar uma dissertação. Esta, tanto pode ser realizada em ambiente académico como em ambiente industrial.

A presente dissertação é o relatório de um projecto realizado em ambiente industrial, nomeadamente na empresa Continental Mabor S.A. – Indústria de Pneus.

A CM localiza-se em Lousado -Vila Nova de Famalicão e é especializada na produção de pneus, tanto para equipamento de origem (marcas automóveis) como para o mercado de substituição.

Hoje em dia, existe uma elevada dependência por parte do ser humano face aos transportes, nomeadamente em relação ao automóvel, o que torna o pneu num produto com níveis elevados de consumo a nível mundial.

A indústria dos pneus está inserida num mercado cada vez mais competitivo e exigente, em que os custos e os prazos de entrega devem ser cada vez menores e a qualidade do produto cada vez maior, e, por esses motivos, é então necessária uma constante melhoria dos processos produtivos. Para que este esforço de melhoria contínua seja bem-sucedido, é necessário recorrer a abordagens adequadas que sejam apoiadas em ferramentas consolidadas.

A CM tem por objectivo tornar-se mais competitiva no mercado, e investe no desenvolvimento de novos processos para a produção de pneus, que lhe permita ser mais competitiva perante os seus concorrentes, e sempre com pensamento assente na melhoria contínua dos seus processos.

O projeto realizado vai de encontro ao pretendido pela Continental Mabor S.A., pois pretende-se melhorar o sistema produtivo em estudo, eliminando os desperdícios.

Para a produção do pneu, tal como para outros tipos de produtos, é necessária a passagem por diversos processos produtivos, desde a recepção das matérias-primas até à expedição do produto acabado.

O processo produtivo onde irá ser realizado o estudo e implementação de melhorias é o processo de produção de talões com cunha, situados no Departamento II – Preparação (Preparação Quente).

O projecto foi realizado no Departamento de Apoio Técnico à Produção (DATP) sob a orientação do Eng.º Carlos Costa.

1.2 Objetivos

O objetivo geral desta dissertação é o de analisar, propor e implementar oportunidades de melhoria no processo de produção de cunhas e da sua aplicação no núcleo (produção de talões), na empresa Continental Mabor – Industria de Pneus S.A., através da implementação de conceitos e ferramentas inerentes à filosofia de Melhoria Continua (*Lean Manufacturing*).

A seleção do projeto foi efetuada pela Continental Mabor, devido ao aumento de casos de pneus não conformes (designado por SCRAP) com defeitos que poderão ser originados por talões não conformes.

Como objetivos parciais o autor tem de identificar problemas e as suas possíveis causas, sugerir e implementar melhorias para as eliminar.

Para tal, será feita a recolha informação junto das máquinas e operadores, constatando-se e percebendo-se de dificuldades, falhas e más práticas. Em discussão com os elementos envolvidos no projeto, são idealizadas as melhores propostas para gerar aumento de qualidade dos talões.

Em suma, as fases do trabalho são:

- Estudo do processo produtivo por forma a identificar problemas capazes de gerar talões não conformes;
- Quantificação desses problemas;
- Seleção do problema com maior impacto no processo produtivo;
- Definição da metodologia de análise do processo produtivo;
- Análise do estado inicial do processo;
- Definição e realização de Propostas de Melhoria;
- Implementação e controlo de melhorias.

1.3 Metodologia

Para concluir com sucesso o projeto proposto, foi necessário interagir constantemente com um grupo de pessoas que inclui os orientadores, os supervisores da área em estudo e os próprios operadores das máquinas de produção de talões (*Máquinas Apex*).

Após a definição do problema, foi feita uma revisão de literatura sobre trabalhos realizados em contexto semelhante e sobre possíveis técnicas passíveis de utilizar para a recolha e tratamento de dados, como as cartas de controlo, melhoria continua – kaizen, Lean manufacturing e Seis-sigma. Após revisão de literatura otou-se pela

metodologia DMAIC para o desenvolvimento do projeto, sendo esta metodologia uma extensão dos conceitos inerentes á filosofia Seis Sigma, permitindo uma análise estruturada com recurso a diversas ferramentas da qualidade, onde foram identificadas as causas que afectam negativamente o processo e conseqüentemente a identificação de oportunidades de melhoria.

Análise do contexto por observação e questionário aos trabalhadores permitiu a sistematização do problema e a definição das experiencias a desenvolver com o objectivo de se obterem melhorias na qualidade do produto e o controlo e estabilização do processo.

1.4 Caracterização da empresa

1.4.1 Continental AG

A Continental AG foi fundada em Hannover, Alemanha, em Outubro de 1871. Inicialmente fabricava produtos suaves de borracha, tecidos com borracha e pneus macios para carruagens e bicicletas. Em 1898, iniciou a produção de pneus lisos (sem desenho no piso) para automóveis. A partir de então, acompanha a evolução operada na indústria automóvel com o estudo e aplicação de técnicas, produtos e equipamento para a melhoria de pneumáticos. O seu prestígio ultrapassa as fronteiras da Alemanha e os pneus Continental passaram a equipar os carros vencedores de diversas competições automóveis. Em 2007, a Continental adquire a Siemens VDO Automotive AG e avança para os cinco maiores fornecedores mundiais da indústria automóvel e ao mesmo tempo desenvolvendo a sua posição na Europa, América do Norte e Ásia. O grupo Continental é também especialista na produção de sistemas de travagem, controlos dinâmicos para viaturas, tecnologias de transmissão de potência, sistemas electrónicos e sensores. A Continental tem cerca de 177.762 colaboradores, divididos em seis áreas: Chassis e Segurança, "Powertrain", Interior, Pneus para Viaturas de Passageiros e Comerciais Ligeiros, Pneus Pesados e ContiTech.

1.4.1.1 A Continental Mabor

A Continental Mabor S.A. nasceu em Dezembro de 1989, como empresa ligada à indústria de pneus. O seu nome provém da união de duas empresas de renome na manufatura da borracha, a Mabor, a nível nacional, e a Continental AG, de dimensão mundial. A Mabor – Manufatura Nacional de Borracha, S.A., foi a primeira fábrica de pneumáticos de Portugal, tendo iniciado a sua produção em 1946. Em Julho de 1990, iniciou-se o grande programa de reestruturação que transformou as antigas instalações da Mabor na mais moderna das, então, 21 unidades da Continental AG. Partindo de uma produção média diária de 5.000 pneus/dia em 1990, foram atingidos os 21.000 pneus/dia em 1996, ou seja, a produção quadruplicou. Atualmente a Continental Mabor tem uma capacidade de produção média de aproximadamente

44.000 pneus/dia, apresentando-se assim, como uma das fábricas do grupo Continental com melhores índices de produtividade. Produzindo, inicialmente, apenas pneus da marca Mabor, a gama da empresa é, atualmente, muito variada quer em medidas, quer em tipos, quer em marcas.

Hoje a Continental Mabor dispõe de uma superfície total de 204 140 m² e uma superfície coberta total de 86 499,2 m², contando com cerca de mil e quinhentos colaboradores distribuídos por cinco turnos – três turnos à semana e dois ao fim de semana, laborando 24/24h.

Mais de 98% da sua produção destina-se à exportação. O designado “mercado de substituição” absorve mais de metade da produção anual da Continental Mabor. A parte restante é distribuída pelas linhas de montagem, dos mais prestigiados construtores da indústria automóvel, (Continental Mabor, 2016).

1.5 Estrutura da dissertação

A presente dissertação encontra-se organizada em quatro capítulos, sendo que no presente é feito um pequeno enquadramento ao trabalho e descrevem-se os seus objetivos. É ainda referida a metodologia de investigação utilizada neste projeto. No segundo capítulo é feita a revisão crítica da literatura, onde é descrita a indústria de componentes para automóveis, assim como a indústria de pneumáticos e a sua evolução.

Neste capítulo é também descrito o processo de produção de um pneu, assim como os problemas de qualidade associados à sua produção.

É também feita uma abordagem às metodologias de melhoria contínua em que se baseou a realização do presente projecto, assim como as ferramentas da qualidade utilizadas.

No capítulo três é descrita a empresa, efectuando-se uma breve análise à história da mesma, e por fim ao seu produto, o pneu.

É descrito todo o processo de análise, sugestão e implementação de melhorias e feita uma análise crítica ao resultado das mesmas.

No quarto capítulo são descritas as conclusões do trabalho realizado pelo autor, assim como algumas sugestões para trabalhos futuros.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Indústria de componentes para automóveis

2.1.1 Principais requisitos da indústria de componentes automóveis

2.2 Indústria de pneumáticos

2.2.1 Evolução do produto

2.2.2 Mercado (evolução)

2.3 Sistema de melhoria contínua

2.4 Ferramentas da qualidade

2.4.1 Mapeamento do Processo

2.4.2 Controlo estatístico do processo

2.4.3 Diagrama de causa-efeito (Ishikawa)

2.4.4 Matriz-causa efeito

2.4.5 Diagramas de pareto

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O presente capítulo tem como objectivo efetuar uma revisão crítica da literatura, para a presente dissertação, dividindo-se esta em duas partes, uma parte centrada na indústria de componentes para automóveis, aprofundando a indústria de pneus, e outra centrada na análise de processos produtivos e de qualidade do produto.

Numa primeira parte é descrita a indústria de componentes para automóveis, o seu mercado e a sua evolução.

Em seguida a indústria de pneumáticos é descrita, assim como a origem do pneu e a sua evolução histórica, e explicado o seu respectivo processo de produção.

Posteriormente é apresentado o método de análise de qualidade, metodologias de melhoria contínua e ferramentas da qualidade utilizadas no desenvolvimento deste projeto.

2.1 Indústria de componentes para automóveis

Segundo cálculos realizados pela AFIA¹ baseados em dados do INE – Estatísticas do Comércio Internacional [1], nos primeiros sete meses de 2017 a exportação de componentes atingiu os 4,6 mil milhões de euros, representando um aumento de 6,8% em relação ao período homólogo de 2016. Comparando este valor com o valor registado em 2007, verifica-se um aumento de 50,3%.

Segundo a AFIA [2], a produção mundial vai continuar a crescer, concentrando-se esta em três mercados: Europa, América do Norte e China.

Os componentes auto fabricados em Portugal são maioritariamente destinados ao mercado europeu, representando 90% das exportações, sendo que apenas 6% são destinados à América do Norte e Ásia.

2.1.1 Principais requisitos da indústria de componentes automóveis

A indústria de componentes para automóveis está inserida num mercado cada vez mais competitivo em que os prazos de entrega têm de ser reduzidos, sempre tendo como objectivo principal a satisfação do cliente.

A qualidade, a par do custo e prazos de entrega são os fatores mais importantes para qualquer empresa hoje em dia, sendo estes os pilares para o seu sucesso.

2.1.1.1 Qualidade

¹ Associação de Fabricantes para a Indústria Automóvel

Sendo a qualidade considerada pelas empresas como um fator importante para o seu sucesso, cada vez mais estas tentam melhorar os seus produtos.

Nos dias que correm a garantia de qualidade passa pela certificação [3], sendo que esta é praticamente um requisito para uma indústria que pretenda expandir o seu negócio.

Muitos dos fabricantes e construtores da indústria automóvel exigem produtos certificados aos seus fornecedores, por forma a garantir os níveis de qualidade.

A norma ISO/TS 16949 é a norma que define os requisitos do sistema de qualidade para a cadeia de fornecedores do setor automóvel, sendo esta baseada na norma ISO 9001.

A utilização desta certificação por parte das indústrias traz um conjunto de benefícios às mesmas, tais como redução de custos, redução de número de auditorias e principalmente, porque é um elemento qualificador, torna o fornecedor - elegível para trabalhar com os maiores fabricantes do mundo, pois estes exigem produtos certificados.

O recurso a processos de certificação espelha o esforço das empresas em melhorar o seu desempenho ao nível da qualidade, com um crescimento expressivo nos últimos anos.

Juran e Gryna (1991) defendem a importância da qualidade nas organizações, considerando-a como "[...] um elemento crucial para o comércio internacional, para a capacidade de defesa, para a segurança e saúde humanas e para a proteção do meio ambiente".

2.1.1.2 *Competitividade*

Após a II Guerra Mundial, em meados do Séc. XX a prosperidade da economia foi significativa, surgindo um novo conceito, assumindo a economia uma dimensão global, derrubando barreiras culturais e geográficas (GEP/MIE, 1995).

Foram surgindo novas forças na economia internacional, e com a facilidade de entrar em qualquer mercado, sendo que as forças de competitividade de um setor industrial resumiam-se às capacidades de obter mão-de-obra, matérias-primas e capital.

Hoje em dia, torna-se cada vez mais difícil entrar no mercado global, pois existem empresas que conseguem obter mão-de-obra e matérias-primas mais baratas. Com a facilidade de entrar em qualquer mercado ou área geográfica, é possível às indústrias localizar as suas unidades produtivas em países com mão-de-obra mais barata e/ou matérias-primas baratas.

É aqui que surge uma nova forma de competir, através da qualidade e inovação tecnológica.

Porter (1985) refere que a inovação e a valorização contínua de uma empresa com base na gestão das tecnologias, responder com eficiência e eficácia às solicitações e oportunidades de uma envolvente global, são a base do seu êxito competitivo.

A indústria portuguesa insere-se neste paradigma, pois não sendo tão competitiva em termos de preço da mão-de-obra, a forma de ser competitiva é a de tentar destacar-se pela qualidade e tecnologia.

No mesmo sentido, a OCDE (1992) refere que o sucesso da posição competitiva requer a qualidade dos produtos, melhores processos tecnológicos e superior organização da produção e capacidade de realizar entregas rápidas, garantindo a qualidade no após-venda.

Em resumo, pode assim assumir-se que a competitividade da empresa consiste na capacidade de gerir as tecnologias, competências e *know-hows* existentes, no sentido de promover a produção, de forma eficaz e eficiente, de produtos de qualidade que correspondam às necessidades do mercado.

2.1.1.3 Prazo de entrega

Como referido anteriormente, actualmente, os prazos de entrega são um dos pilares para a competitividade e sucesso de qualquer empresa/indústria.

Com um crescendo nível de exigência por parte do cliente, a redução dos prazos de entrega dos produtos torna-se um fator crucial por forma a ganhar vantagem competitiva.

O cliente quer um produto inovador e com qualidade no menor espaço de tempo possível.

Para que isto seja possível é necessário às indústrias a implementação de filosofias de melhoria contínua dos seus processos e produtos, sempre com o objetivo de ter a melhor qualidade possível. Com processos de produção otimizados e agilizados, o prazo de entrega ao cliente será reduzido ganhando assim vantagem competitiva.

Aliado a um sistema produtivo agilizado tem de estar um bom sistema de gestão logística, por forma a melhorar a movimentação de produtos e materiais, tanto internamente como externamente.

Actualmente as empresas trabalham para satisfazer as três frentes da qualidade, sabendo da existência de uma relação de interdependência entre qualidade, custo e prazo de entrega (Ho e Fung, 1994).

2.2 Indústria de pneumáticos

O pneu é um dos componentes mais importantes de qualquer veículo motorizado. É ele que suporta o seu peso e a única parte deste que entra em contacto com o solo.

Este componente automóvel é também o que transforma a força do motor em tração, é responsável pela estabilidade do veículo e pela eficiência da travagem.

Composto maioritariamente por borracha, tudo isto não seria possível sem a descoberta desta matéria-prima e estudo das suas propriedades.

Descoberta no século XV a borracha foi alvo de estudo durante vários anos, sendo utilizada em diversas áreas, contudo a sua utilidade era limitada.

Em meados do século XIX *Charles Goodyear* [4] começou a estudar e tentar melhorar as propriedades da borracha pois esta na altura tinha problemas de adesividade e não tinha o mesmo comportamento com a variação de temperatura, sendo que endurecia com frio e derretia com calor.

Após várias tentativas de mistura de componentes falhadas, em 1839 acidentalmente *Goodyear* deixa cair um pedaço de borracha juntamente com enxofre numa chapa quente. O que ele observou foi uma transformação no material ficando este semelhante ao couro.

Foi então assim descoberto um novo processo nomeado por *Goodyear* de vulcanização, que ainda hoje é utilizado para o tratamento de borracha, nomeadamente na produção de pneus.

Apesar da descoberta *Goodyear* nunca conseguiu tirar lucro da mesma, acabado por falecer um homem pobre.

2.2.1 Evolução do produto

Desde a sua criação o pneu passou por várias fases de evolução até ao produto que conhecemos hoje.

Em 1845 nasce o primeiro pneu “pneumático”, construído por *R.W. Thomson*, que consistia numa cinta de borracha insuflada com ar e com uma proteção de couro que ligava o pneu à roda. *Thomson* patenteou o seu pneu em França em 1846 e nos estados unidos em 1847. Contudo *Thomson* tinha muitas dificuldades em obter borracha fina para os seus pneus e frustrado acaba por desistir e passa a produzir pneus de borracha sólida (sem ar no interior).

Mais tarde, em 1888 *John Boyd Dunlop* desenvolve um pneu para a bicicleta do seu filho com o objetivo de reduzir a trepidação durante as suas viagens.

Ele costurou uma válvula a um tubo de borracha e encheu esse tubo de ar, cobrindo esse tubo com uma lona. Quando *Dunlop* decidiu patentear o seu pneu descobriu que a patente já existia em nome de *R.W. Thomson* contudo entram em batalha legal e *Dunlop* acaba por ganhar a patente do produto.

Com a descoberta de *Dunlop* surgiram vários interessados neste novo pneu e na sua melhoria.

Em 1895 os irmãos franceses *Édouard* e *André Michelin* patentearam o primeiro pneu automóvel usando esses pneus numa corrida em 1895 sendo que o seu carro ganhou a corrida, contudo verificaram-se vários furos durante a mesma.

Com esta descoberta seguiram-se vários pedidos de patentes de outras marcas, nomeadamente *Pirelli*, *Goodyear*, *Firestone*, etc.

Em 1903 *P.W. Litchfield* na altura superintendente de uma fábrica da *Goodyear* patenteou o primeiro pneu sem câmara-de-ar, contudo este tipo de pneu só começou a ser comercializado em 1954.

Foram criadas as primeiras jantes amovíveis para carros em 1904 o que permitia aos condutores trocarem e repararem os pneus.

Em 1908 foi criado por *Frank Seiberling* o primeiro pneu com frisos no seu piso por forma a criar uma maior aderência dos pneus à estrada.

A empresa B.F. *Goodrich* inventou em 1910 um pneu que garantia uma maior duração (Km) através da adição de carbono (negro-fumo) à borracha.

No ano de 1911 Philip Strauss produziu com sucesso o primeiro pneu, que consistia tal como os anteriores numa combinação de pneu e câmara-de-ar no seu interior. A sua empresa *Hardman Tire & Rubber Company* começou então a comercializar este novo produto.

Entre 1903 e 1917 várias marcas de pneus começaram a produzir pneus com cordas de algodão.

Estes pneus eram compostos por cordas paralelas que atravessavam o piso do topo do pneu.

Em 1937 *Goodrich* inventou os primeiros pneus feitos de borracha sintética criada através de uma substância denominada de *Chemigum* [5][6].

Desde então a procura de melhorias na produção de pneus tem sido constante, tendo estas melhorias variados objetivos, tais como reduzir consumos, travagens mais eficientes, melhor manobrabilidade (*handling*), pneus de chuva, pneus de neve, pneus de alta competição, etc. Sendo uma das indústrias com mais inovação e competitividade, como consequência da inovação e competitividade na indústria automóvel.

Novos materiais foram adicionados, tais como, rayon (seda artificial), *nylon*, etc.

2.2.2 Mercado (evolução)

O mercado de pneus é um dos maiores no ramo da indústria de componentes automóveis, e a par deste está dependente da evolução do mercado de venda de veículos.

Na Europa verificou-se um impacto no mercado devido à crise financeira, que levou ao aumento do preço do “crude”, uma das fontes de matéria-prima de pneus, o que gerou uma diminuição da procura deste produto, restringindo o crescimento deste segmento de mercado. No entanto, no final do ano de 2015, verificou-se uma recuperação deste setor com o mercado europeu a ser “invadido” por marcas de pneus chinesas. Segundo previsões publicadas em “*Europe Tire Market Forecast and Opportunities, 2021*” [7], o mercado de pneus europeu deverá atingir os 49 mil milhões de dólares em 2021, tendo em conta a previsão da estabilização do preço do “crude”, aumento de venda de veículos e o aumento da frota.

A venda tradicional de pneus passa essencialmente pelo retalho, quer seja em oficinas especializadas em pneus, bombas de gasolina ou mecânicos. Contudo recentemente

este mercado viu surgir um novo meio de comercialização através da globalização do fenómeno de *e-commerce*, ou seja, o negócio *on-line*. Em 2014 cerca de 10% das vendas na europa de pneus foram realizadas através de canais de *e-commerce*.

Segundo um estudo elaborado pela GiPA Portugal em 2014, cerca de 24% dos condutores utilizou a internet para procurar informações sobre acessórios auto, pneus, peças ou fazer comparações de preços para reparações. Destes, 8% utiliza a internet para comprar peças ou contratar serviços (uma ligeira subida comparado com valores de 2013 onde a percentagem era de 6%).

Em Portugal os números de vendas de pneus *on-line* ainda não são significativos, sendo que, apenas 2% dos pneus vendidos foram adquiridos *on-line*. Contudo, 16,2% dos consumidores informa-se *on-line* antes de se dirigir a uma loja física e efectuar a compra – sobretudo compara preços entre as várias ofertas disponíveis [8].

Apesar de as lojas de retalho de pneus ainda serem o meio preferido pelo consumidor, cada vez mais se tem verificado um aumento de venda de pneus através de sítios na Internet, pois estes oferecem vantagens por forma a penetrarem no mercado.

Um dos desenvolvimentos neste meio de negócio foi a criação de *software* de visualização (*iConfigurator*), que permite ao consumidor visualizar como ficará determinada jante e pneu em determinado veículo [9].

Deste modo o cliente tem uma perceção do que gostaria de ter na sua viatura efectuando posteriormente a compra. Nesta compra o cliente pode escolher na internet o retalhista em que quer ir colocar os seus pneus, tendo apenas de se deslocar fisicamente ao mesmo para colocar os pneus.

Este novo canal de venda levou a que as marcas de pneus se tivessem de adaptar a uma nova realidade e a criar toda uma nova logística inerente ao *e-commerce*.

A evolução do mercado de pneus acompanha a evolução que está a suceder no mercado global, em que se passou da produção em série para a customização, sendo cada vez mais importante o investimento em pesquisa e desenvolvimento, R&D, de novos processos produtivos, novos produtos e otimizar os existentes.

2.3 Sistema de melhoria contínua

Neste subcapítulo serão abordados os fundamentos teóricos da realização deste projeto.

2.3.1 Lean Manufacturing

A expressão *Lean Manufacturing* surge no japão no fim da segunda guerra mundial, e é a expressão utilizada no mundo ocidental representativa do sistema de produção da toyota (TPS).

2.3.1.1 *História do Lean manufacturing*

Este termo surge pela primeira vez no livro *“The Machine that changed the world”* (Womack, Jones & Roos (1990)), e significa em português: produção magra, sendo que, consiste numa produção focada na melhoria contínua dos processos produtivos através da eliminação de desperdícios.

Para explicar os fundamentos da filosofia *Lean manufacturing* é necessário introduzir os conceitos de produção em massa e ainda o *Toyota Production System* (TPS).

Henry Ford, no ano de 1915, sentiu a necessidade de satisfazer a procura para o seu novo modelo de automóvel, e por forma a satisfazer todas as encomendas projetou um tipo de produção em que o produto pudesse ser produzido de forma fácil, rápida e de baixo custo.

É então assim que nasce o sistema de produção em massa (Alizon, Shooter, & Simpson, 2009).

No modelo de produção em massa, é utilizado o conceito de linhas de produção, onde cada funcionário está associado a um único posto de trabalho e apenas desempenha uma tarefa. No caso da Ford esse funcionário estava associado a um posto de trabalho, e determinada tarefa a realizar nos veículos que lhe chegavam através do transportador da linha. O elemento chave para o conceito de produção em massa é a permutabilidade dos componentes e a simplicidade da montagem dos mesmos (Womack, Jones & Roos (1990)).

Este novo modelo de produção levou a que Henry Ford tivesse uma elevada vantagem sobre a sua concorrência no setor automóvel, sendo que diversas fábricas desse setor apercebendo-se do sucesso deste sistema produtivo decidiram adoptá-lo por forma a serem competitivas no mercado automóvel.

Contudo este sistema produtivo tinha algumas desvantagens, pois apesar de poder gerar maiores fluxos produtivos era limitado no que diz respeito à variedade de produtos e gerava grandes quantidades de *stock*, o que implicava custos.

Por forma a ter uma produção em grandes quantidades, *Ford* restringiu a variedade do seu produto (Automóvel *Ford T*), sendo que todos os carros produzidos eram pretos não havendo opção de escolha por parte do cliente.

O modelo de produção em massa chegou a uma situação de estagnação e a indústria precisava de um novo modelo de produção que pudesse satisfazer o mercado.

No final da década de 40, o gestor da Toyota, engenheiro Eiji *Toyoda* juntamente com o seu chefe de produção engenheiro *Taichi Ohno* pretendiam implementar a produção em massa na Toyota, tal como *Henry Ford* fez na *Ford*, por forma a elevar o seu nível competitivo face ao mercado ocidental. Para tal visitaram a fábrica da Ford durante três meses com o intuito de levar de lá os conceitos de produção em massa para os implementar na sua empresa.

Para Ohno (1988) a produção de grandes lotes resultava em elevado stock, implicando custos de armazenamento e espaço ocupado. Além disto, a pouca diversidade de

produtos não estava adequada ao potencial número de clientes. Esta debilidade do mercado ocidental foi aproveitada mais tarde pela indústria japonesa, conseguindo uma vantagem competitiva através da flexibilidade.

Apercebendo-se das falhas desse sistema produtivo decidem melhorá-lo por forma a reduzir os desperdícios gerados.

Surge assim então o sistema produtivo da Toyota (TPS), que visa a melhoria contínua dos processos produtivos, com redução de desperdícios e utilização do mínimo de recursos possível, com o intuito de oferecer uma maior variedade de produtos, com maior qualidade a preços mais competitivos.

De acordo com (Ohno, 1988) os pilares do TPS são: a *Autonomation*, também conhecida por *Jidoka* e a filosofia *Just-in-Time (JIT)*.

O *Jidoka* é a capacidade dos equipamentos produtivos pararem a produção quando algum erro ocorre, evitando assim a produção de produtos com defeito.

A produção *JIT* consiste na produção do necessário no momento e nas quantidades pedidas, para assim atingir a eliminação absoluta de desperdícios (Ohno, 1988).

2.3.1.2 Os sete desperdícios (MUSA's)

De acordo com a filosofia *Lean Manufacturing*, desperdício é qualquer actividade que não acrescente valor do ponto de vista do cliente (Melton, 2005)

Segundo Ohno (1998) existiam sete tipos de desperdício associados à produção, sendo estes:

Sobreprodução - verifica-se quando existe produção em excesso originando grandes quantidades de *stock* o que implica custos adicionais, e leva a desperdício de recursos (espaço e transportes).

Movimentação - refere-se a movimentações desnecessárias realizadas pelo operador, o que pode significar um *layout* desadequado.

Transportes - excesso de transportes, quer de matéria-prima, produto acabado ou até por acabar. Existindo elevado número de transportes poderá existir desperdício de tempo e recursos.

Esperas - corresponde a períodos de paragem de operadores e/ou equipamentos.

As esperas poderão acontecer devido a falta de matéria-prima, avarias nos equipamentos, ou até o tempo em que o operador espera que determinado processo termine. Nestes tempos não-produtivos o recurso operador pode ser por exemplo utilizado noutras funções, eliminando a existência de esperas.

Sobre processamento - trata-se da existência de processos que não acrescentam qualquer valor ao produto final. Um exemplo destes processos é o retrabalho.

Segundo Feld (2000), a filosofia de Lean Manufacturing assenta em cinco elementos base, que são o fluxo produtivo, organização, controlo de processos, metrologia e logística.

- Fluxo Produtivo – mudanças físicas e desenho de disposição de meios no espaço produtivo por forma a otimizar o fluxo de produção.
- Organização – identificação da função das pessoas na organização, formação e prática de novas formas de trabalhar e comunicar dentro da mesma.
- Controlo de processos - analisar, controlar, estabilizar e procurar novas formas de melhorar os processos.
- Avaliação – medição de performance baseada em resultados, definição de objectivos tangíveis e reconhecimento do esforço e trabalho das equipas de trabalho.
- Logística – definição de regras de trabalho e mecanismos de controlo de trabalho e fluxo de material.

2.3.2 Seis Sigma

A estratégia Seis Sigma [10] é uma extensão dos conceitos da qualidade total e por sua vez da filosofia *Lean*, com foco na melhoria contínua dos processos. A filosofia que sustenta o Seis Sigma é a da melhoria contínua e pode ser aplicada a empresas de todos os tamanhos, nos vários ramos de prestação de serviços ou de produção, seja de capital público ou privado, (Zu, Fredendall, & Douglas, 2008).

Com o aumento da performance e a redução da variação dos processos levará à redução de defeitos, e conseqüente aumento de qualidade e lucro da organização.

Criada nos Estados Unidos em 1985 pela Motorola Inc. , que na altura face à ameaça de empresas japonesas na indústria da tecnologia, sentiu necessidade de melhorar os seus níveis de qualidade.

O *Six Sigma* foi o método usado pela empresa para definir os seus objetivos de qualidade, criando o indicador DPMO (Defeitos por milhão de oportunidades).

A origem do termo “Sigma”, representada por σ , surge da medida estatística de quantificação da variabilidade, o desvio padrão. O sigma representa a dispersão em torno da média do processo, que em termos práticos representa a competência deste produzir produtos conformes. Nesta metodologia existem seis níveis de sigma (Tabela 1) sendo que cada um tem uma diferença de $1,5\sigma$ (1,5 vezes o desvio padrão) entre si.

Tabela 1 - Nível sigma em função dos DPMO

Nível Sigma	Defeitos por milhão de oportunidades (DPMO)
1	691462
2	308357
3	66807
4	6210
5	233
6	3,4

A empresa definiu como limite de qualidade 3,4 DPMO, o que representa uma performance do processo (*Yield*) de 99,99966% representando este valor o nível máximo de Sigma (Seis Sigma).

Cabe a cada organização definir a sua meta, ou seja, o nível sigma que pretendem atingir, sendo o nível seis sigma muito complexo de atingir. Segundo Mclusky (2000) a maioria das empresas situa-se no nível três sigma, o que corresponde a 66807 defeitos por milhão de oportunidades, e uma performance de 93% (*Yield*).

A abordagem desta metodologia aos processos resume-se aos ciclos DMAIC e DMADV, sendo que o primeiro trata-se de análise e melhoria de um processo existente, e o segundo do desenho e definição de um novo processo.

O método mais associado ao Seis Sigma é o ciclo DMAIC, e o mais utilizado pelas organizações, sendo que, este método define os passos que devem ser seguidos por forma a implementar o Seis Sigma, começando na definição do problema e acabando na implementação de soluções de melhoria.

2.3.2.1 DMAIC

O DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar) [10] consiste num método de melhoria continua que segue um pensamento cíclico, tendo como propósito a melhoria dos processos resultando melhor qualidade dos produtos (Pande *et al.* (2000)).

Este ciclo é formado pelas seguintes etapas (Figura 1):



Figura 1 - Ciclo DMAIC

DEFINIR - Nesta etapa é necessário definir o problema e/ou oportunidades de melhoria, objectivos do projecto e os requisitos do cliente (interno ou externo).

MEDIR - Nesta etapa é necessário medir o processo. Para tal é essencial desenvolver um plano de recolha de dados, e com eles conhecer o estado inicial do processo.

ANALISAR - Conhecido o estado inicial do processo o próximo passo é identificar as lacunas, ou seja, determinar o que falta nos processos para atender aos requisitos dos clientes.

Nesta fase é necessário determinar as causas dos problemas, e/ou da baixa performance do processo e atribuir prioridade a cada uma delas.

IMPLEMENTAR - Definição de planos e acções de melhoria por forma a eliminar as causas identificadas no passo anterior e melhorar a performance do processo.

CONTROLAR - Implementar um sistema permanente de avaliação e controlo é fundamental para garantia da qualidade alcançada e identificação de desvios ou novos problemas, os quais devem exigir acções correctivas e padronizações de procedimentos.

2.4 Ferramentas da qualidade

Aqui são enumeradas as ferramentas da qualidade utilizadas a realização do presente trabalho.

2.4.1 Mapeamento do Processo

Um processo envolve entradas, transformação (combinação das entradas segundo regras) e saídas. A transformação é formalizada por operações, controlos, transportes ou fluxos e armazenamentos, quer de bens quer de informação. Desta forma, um processo não se restringe apenas às operações de fabrico e por isso justifica-se a designação que aqui lhe damos de processo abrangente.

O mapeamento de processos trata-se da esquematização das tarefas necessárias a alcançar determinada fase do processo produtivo.

Consiste em construir um modelo que mostra as relações entre as actividades, as pessoas, os dados e objectos envolvidos na produção de uma saída especificada.

Uma das razões pela qual este método é utilizado frequentemente, é pelo facto de oferecer descrições úteis, e relativamente baratas, que podem ajudar na melhoria e redesenho dos processos em análise.

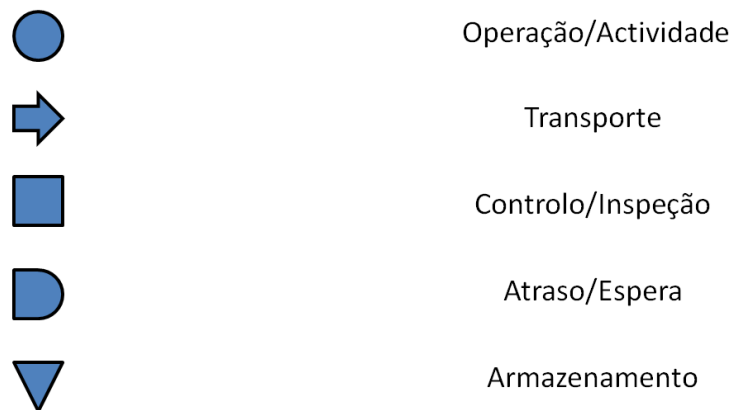


Figura 2 - Simbologia de diagrama de processo

Um método simples de descrever um processo é através do diagrama do processo, também conhecido como diagrama de encadeamento. Geralmente é usada a seguinte simbologia para as actividades dum processo:

Estes símbolos permitem descrever um processo, como exemplificado na Figura 2, através do diagrama de processo.

As operações são representadas por círculos, os fluxos de bens e informações por setas, os armazenamentos de bens por triângulos e os controlos por quadrados.

2.4.2 Controlo estatístico do processo

Segundo Montgomery, D. C. (2011), o SPC (*statistical process control*), consiste na utilização de um conjunto de ferramentas estatísticas que são úteis para alcançar a estabilidade do processo e melhorar a sua capacidade através da redução da variação do mesmo.

Das várias ferramentas existentes (existem sete), são em seguida descritas as utilizadas pelo autor no decorrer do projecto.

2.4.2.1 Cartas de Controlo

É uma das ferramentas da qualidade, criada pelo Dr. Walter Shewart em 1920.

O gráfico/carta de controlo é uma ferramenta que permite detectar com maior facilidade a ocorrência de mudanças de comportamento do processo, por forma a ser realizada uma intervenção correctiva antes que sejam produzidos mais produtos não-conformes.

É também utilizada para a definição de novos parâmetros para determinado processo produtivo, assim como para detectar oportunidades de melhoria no mesmo, sendo que o seu principal objectivo é o de reduzir (se possível eliminar) a variabilidade do processo.

As cartas de controlo podem ser de dois tipos, cartas de controlo por variáveis, ou cartas de controlo por atributos.

Se a característica que se pretende controlar for expressa em números numa escala contínua dá-se o nome de variável, e utilizam-se cartas de controlo de variáveis. Este tipo de cartas é composto por dois gráficos, um de tendência central (carta X) e outro de variabilidade, que tanto pode ser de amplitude de variação (Carta R) como de dispersão de variação (Carta S) em que é utilizado o desvio padrão da amostra.

Se a característica que se pretende controlar não puder ser medida numa escala continua ou até numa escala quantitativa, são utilizados atributos, denominando-se as cartas de controlo deste tipo de características de cartas de controlo por atributos.

Dentro de cada tipo de carta de controlo existem duas situações distintas: quando existem valores de referência e quando não existem, sendo que a forma de cálculo dos mesmos difere de situação para situação.

O gráfico, é um gráfico de linhas composto pela linha representativa dos dados (conjunto de pontos interligados por linhas rectas), pela linha central (LC), que representa o objectivo do processo para a variável em análise (normalmente é utilizada a média dos dados), pela linha inferior de controlo (LIC) e linha superior de controlo (LSC), sendo que estas duas representam os limites do processo para a característica em análise.

Quanto todos os pontos da variável em análise se encontram dentro dos limites (LIE e LSE), dispersos de forma aleatória, diz-se que o processo está “em controlo” estatístico.

Por sua vez, se um ou mais pontos estiverem fora dos limites de controlo considera-se que o processo está fora de controlo.

Este tipo de gráfico permite também a descoberta de causas de variação, sendo estas divididas em causas comuns e causas especiais.

Causas comuns: são variações aleatórias presentes no processo. São previsíveis estatisticamente e não se podem eliminar.

Causas especiais: referem-se a factores detectáveis que são irregulares e imprevisíveis, e alteram a distribuição estatística da população.

Esta ferramenta pode também ser utilizada para estimações, nomeadamente da média desvio padrão e número de não conformidades (DPMO).

Estes parâmetros podem ser depois utilizados para determinar a capacidade do processo para produzir produtos conformes (Montgomery, D. C. (2011)).

Para os padrões de especificação usados na indústria automóvel as cartas de controlo utilizadas são $\bar{X}-R$ ou $\bar{X}-S$ (Pan, J. N. (2007)).

Sendo que optamos pela utilização do ciclo DMAIC no contexto da filosofia Seis Sigma, o objectivo é identificar mudanças no processo e evitar que ocorram defeitos identificando as causas de variação detectadas.

Entre os gráficos de controlo de variáveis tradicionais existem cinco tipos:

Foi utilizado a carta de controlo de média e amplitude $\bar{X}-R$ para largura e espessura, e a carta de observações individuais e amplitude $I-AM$ para o peso.

Também foi realizada análise de capacidade das variáveis em estudo utilizando histogramas de capacidade para calcular os indicadores C_p e C_{pk} do processo.

Cartas de controlo $\bar{X}-R$ são usadas para analisar ponto crítico do processo.

Os passos para implementar uma carta $\bar{X}-R$ são(Dudek-Burlikowska, M. (2005), Taleb, H. (2009)):

1. Análise do processo produtivo;
2. Escolha das características a analisar do produto;
3. Definição do tamanho da amostra assim como a frequência de colecta, que deverá ser no mínimo quatro;
4. Definição de método de recolha e registo de dados;
5. Elaboração de cartas de controlo.

Para a linha central do valor médio \bar{X} : o limite superior é calculado através da fórmula 1:

$$UCL = \bar{X} + A_2 \bar{R} \quad (1)$$

O limite inferior é calculado utilizando a fórmula 2:

$$LCL = \bar{X} - A_2 \bar{R} \quad (2)$$

Para a linha central do valor de amplitude \bar{R} : o limite superior é calculado utilizando a fórmula 3:

$$UCL = D_4 \bar{R} \quad (3)$$

O limite inferior é calculado através da fórmula 4:

$$LCL = D_3 \bar{R} \quad (4)$$

A estimação da capacidade do processo C_p e C_{pk} é obtida através das fórmulas 5 e 6:

$$C_p = \frac{UCL - LCL}{6\sigma} \quad (5) \quad C_{pk1} = \frac{\bar{X} - UCL}{3\sigma} \text{ or } C_{pk2} = \frac{LCL - \bar{X}}{3\sigma} \quad (6)$$

2.4.3 Diagrama de causa-efeito (Ishikawa)

O diagrama de causa-efeito (Figura 3), ou *Ishikawa* consiste num esquema que se assemelha a uma espinha de peixe onde são listadas as causas e sub-causas de um problema.

A utilização desta ferramenta permite obter uma visão simples e estruturada das causas de um determinado efeito.

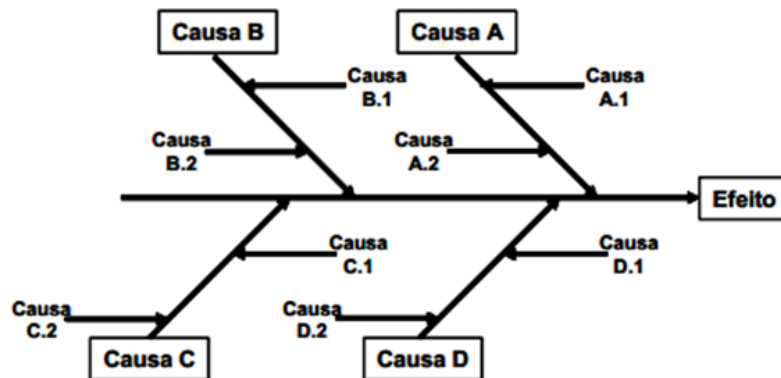


Figura 3 - Exemplo de diagrama de Ishikawa

Segundo Vasconcelos (2005), o diagrama possui as categorias mão-de-obra, método de trabalho, material, máquina, meio ambiente e medida quando relacionado com processos de produção, sendo neste caso denominado como diagrama 6M.

A sua estrutura resume-se essencialmente a três categorias: efeito (cabeça), causas principais (espinhas) e sub-causas (ramificações das espinhas).

As causas (espinhas) são agrupadas por materiais, máquinas, meio, método e mão-de-obra, formando assim uma base de dados de causas estruturada e simples de analisar.

2.4.4 Diagramas de pareto

O diagrama de Pareto, também conhecido como análise ABC é baseado no princípio de Pareto, inventado por Vilfredo Pareto durante a realização de um dos seus estudos.

Este princípio diz que 20% das causas de determinado problema representam 80% dos seus efeitos, ou seja, eliminando essa percentagem de causas iremos reduzir quase na totalidade os seus efeitos (problemas).

Consiste num gráfico de barras verticais que ordena os dados por forma a tornar evidente a prioridade de cada um deles (Pereira, Z. L. e Requeijo, J. G. (2012)). O gráfico (Figura 4) apresenta de forma geral o seguinte esquema:

No eixo horizontal encontram-se as classes a serem comparadas (problemas ou causas).

No eixo vertical encontram-se as frequências de cada classe, organizadas por ordem crescente.

Uma curva que representa a frequência acumulada de todas as classes.

Os dados mais importantes encontram-se à esquerda do gráfico, sendo que de forma geral a maioria dos problemas ou causas se encontram nessa zona do gráfico.

Através da realização deste diagrama torna-se mais simples para quem o analisa

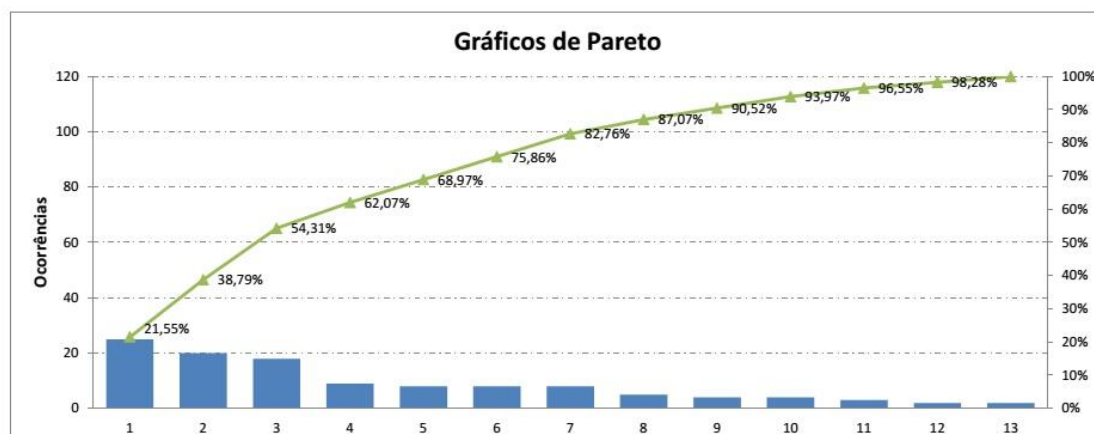


Figura 4 - Exemplo de gráfico de Pareto

perceber que causas contribuem mais para determinado problema, focando-se assim a equipa que o utiliza nessas mesmas causas.

ENVOLVIMENTO

3.1 Processo de produção de pneumáticos

- 3.1.1 Composição de um pneu
- 3.1.2 Processo de fabrico

3.2 *Define* (definição)

- 3.2.1 Caracterização do Problema
- 3.2.2 Sistema de produção de talões
- 3.2.3 Análise do Processo
- 3.2.4 Definição do estudo

3.3 *Measure* (Medição)

- 3.3.1 O que medir?
- 3.3.2 Como medir?
- 3.3.3 Situação Inicial

3.4 *Analyze* (Análise)

- 3.4.1 Resumo da Análise

3.5 *Improve* (definição e implementação de melhorias)

- 3.5.1 Definição de testes (Fase I)
- 3.5.2 Definição de testes (Fase II)
- 3.5.3 Análise de resultados dos testes

3.6 *Control* (Controlo)

- 3.6.1 Teste de Controlo
- 3.6.2 Análise crítica de controlo de melhorias

3.6.3 Sugestão de novas melhorias

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 Processo de produção de pneumáticos

Aqui é descrita a composição de um pneu, o seu processo de fabrico e problemas de qualidade associados ao mesmo.

3.1.1 Composição de um pneu

Um pneu é composto por várias matérias-primas que são transformadas e trabalhadas por forma a dar origem ao produto final que é o pneu (Figura 5).

Em termos de matéria-prima um pneu é composto por:

- Borracha (natural/sintética);
- Aço;
- Negro de fumo;
- Fibras têxtis;
- Óxido de Zinco;
- Enxofre;
- Aditivos;

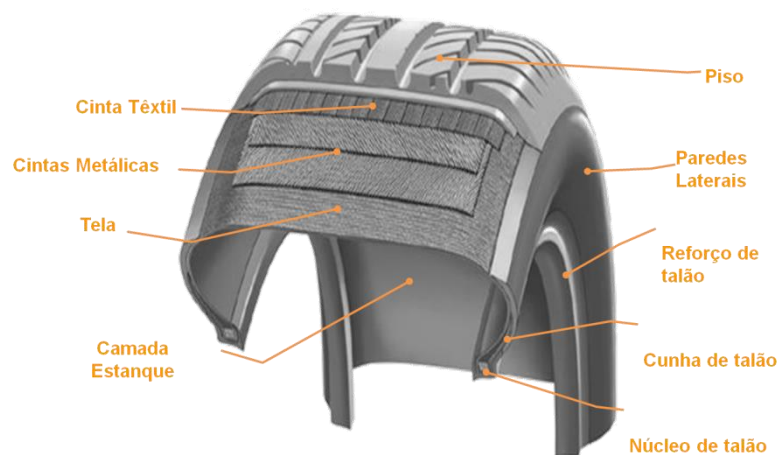


Figura 5 - Diagrama de um pneu

Nem todos os pneus são compostos pelos mesmos materiais, pois existem diversas variantes de pneu no mercado, contudo, de um modo geral um pneu é constituído por duas partes [11]:

- Carcaça;
- Piso e reforço;

3.1.1.1 Carcaça

É a parte do pneu construída para receber pressão, carga e impacto. Retém o ar sobre pressão para suportar o peso e a carga do veículo. Esta é composta por talões, telas têxteis e parede lateral.

Este componente do pneu é responsável por aspetos importantes de dirigibilidade, como balanceamento, geometria e simetria.

3.1.1.1.1 Talão

Este componente é responsável por transmitir o binário do motor e de travagem da jante à área de contacto com o solo (piso), e também de garantir o isolamento hermético deste em contacto com a jante do automóvel.

É constituído por um núcleo (Figura 6) e uma cunha (Figura 7), sendo que cada pneu tem dois talões.

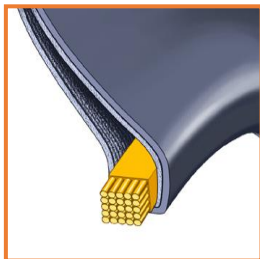


Figura 6 - Núcleo de talão

- **Núcleo**- O núcleo é composto por um conjunto de arames de aço agrupados em forma de matriz e envolvidos em borracha, sendo que esta borracha protege os arames contra a abrasão e garante que eles ficam fixos.

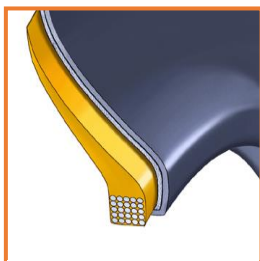


Figura 7 - Cunha de talão

- **Cunha** – consiste num perfil de borracha que tem a função de preencher o espaço entre o núcleo e a tela têxtil que o vai sobrepor, e ajuda a endurecer o pneu.

3.1.1.1.2 Camada estanque



Figura 8 - Camada estanque

Consiste numa tela de borracha que é estanque ao ar (Figura 8), funcionando como uma câmara-de-ar.

É a camada interior do pneu.

3.1.1.1.3 Tela têxtil



Figura 9 - Tela têxtil

A tela têxtil (Figura 9) é uma lona composta por borracha e finos cabos de fibras têxteis dispostas em ângulos retos e coladas na borracha.

Tem a função de garantir maior área de contacto sobre o solo e por sua vez menor pressão.

Numa carcaça de pneu automóvel existem cerca de 1400 fios com a capacidade de suportar 15kg de força cada. Este componente é sobreposto à camada estanque e agrupado ao par de talões, e posteriormente à parede lateral.

Um pneu pode ser composto por mais do que uma tela dependendo da sua especificação.

3.1.1.1.4 Parede Lateral



Figura 10 - Parede lateral

É a parte lateral do pneu que tem a função de proteger esta zona contra choques que poderiam causar danos na carcaça (Figura 10), tais como choques contra passeios, buracos, etc.

Esta é constituída por compostos de borracha com grande flexibilidade e resistência à fadiga. Esta zona do pneu é sujeita a uma maior pressão por isso é mais espessa e flexível.

3.1.1.2 Conjunto Piso e reforço

Este conjunto divide-se em duas partes, uma que serve de reforço à carcaça (Figura 11, Figura 12) e outra que é o componente do pneu que está em contacto com o solo (Figura 13).

3.1.1.2.1 Cintas Metálicas



Figura 11 - Cintas metálicas

Este componente (Figura 11) consiste numa tela de borracha com fios de aço embutidos com orientação oblíqua. Normalmente um pneu leva duas lonas de reforço que sobrepostas formam triângulos indeformáveis.

Posicionam-se sobre a carcaça formando uma cintura que garante a resistência mecânica do pneu à velocidade e à força centrífuga.

3.1.1.2.2 Cinta têxtil



A cinta têxtil de reforço (Figura 12) é composta por um conjunto de fios têxteis envolvidos em borracha, formando uma espécie de cabo. Este componente é aplicado na cinta metálica em espiral, servindo este conjunto de reforço para a carcaça. Evita a deformação do pneu a altas velocidades.

Figura 12 - Cinta têxtil

3.1.1.2.3 Piso



Figura 13 - Piso de pneu

O piso (Figura 13) é um perfil de borracha que é aplicado por último na construção de um pneu, e é a parte do pneu que está em contacto com o solo.

Este tem que resistir a esforços muito importantes, por isso a mistura que o constitui deve ser aderente em todos os tipos de solos, resistir ao desgaste, à abrasão, e aquecer o menos possível.

Posteriormente, no processo de vulcanização serão feitos, neste, frisos conforme as especificações do pneu, por forma a garantir tração, estabilidade, aderência e segurança para cada tipo de terreno.

Este é composto por três partes (Figura 14):

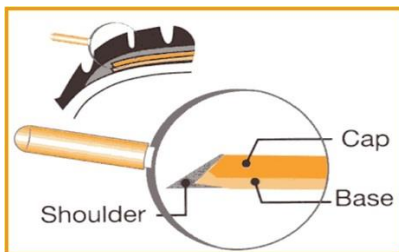


Figura 14 - Composição do piso de pneu

- Base – tem a função de ligar o piso à carcaça, e de efetuar descarga de eletricidade estática;
- Capa – Fornece aderência, resistência ao rolamento e estabilidade direcional ao pneu;
- Ombro- tem a função de unir o piso com a parede lateral.

3.1.2 Processo de fabrico

O processo de fabrico de um pneu é composto por cinco fases:

- Misturação;
- Preparação;
- Construção;
- Vulcanização;
- Inspeção Final;

3.1.2.1 Misturação:



Figura 15 - Misturadora

É o início do processo produtivo, onde são misturados todos os compostos (borracha, pigmentos, óleo mineral, sílica, negro de fumo entre outros) numa máquina de mistura (Figura 15), para que, após a passagem pelos “masters”, que consiste numa primeira mistura (mistura intermédia), e “finals” (segunda mistura), para que a borracha possa passar para a fase seguinte.

3.1.2.2 Preparação:



Figura 16 - Extrusora de pisos

Nesta fase são preparados todos os materiais necessários para a construção do pneu. Aqui são feitos os talões, pisos e as paredes do pneu, as telas (têxteis e metálicas), bem como as camadas estanques.

As extrusoras (Figura 16), as calandras e as máquinas de corte são responsáveis pela preparação destes materiais, que seguem depois em carros de transporte para a área de construção.

3.1.2.3 Construção:



Figura 17 - Máquina PU

Todos os produtos fabricados nas etapas anteriores são aqui montados, ficando pronto o “pneu em cru”.

São utilizados dois tipos de máquinas, uma que constrói a carcaça do pneu (KM), e outra (Figura 17) (PU) que constrói e junta à carcaça as cintas têxteis, cintas metálicas e piso.

3.1.2.4 Vulcanização:



Figura 18 - Prensas de Vulcanização

Nesta fase o pneu é submetido a elevadas temperaturas nas prensas (Figura 18), onde os moldes dão o aspeto final ao pneu.

3.1.2.5 Inspeção Final:



Figura 19 - Inspeção Final

São feitas as verificações para garantir todos os requisitos de qualidade do pneu. Depois desta fase os pneus seguem para o armazém de produto acabado.

3.2 Define (definição)

Neste subcapítulo será definido o problema, o processo produtivo e o produto em análise.

3.2.1 Caracterização do Problema

Surgiram na zona de inspeção final vários pneus não-conformes, sendo que existiam nestes bolhas de ar retido na zona de emenda entre a parede e a tela do pneu.

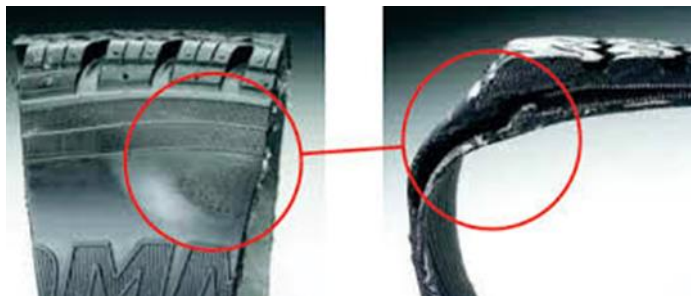


Figura 20- Imagem de pneu com ar retido

Os elementos da equipa de *SCRAP attack* (equipa de redução de desperdício) após análise chegaram a consenso de que a possível origem dessas bolhas seria o talão. É aqui que surge a oportunidade do autor desenvolver o presente projecto. O estado da produção de talões não era conhecido, nem acompanhado, pelo que era necessário estudar o processo produtivo.

3.2.2 Sistema de produção de talões

O sistema produtivo de talões situa-se no departamento de Preparação, sendo constituído por 12 máquinas semelhantes.

A produção de talões é realizada numa máquina denominada de APEX, sendo que esta é constituída por diferentes módulos que vão desde a extrusora até ao conjunto tambor/diafragma.

A máquina APEX encontra-se dividida em oito módulos: extrusora, passadeira de transporte, tambor de aquecimento/arrefecimento, sistema de *loops*, *slitter*, tabuleiro de corte/transporte, conjunto tambor/diafragma, transportador de separadores e núcleos. Cada módulo tem uma função diferente no processo produtivo.

3.2.2.1 Extrusora

No início o sistema produtivo encontra-se a mesa de composto (Figura 21), sendo que este é transportado através de uma passadeira até à tremonha da extrusora. No meio da passadeira existe um detector de metais por forma a evitar possíveis avarias na extrusora. Se o composto contiver algum metal ao passar no detector de metais a passadeira irá parar imediatamente e será dado um alerta luminoso e sonoro por forma a informar o operador de que este necessita de se dirigir junto da passadeira e remover a tira de composto que se encontra lá.



Figura 21 - Mesa de composto



Figura 22 - Tremonha

A máquina de extrusão é composta pela tremonha, corpo e cabeçote.

Posteriormente à passadeira de alimentação encontra-se a tremonha (Figura 22), que consiste num funil onde é introduzido o composto por forma a alimentar a extrusora.



Figura 23 - Corpo da extrusora

O corpo (Figura 23) é composto pela camisa, parafuso e pinos. A caixa que se encontra por cima do corpo da extrusora é o sistema de armazenamento de fieiras existente de momento. A camisa é responsável pelo aquecimento e consequente plastificação do composto transformando-o em borracha. O parafuso é um componente da máquina que através da sua rotação irá movimentar a borracha em direcção ao cabeçote (Figura 24), sendo que esta irá contornar os pinos por forma a garantir a homogeneização da borracha.



Figura 24 - Cabeçote da extrusora

O cabeçote (Figura 24) é a saída da extrusora. Nesta saída é colocada a fieira que é fixa através de garras hidráulicas. A borracha é pressionada contra essa mesma fieira saindo a borracha com o perfil desejado.

3.2.2.2 *Passadeira de transporte*

Após a máquina de extrusão existe uma passadeira de transporte (Figura 25) do perfil de borracha.



Figura 25 - Passadeira de transporte de borracha

Esta passadeira além de ter a função de transportar o perfil de borracha para a fase seguinte do sistema produtivo, tem também a função de garantir as dimensões da borracha extrudida. Através da regulação da velocidade desta passadeira será gerado um esticamento da borracha, ou seja, a velocidade de passadeira deverá seguir o comportamento da velocidade de extrusão.

3.2.2.3 *Tambor de aquecimento/arrefecimento*

O tambor de aquecimento consiste num cilindro que se encontra ligado a um circuito de água, que enche ou esvazia o cilindro conforme a regulação realizada pelo operador.



Figura 26 - Tambor de arrefecimento

Esta parte da máquina APEX tem a função de regular a temperatura da borracha proveniente da máquina de extrusão.

3.2.2.4 *Sistema de loops*

O sistema de *loops* (Figura 27), é um sistema que tem a função de transportar a borracha para o *Slitter*, serve de armazenamento temporário e tem também a função de regular a velocidade de extrusão.



Figura 27 - Sistema de loops

Este sistema é composto por rolos que transportam a borracha e um conjunto de sensores que registam a posição da borracha ao longo dos *loops*. Estes sensores estão ligados a um controlador que por sua vez está ligado à extrusora, e dependendo dos sensores activados a velocidade de extrusão sofre variações.

3.2.2.5 *Slitter*

O *Slitter* (Figura 28) é um mecanismo de corte, sendo que este divide a borracha em largura.

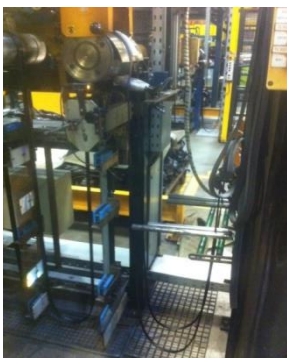


Figura 28 - Slitter

Esta parte da máquina é também composta por uma guia que antecede o corte por forma a orientar correctamente a borracha para o corte, e um par de guias situadas posteriormente ao corte por forma a separar as duas tiras de borracha originadas pelo corte.

3.2.2.6 *Tabuleiro de corte/transporte*

O tabuleiro de corte e transporte de cunhas (Figura 29) é composto por quatro partes: guias, lâmina, transportador e rolos.

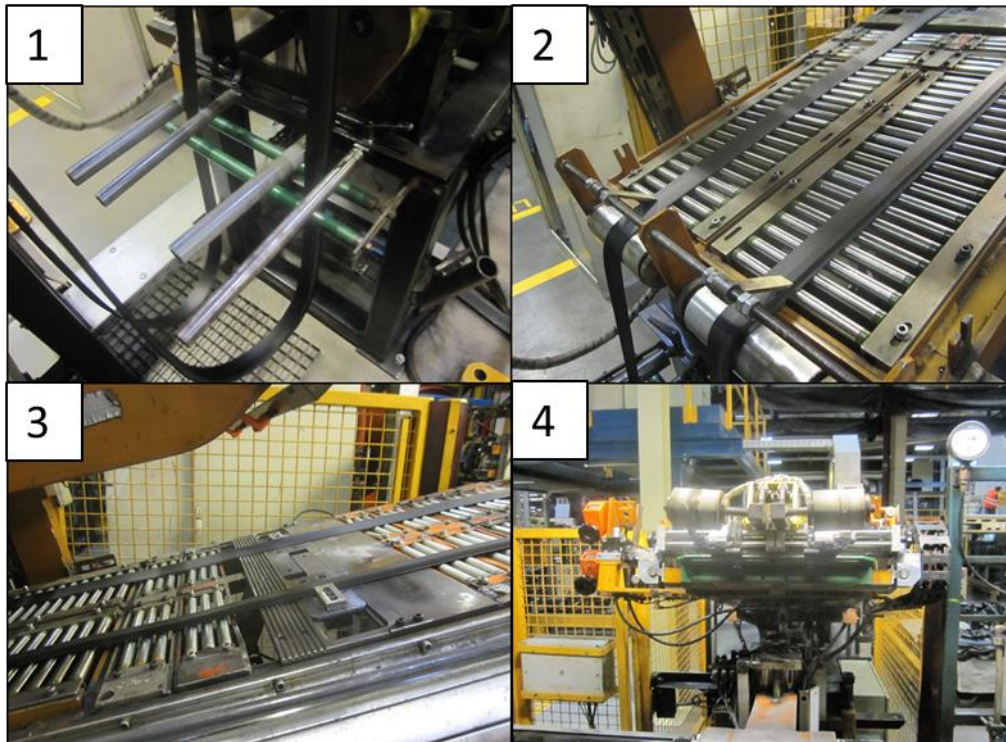


Figura 29 – Tabuleiro de corte

Existem quatro conjuntos de guias ao longo do tabuleiro de corte. Antes do tabuleiro existem duas guias por forma a orientar as duas tiras de borracha para o tabuleiro, seguindo-se um novo conjunto de guias no início do tabuleiro e outro imediatamente antes da zona de corte. O último conjunto de guias tem a função de orientar as duas cunhas para o diafragma por forma a estas serem correctamente aplicadas no diafragma, situando-se no fim do tabuleiro.

Também no fim do tabuleiro estão os rolos calcadores, que a par do último conjunto de guias têm a função de auxiliar a aplicação das cunhas no diafragma.

O sistema de corte e transporte é automatizado, sendo o corte realizado através de uma lâmina colocada a um certo ângulo em relação ao tabuleiro, cortando as tiras de borracha em comprimento, dando origem a duas cunhas. O transporte é realizado por um mecanismo que através de agulhas fixam a ponta das duas tiras de borracha e movem-nas até ao fim do tabuleiro.

3.2.2.7 Conjunto tambor/diafragma e transportador de núcleos



Figura 30 - Tambor/diafragma e transportador de núcleos

O tambor (Figura 30) trata-se de um cilindro ligado a um motor através de um veio mecânico, sendo que este tem na sua superfície uma tela composta por um material elástico denominada de diafragma.

Ao lado do tambor encontra-se o sistema de fixação e transporte de núcleos, que desloca e posiciona correctamente os núcleos no diafragma.

É nesta zona da máquina que se dá a aplicação da cunha no núcleo, dando origem ao talão.

3.2.3 Análise do Processo

Estando definido o foco do projecto, a produção de talões, é então necessário conhecer o seu processo produtivo.

Para tal o autor analisou e registou todos os passos do processo produtivo, desenhando posteriormente o respectivo mapa de processo (Figura 31).

O processo produtivo divide-se em cinco fases:

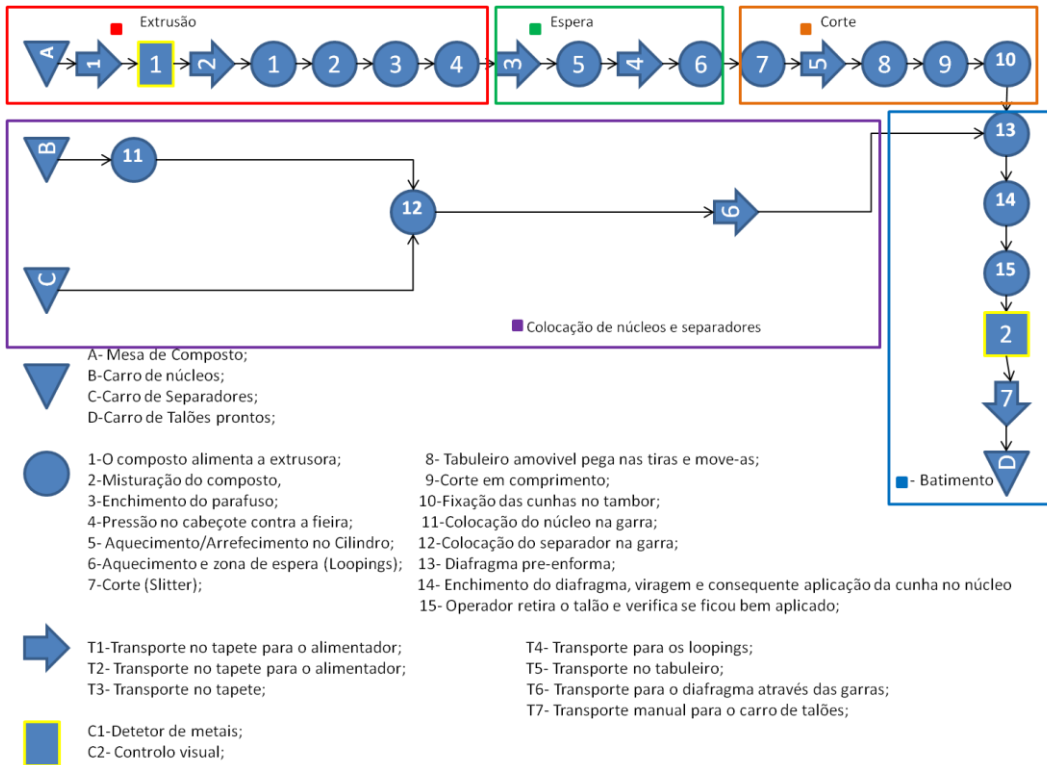


Figura 31 - Mapa do processo de produção de talões

1. Inicialmente a máquina recebe uma mesa de composto que irá alimentar a extrusora.
Depois o composto é aquecido, misturado e pressionado contra uma fieira (molde/matriz) que tem as dimensões do perfil pretendido para a cunha.
2. A borracha após extrudida percorre um tapete transportador e um cilindro de arrefecimento/aquecimento.
De seguida percorre um sistema de *loops* que têm como objectivo servir de zona de espera para a cunha.
3. Após os *loops* a borracha é cortada a meio no *Slitter* e posteriormente vai para o tabuleiro de corte onde é cortada em comprimento.
4. Ao mesmo tempo que as cunhas são aplicadas no diafragma (5) o operador coloca os núcleos com os respectivos separadores nas garras que automaticamente se deslocam até ao tambor.
5. O diafragma do tambor insufla e dá-se o batimento/viragem e as cunhas são aplicadas nos núcleos.

Os talões são recolhidos pelo operador e armazenados no carro de talões que posteriormente irá para a zona de construção onde serão utilizados os talões para a construção de “pneus em cru”.

3.2.4 Definição do estudo

Existindo na CM doze máquinas APEX e um número elevado de artigos de talões em produção é impossível no decorrer do estágio conseguir analisar todos esses artigos e todas essas máquinas, pelo que foi necessário centralizar o foco do estudo.

Posto isto, foi seleccionado um artigo de produção e uma máquina a analisar, incidindo todo o estudo nestes.

Os elementos da equipa *SCRAP attack* fazem uma análise mensal aos pneus considerados *SCRAP* registando os defeitos encontrados e tentando conhecer as suas causas. Segundo dados registados pelos elementos da equipa, grande parte dos *Scraps* devido a bolhas verificaram-se em pneus que são compostos por talões com cunhas estreitas (largura de cunha inferior a 15mm).

Deste modo foi seleccionado um dos talões com maior produção composto por cunhas estreitas, e a máquina onde este artigo é produzido com maior frequência.

Os dados do talão escolhido e as suas especificações são descritos em seguida na Tabela 2.

Tabela 2 – Dados de especificação do talão a analisar

Código	087
Fieira/Molde	A
Composto	X
Jante	17 "
Nº Arames do Núcleo	25 (5*5mm)
Largura Cunha (Antes do Batimento)	14±2 mm
Largura Cunha (Após o Batimento)	13±2 mm
Espessura Cunha (Após Batimento)	6,4±0,3 mm
Peso	82±7 g
Comprimento de cunha	1290 mm
Velocidade de extrusão	5,8 rpm
Velocidade de passadeira	6,2 m/min
Temperatura de extrusão	80±10 °C

De notar que não está presente na tabela de especificações qualquer informação relativa à espessura de cunha antes da aplicação.

3.3 *Measure* (Medição)

Por forma a ter dados da situação inicial do processo e identificar o/os problema/s existente/s, foram realizadas medições das cunhas antes da sua aplicação no núcleo, e após a aplicação, seguindo o procedimento de auto-controlo em vigor e registando os seus dados.

A análise dividiu-se em duas partes, uma antes da aplicação da cunha no núcleo, isto é, antes do processo de batimento/viragem, e outra após a aplicação da cunha no núcleo.

Para tal foi definido o seguinte plano de recolha de amostras considerando o caudal produtivo e a disponibilidade da máquina e produto em análise:

5 dias diferentes

5 operadores diferentes

20 amostras/dia (20 cunhas e 20 talões)

A recolha de amostras é realizada apenas quando o processo estiver estabilizado, considerando-se 15min desde o início da produção como o tempo ideal para se iniciar a recolha de amostras.

Após uma recolha inicial de amostras conclui-se que o nº ideal de amostras a recolher seria de 20 unidades. As quantidades e o planeamento das ordens de produção são condicionantes o que leva a que não seja sempre possível obter mais do que 20 amostras num dia. Contudo com este tamanho amostral é possível ter uma representação fiável do processo produtivo no dia em análise.

O intervalo de tempo entre recolha de amostras é variável entre 5 a 10 min.

O facto de se querer que sejam 5 operadores diferentes deve-se ao facto de ter por objectivo verificar se existe variação de operador para operador, nomeadamente em termos de métodos de trabalho e especificações adoptadas pelos mesmos.

Apenas a máquina e a feira são comuns a todas as recolhas de amostras, tudo o resto é variável.

3.3.1 O que medir?

Neste ponto de discussão o que se pretende é definir o que deve ser analisado, ou seja, que variáveis têm influência no processo, e como tal devem ser medidas.

3.3.1.1 *Inputs*

3.3.1.1.1 Variáveis do sistema produtivo

Após análise do sistema produtivo construiu-se uma tabela (Tabela 3) com a lista de todas as possíveis variáveis com influência no sistema produtivo em análise.

Tabela 3 - Variáveis do processo produtivo (antes do batimento)

Zona	Variável
Extrusão	Composto
	Velocidade de Extrusão (introduzida) (rpm)
	Velocidade de Extrusão <i>Display</i> (rpm)
	Velocidade do tapete (m/s)
	Temperatura de Extrusão (Controladores) (°C)
	Temperatura de Extrusão <i>Display</i> (cabeçote) (°C)
	Fieira (matriz/molde)
Espera	Sistema de Loops
Corte	Posição do <i>Slitter</i>
	Corte
Batimento	Operador

- **Composto** – Não existe uma garantia total de que todas as mesas de composto têm as mesmas propriedades, pelo que é necessário o registo de dados das mesmas, pois é possível que a variação de composto tenha influência no comportamento da borracha extrudida e/ou nas dimensões das cunhas;
- **Velocidade de Extrusão** – A velocidade de extrusão é um parâmetro de entrada do sistema produtivo que regula o caudal de borracha extrudida. Esta é a velocidade a que o parafuso da extrusora roda, sendo a sua unidade de medição rpm (rotações por minuto).

Este parâmetro na realidade divide-se em duas variáveis:

- **Velocidade de Extrusão introduzida (Setup)** – Este parâmetro corresponde à velocidade introduzida pelo operador no início da produção, sendo que o valor introduzido é fixo ao longo da corrida, mas pode variar de operador para operador;
- **Velocidade de Extrusão *Display* (Real)** – é a velocidade registada no display da extrusora que representa a velocidade instantânea da mesma. Este valor varia em função dos controladores de velocidade que funcionam em função da posição da borracha no sistema de *loops*.

Na realidade o que controla esta velocidade é o ritmo de trabalho do operador. Se o operador estiver a trabalhar com um ritmo baixo, o sistema de *loops* em pouco tempo vai ficar quase cheio fazendo com que a velocidade de extrusão diminua. O inverso verifica-se quando o ritmo é elevado.

- **Velocidade do tapete** – a velocidade do tapete se não estiver a variar de acordo com a variação da velocidade de extrusão poderá originar o esticamento da borracha alterando assim as suas dimensões, pelo que é necessário verificar se esse sincronismo existe;
- **Temperatura de Extrusão** – Esta variável corresponde ao valor introduzido pelo operador no controlador de temperatura da extrusora. Este controlador tem como função regular a temperatura por forma a esta se manter no valor introduzido.

A temperatura de extrusão tal como a velocidade, têm influência no processo de extrusão. Temperaturas elevadas irão fazer com que a borracha seja extrudida com menor ductilidade (mais líquida) e temperaturas mais baixas irão gerar o oposto, uma borracha mais dura e difícil de trabalhar.

A borracha com temperaturas ambíguas terá comportamentos ambíguos também, pelo que as suas dimensões poderão alterar-se ao longo da linha produtiva. Assim como as dimensões, também influenciam a sua manobrabilidade na zona de corte e batimento podendo gerar talões não conformes.

- **Temperatura do *Display* (Cabeçote)** – esta temperatura trata-se da temperatura registada no display da extrusora, sendo considerado como o valor de temperatura real do processo de extrusão. Esta varia em função da temperatura introduzida e também das variações de velocidade de extrusão.
- **Fieira** – A fieira é um molde com uma matriz pelo qual passa a borracha extrudida adquirindo assim a forma do mesmo.
- **Sistema de *loops*** – O sistema de *loops* é um sistema que tem a função de transportar a borracha para o *Slitter*, serve de armazenamento temporário e tem também a função de regular a velocidade de extrusão.

Das suas três funções é importante analisar de que forma este sistema influencia a velocidade de extrusão.

Este sistema é composto por um conjunto de sensores que registam a posição da borracha ao longo dos *loops*. Estes sensores estão ligados a um controlador que por sua vez está ligado à extrusora, e dependendo dos sensores activados a velocidade de extrusão sofre variações.

- **Posição do *Slitter***- A posição do *slitter* poderá ser uma variável, pois se a lâmina não estiver devidamente centrada irá dar origem a cunhas com larguras diferentes, sendo que o objectivo desta zona de corte é gerar duas cunhas com larguras iguais.
- **Operador**- O operador influencia todo o processo, pois como já foi referido anteriormente, o seu ritmo de trabalho irá afectar a velocidade de extrusão, assim como os parâmetros introduzidos e ajustes realizados pelo mesmo.

O facto de ser considerado variável deve-se a que além de um mesmo operador ter uma variação inerente do seu ritmo de trabalho, diferentes operadores registam também ritmos de trabalho diferentes entre si, assim como parâmetros utilizados e ajustes. Registando dados de cada um poderemos

comparar e avaliar de que forma este gera ou não grande influência na existência de dimensões de cunhas incorrectas e talões não conformes.

3.3.1.1.2 Variáveis Fixas

Que variáveis devem ser fixas e como tal não serem alvo de análise?

Por forma a simplificar a análise é necessário fixar o maior número de variáveis possível.

Numa fase inicial considerou-se importante fixar as variáveis *Fieira* e *Slitter*, sendo assim estas excluídas da análise.

Fieira- A variável *fieira* não é fixa pois existem várias *fieiras* do mesmo tipo com diferentes desgastes, variando entre si. Mas se analisarmos apenas uma delas poderá ser considerada uma variável fixa.

Slitter - O *slitter* está centrado, sendo apenas ajustadas as guias que o antecedem sempre que existe troca de dimensões de cunha.

A análise recai apenas sobre um tipo de cunha pelo que não existirá variabilidade significativa neste ponto do processo, sendo este considerado fixo numa fase inicial.

Caso sejam verificados desvios significativos da largura na análise do estado inicial do processo, a posição das guias será analisada em detalhe.

Operador - A variável *operador* poderia ser fixa também, isto é, analisar um único operador na produção do mesmo talão, na mesma máquina. No entanto esta abordagem iria tornar a recolha de amostras demasiado extensa pois a CM labora com um regime de trabalho por turnos e só num intervalo de três em três semanas é que existiria a possibilidade de recolher novamente amostras, isto claro sem a garantia que o artigo em análise seria produzido todos os dias desse período de laboração. Variando o operador poderá ser vantajoso para a análise por forma a registar diferentes métodos e ritmos de trabalho, e compara-los.

3.3.1.2 Outputs

O *output* do sistema produtivo são as cunhas (antes do batimento) e os talões (após batimento), pelo que devemos ter dados das dimensões e peso das cunhas (antes e após batimento) assim como dados da qualidade dos talões produzidos.

O estado da emenda da cunha deverá influenciar a qualidade do talão pelo que é importante analisar as variáveis inerentes à emenda, nomeadamente: sobreposição de emenda de cunha e degrau de emenda de cunha.

3.3.1.2.1 Sobreposição de emenda

A sobreposição de emenda é a distância em mm que uma cunha se sobrepõe à outra na zona de emenda (Figura 32).

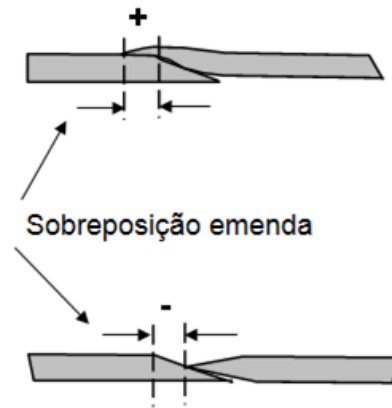


Figura 32 - Ilustração da sobreposição de emenda

3.3.1.2.2 Degrau de emenda

O degrau de emenda é a distância em mm que uma cunha se desvia da outra na zona de emenda da cunha (Figura 33).

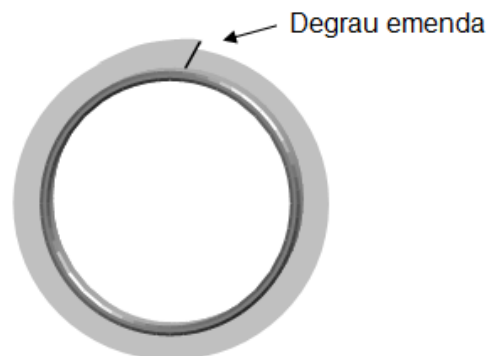


Figura 33 - Ilustração do degrau de emenda

Estas duas variáveis influenciam a qualidade final do talão, mas por forma a ter dados dos *outputs* em termos de qualidade foi definido um método de análise da mesma com base na atribuição de números a cada tipo de não-conformidade (Tabela 4).

3.3.1.2.3 Não-conformidades

A variável qualidade não é mensurável, como tal foi necessário criar um sistema de classificação das não conformidades, isto é, definição de atributos para a variável qualidade.

Tabela 4- Tabela de não-conformidades

Número	Descrição
1	Núcleo sobressaído na zona de emenda do núcleo
2	Folga na emenda da cunha
3	Talão bem aplicado
4	Folga em $\frac{1}{4}$ do talão
5	Núcleo sobressaído em grande parte do talão
6	Falta de emenda de cunha
7	Verificou-se 1 e 5
8	Verificou-se 2 e 1
9	Verificou-se 2 e 4
10	Verificou-se 2 e 5
11	Verificou-se 2,1 e 4
12	Verificou-se 2,1 e 5

A classificação das não conformidades foi realizada com base na observação dos talões produzidos realizada pelo autor. As imperfeições dos talões resumem-se às presentes na tabela, pois não foram observadas outro tipo de imperfeições.

1- Núcleo sobressaído na emenda do núcleo

Esta não conformidade (Figura 34) consiste numa diferença entre a face da cunha e a face do núcleo.

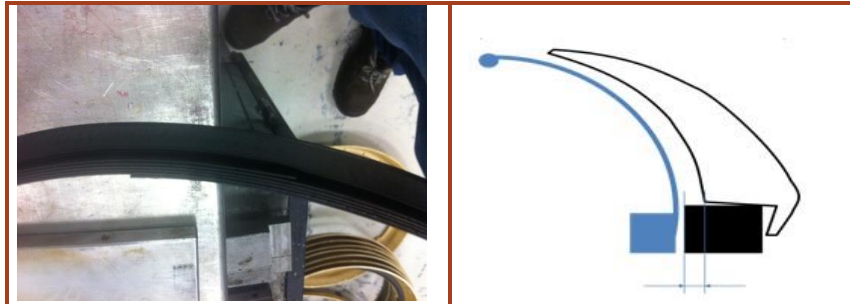


Figura 34 - Imagem e ilustração da anomalia 1

Desta forma é criado um desnível, sendo que esse irá gerar um espaço sem preenchimento na fase seguinte que é a construção do pneu, nomeadamente da carcaça do mesmo.

2- Folga (espaçamento) na zona de emenda da cunha

A folga na zona de emenda do núcleo (Figura 35) consiste num espaço gerado no interior do talão, entre a cunha e o núcleo.



Figura 35 - Imagens (frente e verso) do talão e ilustração da anomalia 2

Este espaço poderá manter-se ao longo dos seguintes processos produtivos, gerando no final bolhas de ar no interior do pneu.

3- Talão bem aplicado

Um talão é considerado bem aplicado (Figura 36) quando a face do núcleo é totalmente coberta pela cunha em ambas as faces.

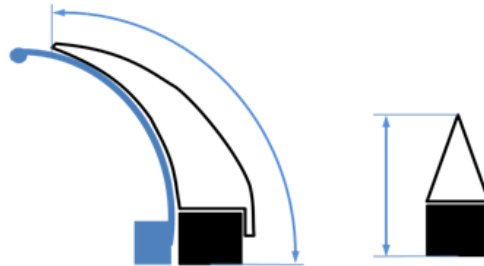


Figura 36 - Ilustração de cunha bem aplicada

Uma cunha bem aplicada não tem folgas, nem desvios em relação ao núcleo e tem de encontrar-se dentro dos limites de especificação.

4- Folga em grande parte do talão

A folga em grande parte do talão (Figura 37) é uma anomalia semelhante ao que foi explicado no ponto 2-.

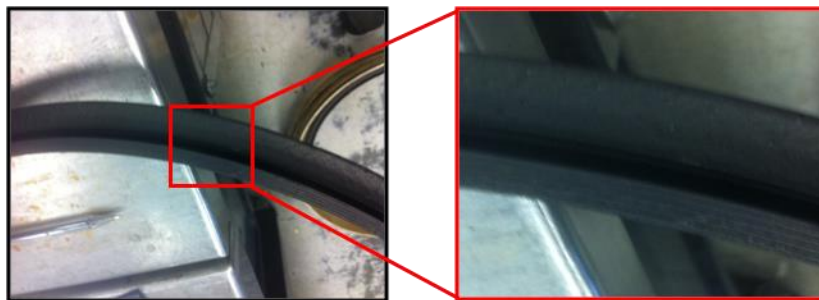


Figura 37 - Folga na maioria do talão

As não conformidades deste tipo (folgas) foram divididas pois são verificadas em diferentes zonas do talão, o que pode significar diferentes causas de origem.

5- Núcleo sobressaído em grande parte do talão

Esta não-conformidade (Figura 38) é semelhante a 1-, contudo verifica-se numa zona diferente do talão.



Figura 38 - Núcleo sobressaído em relação á cunha em grande parte do talão

A cunha preenche em demasia a face exterior do talão ficando espaço por preencher no interior, verificando-se um desnível entre núcleo e cunha.

6- Falta de emenda de cunha

A falta de emenda de cunha, apesar de acontecer raramente, pois os operadores ajustam a máquina por forma a regular sobreposição e degrau de emenda, por vezes sucede. Não se verifica a união das duas extremidades da cunha originando uma zona no talão apenas com núcleo à face. Normalmente esta anomalia é facilmente detectada pelo operador que retira o talão de produção.

3.3.2 Como medir?

Aqui é explicado como foram realizadas as medições, e o método de obtenção dos dados das mesmas.

Estando definido o foco da análise é agora necessário estruturar um plano de recolha de informação, ou seja, um método de obtenção de dados.

De forma a obter dados de todas as variáveis em estudo definiu-se um método de recolha de amostras.

Quando o processo de produção estabilizar, ou seja, após o *setup* e ajustes:

- 1- Registo de dados da mesa de composto;
- 2- Registo de temperaturas ($T_{\text{controlador}}$ e $T_{\text{cabeçote}}$) e velocidades (Vel. Extrusão e Vel. Tapete);
- 3- Recolha de duas amostras de cunha (uma esquerda e uma direita) e dos próximos dois talões produzidos (esquerdo e direito);
- 4- Medição e registo de dados de largura, espessura e peso das cunhas;
- 5- Medição e registo de dados de sobreposição de emenda e degrau de emenda nos talões recolhidos (após batimento);
- 6- Observação e registo de não conformidades nos talões;

- 7- Com recurso ao perfilómetro medição e registo de dados de largura e espessura das cunhas dos talões produzidos.

A recolha de amostras e medição dividiu-se em duas partes, uma antes da aplicação da cunha no núcleo, isto é, antes do processo de batimento/viragem, e outra após a aplicação da cunha no núcleo, sendo que os talões analisados são os produzidos imediatamente em seguida à recolha das duas cunhas.

Ambas as partes são explicadas em seguida:

3.3.2.1 *Antes do Batimento*

Os dados recolhidos foram:

- Mesa de Composto:**
- Nº de mesa;
 - Nº do Misturador que produziu o composto da mesa;
 - Carga;
 - Data de produção;
- Temperaturas:** -Registo dos valores presentes nos displays dos controladores (3 controladores), e do display da extrusora;
- Velocidade de Extrusão:** - Valor registado no display e valor introduzido pelo operador;
- Velocidade de Tapete:** - Medição com cronómetro e registo do tempo que determinado ponto demora a percorrer o tapete e posterior conversão;
- Posição dos *loopings*:** - Através de observação registo de disposição da borracha nos *loopings*. Foi definido uma matriz com os sensores como referência.

Após a recolha de duas amostras de cunha (uma esquerda e outra direita):

Largura- Medição com recurso a um paquímetro, e registo de 3 valores de largura:

- largura a $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$ e $\frac{3}{4}$ da cunha (posição da medição é subjectiva);

Espessura- Medição com recurso a um paquímetro, e registo de 3 valores de espessura:

- Espessura a $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$ e $\frac{3}{4}$ da cunha (posição da medição é subjectiva);

Peso- Com recurso a balança digital, pesagem de cada cunha e registo do valor do seu peso.

3.3.2.2 Após Batimento

Esta parte consiste na análise dos talões a nível dimensional e qualitativo. Após a recolha de dois talões (um esquerdo e outro direito) as medições dividem-se em duas partes:

Parte 1:

Sobreposição de emenda de cunha- Medição com recurso a paquímetro, e registo de valores de sobreposição da emenda da cunha;

Degrau de emenda de cunha- Medição com recurso a paquímetro, e registo de valores de degrau de emenda da cunha;

Não conformidades- Observação e registo de não conformidades no talão;

Parte 2:

Recolha de 3 amostras de cunha aplicada no talão ($\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$) com recurso a álcool e uma tesoura;

Largura após aplicação- Medição e registo de largura das amostras com recurso ao perfilómetro;

Espessura após aplicação - Medição e registo de espessura das amostras com recurso ao perfilómetro;

3.3.3 Situação Inicial

Após a recolha de amostras segundo o método definido, foram registados os dados e analisados por forma a perceber o comportamento do sistema produtivo.

Tabela 5 - Dados da situação inicial do processo

Variável	Dados		
	Média	Mínimo	Máximo
Velocidade Introduzida (rpm)	7.24	7	7.5
Velocidade de Extrusão (rpm)	6.71	5.9	10
Temperatura Introduzida (°C)	79	73	85
Temperatura de Extrusão (°C)	85.6	79	92
Largura Antes (mm)	13.48	12.87	14.43
Espessura Antes (mm)	7.08	6.73	7.38
Peso (g)	88.95	82	98
Largura Após (mm)	12.93	12.33	13.73
Espessura Após (mm)	6.41	6.13	6.73

Analisando mínimos, máximos e média das variáveis do processo denota-se que em média o processo cumpre minimamente os requisitos de especificação, contudo a sua variação oscila por valores fora dos limites de especificação.

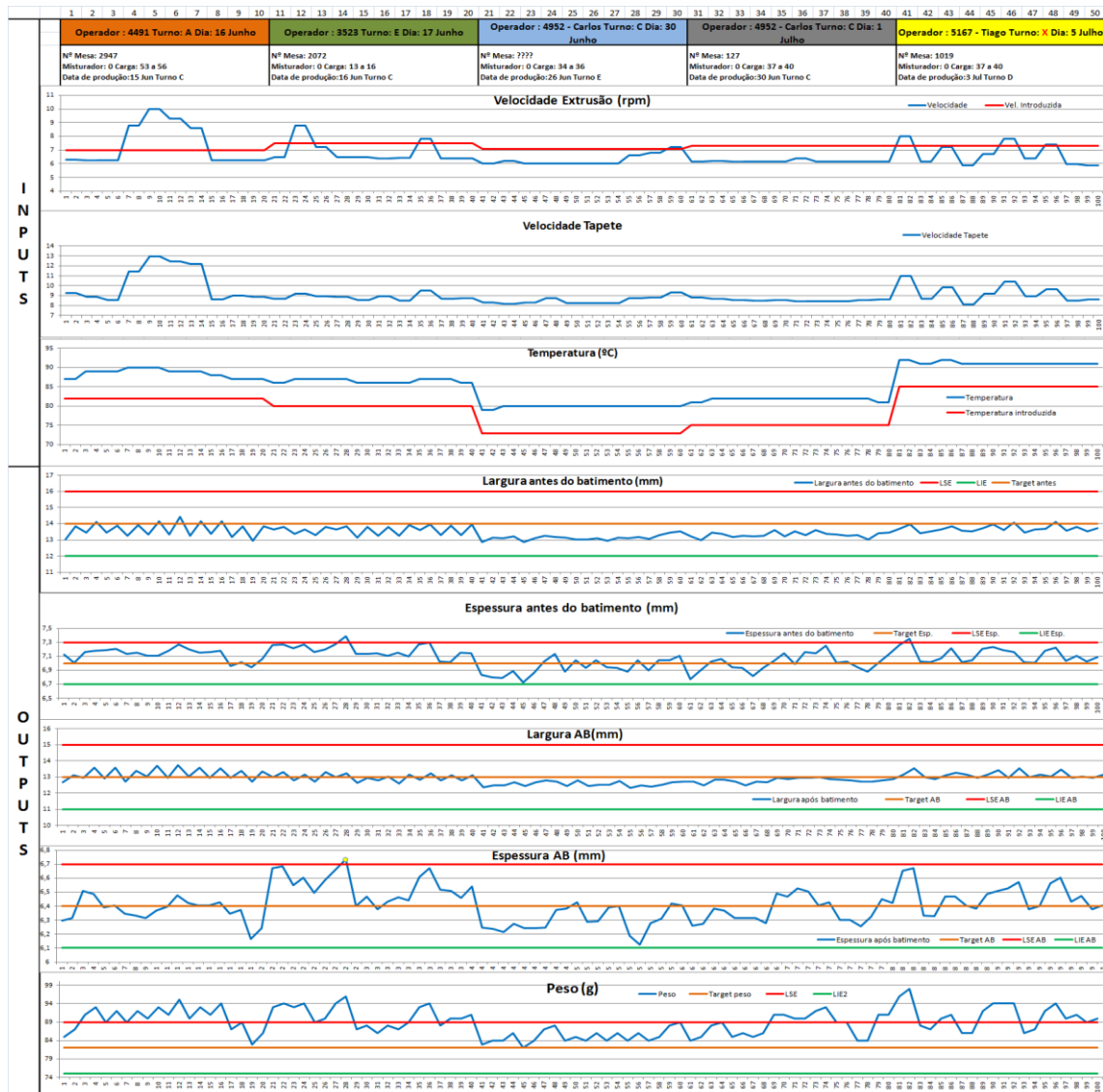


Figura 39 – Gráficos ilustrativos da situação inicial

Graficamente (Figura 39) é perceptível que existem alterações nas variáveis em análise do processo produtivo, estando o peso e espessura no limiar das especificações produtivas.

Verificam-se também diferentes valores de velocidade e temperatura utilizados pelos operadores, o que demonstra métodos de trabalho diferentes entre si.

Em seguida serão analisadas as cartas de controlo estatístico e a capacidade do processo produtivo para as variáveis em estudo.

3.3.3.1 Largura

Antes da aplicação da cunha, temos os seguintes dados (Figura 40) em relação à variável largura:

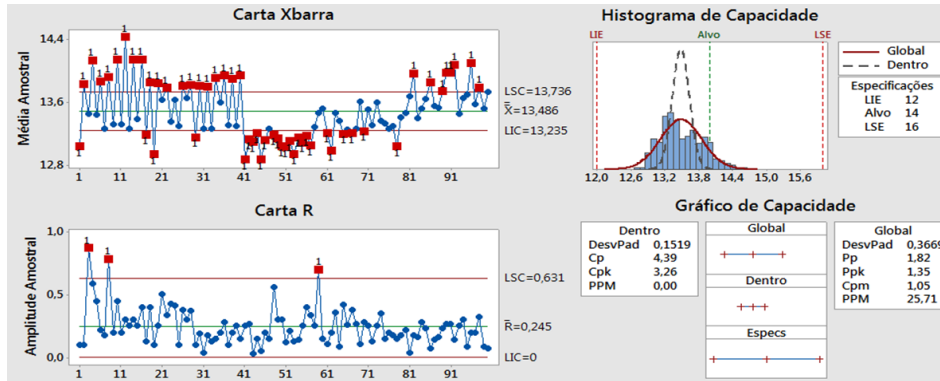


Figura 40 - Cartas de controlo e histograma de capacidade da Largura antes de aplicação (Inicial)

A variável largura antes de aplicação apresenta vários valores fora de controlo estatístico na carta das médias, não estando em controlo estatístico. Contudo apresenta bons valores de índices de capacidade do processo e não apresenta valores fora dos limites de especificação.

Após aplicação registou-se o seguinte (Figura 41):

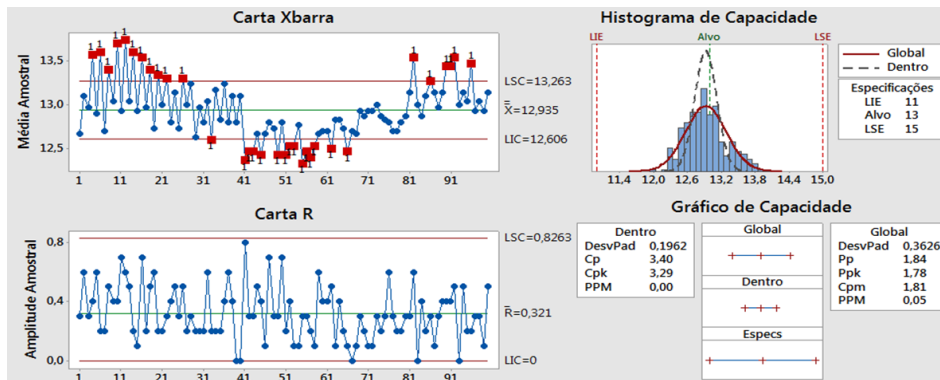


Figura 41 - Cartas de controlo e histograma de capacidade da Largura após aplicação (Inicial)

A largura após aplicação tem um comportamento semelhante ao registado antes de aplicação, apenas após aplicação não se verificaram pontos fora de controlo na carta das amplitudes.

Quanto à capacidade do processo apresenta-se com bons índices de capacidade.

3.3.3.2 Espessura

A espessura antes da aplicação apresenta os seguintes dados (Figura 42):

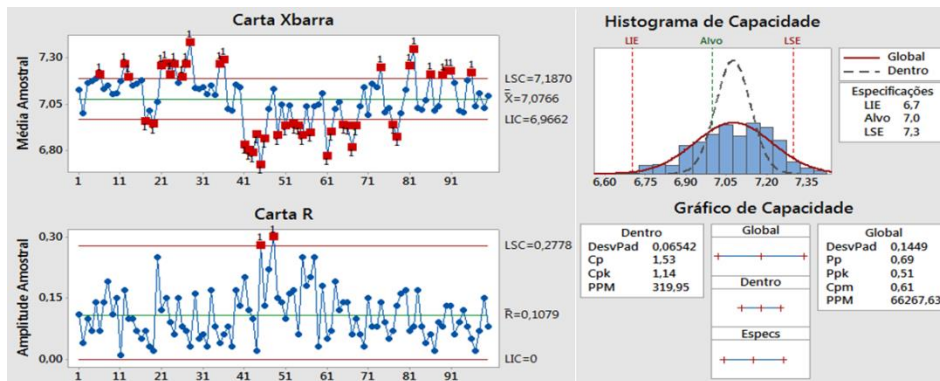


Figura 42 - Cartas de controlo e histograma de capacidade da Espessura antes de aplicação (Inicial)

Considerando a média dos valores registados antes de aplicação, foram definidos os seguintes limites: LC= 7mm, LIC= 6.7mm e LSC=7,3mm (7 ± 0.3 mm), utilizando a mesma relação entre os limites utilizada na especificação após batimento (± 0.3 mm).

A variável espessura apresenta valores de capacidade um pouco aquém do pretendido (C_p e $C_{pk} \geq 1.33$).

Relativamente à espessura após aplicação, temos os dados em seguida apresentados (Figura 43):

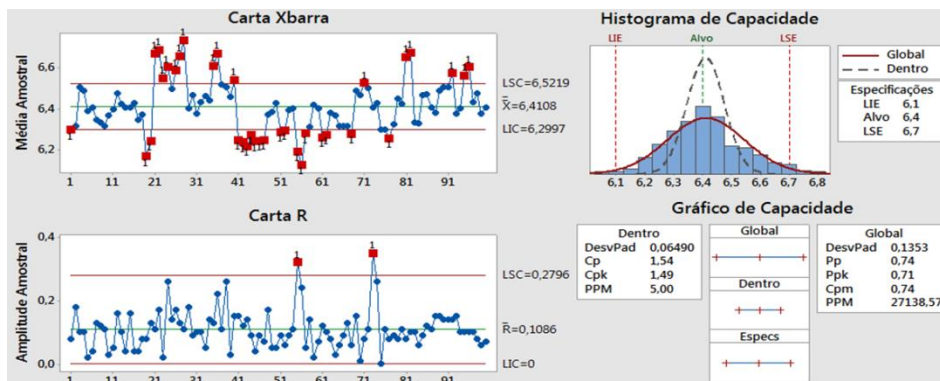


Figura 43 - Cartas de controlo e histograma de capacidade da Espessura após aplicação (Inicial)

Como se verificou antes de aplicação a variável espessura está fora de controlo estatístico, com vários valores fora dos limites de controlo.

Os valores dos índices de capacidade melhoram após aplicação.

Verificaram-se no entanto alguns valores fora dos limites de especificação da variável.

3.3.3.3 *Peso*

Em relação à variável peso os dados registados foram os seguintes (Figura 44):

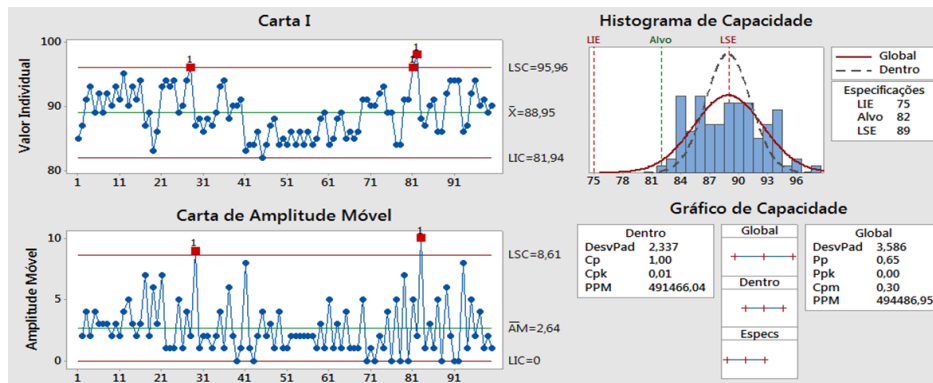


Figura 44 - Cartas de controlo e histograma de capacidade do Peso (Inicial)

A variável peso está praticamente fora dos limites de especificação, apresentando valores de capacidade baixíssimos. A tendência dos valores registados está descentrada do objectivo da especificação para esta variável.

3.3.3.4 *Qualidade*

Em termos de qualidade os resultados foram os seguintes (Figura 45):

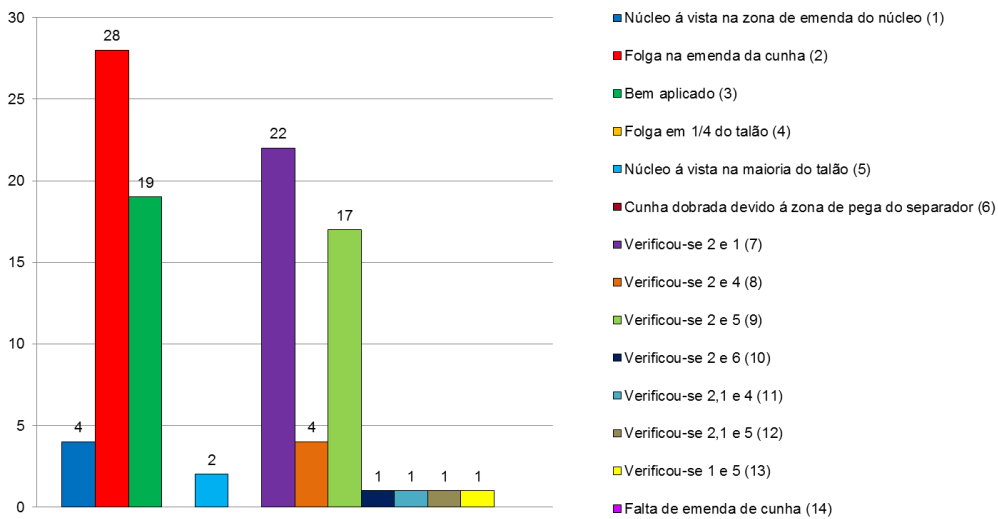


Figura 45 - Histograma com dados de qualidade de talões analisados

Verificaram-se 19 talões bem aplicados em 100 talões analisados, ou seja, uma taxa de qualidade de 19%. A anomalia com maior registo foi a existência de folga na emenda de cunha, sucedendo-se em 28% das amostras.

3.4 Analyze (Análise)

Conhecido o processo, o passo que se segue é o de fazer um levantamento de todos os problemas associados ao mesmo, com o intuito de encontrar a causa (ou causas) que originam talões não conformes.

Para tal foi realizado um diagrama de causa-efeito (Anexo 3) onde foram enumeradas todas as possíveis causas agrupadas por Máquina, Material, Método, Mão-de-obra e Ambiente, tendo como “cabeça” do diagrama o efeito: talões não conformes.

Com todas as causas enumeradas foi quantificada a importância de cada uma para o efeito em análise (talões não conformes), e para tal foi construída com a colaboração de alguns operadores das máquinas APEX e com elementos do DATP uma matriz de causa efeito em que os vários elementos envolvidos na análise atribuíram um nível de importância (numa escala de 0 a 10) a cada causa enumerada previamente. (Anexo 4) (colocar aqui diagrama de *pareto* para a análise de causas)

Após análise, as causas que mais contribuem para a produção de talões não-conformes são:

- Processo de batimento irregular;
- Dimensões de cunhas incorrectas;
- Peso incorrecto;
- Velocidade e temperatura utilizados incorrectos;

O processo de batimento irregular foi considerada a causa que mais contribui para o efeito talões não-conformes. As dimensões das cunhas e subsequente peso, assim como os *inputs* utilizados pelo operador são considerados também como causas importantes.

Sendo o tipo de produção uma produção em linha, estar a controlar um processo no fim da linha produtiva sem antes analisar e controlar os processos antecedentes seria incorrecto, pelo que as causas dimensões incorrectas assim como velocidade e temperatura de extrusão serão analisadas inicialmente, sendo que estas estão interligadas.

Deste modo, foi realizada uma nova análise de causa-efeito com o efeito “dimensões incorrectas”.

Com recurso a um diagrama de *pareto* (Figura 46) foram identificadas as principais causas, ou seja, as causas que obtiveram um maior valor total de cotação.

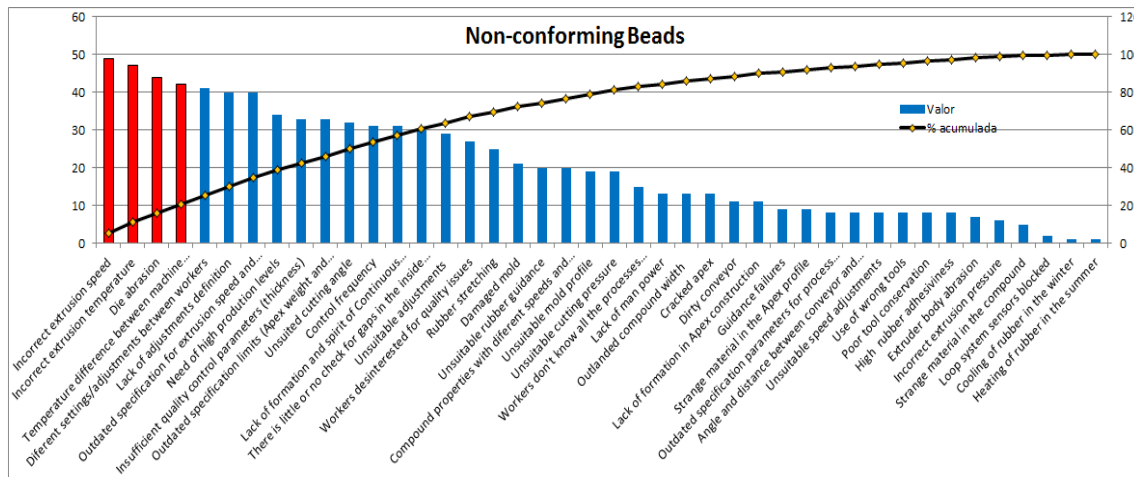


Figura 46 - Diagrama de pareto

As causas consideradas como as que representam maior contributo para o efeito foram:

- Velocidade de extrusão incorrecta;
- Temperatura de extrusão incorrecta;
- Desgaste da feira;
- Desvio de valores entre a temperatura introduzida e registada;

Como é perceptível no diagrama foi enumerado um número elevado de possíveis causas para a produção de talões com dimensões incorrectas, destacando-se as enumeradas anteriormente.

A velocidade e temperatura de extrusão são as variáveis de *input* do processo produtivo que controlam o caudal de borracha extrudida que acabará por dar origem às cunhas de talão.

A feira, molde que define as dimensões da cunha é uma parte importante no processo produtivo, pois uma feira com dimensões incorrectas ou folgas irá originar cunhas com dimensões fora dos limites de especificação. Segundo os elementos envolvidos no estudo, o desgaste das mesmas é uma realidade e poderá afectar o produto final.

3.4.1 Resumo da Análise

Após a realização da análise constatou-se que as causas consideradas como as que mais contribuem para a existência de talões não conformes são, o processo de batimento/viragem defeituoso, as dimensões de cunhas incorrectas, peso de cunha fora de limites de especificação, e parâmetros de temperatura e velocidade desadequados. Estas causas representam 20% de todas as causas, e segundo pareto eliminando estes 20% existirá uma redução de 80% dos problemas (talões não conformes).

A causa considerada pelo grupo como a que mais gera não conformidades no talão é o processo de batimento defeituoso e logo em seguida surge a causa dimensões de cunhas incorrectas.

Sendo o tipo de produção em estudo, uma produção em linha, todas as fases da produção a jusante estão dependentes das fases anteriores pelo que deste modo não será possível analisar o processo de batimento/viragem sem antes conhecermos e controlarmos os processos que o antecedem.

Estes processos são a extrusão, sistema de espera e arrefecimento/aquecimento, e corte.

Sendo um dos *inputs* do processo de batimento as cunhas, se controlarmos as suas dimensões estamos a eliminar uma das causas consideradas como influentes na existência de talões não conformes.

Tendo as dimensões das cunhas normalizadas poderemos passar à O número de talões produzidos sem defeitos aumentou em 43.5%, e a estabilização do processo seguindo as especificações produtivas foi alcançada. À análise do processo de batimento e assim sucessivamente até serem eliminadas todas as causas.

As restantes causas pertencentes aos 20% das causas totais são o peso desadequado e parâmetros de temperatura e velocidade utilizados incorrectos.

O peso da cunha depende das dimensões da mesma (volume) e da densidade da borracha, sendo que ao controlarmos as dimensões estaremos a contribuir para a estabilização dos valores da variável peso.

A velocidade e temperatura são os *inputs* do processo de extrusão que gera as cunhas. Resumindo, todas as causas principais acabam por estar interligadas excepto a causa de processo de batimento defeituoso. Com as causas interligadas o foco do estudo deve incidir sobre o conjunto das mesmas

Após as medições iniciais, conclui-se que de facto o processo não está a cumprir com as especificações para as dimensões e peso das cunhas.

Posto isto, o passo seguinte será o de definir propostas de melhoria do processo por forma a eliminar as causas que levam à existência de dimensões e peso fora do especificado.

3.5 Improve (definição e implementação de melhorias)

Após a análise do estado do processo produtivo, o passo que se segue é a sugestão, definição e implementação de melhorias.

Foi realizado um teste de correlação entre as variáveis temperatura e velocidade, e as dimensões e peso das cunhas, contudo o valor obtido não foi considerado significativo. A variável temperatura apresenta-se como a que tem maior influência nas dimensões, contudo o valor ainda não é significativo para assumir uma relação entre as variáveis.

Foi realizada também uma análise ao degrau e sobreposição de emenda, contudo os dados eram ambíguos sem qualquer ordem, ou relação com as restantes variáveis, pelo que serão excluídos da análise do processo.

O mesmo se verificou em relação à posição da borracha no sistema de *loops*.

O *brainstorming* é uma ferramenta importante dentro de qualquer organização, e neste caso aplica-se na perfeição.

Foi realizada uma sessão com todos os elementos envolvidos no projecto, onde foram apresentados e discutidos os resultados da análise inicial.

Aqui foi decidido analisar em detalhe a influência das variáveis de entrada (velocidade e temperatura) nas variáveis de saída do sistema produtivo (largura, espessura e peso de cunha), pois verificou-se na análise inicial a utilização de diferentes valores para a produção do mesmo produto o que demonstra que existem métodos de trabalho distintos.

3.5.1 Definição de testes (Fase I)

Foram definidos testes a realizar no processo produtivo com o intuito de encontrar os valores de velocidade e temperatura introduzidos pelo operador que geram menos variação nas dimensões das cunhas e geram menor rácio de anomalias.

Através da utilização de diferentes combinações de velocidade e temperatura será feita uma recolha de amostras e análise dos dados das mesmas, da mesma forma que foi realizado na análise inicial.

Numa primeira abordagem, foram definidos testes por forma a analisar a influência da temperatura nas dimensões da cunha, e na qualidade do talão produzido.

Sendo as especificações de temperatura 80 ± 10 °C os valores a testar deverão pertencer a este intervalo.

Os testes definidos inicialmente foram:

Teste 1 - Temperatura de extrusão = 75°C;

Teste 2 – Temperatura de extrusão = 80°C.

Em ambos os testes apenas o valor de temperatura é fixo, a velocidade é definida pelo operador.

Utilizando o método de recolha de amostras e análise utilizado anteriormente, foram realizadas duas colectas por teste.

3.5.1.1 *Teste 1*

Aqui são expostos os resultados da análise às medições efectuadas nos testes de temperatura. Nomeadamente análise de largura e espessura (antes e após aplicação), peso e análise de qualidade do produto.

No Teste 1 foi fixa a variável temperatura em 75°C, obtendo-se os seguintes dados (Tabela 6) em termos de média, mínimo e máximo das variáveis em estudo.

Tabela 6 - Dados do Teste 1

Variável	Dados		
	Média	Mínimo	Máximo
Velocidade Introduzida (rpm)	7	6.5	7.5
Velocidade de Extrusão (rpm)	6.65	5.5	10.7
Temperatura Introduzida (°C)	75	75	75
Temperatura de Extrusão (°C)	81.05	79	83
Largura Antes (mm)	13.21	12.32	13.87
Espessura Antes (mm)	6.96	6.39	7.45
Peso (g)	84.53	73	96
Largura Após (mm)	12.71	11.90	13.47
Espessura Após (mm)	6.34	5.85	6.69

Analisando mínimos, máximos e média das variáveis do processo denota-se que em média o processo cumpre minimamente os requisitos de especificação, contudo a sua variação oscila por valores fora dos limites de especificação.

Com recurso a gráfico de linhas (Figura 47) é possível visualizar essas mesmas oscilações.

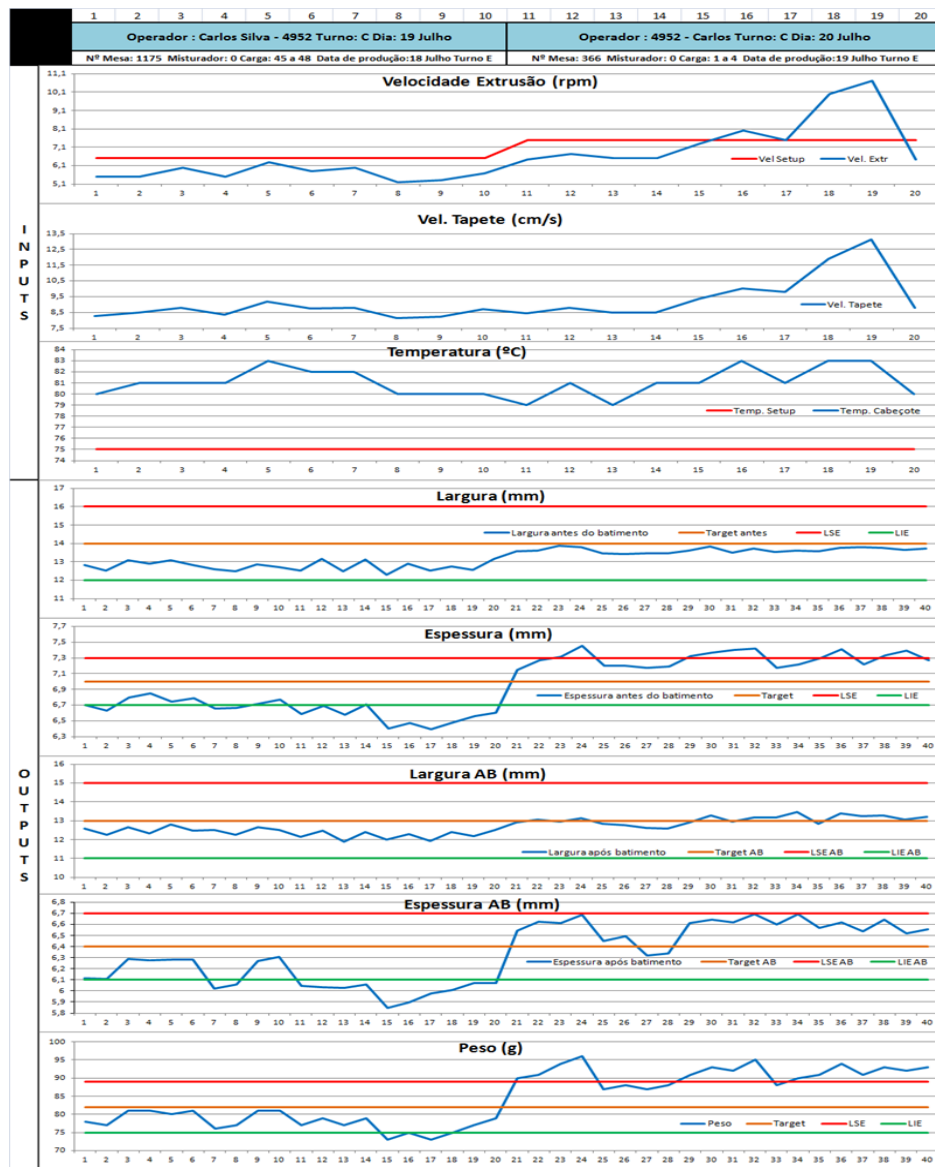


Figura 47 - Gráficos de dados do Teste 1

A velocidade utilizada nos dois dias de colecta de amostras foi diferente, sendo que existe uma variação em torno dos valores utilizados.

Todas as restantes variáveis parecem acompanhar o comportamento dos *inputs* do processo.

Com recurso a cartas de controlo de média e amplitude foram analisados os dados, sendo também realizada uma análise à capacidade do processo.

Foram analisadas as dimensões antes e após aplicação e o peso antes de aplicação apenas.

3.5.1.1.1 Largura (Teste 1)

Antes da aplicação da cunha, temos os seguintes dados (Figura 48) em relação à variável largura:

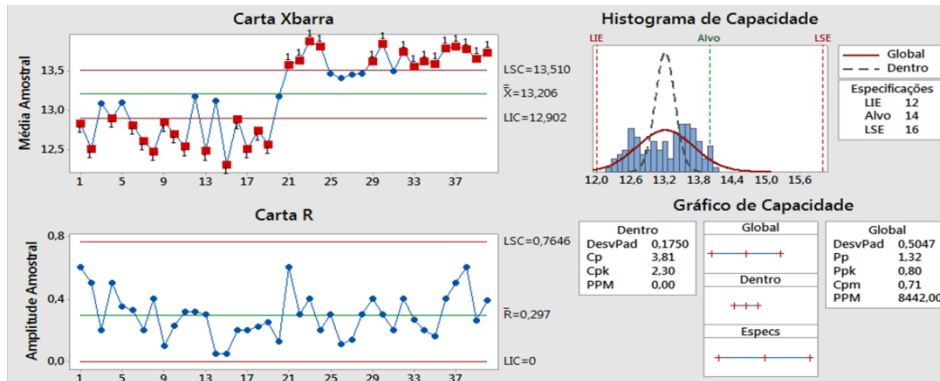


Figura 48 - Cartas de controlo e histograma de capacidade da Largura de cunha antes de aplicação (Teste 1)

A carta da média apresenta vários valores fora de controlo estatístico, contudo em termos de amplitude tal não se verifica.

Em termos de capacidade a variável apresenta bons valores, sendo no entanto perceptível através do histograma a diferença entre as duas amostras em termos de tendência central.

Após a aplicação temos os seguintes dados (Figura 49):

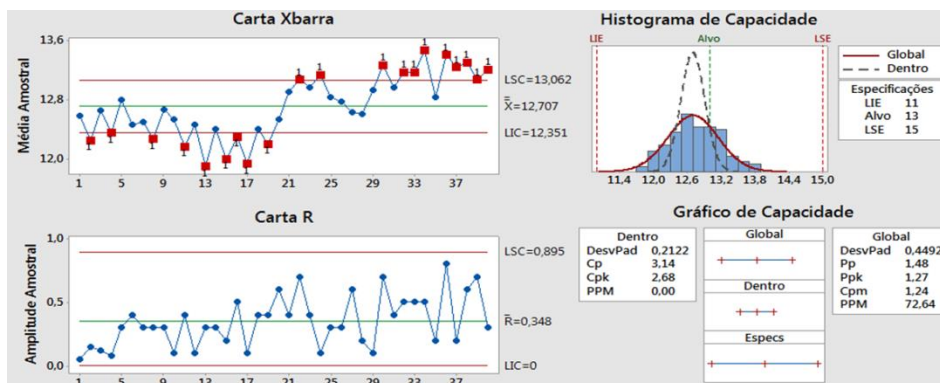


Figura 49 - Cartas de controlo e histograma de capacidade da Largura de cunha após aplicação (Teste 1)

O comportamento dos dados de largura após aplicação, em termos de controlo estatístico, é semelhante ao verificado nos dados antes de aplicação, verificando-se vários valores fora de controlo estatístico.

Em relação à análise de capacidade do processo, os valores obtidos são bons apresentando tendência central próxima do valor de especificação.

3.5.1.1.2 Espessura (Teste 1)

A espessura antes da aplicação apresenta os seguintes dados (Figura 50):

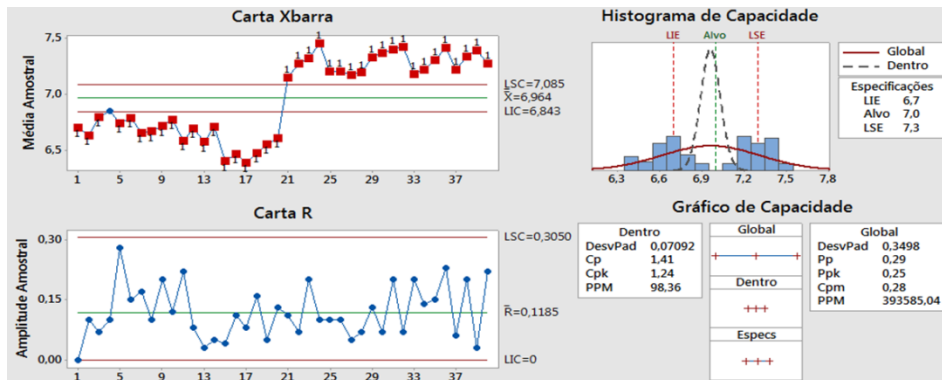


Figura 50 - Cartas de controlo e histograma de capacidade da Espessura de cunha antes de aplicação (Teste 1)

A variável encontra-se fora de controlo estatístico, apresentando praticamente todos os valores fora dos limites de controlo.

Através do histograma de capacidade é visível a diferença entre as duas amostras, estando os valores de capacidade para a variável espessura aquém do pretendido.

Relativamente à espessura após aplicação, temos os seguintes dados (Figura 51):

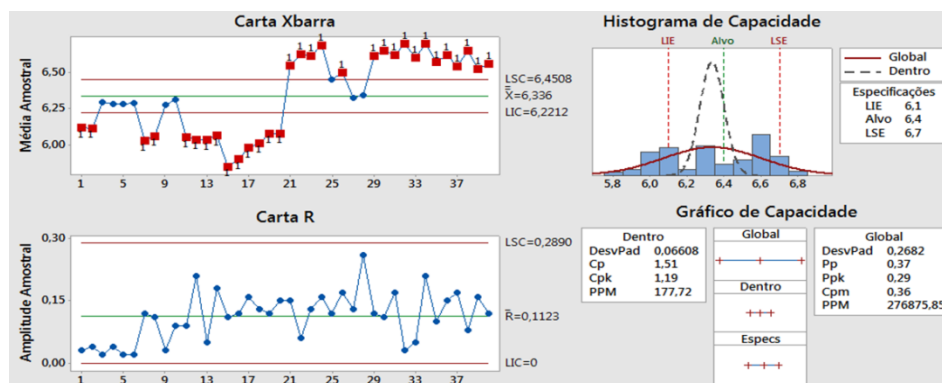


Figura 51 - Cartas de controlo e histograma de capacidade da Espessura de cunha após aplicação (Teste 1)

Após aplicação a variável espessura apresenta um comportamento semelhante ao registado na fase anterior.

Apresentando-se fora de controlo estatístico e com valores de capacidade aquém do pretendido.

3.5.1.1.3 Peso (Teste 1)

Em relação à variável peso os dados registados foram os seguintes (Figura 52):

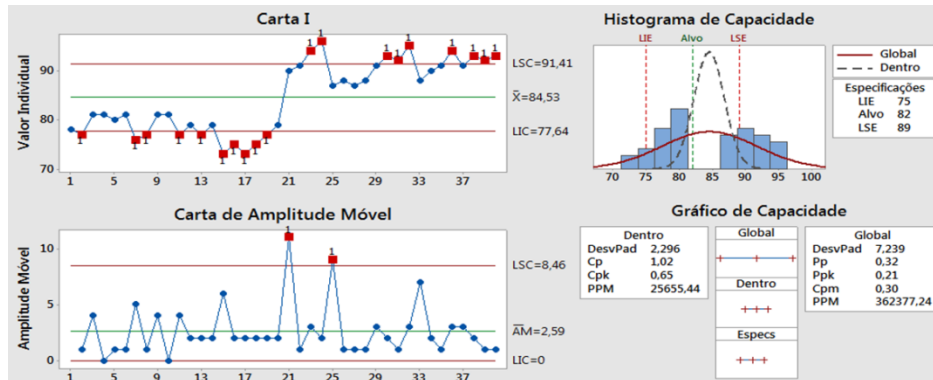


Figura 52 - Cartas de controlo e histograma de capacidade do Peso de cunha (Teste 1)

Para esta variável foi utilizado tipo de cartas de controlo *I-AM*, de observações individuais.

Apresenta-se fora de controlo estatístico e com índices de capacidade longe do pretendido.

3.5.1.1.4 Qualidade (Teste 1)

Durante a execução deste teste foram analisados os talões recolhidos e registadas as anomalias encontradas (Figura 53).

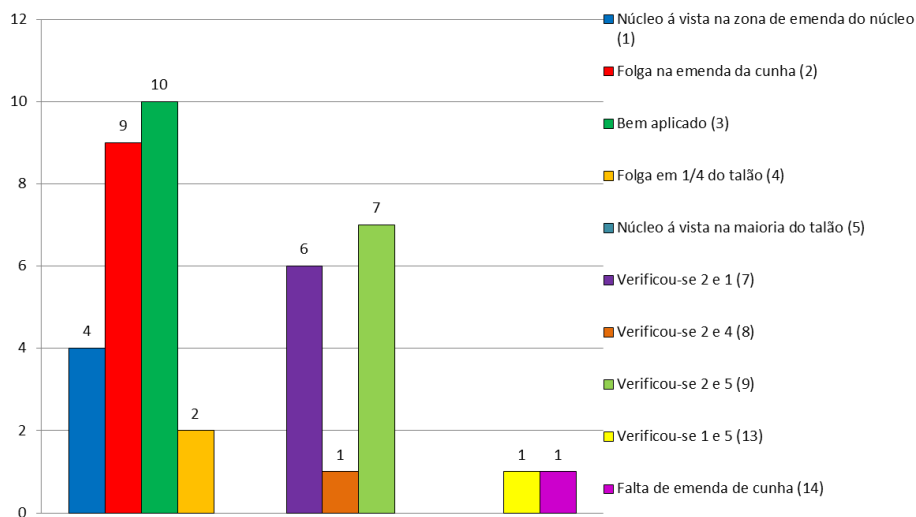


Figura 53 - Histograma com dados de qualidade de talões analisados (Teste 1)

Verificaram-se 25% de talões bem aplicados sem qualquer anomalia. Sendo a anomalia com maior frequência a folga na emenda de cunha.

Foi realizada também uma análise ao degrau e sobreposição de emenda, contudo os dados eram ambíguos sem qualquer ordem, ou relação com as restantes variáveis, pelo que serão excluídos da análise do processo.

3.5.1.2 Teste 2

No Teste 2 foi fixa a variável temperatura em 80°C, obtendo-se os seguintes dados (Tabela 6) em termos de média, mínimo e máximo das variáveis em estudo.

Tabela 7 - Dados do Teste 2

Variável	Dados		
	Média	Mínimo	Máximo
Velocidade Introduzida (rpm)	6.85	6.5	7.2
Velocidade de Extrusão (rpm)	6.22	5.2	7.2
Temperatura Introduzida (°C)	80	80	80
Temperatura de Extrusão (°C)	85.5	84	87
Largura Antes (mm)	13.3	12.36	14
Espessura Antes (mm)	7	6.73	7.39
Peso (g)	84.8	79	95
Largura Após (mm)	12.77	12.23	13.3
Espessura Após (mm)	6.25	5.85	6.7

Analisando mínimos, máximos e média das variáveis do processo denota-se que em média o processo cumpre minimamente os requisitos de especificação, contudo a sua variação oscila por valores fora dos limites de especificação, nomeadamente peso e espessura.

Em seguida é apresentada a análise gráfica (Figura 54) do processo produtivo:

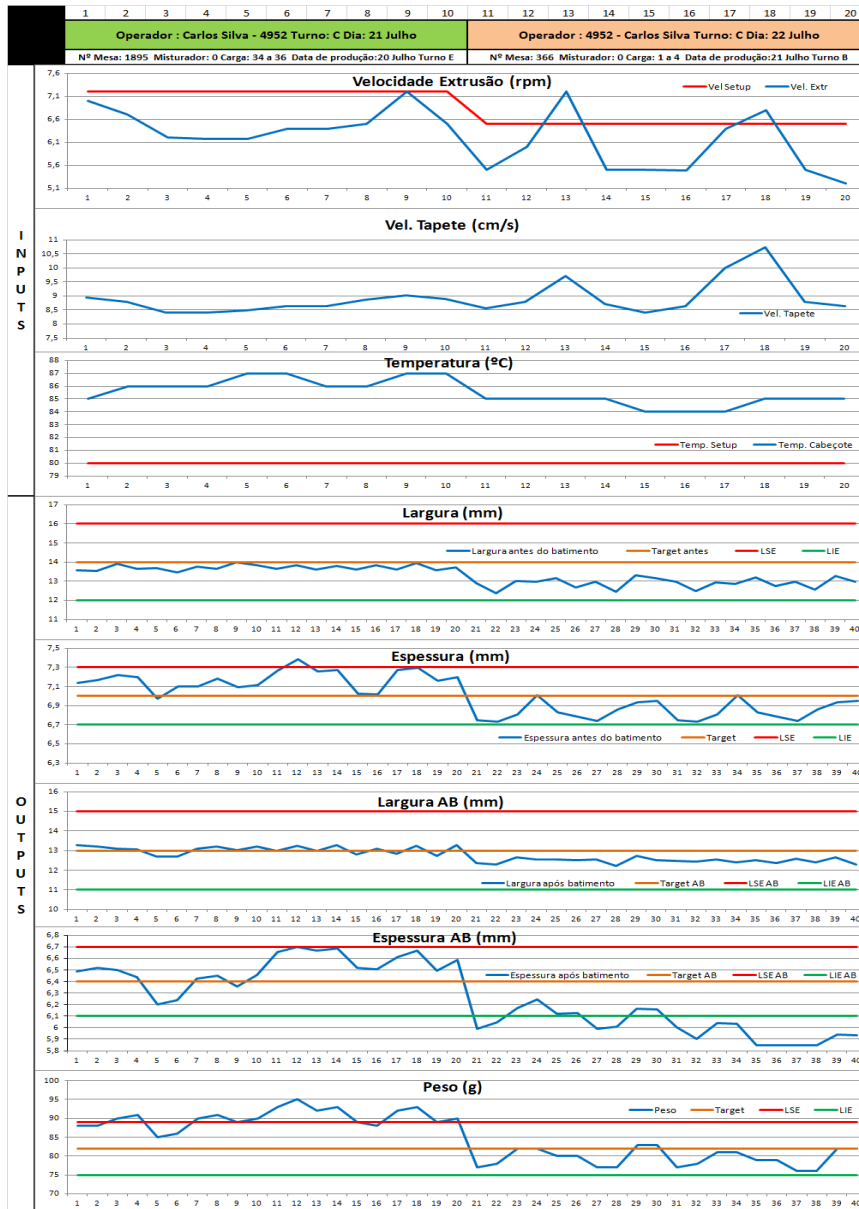


Figura 54- Gráficos de dados do Teste 2

A velocidade utilizada nos dois dias de colecta de amostras foi diferente, sendo que existe uma variação em torno dos valores utilizados.

Todas as restantes variáveis parecem acompanhar o comportamento dos *inputs* do processo, verificando-se um comportamento distinto do registado no Teste 1.

Com recurso a cartas de controlo de média e amplitude foram analisados os dados, sendo também realizada uma análise à capacidade do processo.

Foram analisadas as dimensões antes e após aplicação e o peso antes de aplicação apenas.

3.5.1.2.1 Largura (Teste 2)

Antes da aplicação da cunha, temos os seguintes dados (Figura 55) em relação à variável largura:

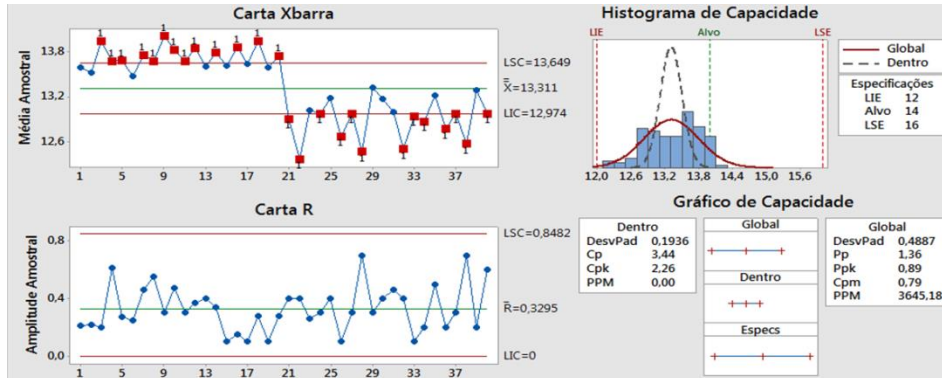


Figura 55 - Cartas de controlo e histograma de capacidade da Largura antes de aplicação (Teste 2)

Em termos de controlo encontra-se fora dos limites de controlo, apresentando no entanto bons índices de capacidade do processo para esta variável.

Após aplicação registou-se o seguinte (Figura 56):

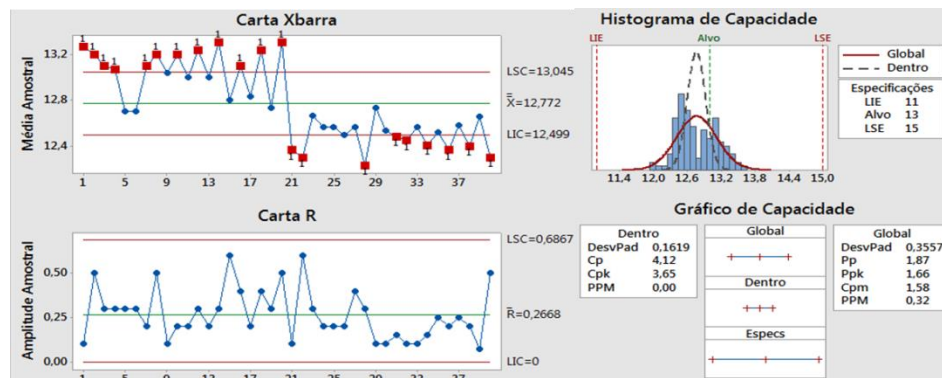


Figura 56- Cartas de controlo e histograma de capacidade da Largura após aplicação (Teste 2)

O cenário em termos de controlo estatístico e capacidade de processo é idêntico ao verificado antes de aplicação.

Estatisticamente os dados encontram-se fora dos limites de controlo na carta das médias, contudo dentro dos limites da carta de amplitudes.

Em relação à capacidade do processo, no que diz respeito a esta variável os valores dos índices de capacidade são bons apresentando tendência central próxima do valor de especificação.

3.5.1.2.2 Espessura (Teste 2)

Antes da aplicação da cunha, temos os seguintes dados (Figura 57) em relação à variável espessura:

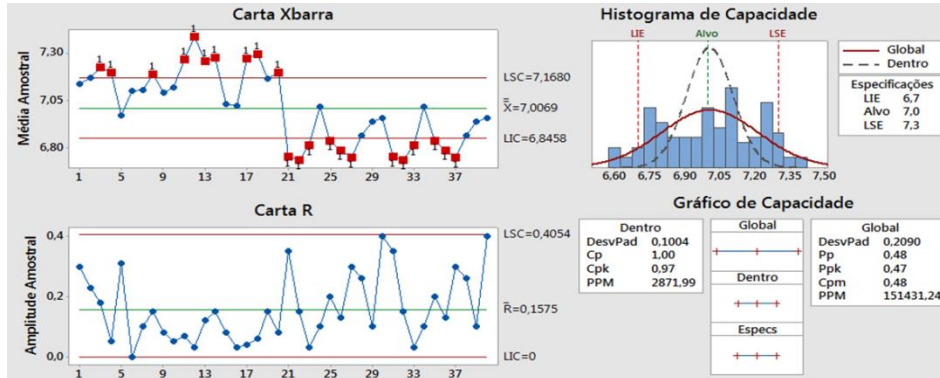


Figura 57 - Cartas de controlo e histograma de capacidade da Espessura antes de aplicação (Teste 2)

Registaram-se vários valores fora dos limites de controlo na carta das médias, sendo que o mesmo não se verificou na carta de amplitudes.

Em termos de capacidade apresenta-se aquém do objectivo, sendo perceptível através do histograma a dispersão dos valores, ou seja falta de tendência para o valor de especificação.

Relativamente à espessura após aplicação, temos os dados em seguida apresentados (Figura 58):

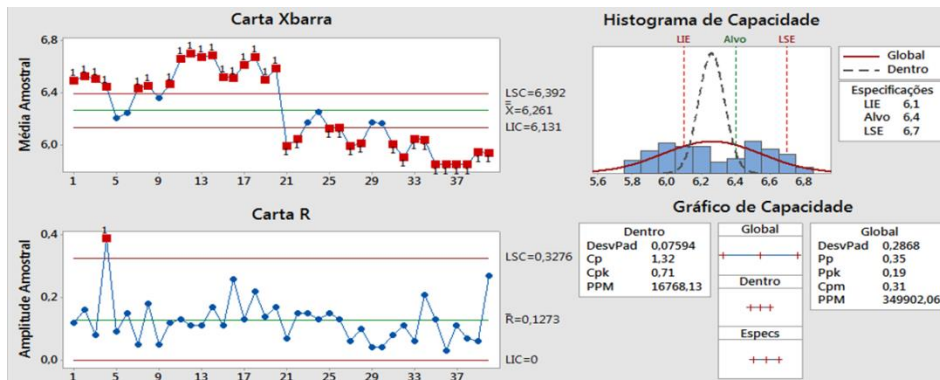


Figura 58 - Cartas de controlo e histograma de capacidade de Espessura após aplicação (Teste 2)

Após aplicação a variável espessura encontra-se claramente fora do pretendido quer em termos de controlo estatístico, quer em termos de capacidade de processo.

3.5.1.2.3 Peso (Teste 2)

Em relação à variável peso os dados registados foram os seguintes (Figura 59):

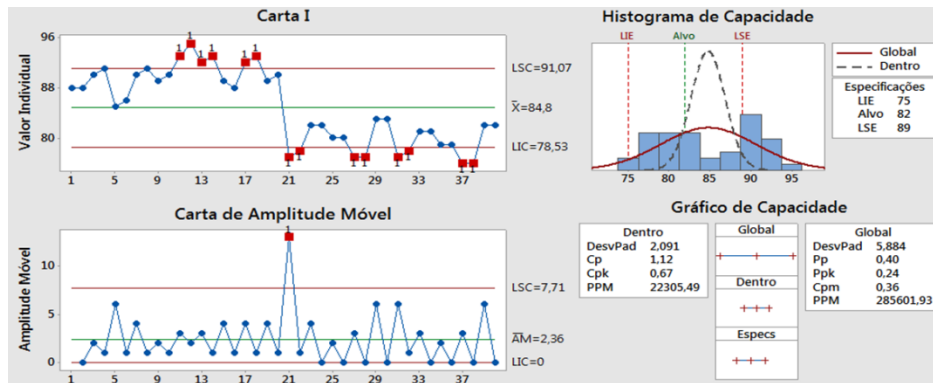


Figura 59 - Cartas de controlo e histograma de capacidade do Peso (Teste 2)

O peso a par da espessura encontra-se com índices de capacidade com valores baixos, e fora dos limites de controlo estatístico.

3.5.1.2.4 Qualidade (Teste 2)

Durante a execução deste teste foram analisados os talões recolhidos e registadas as anomalias encontradas (Figura 60).

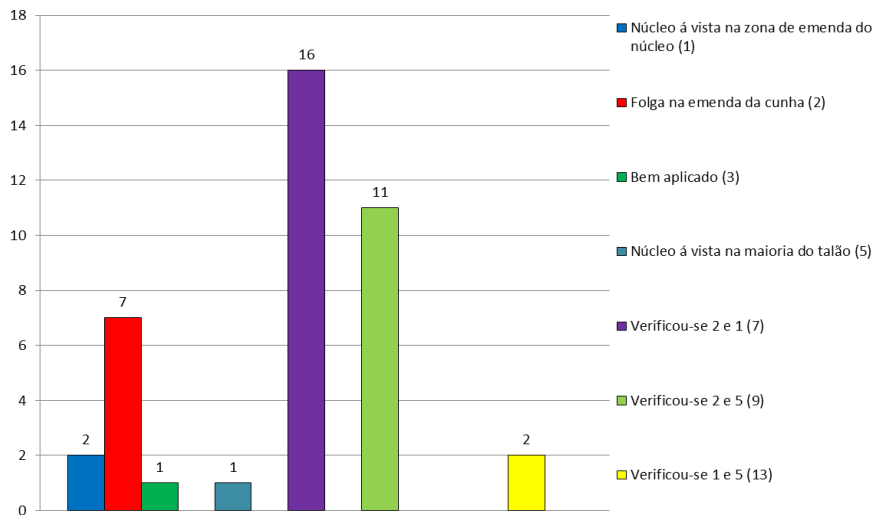


Figura 60 - Histograma com dados de qualidade de talões analisados (Teste 2)

Da análise aos talões recolhidos, resultou que apenas se verificou um talão bem aplicado numa amostra de 40 talões.

A anomalia com maior frequência foi o núcleo à vista n zona de emenda do núcleo, registando-se em 40% das amostras.

3.5.1.3 *Análise de Resultados de testes de temperatura*

Após realizados os testes de temperatura, pode-se concluir que fixando apenas a temperatura o processo não é estável nem é capaz, pelo que é necessário fixar valores de temperatura e velocidade de extrusão.

Outra conclusão tirada é a de que com a temperatura de *setup* a 80°C temos uma taxa de talões bem aplicados baixíssima (1 em 40) apesar de ter a maioria das amostras com dimensões dentro das tolerâncias de especificação. A borracha quanto mais quente estiver mais maleável é, pelo que o corte e guiamento das cunhas não são bem-sucedidos nestas condições.

Posto isto, foi considerada como temperatura adequada para a produção do talão em estudo a temperatura de 75°C.

Analisados os dados dos testes é notória a influência da velocidade de extrusão no processo, verificando-se diferenças nos *outputs* entre amostras com velocidades de extrusão introduzidas diferentes.

O passo seguinte será definir a velocidade de extrusão óptima por forma a ter dimensões e peso dentro dos limites e próxima dos respectivos valores objectivo, e obter o maior número de talões bem aplicados.

3.5.2 Definição de testes (Fase II)

Após nova reunião onde foram apresentados os resultados dos testes 1 e 2 foi decidida a realização de testes fixando valores de velocidade e temperatura de extrusão.

Com base na análise anterior da temperatura foi definido o valor de 75°C a ser utilizado neste processo produtivo, tendo os novos testes o objectivo de encontrar o valor de velocidade que nos garante melhores valores de dimensões e peso de cunha e qualidade do talão.

Foram definidos os seguintes testes, com a Temperatura fixa em 75°C:

Teste 3 – Velocidade de extrusão: 6rpm;

Teste4 – Velocidade de extrusão: 7rpm;

Teste 5 – Velocidade de extrusão: 8rpm.

Os testes foram definidos por forma a não perturbar o normal funcionamento da linha de produção, sendo seleccionados valores de velocidade para teste por forma a ser possível produzir talões.

3.5.2.1 Teste 3

No Teste 3 foi fixa a variável Temperatura de extrusão em 75°C e a Velocidade de extrusão em 6 rpm.

Após a colecta de duas amostras obtiveram-se os seguintes dados (Tabela 8) em termos de média, mínimo e máximo das variáveis em estudo.

Tabela 8 - Dados do Teste 3

Variável	Dados		
	Média	Mínimo	Máximo
Velocidade Introduzida (rpm)	6	6	6
Velocidade de Extrusão (rpm)	6.04	5	7
Temperatura Introduzida (°C)	75	75	75
Temperatura de Extrusão (°C)	79.1	78	80
Largura Antes (mm)	12.65	12.03	13.19
Espessura Antes (mm)	6.56	6.29	6.71
Peso (g)	76.2	72	79
Largura Após (mm)	12.17	11.73	12.73
Espessura Após (mm)	5.97	5.85	6.07

Analisando mínimos, máximos e média das variáveis do processo denota-se que os valores registados neste teste estão no limite inferior dos requisitos de especificação, contudo a sua variação oscila por valores fora dos limites de especificação.

Em seguida é apresentada a análise gráfica (Figura 61) do processo produtivo:

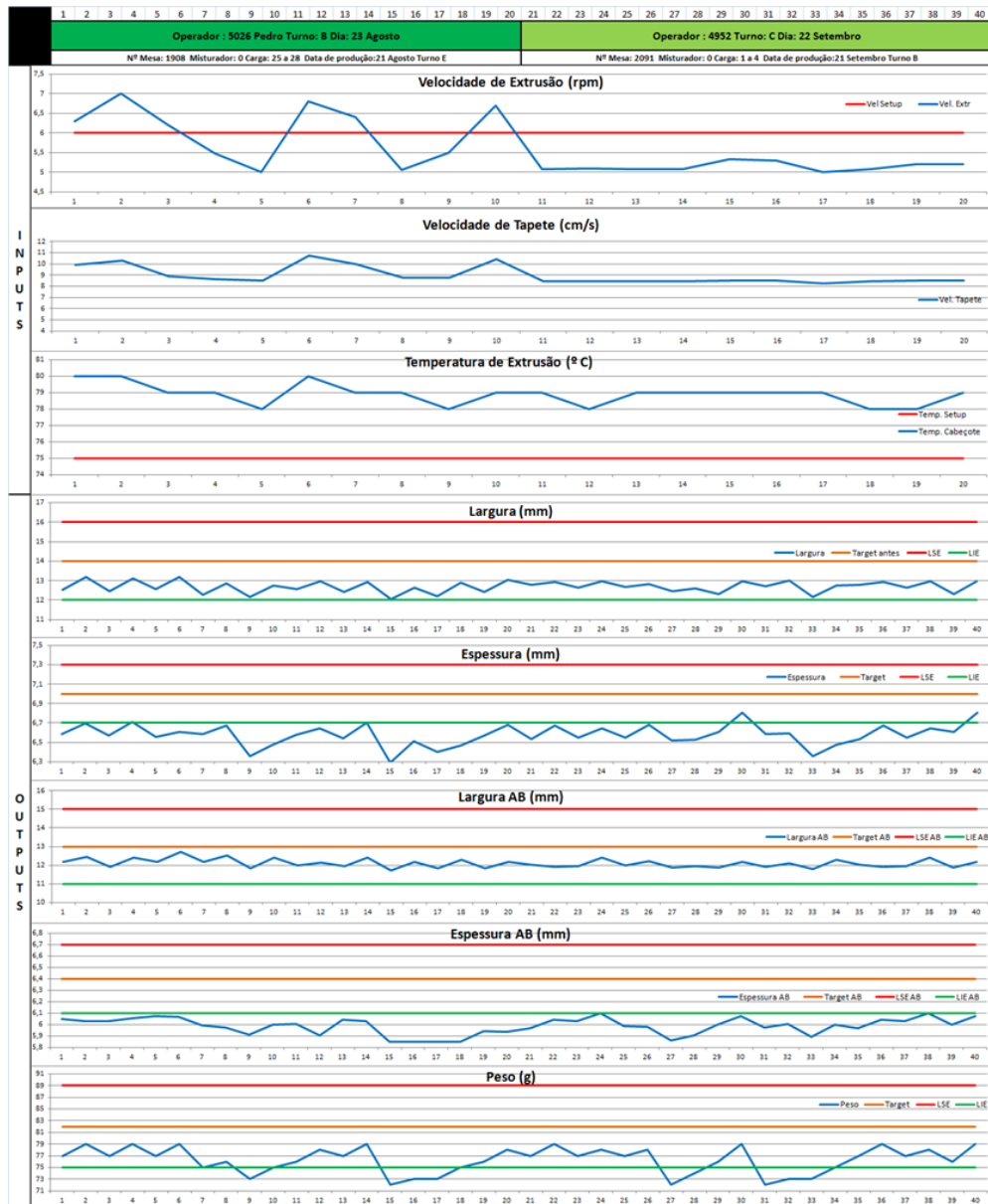


Figura 61 - Gráficos de dados do Teste 3

Espessura e Peso estão fora dos limites de especificação na maioria das amostras apresentando comportamentos semelhantes.

Existem diferenças também entre as duas amostras recolhidas em termo de velocidade de extrusão e temperatura registadas no *display*.

3.5.2.1.1 Largura (Teste 3)

Antes da aplicação da cunha, temos os seguintes dados (Figura 62) em relação à variável largura:

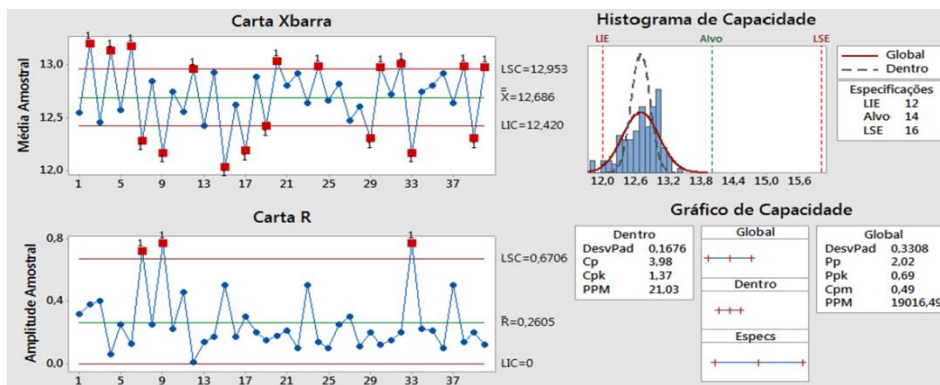


Figura 62 - Cartas de controlo e histograma de capacidade da Largura antes de aplicação (Teste 3)

A largura de cunha antes de aplicação, em termos de controlo estatístico encontra-se com vários valores registados fora de controlo, tanto na carta das médias como na carta de amplitude.

Através da análise do histograma de capacidade é perceptível que a variável se encontra deslocada do valor objectivo de especificação, apresentando uma tendência central próxima do limite inferior de especificação. O índice C_p apresenta um bom valor, sendo que o C_{pk} apesar de cumprir com os requisitos deste índice ($C_{pk} \geq 1.33$) apresenta um valor baixo.

Após aplicação registou-se o seguinte (Figura 63):

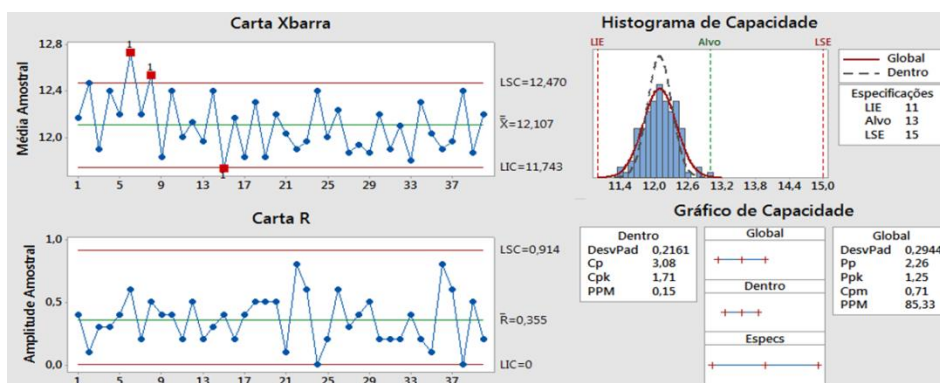


Figura 63 - Cartas de controlo e histograma de capacidade da Largura após aplicação (Teste 3)

Após aplicação a largura apresenta pouquíssimos pontos fora dos limites de controlo estatístico apesar da sua tendência central estar deslocada do objectivo.

Em termos de índices de capacidade apresenta bons valores, e é notória a homogeneidade dos valores através do gráfico de capacidade estando a maioria dentro da curva de distribuição. Contudo a curva não está centrada no valor alvo.

3.5.2.1.2 Espessura (Teste 3)

A espessura antes da aplicação apresenta os seguintes dados (Figura 64/Figura 50):

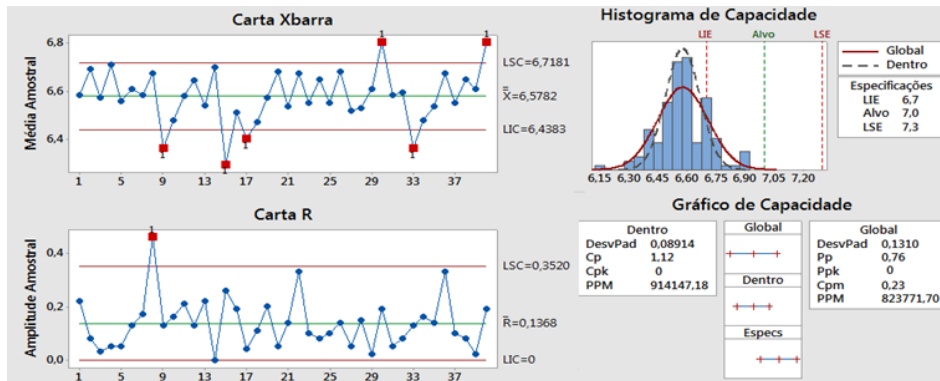


Figura 64 - Cartas de controlo e histograma de capacidade da Espessura antes de aplicação (Teste 3)

Esta variável apresenta alguns valores fora de controlo estatístico, mas no geral encontra-se em controlo.

Os índices de capacidade apresentam valores baixos ($C_{pk}=0$), não sendo o processo capaz de cumprir com os requisitos em termos de espessura.

Relativamente à espessura após aplicação, temos os dados em seguida apresentados (Figura 65):

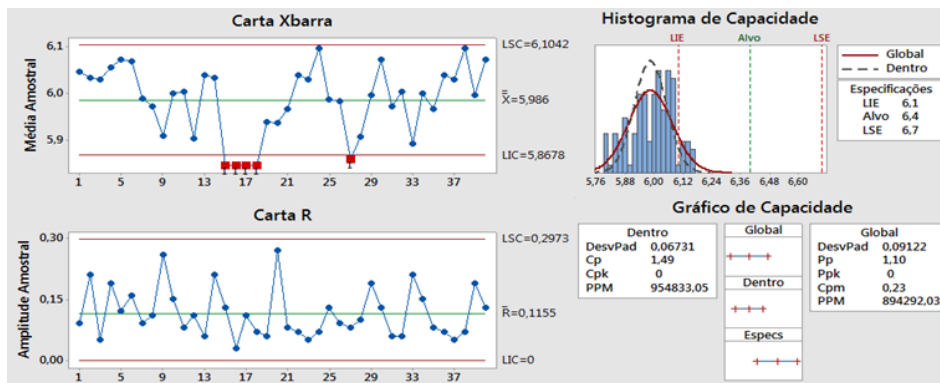


Figura 65 - Cartas de controlo e histograma de capacidade da Espessura após aplicação (Teste 3)

O comportamento da espessura após aplicação em termos de controlo estatístico e capacidade é semelhante. O processo não é capaz apesar de se encontrar em controlo estatístico.

3.5.2.1.3 Peso (Teste 3)

Em relação à variável peso os dados registados foram os seguintes (Figura 66):

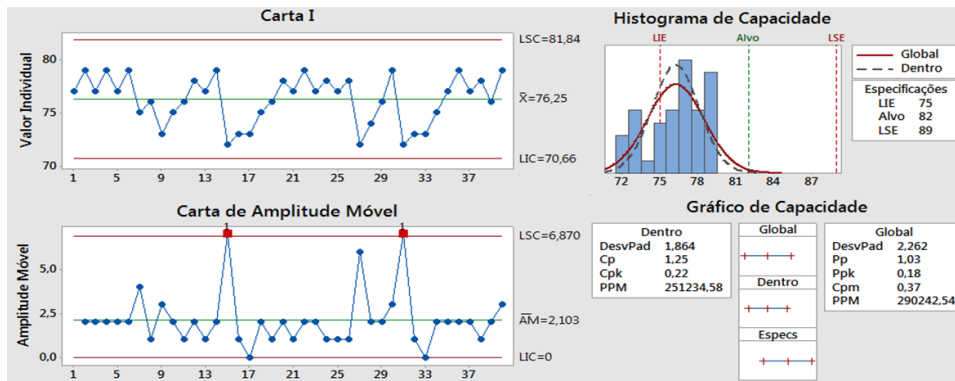


Figura 66 - Cartas de controlo e histograma de capacidade do Peso (Teste 3)

O peso a par da espessura apresenta alguns valores fora dos limites de controlo estatístico e encontra-se com índices de capacidade com valores baixos.

3.5.2.1.4 Qualidade (Teste 3)

Durante a execução deste teste foram analisados os talões recolhidos e registadas as anomalias encontradas (Figura 67).

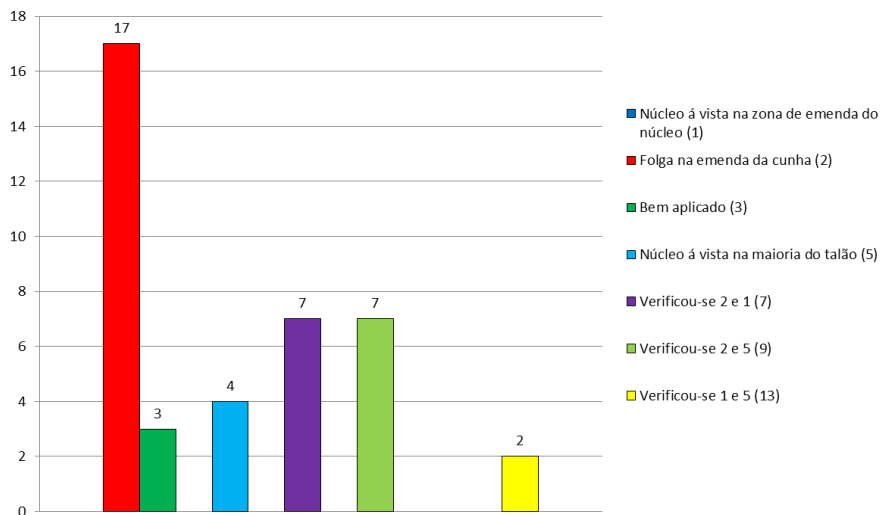


Figura 67 - Histograma com dados de qualidade de talões analisados (Teste 3)

Na análise aos talões recolhidos, verificaram-se 3 talões bem aplicados numa amostra de 40 talões.

A anomalia com maior frequência foi a folga na emenda de cunha, verificado em 42.5% dos talões.

3.5.2.2 Teste 4

No Teste 4 foi fixa a variável Temperatura de extrusão em 75°C e a Velocidade de extrusão em 7 rpm.

Após a colecta de duas amostras obtiveram-se os seguintes dados (Tabela 9) em termos de média, mínimo e máximo das variáveis em estudo.

Tabela 9- Dados Teste 4

Variável	Dados		
	Média	Mínimo	Máximo
Velocidade Introduzida (rpm)	7	7	7
Velocidade de Extrusão (rpm)	7.03	5.9	9.3
Temperatura Introduzida (°C)	75	75	75
Temperatura de Extrusão (°C)	80.1	79	81
Largura Antes (mm)	13.38	13.06	13.65
Espessura Antes (mm)	7.07	6.88	7.23
Peso (g)	87.25	83	93
Largura Após (mm)	12.82	12.5	13.23
Espessura Após (mm)	6.39	6.19	6.63

Analisando mínimos, máximos e média das variáveis do processo denota-se que os valores registados neste teste cumprem com os requisitos de especificação, sendo que a sua variação oscila por valores dentro dos limites de especificação.

Apenas na variável Peso não se verifica essa situação, estando o valor médio próximo do limite superior de especificação e o valor máximo fora desse limite.

Em seguida é apresentada a análise gráfica (Figura 68) do processo produtivo:

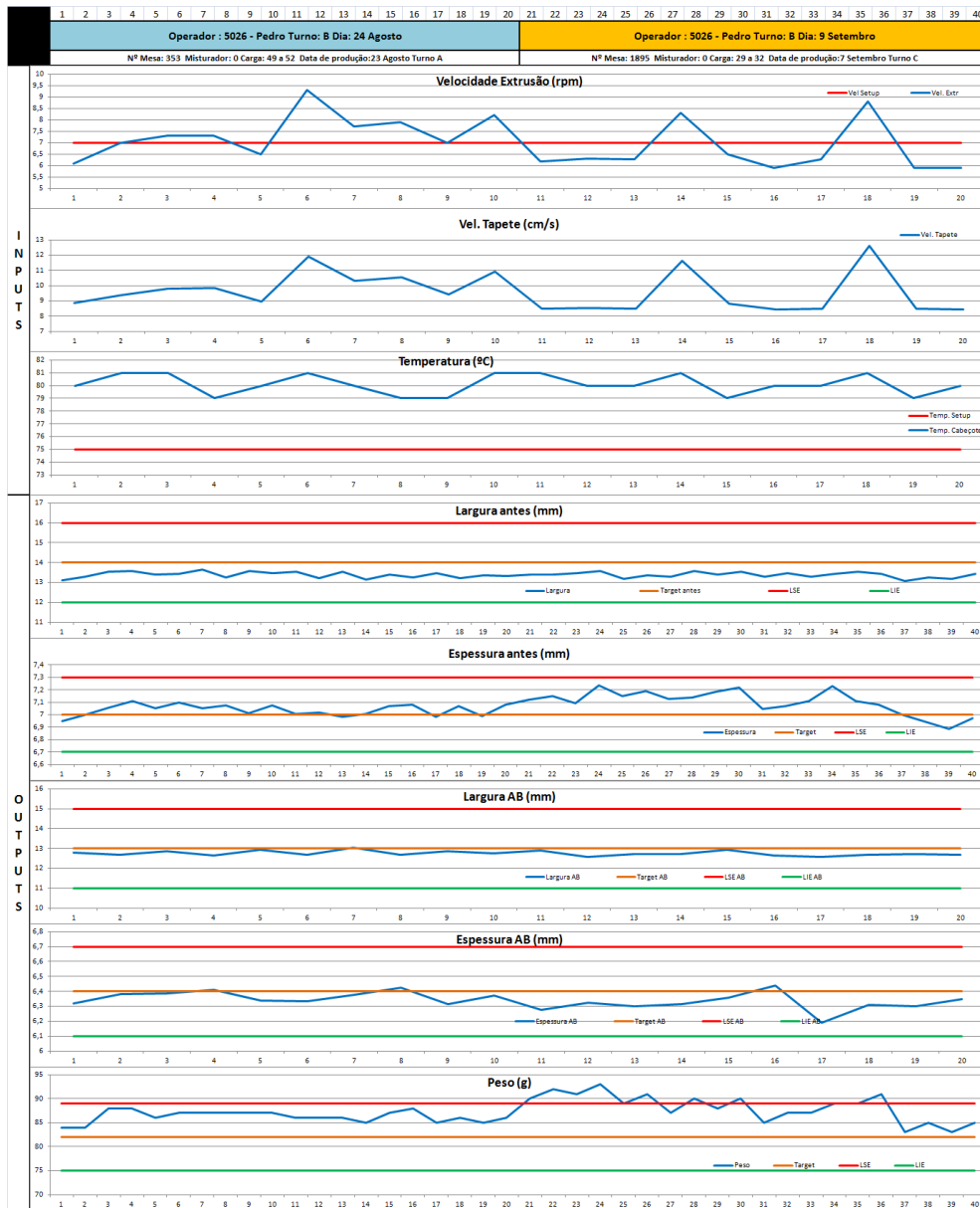


Figura 68 - Gráficos de dados do Teste 4

Verificaram-se alguns picos de velocidade, sendo que a temperatura acompanhou esses picos.

A largura tanto antes como após aplicação está no valor objectivo de especificação, a espessura encontra-se dentro dos limites de especificação e o peso apresenta-se próximo do limite superior de especificação, apresentando em alguns dados valores fora desses limites.

Com recurso a cartas de controlo de média e amplitude foram analisados os dados, sendo também realizada uma análise à capacidade do processo.

Foram analisadas as dimensões antes e após aplicação e o peso antes de aplicação apenas.

3.5.2.2.1 Largura (Teste 4)

Antes da aplicação da cunha, temos os seguintes dados (Figura 69) em relação à variável largura:

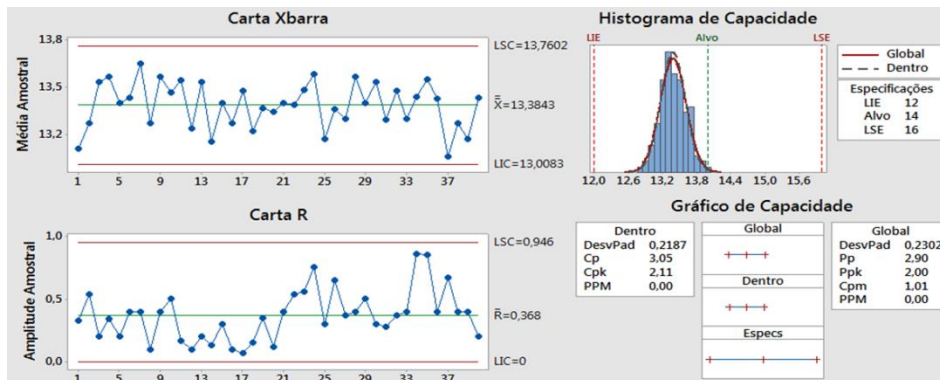


Figura 69 - Cartas de controlo e histograma de capacidade da Largura antes de aplicação (Teste 4)

A largura apresenta-se sem qualquer ponto fora de controlo estatístico e apresenta bons índices de capacidade de processo, estando quase a totalidade dos valores dentro da curva de distribuição do histograma de capacidade.

Após aplicação registou-se o seguinte (Figura 70):

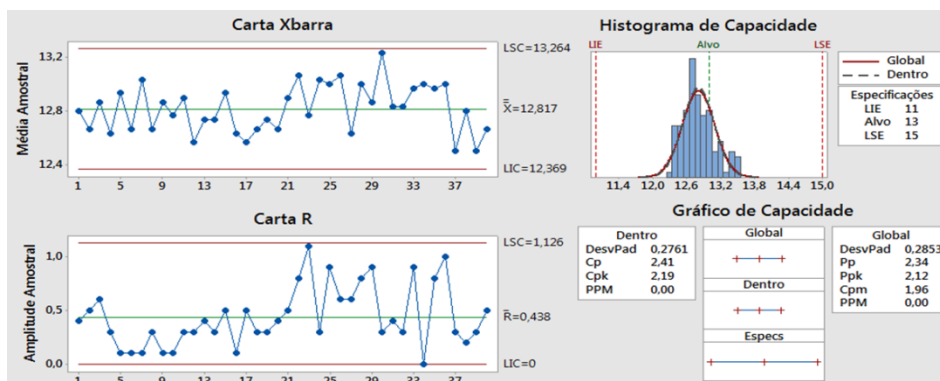


Figura 70 - Cartas de controlo e histograma de capacidade da Largura após aplicação (Teste 4)

Nesta fase da análise a variável largura apresenta o mesmo cenário verificado a análise dos dados antes de aplicação.

Está em controlo estatístico e apresenta bons índices de capacidade, o que significa que o processo produtivo é capaz de produzir cunhas de acordo com as especificações pretendidas.

3.5.2.2.2 Espessura (Teste 4)

A espessura antes da aplicação apresenta os seguintes dados (Figura 71):

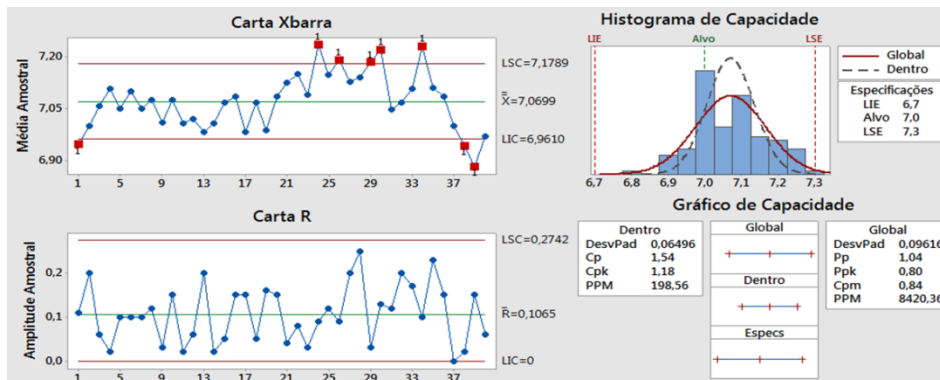


Figura 71 - Cartas de controlo e histograma de capacidade da Espessura antes de aplicação (Teste 4)

Antes da aplicação a variável apresenta alguns pontos fora dos limites de controlo estatístico no que diz respeito à carta das médias, registando-se a maioria deles no segundo dia de recolha de amostras.

Em termos de capacidade apresenta um valor de C_{pk} um pouco aquém do pretendido, e um valor satisfatório de índice C_p .

Relativamente à espessura após aplicação, são apresentados os seguintes dados (Figura 72):

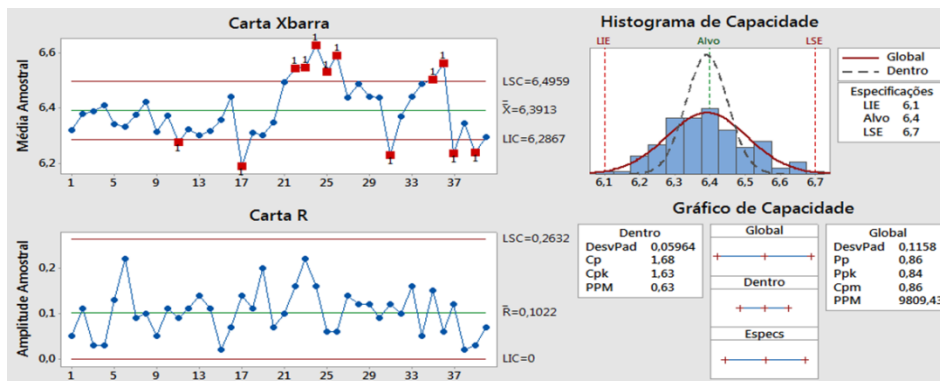


Figura 72 - Cartas de controlo e histograma de capacidade da Espessura antes de aplicação (Teste 4)

Após aplicação verificam-se alguns pontos fora dos limites de controlo estatístico na carta das médias.

Em termos de capacidade do processo os valores dos índices de capacidade são satisfatórios.

3.5.2.2.3 Peso (Teste 4)

Em relação à variável peso os dados registados foram os seguintes (Figura 73):

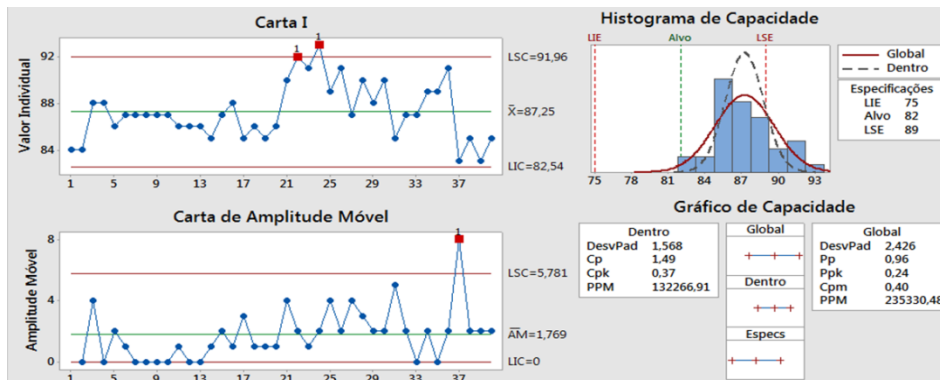


Figura 73 - Cartas de controlo e histograma de capacidade do Peso (Teste 4)

O peso apresenta dois valores fora dos limites de controlo estatístico na carta das médias, e um valor fora do limite superior de controlo da carta de amplitude.

Em termos de capacidade do processo, esta variável apresenta um índice C_p satisfatório, mas um índice C_{pk} aquém do pretendido.

3.5.2.2.4 Qualidade (Teste 4)

Durante a execução deste teste foram analisados os talões recolhidos e registadas as anomalias encontradas (Figura 74).

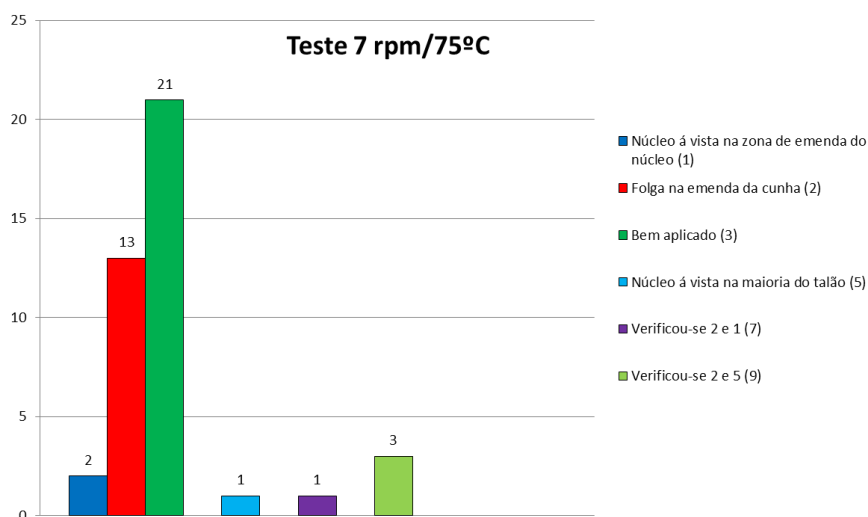


Figura 74 - Histograma com dados de qualidade de talões analisados (Teste 4)

Registaram-se 52.5% de talões bem aplicados das amostras recolhidas, sendo a anomalia mais frequente a folga na zona de emenda de cunha registado em 32.5% dos talões analisados.

3.5.2.3 Teste 5

No Teste 5 foi fixa a variável Temperatura de extrusão em 75°C e a Velocidade de extrusão em 8 rpm.

Após a colecta de duas amostras obtiveram-se os seguintes dados (Tabela 10) em termos de média, mínimo e máximo das variáveis em estudo.

Tabela 10 - Dados do Teste 5

Variável	Dados		
	Média	Mínimo	Máximo
Velocidade Introduzida (rpm)	8	8	8
Velocidade de Extrusão (rpm)	7.89	6.7	10.5
Temperatura Introduzida (°C)	75	75	75
Temperatura de Extrusão (°C)	81.7	80	83
Largura Antes (mm)	13.62	12.6	14.3
Espessura Antes (mm)	7.27	6.89	7.50
Peso (g)	91.83	81	96
Largura Após (mm)	13.04	12.43	13.87
Espessura Após (mm)	6.63	6.4	6.84

Analisando mínimos, máximos e média das variáveis do processo denota-se que os valores registados neste teste estão no limite superior dos requisitos de especificação, contudo a sua variação oscila por valores fora dos limites de especificação.

Apenas na variável Largura não se verifica essa situação.

Em seguida é apresentada a análise gráfica (Figura 75) do processo produtivo:



Figura 75 - Gráficos de dados do Teste 5

A velocidade de extrusão apresentou-se sempre próxima do valor introduzido, ao passo que a temperatura apresenta sempre valores superiores ao introduzido.

A largura tanto antes como após aplicação está próxima do valor objectivo de especificação, a espessura apresenta tendência a ultrapassar o limite superior de especificação e o peso apresenta-se praticamente fora do limite superior de especificação.

No segundo dia de recolha de amostras é notória uma oscilação que se repete, sendo que esse fenómeno representa uma diferença entre larguras de cunha esquerda e direita.

Com recurso a cartas de controlo de média e amplitude foram analisados os dados, sendo também realizada uma análise à capacidade do processo.

Foram analisadas as dimensões antes e após aplicação e o peso antes de aplicação apenas.

3.5.2.3.1 Largura (Teste 5)

Antes da aplicação da cunha, temos os seguintes dados (Figura 76) em relação à variável largura:

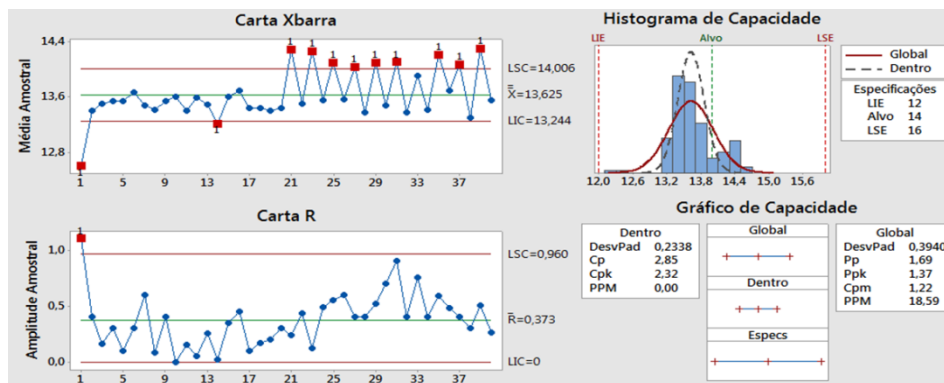


Figura 76 - Cartas de controlo e histograma de capacidade da Largura antes de aplicação (Teste 5)

Esta variável na carta de controlo das médias apresenta vários pontos fora de controlo estatístico.

Apesar de ter uma oscilação de valores verificada na carta de controlo das médias, a largura apresenta bons índices de capacidade de processo.

Após aplicação registou-se o seguinte (Figura 77):

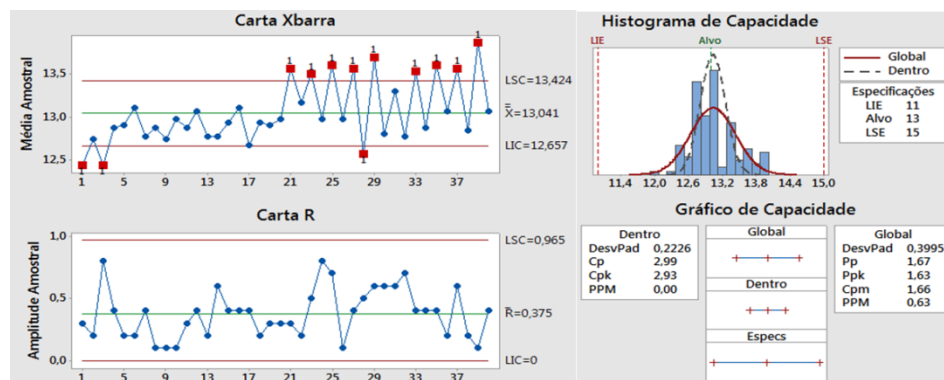


Figura 77 - Cartas de controlo e histograma de capacidade da Largura após aplicação (Teste 5)

A variável largura apresenta o mesmo cenário verificado a análise dos dados antes de aplicação.

Alguns pontos fora de controlo estatístico e apresenta bons índices de capacidade.

3.5.2.3.2 Espessura (Teste 5)

A espessura antes da aplicação apresenta os seguintes dados (Figura 78):

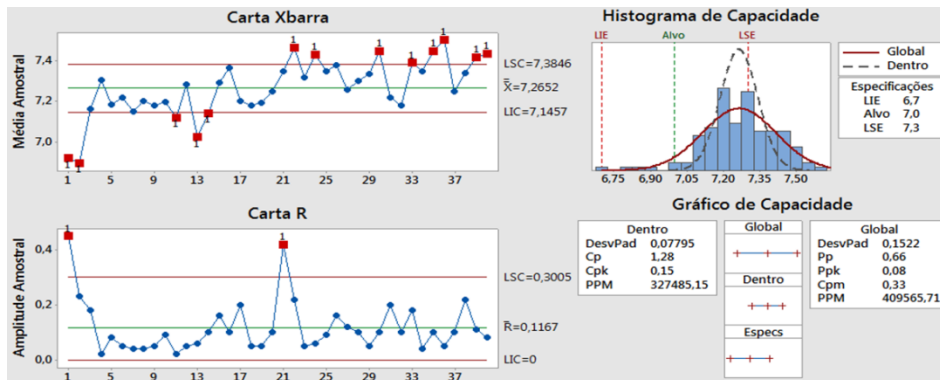


Figura 78 - Cartas de controlo e histograma de capacidade da Espessura antes de aplicação (Teste 5)

Esta variável apresenta vários valores fora de controlo estatístico na carta das médias. Os índices de capacidade apresentam valores baixos, não sendo o processo capaz de cumprir com os requisitos em termos de espessura.

Relativamente à espessura após aplicação, temos os dados em seguida apresentados (Figura 79):

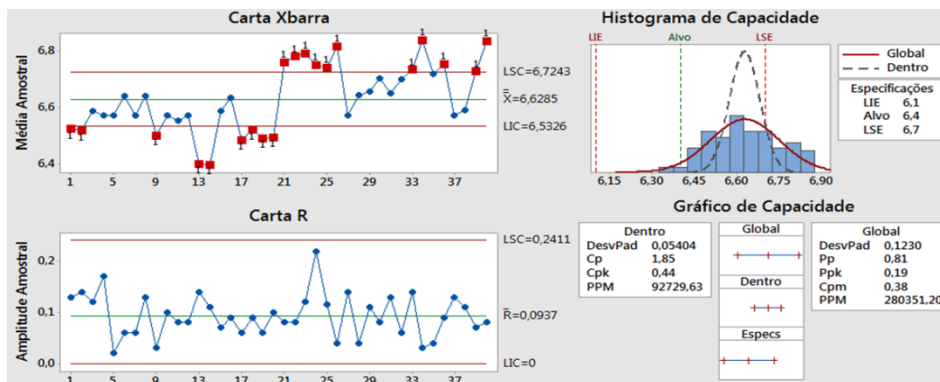


Figura 79 - Cartas de controlo e histograma de capacidade da Espessura após aplicação (Teste 5)

Apresenta dados semelhantes à espessura antes de aplicação, com vários pontos fora de controlo estatístico e índices de capacidade aquém do objectivo, apesar de apresentar um valor satisfatório de índice C_p .

3.5.2.3.3 Peso (Teste 5)

Em relação à variável peso os dados registados foram os seguintes (Figura 80):

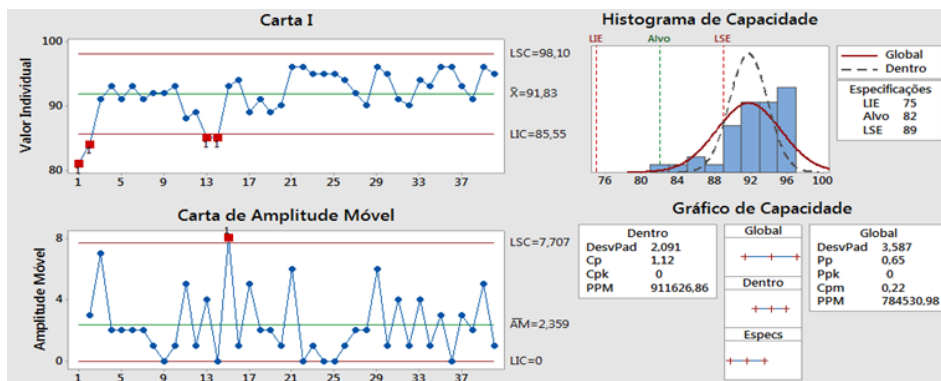


Figura 80 - Cartas de controlo e histograma de capacidade do Peso (Teste 5)

O peso neste teste apresenta alguns pontos fora de controlo estatístico e índices de capacidade longe do necessário para o processo, com C_{pk} igual a zero.

3.5.2.3.4 Qualidade (Teste 5)

Durante a execução deste teste foram analisados os talões recolhidos e registadas as anomalias encontradas (Figura 81).

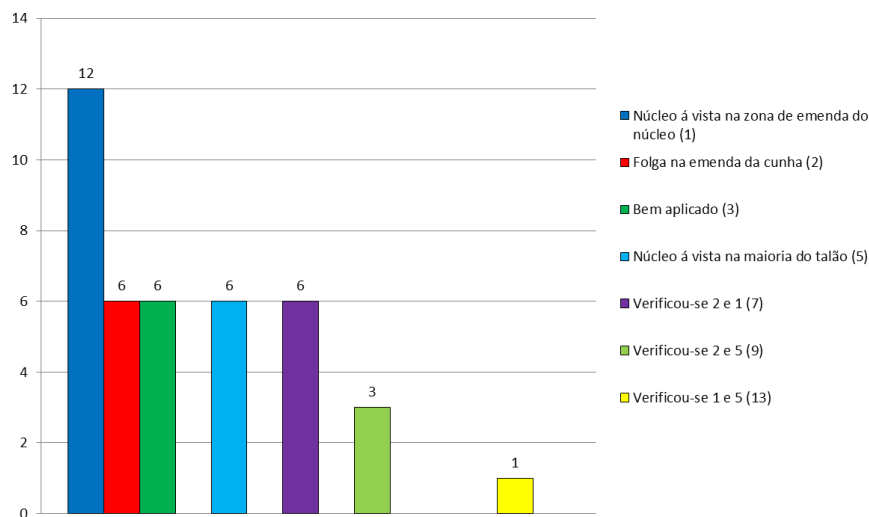


Figura 81 - Histograma com dados de qualidade de talões analisados (Teste 5)

Registaram-se 15% de talões bem aplicados e a anomalia registada com maior frequência foi o núcleo à vista na zona de emenda do núcleo, verificando-se em 30% dos talões analisados neste teste.

3.5.3 Análise de resultados dos testes

Após a conclusão dos testes, foram analisados e comparados os seus resultados (Tabela 11)

Tabela 11 – Dados de testes (Fase II)

Teste	Variável	C _p	C _{pk}	Ideal	Avaliação	Rácio de Qualidade
Teste 3	Largura	3.98	1.37	≥1.33	Não Capaz	0% (0/40)
	Espessura	1.12	0	≥1.33		
	Peso	1.25	0.22	≥1.33		
	Largura A	3.08	1.71	≥1.33		
	Espessura A	1.49	0	≥1.33		
Teste 4	Largura	3.05	2.11	≥1.33	Capaz*	52.5% (21/40)
	Espessura	1.54	1.18	≥1.33		
	Peso	1.49	0.37	≥1.33		
	Largura A	2.41	2.19	≥1.33		
	Espessura A	1.68	1.63	≥1.33		
Teste 5	Largura	2.55	2.32	≥1.33	Não Capaz	15% (6/40)
	Espessura	1.28	0.15	≥1.33		
	Peso	1.12	0	≥1.33		
	Largura A	2.99	2.93	≥1.33		
	Espessura A	1.85	0.44	≥1.33		

Reunidos os dados dos testes realizados podemos assumir que com velocidade de extrusão introduzida de 7 rpm e temperatura de extrusão introduzida de 75 °C temos um processo otimizado no que diz respeito a dimensionamento, peso e qualidade.

De realçar que a velocidade e temperatura real de extrusão são as que realmente influenciam o processo. A variação destas deve ser minimizada por forma a não originar variações no *output* da extrusão (cunhas). Com velocidade de *setup* de 7 rpm temos uma menor amplitude de variação de velocidade.

Dentro de mesmos valores de variáveis de entrada (velocidade e temperatura) verifica-se um comportamento da espessura e peso que não está totalmente controlado.

Comparando os resultados dos testes realizados, temos que o Teste 4 foi o que obteve melhores resultados a nível de controlo estatístico, capacidade do processo e qualidade de talões produzidos, estando apenas a variável peso aquém do pretendido em termos de capacidade de processo (C_{pk}).

No Teste 3 e 4 temos espessura e peso aquém do pretendido e um rácio de qualidade de talões baixo, sendo que no caso do Teste 3 todos os talões analisados tinham anomalias.

3.6 Control (Controlo)

Após realizados todos os testes, e analisados os seus resultados concluiu-se que os parâmetros de Velocidade e Temperatura de extrusão que geram melhores resultados produtivos são os utilizados no Teste 4 (Vextrusão = 7rpm e Textrusão = 75°C).

Ultrapassada a fase de melhoria do ciclo DMAIC a fase que se segue é o controlo da melhoria implementada. Para tal foi efectuado um plano de controlo por forma a garantir as conclusões perpetuadas na fase anterior.

Numa fase inicial o teste 4 foi repetido por forma a verificar se o processo tem o mesmo comportamento. Foram recolhidas 4 amostras em dias diferentes, sendo analisadas 10 cunhas por amostra, tendo o teste um total de 40 cunhas analisadas.

3.6.1 Teste de Controlo

No teste foi fixa a variável Temperatura de extrusão em 75°C e a Velocidade de extrusão em 7 rpm conforme foi realizado o Teste 4.

Após a recolha de duas amostras obtiveram-se os seguintes dados (Tabela 12) em termos de média, mínimo e máximo das variáveis em estudo.

Tabela 12 - Dados do Teste de Controlo

Variável	Dados		
	Média	Mínimo	Máximo
Velocidade Introduzida (rpm)	7	7	7
Velocidade de Extrusão (rpm)			
Temperatura Introduzida (°C)	75	75	75
Temperatura de Extrusão (°C)			
Largura Antes (mm)	13.345	13.11	13.56
Espessura Antes (mm)	7.07	6.96	7.22
Peso (g)	86.5	84	89
Largura Após (mm)	12.8	12.5	13.1
Espessura Após (mm)	6.4	6.3	6.59

Analisando mínimos, máximos e média das variáveis do processo verifica-se que os valores registados neste teste de controlo cumprem com os requisitos de especificação, sendo que a sua variação oscila por valores dentro dos limites de especificação.

Apenas na variável Peso não se verifica essa situação, estando o valor médio próximo do limite superior de especificação e o valor máximo fora desse limite.

Em seguida é apresentada a análise gráfica (Figura 82) do processo produtivo:

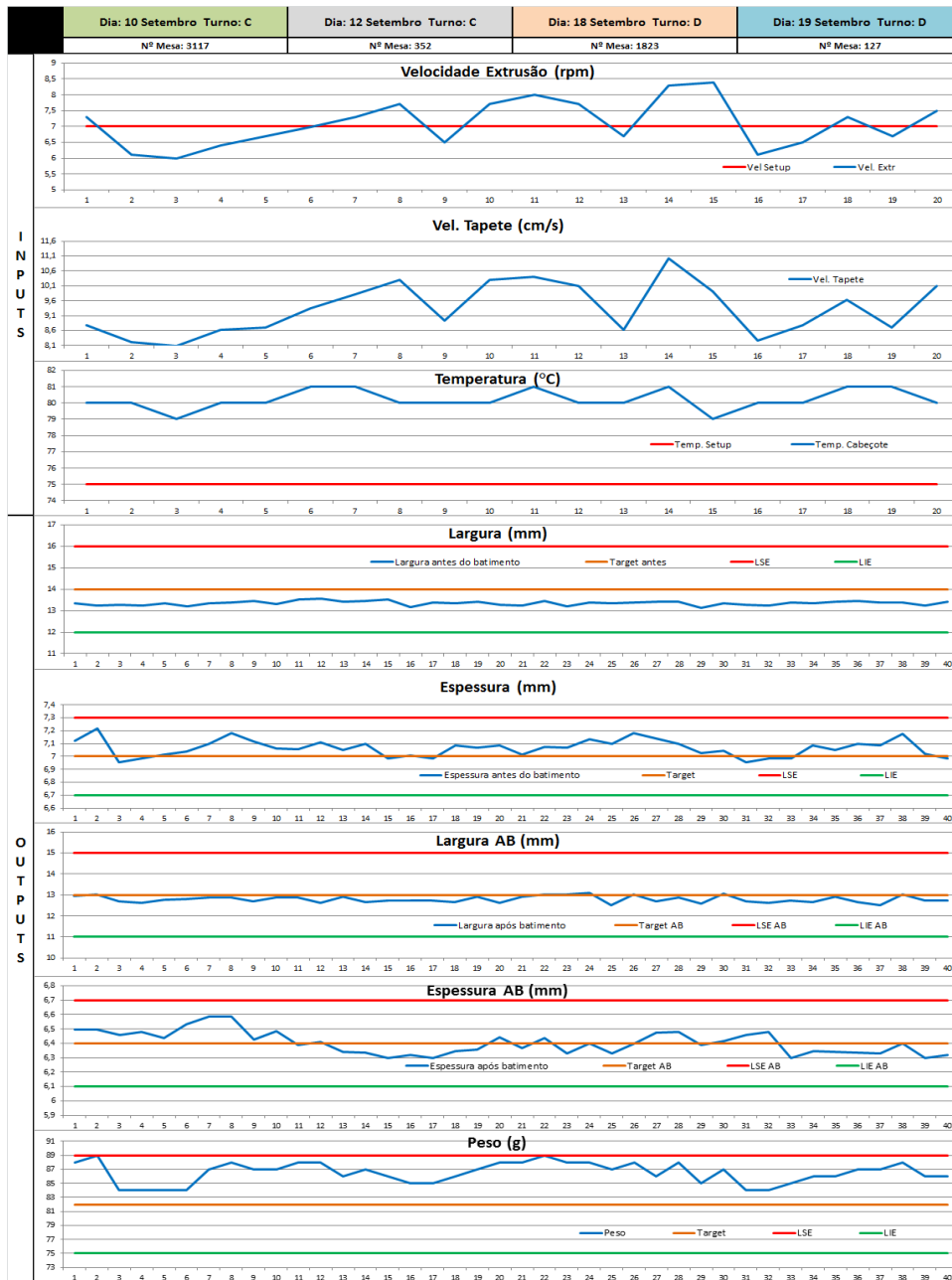


Figura 82 - Gráficos de dados do Teste de Controlo

A largura tanto antes como após aplicação está no valor objectivo de especificação, a espessura encontra-se dentro dos limites de especificação e próxima do valor alvo, e o peso apresenta-se próximo do limite superior de especificação, contudo neste teste não apresenta valores fora desses limites.

Com recurso a cartas de controlo de média e amplitude foram analisados os dados, sendo também realizada uma análise à capacidade do processo. Foram analisadas as dimensões antes e após aplicação e o peso antes de aplicação apenas.

3.6.1.1 *Largura (Teste de controlo)*

Antes da aplicação da cunha, temos os seguintes dados (Figura 83) em relação à variável largura:

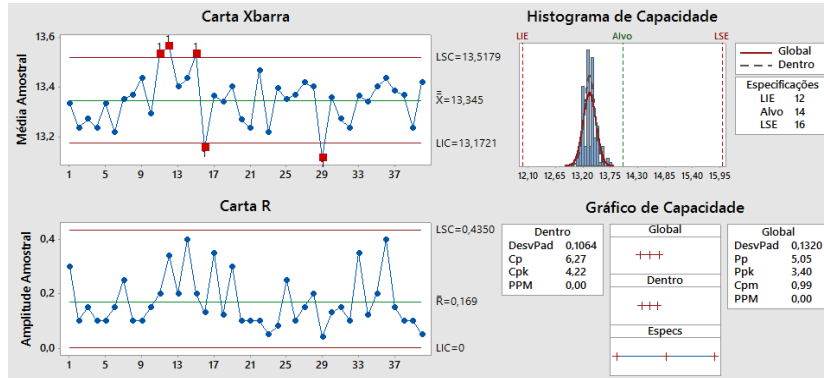


Figura 83 - Cartas de controlo e histograma de capacidade da Largura antes de aplicação (Teste de Controlo)

A largura apresenta alguns pontos fora dos limites de controlo estatístico, mas nenhum fora dos limites de especificação, apresentando bons índices de capacidade de processo, estando quase a totalidade dos valores dentro da curva de distribuição do histograma de capacidade.

Após aplicação registou-se o seguinte (Figura 84):

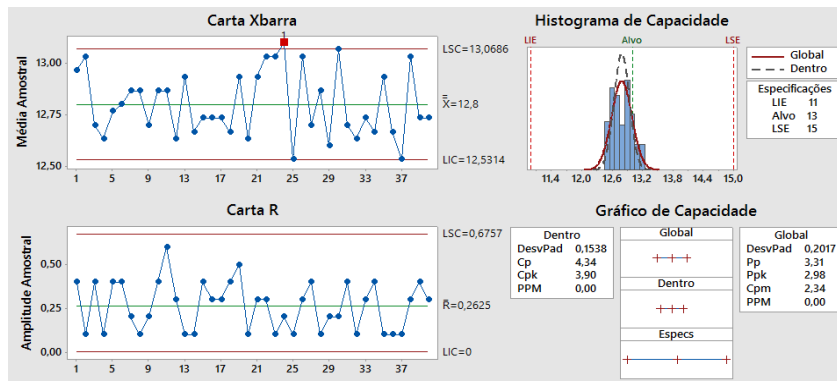


Figura 84 - Cartas de controlo e histograma de capacidade da Largura após aplicação (Teste de Controlo)

A variável largura apresenta o mesmo cenário verificado na análise dos dados antes de aplicação.

Apenas um ponto fora de controlo estatístico e apresenta bons índices de capacidade.

Espessura (Teste de controlo)

A espessura antes da aplicação apresenta os seguintes dados (Figura 85):

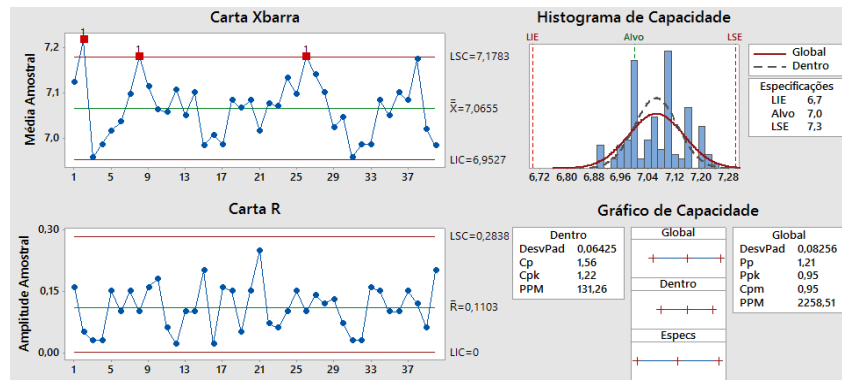


Figura 85 - Cartas de controlo e histograma de capacidade da Espessura antes de aplicação (Teste de Controlo)

Antes da aplicação a variável apresenta alguns pontos fora dos limites de controlo estatístico no que diz respeito à carta das médias.

Em termos de capacidade apresenta um valor de C_{pk} perto do pretendido, e um valor satisfatório de índice C_p .

Relativamente à espessura após aplicação, temos os dados em seguida apresentados (Figura 86):

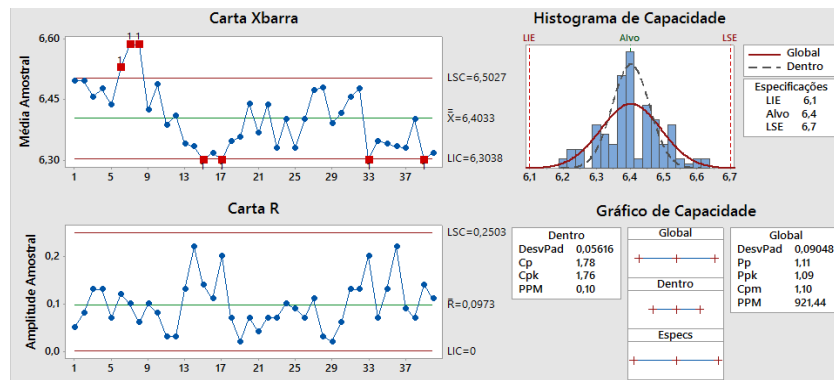


Figura 86 - Cartas de controlo e histograma de capacidade da Espessura após aplicação (Teste de Controlo)

Após aplicação verificam-se alguns pontos fora dos limites de controlo estatístico na carta das médias.

Em termos de capacidade do processo os valores dos índices de capacidade são satisfatórios.

3.6.1.2 *Peso (Teste de Controle)*

Em relação à variável peso os dados registados foram os seguintes (Figura 87):

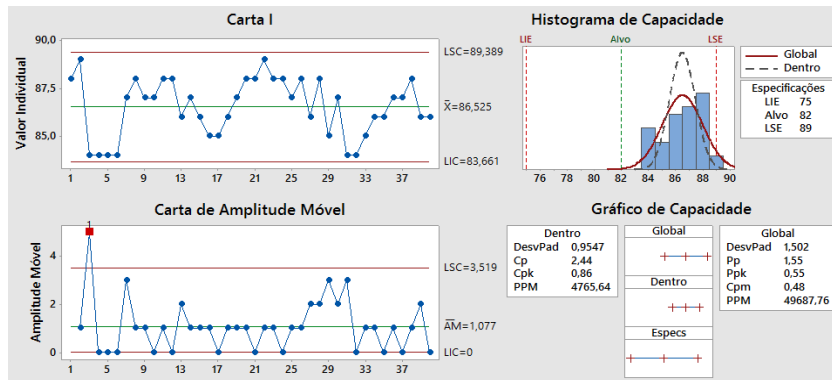


Figura 87 - Cartas de controle e histograma de capacidade do Peso (Teste de Controle)

O peso não apresenta valores fora dos limites de controle estatístico na carta das médias, e um valor fora do limite superior de controle na carta de amplitude. Em termos de capacidade do processo, esta variável apresenta um índice C_p bom, mas um índice C_{pk} aquém do pretendido. Através do histograma de capacidade é perceptível que os dados têm tendência central próxima do limite superior de especificação.

3.6.1.3 *Qualidade*

Durante a execução deste teste foram analisados os talões recolhidos e registadas as anomalias encontradas (Figura 88).

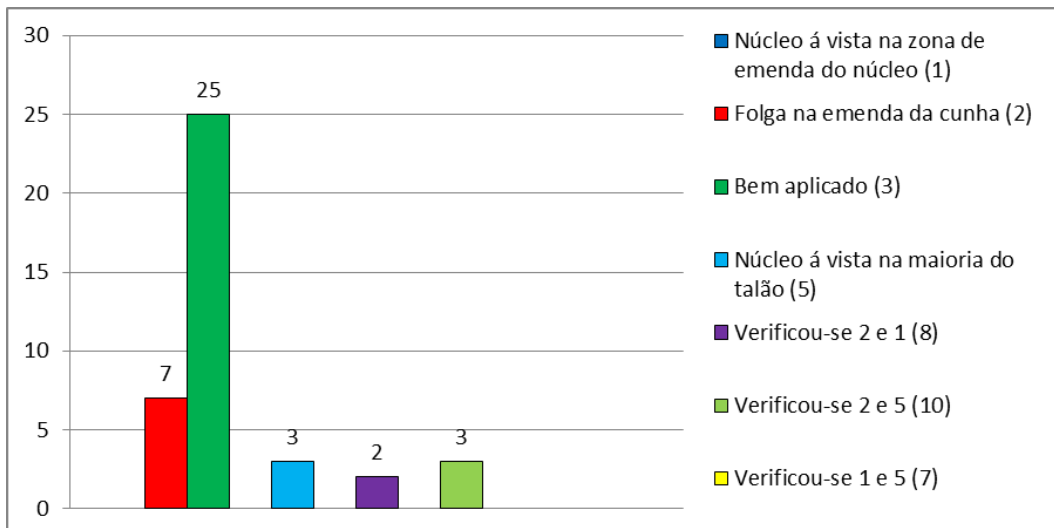


Figura 88 - Histograma com dados de qualidade de talões analisados (Teste de Controle)

Registaram-se 62.5% de talões bem aplicados das amostras recolhidas, sendo a anomalia mais frequente a folga na zona de emenda de cunha registado em 17.5% dos talões analisados.

3.6.2 Análise crítica de controlo de melhorias

Após a conclusão dos testes, foram analisados os seus resultados (Tabela 13)

Tabela 13 - Dados de teste de controlo

Teste	Variável	C_p	C_{pk}	Ideal	Avaliação	Rácio de Qualidade
Teste de Controlo	Largura	6.27	4.22	≥ 1.33	Capaz	62.5% (25/40)
	Espessura	1.56	1.22	≥ 1.33		
	Peso	2.44	0.86	≥ 1.33		
	Largura A	4.34	3.90	≥ 1.33		
	Espessura A	1.78	1.76	≥ 1.33		

Após realizados os testes de controlo verificou-se praticamente o mesmo cenário sucedido no Teste 4.

Bons índices de capacidade à parte do C_{pk} do peso de cunha, e um rácio de qualidade de 62.5%.

Este teste contempla 4 amostras em 4 dias diferentes, e verificando-se os resultados apresentados, podemos concluir que o processo está em controlo, apresentando resultados dentro do mesmo intervalo de valores quando utilizados os mesmos parâmetros de velocidade e temperatura.

3.6.3 Sugestão de novas melhorias

Concluído este projecto, em que foram implementadas melhorias no processo produtivo, a fase seguinte será sugerir e implementar outras melhorias, pois a melhoria é contínua.

Com esse intuito foram enumeradas algumas propostas de melhoria a implementar futuramente no processo produtivo.

3.6.3.1 Armazenamento de Fieiras

De momento as fieiras são armazenadas numa caixa de aço acoplada na zona do parafuso da extrusora (Figura 89).



Figura 89 - Caixa de armazenamento de feiras existente

O intuito das feiras serem armazenadas deste modo é o de se realizar um pré-aquecimento das mesmas antes de elas serem introduzidas no cabeçote para iniciar a produção. Deste modo reduz-se o desperdício de borracha, pois com o molde frio esta sai imprópria para utilização.

A ideia deste tipo de armazenamento é boa, contudo pode ser melhorada.

Foram identificados pelo autor dois pontos de melhoria:

- Capacidade do armazenamento;
- Eficiência do sistema de armazenamento.

Na caixa utilizada até ao momento cabem apenas duas feiras em contacto directo com a base da caixa, havendo espaço para mais duas colocadas em cima dessas.

A capacidade pode ser aumentada e a eficiência na condutividade térmica também, de modo que foi elaborada pelo autor uma sugestão de melhoria.

A sugestão passa pela substituição das caixas existentes por caixas feitas de alumínio pois este material a seguir ao cobre é o que apresenta melhor condutividade térmica e é mais leve que o aço.

A melhoria passará pela redefinição deste sistema de armazenamento por forma a diminuir tempos de *setup* e desperdícios de borracha.

3.6.3.2 Plano de Controlo

Por forma a controlar o processo produtivo, e a qualidade dos talões produzidos foi definido um método de análise por forma a ter um registo que represente com maior fiabilidade o estado do processo.

Até ao momento o controlo é realizado pelos operadores da máquina, consistindo apenas na medição da largura de cunha e peso de cunha, existindo apenas uma medição por ordem de produção.

Este controlo é realizado no início da produção de cada tipo de cunha por forma a verificar apenas se as dimensões e peso estão dentro dos limites de especificação, e se o *slitter* está centrado (verificando a diferença de largura entre cunha do lado esquerdo e direito).

Este novo método consiste exactamente no método utilizado no teste de controlo do presente projecto.

São colectados e analisados 5 pares de cunhas e 5 pares de talões por ordem produtiva, com um intervalo entre si de aproximadamente 5 minutos.

Por forma a não perturbar o normal funcionamento da produção de talões este teste deverá ser realizado por elementos do Departamento de Qualidade ou do DATP, ao invés de ser realizado pelo operador.

Por forma a facilitar a execução destes testes foi construída pelo autor um ficheiro *excel* automatizado em que apenas terão de ser introduzidos os dados, e serão gerados os gráficos, cartas de controlo e índices de capacidade do processo automaticamente.

O controlo executado pelo operador deverá continuar a ser realizado, servindo este novo método para complementar o controlo do processo produtivo.

3.6.3.3 *Melhoria de Processo de Aplicação*

Uma melhoria futura passará pelo processo de guiamento de cunha, aplicação da cunha no tambor, e aplicação da cunha no núcleo (batimento).

Estes processos não estão controlados pelo que devem ser analisados em detalhe e sujeitos a melhorias.

Estes três processos estão interligados, sendo que se houver um guiamento incorrecto das cunhas, estas vão ser mal aplicadas no diafragma e posteriormente mal aplicadas o núcleo, gerando talões não conformes.

Através do projecto realizado foi possível melhorar a qualidade do produto, contudo esta está longe de ser 100%, ou seja, melhorando estes processos deveremos aumentar a qualidade do produto.

Durante a análise inicial realizada pelo autor foram registados alguns dados do processo de aplicação, ilustrados na Figura 90.

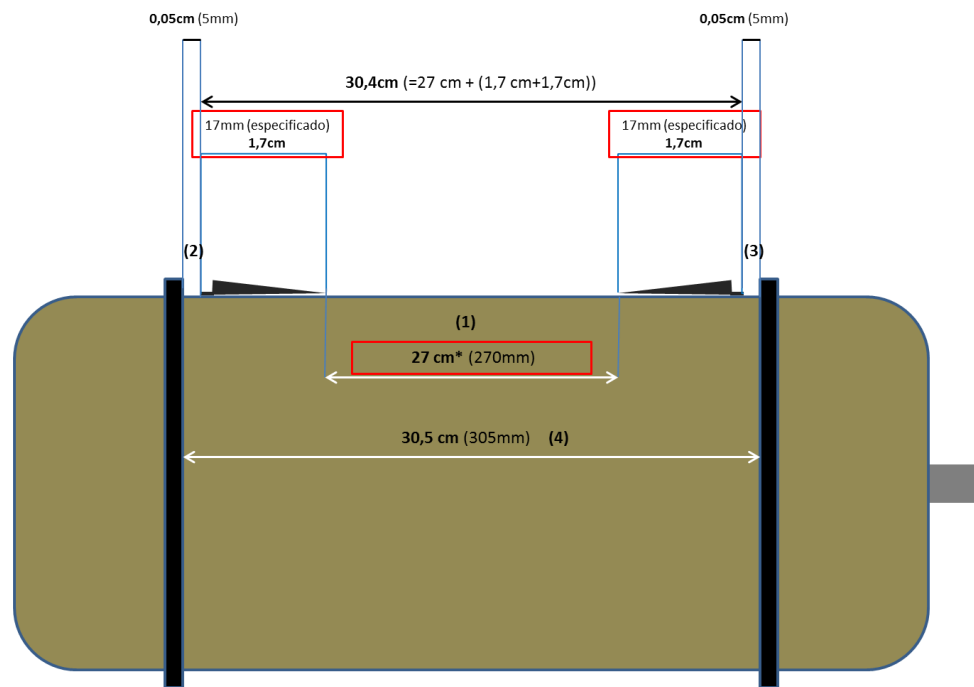


Figura 90 - Ilustração do processo de aplicação de cunhas

A distância entre cunhas (1) varia consoante estas são aplicadas linearmente ou não, ou seja, existindo desvios no corte, guiamento e aplicação (rolos calcadores) o valor desta distância altera-se, alterando também os valores das distâncias (2) e (3) (que devem ser iguais). A distância (4) é fixa.

Uma sugestão de melhoria futura neste processo será o de controlar as distâncias (2) e (3) por forma a serem iguais e evitar anomalias posteriormente nos talões produzidos. Deste modo o próximo passo passará pela análise e melhoria desta fase do processo produtivo.

CONCLUSÕES

4.1 CONCLUSÃO INICIAL

4.1.1 CONCLUSÃO FINAL

4 CONCLUSÕES

Conclui-se que foi alcançado o objectivo da realização deste projecto, que era a implementação de melhorias no processo de produção de talões.

Analisando o processo produtivo de forma estruturada, seguindo os fundamentos da metodologia DMAIC foi inicialmente observado, estudado, medido e analisado o estado em que se encontrava o processo produtivo. Após ser conhecida a situação inicial foram enumerados os problemas do processo produtivo e suas possíveis causas, sendo definido como ponto alvo de melhoria o controlo de dimensões e peso de cunha, que seguindo o mesmo fundamento de análise levou à oportunidade de intervenção nos parâmetros de controlo do processo de extrusão, que são a velocidade e temperatura de extrusão.

Foram definidos testes com diferentes valores de velocidade e temperatura, sendo que estes valores não foram escolhidos aleatoriamente, mas sim delineados em conjunto com as partes interessadas no projecto por forma a encontrar os parâmetros que geram talões com as dimensões, peso e qualidade pretendidas.

Após a execução e análise de resultados dos testes definidos, foi seleccionado o teste com melhor resultado como melhoria a implementar. Este teste foi repetido por forma a verificar a fiabilidade dos resultados obtidos e foi desenhado um plano de controlo para o mesmo.

Terminada a análise obtiveram-se os seguintes dados:

Tabela 14 - Dados de evolução do estado do processo produtivo

Estado do Processo	Variável	Cp	Cpk	Qualidade
Antes de implementação de melhorias	Largura	4.39	3.26	19% (19/100)
	Espessura	1.53	1.14	
	Largura Após	3.40	3.29	
	Espessura Após	1.54	1.49	
	Peso	1.00	0.01	
Após implementação de melhorias (Teste Controlo)	Largura	6.27	4.22	62.5% (25/40)
	Espessura	1.56	1.22	
	Largura Após	4.34	3.90	
	Espessura Após	1.78	1.76	
	Peso	2.44	0.86	

A nível de análise de controlo estatístico do processo todas as variáveis melhoraram tanto na carta das médias como na das amplitudes, não existindo praticamente pontos fora de controlo.

Na componente de análise de capacidade do processo os indicadores C_p e C_{pk} melhoraram em todas as variáveis, apesar de o C_{pk} da variável Peso se encontrar um pouco aquém do pretendido. A grande evolução verificou-se na variável espessura que passou a estar dentro dos requisitos de capacidade de processo.

Em termos de qualidade de talões produzidos, inicialmente tínhamos uma taxa de 19% de talões produzidos sem qualquer defeito, sendo que após redefinidos os parâmetros de velocidade e temperatura obteve-se uma taxa de sucesso de 62.5%.

Este valor está ainda longe dos 100%, contudo verificou-se que alterando apenas os parâmetros de velocidade e temperatura de extrusão, o número de talões bem aplicados aumentou em 43.5%.

Existem ainda várias oportunidades de melhoria no sistema produtivo, algumas já mencionadas pelo autor no presente relatório, que assim que forem implementadas deverão tornar o processo mais estável e aumentar a qualidade dos talões produzidos.

Finalizado o projecto, o balanço é positivo pois efectivamente foram implementadas melhorias no sistema produtivo, estando este melhor do que quando se iniciou o projecto.

A nível pessoal foi muito positivo, pois com esta oportunidade de desenvolver um trabalho deste tipo numa empresa com a dimensão da CM foram enriquecidos conhecimentos e postos em prática num ambiente industrial.

BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

5.1 ARTIGOS EM REVISTAS INTERNACIONAIS (Livros e Revistas)

5.2 Sites da internet

5 BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

5.1 ARTIGOS EM REVISTAS INTERNACIONAIS (Livros e Revistas)

Porter, M. (1985) - *The Competitive Advantage*, Free Press, Nova Iorque

GEP/MIE (1995) - *O Projecto Porter. A Aplicação a Portugal 1993/94*, Gabinete de Estudos e Planeamento - Ministério da Indústria e Energia, Lisboa

OCDE (1998) - *Industrial Performance and Competitiveness in an Era of Globalization and Technological Change*, Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico, Paris

Juran, J. M. e Gryna, F. M. (1991) - *Controle da Qualidade - Handbook*, Makron Books, São Paulo

Ho, S.K.M. e Fung, C.K.H. (1994) – “Developing a TQM Excellence Model”, *The TQM Magazine*, Vol. 6 No. 6, MCB University Press

Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1990) - *The Machine that Changed the World*. New York, USA: Rawson Associates.

Ohno, T. (1988) - *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. New York, USA: Productivity Press.

Feld, W.M. (2000) – *Lean Manufacturing: Tools, Techniques and How to Use Them*. New York, USA: The St. Lucie Press/APICS Series on Resource Management.

Melton, T. (2005). *The Benefits of Lean Manufacturing: What Lean Thinking has to Offer the Process Industries*. *Chemical Engineering Research and Design*

Montgomery, D. C. (2011) – *Introduction to Statistical Quality Control*. New Jersey, John Wiley & Sons, Inc.

McClusky, R. (2000). The Rise, fall, and revival of six sigma. *Measuring Business Excellence*, 4 (2), 6–17.

Alizon, F., Shooter, S. B. e Simpson, T. W. (2009) – Henry Ford and the Model T: lessons for product platforming and mass customization. *Design Studies* Vol 30 No. 5

Zu, X., Fredendall, L. D., & Douglas, T. J. (2008). The evolving theory of quality management - The role of Six Sigma. *Journal of Operations Management*, 630-650.

Pande, P. S., Neuman, R. P., & Cavanagh, R. R. (2000). *The Six Sigma Way: How GE, Motorola, and Other Top Companies are Honing Their Performance*. *Quality Progress* (Vol. 34, pp. 120-120). McGraw-Hill Professional.

Pan, J. N. (2007). A study of multivariate pre-control charts. *International Journal of Production Economics*, 105(1), 160-170.

Taleb, H. (2009). Control charts applications for multivariate attribute processes. *Computers & Industrial Engineering*, 56(1), 399-410.

Dudek-Burlikowska, M. (2005). Quality estimation of process with usage control charts type XR and quality capability of process C p, C pk. *Journal of Materials Processing Technology*, 162, 736-743.

Vasconcelos J. Andres (2005). *Quality Assurance for the food industry: A practical approach* [Livro]. - [s.l.] : CRC PRESS .

Pereira, Z. L. e Requeijo, J. G., 2012. *Qualidade: Planeamento e Controlo Estatístico de Processos*.

5.2 Sítios da internet

1. http://www.afia.pt/images/stories/pdf2017/afia_exp_2007-2017_jan_jul_act20170922.pdf
2. http://www.afia.pt/index.php?option=com_content&task=view&id=4499&Itemid=61&lang=pt_PT;
3. <http://www.Irqa.pt/Certificacao/ISO-16949-sector-automovel/>
4. <http://www.invent.org/honor/inductees/inductee-detail/?IID=68>
5. <https://www.thoughtco.com/john-dunlop-charles-goodyear-tires-1991641>
6. <http://www.proctorcars.com/evolution-of-car-tires/>
7. <http://www.marketresearch.com/TechSci-Research-v3895/Europe-Tire-Forecast-Opportunities-10322848/>
8. <http://www.revistadospneus.com/pt/index.php/pneus/pneus-mercado/item/1472-a-importancia-do-online>
9. <https://www.sema.org/sema-news/2016/02/2016-tire-wheel-trends>
10. <http://waset.org/publications/8018/six-sigma-process-and-its-impact-on-the-organizational-productivity>
11. http://www.valorpneu.pt/artigo.aspx?lang=pt&id_object=221&name=Componentes-e-Caracteristicas-de-um-Pneu
12. <http://waset.org/publications/8018/six-sigma-process-and-its-impact-on-the-organizational-productivity>
- 13.

ANEXOS

6.1 ANEXO1

6.2 ANEXO2

- 6.2.1 ISHIKAWA
- 6.2.2 Matriz causa efeito
- 6.2.3 Pareto

6 ANEXOS

6.1 ANEXO1

6.2 ANEXO2

6.2.1 ISHIKAWA

6.2.2 Matriz causa efeito

6.2.3 Pareto

