



**Mário Diogo Pinto
Oliveira**

**ANÁLISE DA ORIGEM DAS NÃO CONFORMIDADES
DA COROA DO DIFERENCIAL PRODUZIDA PELA
RENAULT CACIA**



**Mário Diogo Pinto
Oliveira**

**ANÁLISE DA ORIGEM DAS NÃO CONFORMIDADES
DA COROA DO DIFERENCIAL PRODUZIDA PELA
RENAULT CACIA**

Projeto apresentado à Universidade de Aveiro, para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, realizado sob a orientação científica da Doutora Ana Luísa Ramos, Professora Auxiliar do Departamento de Economia, Gestão, Engenharia Industrial e Turismo da Universidade de Aveiro.

o júri

Presidente

Doutor José António de Vasconcelos Ferreira
Professor Associado, Universidade de Aveiro

Doutor Luís Miguel Silva Dias
Professor Auxiliar, Departamento de Produção de Sistemas- Escola de
Engenharia da Universidade do Minho

Doutora Ana Luísa Ferreira Andrade Ramos
Professora Auxiliar, Universidade de Aveiro

Agradecimentos

À orientadora da Universidade de Aveiro, Professora Ana Luísa Ramos, pelo acompanhamento e disponibilidade ao longo de todo o estágio.

À *Renault Cacia*, nomeadamente à equipa de melhoria contínua e restantes colaboradores do departamento dos componentes mecânicos, por todo o acompanhamento e apoio, ao longo de todo o projeto.

Aos colegas de estágio, pelos momentos de partilha e entreaajuda no decorrer do estágio curricular.

À minha família, por todo o suporte incondicional ao longo de todo o meu percurso académico.

palavras-chave

Qualidade, *Lean*, Coroa do Diferencial, Choques, Relação Causa-Efeito.

resumo

O presente trabalho tem como objetivo a análise da origem de um tipo de não conformidades, designado por “choques”, na coroa do diferencial produzida na *Renault Cacia*.

Os choques representam um tipo de não conformidades, que se traduz em excessos ou faltas de material nos componentes fabricados.

Estima-se que cerca de 25% das coroas do diferencial produzidas possuem este defeito, causando uma falta de produtividade e eficiência em todo o processo produtivo.

Através do trabalho desenvolvido, estima-se que cerca de 60% dos choques seriam evitados, se se eliminassem as duas principais causas que os originam. O estudo efetuado tem como início numa recolha de dados baseada numa das 7 ferramentas básicas da qualidade (folha de verificação) que visou, essencialmente, proporcionar uma interpretação completa e sucinta sobre o processo produtivo das coroas, relativamente à produção de choques. Através desta ferramenta foi possível apurar-se qual era a referência de peça com maior incidência em choques, o tipo de choques mais recorrente e, por fim, qual a linha de maquinaria que, tendencialmente, produzia uma maior quantidade de peças com este tipo de defeito.

Seguidamente, foi efetuada uma experiência baseada em ensaios e testes com as peças, com o objetivo de se apurar a origem da produção dos choques nas coroas. As peças foram analisadas e classificadas como conformes ou não conformes. Para o último caso, em que se verificava a presença de choques, foram apurados os problemas que estavam na origem da produção deste defeito, bem como as respetivas causas.

Tendo o conjunto de problemas e respetivas causas identificado, recorreu-se à utilização do diagrama de Pareto, com o objetivo de quantificar o peso de cada causa, nos problemas verificados. Desta forma, foi possível apurarem-se quais as causas que possuíam um maior impacto ou influência na produção de choques nas peças.

Adicionalmente, por forma a organizar os resultados obtidos, foi elaborado um diagrama de causa-efeito, no qual se encontram representados o efeito global em estudo e os problemas, causas de nível 1 e causas de nível 2 detetadas.

Por fim, recorreu-se à metodologia dos 5 porquês, com o objetivo de se identificarem as causas-raiz para cada um dos problemas encontrados e, consequentemente, para a produção de choques. O recurso à ferramenta foi bastante útil, na medida em que permitiu concluir as verdadeiras origens na deteção e produção de choques e, assim, possibilitou a elaboração de um conjunto de ações de correção e melhoria a serem implementadas.

keywords

Quality, Lean, Differential Crown, Non-Conformities, Cause-Effect Relation.

abstract

This work aims to analyze the origin of a type of non-conformities, called "shocks", in the differential crown produced at Renault Cacia. Shocks represent a type of non-conformity, which translates into excesses or shortages of material in the manufactured components. It is estimated that about 25% of the differential crowns produced have this defect, causing a lack of productivity and efficiency in the entire production process. Through the work developed, it is estimated that about 60% of shocks would be avoided if the two main causes that caused them were eliminated. The study started with a data collection based on one of the 7 basic quality tools (verification sheet) which essentially aimed to provide a complete and succinct interpretation of the crowns production process, in relation to the production of shocks. Through this tool it was possible to ascertain which part reference was the one with the highest incidence of shocks, the most recurrent type of shock and, finally, which machining line tended to produce a greater number of parts with this type of defect. Then, an experiment was carried out based on tests with the parts, in order to determine the origin of the production of the shocks on the crowns. The parts were analyzed and classified as good or non-good. For the last case, in which shocks were present, the problems that caused this defect were found, as well as the respective causes. Having identified the set of problems and respective causes, the Pareto diagram was used, with the aim of quantifying the weight of each cause in the problems found. In this way, it was possible to ascertain which causes had the greatest impact or influence on the production of shocks in the parts. In addition, in order to organize the results obtained, a cause-effect diagram was drawn up, in which the global effect under study and the problems, level 1 causes and level 2 causes are represented. Finally, the 5 whys methodology was used, in order to identify the root causes for each of the problems encountered and, consequently, for the production of shocks. The use of the tool was very useful, as it allowed to conclude the true origins in the detection and production of shocks and, thus, made possible the elaboration of a set of correction and improvement actions to be implemented.

Índice

1. Introdução.....	1
1.1. Contextualização do trabalho	1
1.2. Objetivos e Metodologia	2
1.3. Estrutura do relatório	3
2. Enquadramento Teórico.....	6
2.1. Qualidade.....	6
2.1.1. <i>International Organization for Standardization (ISO)</i>	8
2.1.2. As 7 ferramentas básicas da qualidade	9
2.1.3. Análise Modal de Falhas e Efeitos: AMFE	11
2.2. <i>Lean</i>	13
2.2.1. Atividades de VA e NVA.....	13
2.2.2. Os 7 desperdícios Lean.....	14
2.2.3. Ferramentas Lean	15
3. Análise da Origem dos Choques nas Coroas do Diferencial.....	18
3.1. Apresentação da Organização	18
3.1.1. Grupo <i>Renault</i>	18
3.1.2. <i>Renault Cacia</i>	19
3.2. Apresentação da Coroa do Diferencial	22
3.2.1. Funções da Caixa e Coroa do Diferencial	22
3.2.2. Coroa do Diferencial produzida pela <i>Renault Cacia</i>	23
3.2.3. Descrição do processo produtivo.....	24
3.3. Problema em estudo: choques na coroa do diferencial	27
4. Metodologia.....	29
4.1. Recolha de Dados: Folha de Verificação.....	29
4.2. Ensaios e testes com as coroas 14*69	35
4.3. Diagrama de Pareto	45
4.4. Análise dos 5 porquês	47
4.5. Análise e Discussão dos Resultados e Soluções de Melhoria	49
5. Conclusões e Trabalho Futuro.....	52
5.1. Considerações Finais e Limitações	52
5.2. Trabalho Futuro.....	53
Referências Bibliográficas.....	54

Índice de Figuras

Figura 1: Vista aérea da Renault Cacia	19
Figura 2: Divisão da fábrica em Ateliers.....	20
Figura 3: Coroa do diferencial 14*69, Renault Cacia.....	23
Figura 4: Layout das linhas A e B de maquinação	24
Figura 5: Charriot abastecido com coroas.....	26
Figura 6: Zonas mais prováveis para a formação de choques	27
Figura 7: Folha de verificação para os choques.....	30
Figura 8: Documento de recolha de dados sobre os choques.....	31
Figura 9: Ocorrência de choques detetados ao 1º teste.....	32
Figura 10: Fórmula para o cálculo das PPM	32
Figura 11: Ocorrências dos três tipos de choques	33
Figura 12: Ocorrência, em PPM, dos diferentes tipos de choques	33
Figura 13: Ocorrência de choques para cada linha de maquinação.....	34
Figura 14: Resultados obtidos nos ensaios com as peças da Pós-Maquinação.....	37
Figura 15: Distribuição dos resultados, pelos problemas detetados e possíveis causas, na Pós-Maquinação.....	38
Figura 16: Diversos choques detetados, no decorrer dos ensaios	39
Figura 17: Resultados obtidos nos ensaios com as peças do Pós-Transporte.....	40
Figura 18: Distribuição dos resultados, pelos problemas detetados e possíveis causas, no Pós Transporte	41
Figura 19: Resultados obtidos nos ensaios com as peças do Pós-TTh.....	42
Figura 20: Distribuição dos resultados, pelos problemas detetados e possíveis causas, no Pós-TTh.....	43
Figura 21: Diagrama de Pareto para as causas identificadas	46
Figura 22: Análise 5 porquês às causas identificadas.....	47
Figura 23: Diagrama de causa-efeito, relativo aos choques detetados	50

Índice de Tabelas

Tabela 1: Lista de produtos fabricados pela Renault Cacia	21
Tabela 2: Operações da maquinação das coroas	25
Tabela 3: Características gerais da experiência.....	36
Tabela 4: Ocorrências das causas.....	45
Tabela 5: Causas reordenadas por ocorrências e cálculo das percentagens individuais e acumulativas.....	45
Tabela 6: Soluções de melhoria, para algumas das falhas identificadas.....	50

Lista de Abreviaturas, Acrónimos e Siglas

AGV	<i>Automated Guided Vehicles</i>
AMFE	Análise Modal de Falhas e Efeitos
APW	<i>Alliance Production Way</i>
AT	<i>Atelier</i>
CA	Chefe de <i>Atelier</i>
CEP	Controlo Estatístico do Processo
CUET	Chefe da Unidade Elementar de Trabalho
DLI	Departamento de Logística Interna
ETAR	Estação de Tratamento de Águas Residuais
FOS	Ficha Operacional <i>Standard</i>
IPQ	Instituto Português da Qualidade
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
JIT	<i>Just in time</i>
LERC	<i>The Lean Enterprise Research Center</i>
NNVA	Necessárias de Não Valor Acrescentado
NVA	Não Valor Acrescentado
OP	Operação
PB	Peça Branca
PDCA	<i>Plan Do Check Act</i>
PIB	Produto Interno Bruto
PN	Peça Negra
PPM	Partes Por Milhão
RPM	Rotações Por Minuto
SGQ	Sistema de Gestão da Qualidade
SPR	Sistema de Produção <i>Renault</i>
TPS	<i>Toyota Production System</i>
TTh	Tratamentos Térmicos
TQM	<i>Total Quality Management</i>
UET	Unidade Elementar de Trabalho
VA	Valor Acrescentado

1. Introdução

Atualmente, o setor automóvel assume um papel fulcral na economia, às escalas nacional e mundial.

De acordo com os dados estatísticos da Associação de Fabricantes para a Indústria Automóvel (AFIA) referentes ao ano civil de 2019, existiam, em Portugal, 240 empresas a atuar na indústria de componentes automóveis e a empregar 59000 trabalhadores.

O volume de negócios, para o ano mencionado, atingiu o valor de 12,0 mil milhões de euros, representando 6% do Produto Interno Bruto (PIB) português. Deste volume de negócios, cerca de 81% provém de exportações para todo o mundo, evidenciando-se, assim, a importância deste setor, na economia e sociedade do país.

O distrito de Aveiro, em comparação com as restantes regiões do país, contabiliza com o maior número de fábricas do ramo automóvel: 60 organizações a operar, nesta área, no distrito. A *Renault Cacia* é parte integrante deste número, destinando-se à fabricação de caixas de velocidade e componentes mecânicos para o motor.

Este capítulo tem como principais objetivos a contextualização do projeto desenvolvido na empresa (secção 1.1.) a definição dos objetivos subjacentes e metodologias utilizadas no seu desenvolvimento (secção 2.2.) e, por fim, a apresentação da estrutura do relatório (secção 1.3.).

1.1. Contextualização do trabalho

O principal objetivo da *Renault Cacia*, transversal a qualquer organização, é a entrega dos seus produtos, aos seus clientes, com qualidade, no tempo e nas quantidades corretas. Para que tal aconteça, é essencial certificar-se que todos os processos da fábrica decorrem de forma adequada e sincronizada.

Desta forma, há que garantir níveis de eficácia e eficiência nas linhas de produção e que todas as operações sejam realizadas, respeitando as normas operacionais padronizadas.

Neste âmbito, a melhoria contínua e a qualidade aliam-se e atuam sincronizadamente, promovendo a eliminação de desperdício, a maximização de valor acrescentado e a garantia da conformidade nos produtos desenvolvidos.

Dos diversos produtos fabricados pela empresa, a coroa do diferencial é um dos componentes que, juntamente com outros, irá constituir as caixas de velocidade.

Qualquer que seja o processo produtivo, poderá afirmar-se que um dos principais objetivos tem que ver com a minimização da produção de defeitos, por forma a assegurar que as características do produto correspondem aos requisitos e necessidades dos clientes.

No caso das coroas do diferencial, o tipo de não conformidade mais comum é designado por “choque” na peça, podendo ser classificado em três tipos: choque no topo do dente, choque no flanco do dente e choque no chanfro do dente.

Estima-se que, em média, 20 % das coroas produzidas são detetadas com choques, no primeiro controlo de qualidade a que são sujeitas.

Este problema, existente na organização há vários anos, representa uma questão complexa, relativamente à correta identificação das causas que, possivelmente, possam originar estas não conformidades no produto. Estes defeitos podem advir de operações de maquinaria, de manuseamento, de transporte, de tratamento térmico, entre muitas outras possibilidades.

Dada a relevância do tema para a organização, que gera custos de retrabalho avultados e uma desorganização geral no processo produtivo, foi proposto, por parte da equipa de melhoria contínua, o desenvolvimento do presente trabalho.

O objetivo teve que ver com a análise da origem das não conformidades, nomeadamente dos choques, na coroa do diferencial e, se possível, a elaboração de soluções de melhoria, para a sua eliminação.

1.2. Objetivos e Metodologia

Do efeito global em estudo, isto é, peças detetadas com choques, pretendeu descobrir-se as falhas que lhe estão associadas, ou seja, os problemas que causam esta acusa de choques. Com a correta identificação das falhas, foi necessário, também, identificarem-se os respetivos modos de falha: forma como essas falhas ou problemas se reproduzem.

Tendo todos os aspetos, supramencionados, apurados, tentou compreender-se que modos de falha e, conseqüentemente, que falhas poderiam ser eliminadas, através da aplicação de um conjunto de ações de correção.

Deste modo, procurou adotar-se uma metodologia através da qual fosse possível satisfazerem-se as necessidades subjacentes ao projeto. A metodologia adotada consistiu:

- i. Na compreensão dos modos de funcionamento da fábrica;
- ii. Na análise, pormenorizada, ao processo produtivo das coroas, por forma a compreender todas as suas operações e etapas e seus intervenientes;
- iii. Na análise à Ficha Operacional Standard (FOS) no intuito de perceber, detalhadamente, quais os procedimentos a seguir nas diversas operações do processo;
- iv. Na recolha de dados, referentes aos choques, para agrupar a informação em função de diversos critérios relevantes, permitindo a sua fácil interpretação;
- v. Em diversos ensaios e testes de qualidade com as peças, com o objetivo de decifrar as possíveis causas que originam a deteção de choques;
- vi. Na realização de uma revisão bibliográfica, sobre os temas *Lean* e Qualidade, e sua aplicação no caso prático.

1.3. Estrutura do relatório

O trabalho desenvolvido assenta em duas componentes distintas: a componente teórica e a componente prática. Na primeira, foi realizada uma abordagem aos temas teóricos relevantes para o projeto. Em relação à segunda, esta diz respeito ao caso prático desenvolvido.

Quanto à estrutura, o relatório é dividido em 5 capítulos:

1. Introdução;
2. Enquadramento Teórico;
3. Análise e Discussão dos Resultados e Soluções de Melhoria;
4. Metodologia;
5. Conclusões e Trabalho Futuro.

No capítulo 1, correspondente à introdução, foi feita uma contextualização do trabalho, na qual foram descritos os seguintes aspetos: objetivos, metodologia adotada e estrutura do relatório.

Relativamente ao capítulo 2, referente ao enquadramento teórico, foram explorados os temas da Qualidade e do *Lean*, fazendo referência a algumas das suas ferramentas, que são úteis na leitura de problemas e na implementação de ações de melhoria.

Em relação ao capítulo 3, foi realizada uma apresentação da organização, do produto em estudo e respetivo processo produtivo, assim como do problema a solucionar.

Quanto ao capítulo 4, que diz respeito à metodologia adotada, foram referidas todas as ações levadas a cabo na resolução do problema, constando a análise realizada aos resultados obtidos, por forma a retirar conclusões adequadas dos mesmos.

Por fim, no capítulo 5, foram descritas as conclusões retiradas do trabalho desenvolvido, bem como as suas limitações, fazendo referência ao trabalho futuro a desenvolver.

2. Enquadramento Teórico

Neste capítulo, estão apresentados os principais conceitos teóricos que foram aplicados ao longo de todo o trabalho desenvolvido.

A revisão de literatura realizada focou-se no enquadramento teórico do pensamento *Lean* e da Qualidade ao projeto realizado, com o objetivo de correlacionar as ferramentas associadas a estes dois conceitos com o âmbito prático do projeto.

2.1. Qualidade

Atualmente, com a evolução do conceito da qualidade e a sua crescente relevância para o sucesso organizacional, as empresas compreendem que o alcance da excelência está intrinsecamente relacionado com a qualidade dos seus produtos e serviços.

O aparecimento de produtos substitutos no mercado, obriga a que as organizações adquiram vantagem competitiva, junto dos seus concorrentes.

Desta forma, é essencial assegurar a existência de processos que garantam os níveis de qualidade, nos produtos e serviços desenvolvidos, por forma a satisfazer os requisitos e necessidades dos clientes. Para que tal aconteça, é necessário que as organizações foquem os seus esforços em diversos critérios a serem satisfeitos: perfeição, consistência, eliminação de desperdícios e fazer bem à primeira vez (*Evans & Lindsay, 2008*). Consequentemente, constrói-se uma posição mais consolidada, num mercado global cada vez mais competitivo (*Cao & Gao, 2018*).

O conceito da qualidade pode ser definido como sendo a capacidade de que um produto ou serviço possuem, para que, de uma forma consistente, satisfaçam as necessidades dos clientes.

Deste modo, a qualidade pode ser definida como sendo a conformidade com as especificações (*Crosby, 1979*) e com a adequação à utilização do produto ou serviço (*Juran, 2001*).

O conceito foi obtendo, progressivamente, uma maior relevância nos processos das empresas, tendo sido alvo de diversas evoluções ao longo da história. Essas evoluções são descritas em quatro fases ou eras:

1. Inspeção da qualidade: apenas eram efetuadas inspeções ao produto, no seu estado acabado. O produto, uma vez acabado, era inspecionado e classificado como conforme ou não conforme. Nesta era, os custos com os recursos materiais

eram insustentáveis, uma vez que não eram efetuados controlos de qualidade ao longo de todo o processo (mas apenas no fim) e não se tentavam perceber quais eram as causas ou origens dos defeitos (Pires 2007);

2. Controlo da qualidade: o conceito evoluiu para o Controlo Estatístico do Processo (CEP) que se baseava, para além das inspeções, em perceber quais eram as causas que originavam a produção de defeitos. Assim, eram implementadas as respetivas soluções de melhoria e controlos intermédios, ao longo de todo o processo produtivo. Consequentemente, tornou-se possível reduzir a taxa de produção de defeitos e, consequentemente, os custos associados à produção de componentes defeituosos (Pires 2007);

3. Garantia da qualidade: evolução do conceito de uma perspetiva menos reativa, para uma ótica mais proativa. Ao contrário do CEP (cujas funções são inteiramente reativas, face aos problemas que surgem) a garantia da qualidade assentava numa visão proativa, com o objetivo de estabelecer medidas preventivas e, consequentemente, evitar a produção de defeitos. Eram realizados diversos levantamentos de informação, no que diz respeito aos intervenientes e fases do processo, por forma a melhorá-lo em todas as suas vertentes (*layout* das linhas de produção, padronização do trabalho, formação dos seus colaboradores, controlo e manutenção das ferramentas e máquinas utilizadas, entre outros aspetos). Nesta fase, começou a dar-se a devida importância a todos os setores e colaboradores da organização, uma vez que a garantia da qualidade dependia não só das áreas fulcrais das empresas, mas também dos seus restantes setores e colaboradores (Pires 2007);

4. Gestão da qualidade: a qualidade evoluiu, em sequência de todas as fases supramencionadas, para um estado em que se estabelece o conjunto de ações planeadas e sistemáticas necessárias, para conferir a confiança de que um produto ou serviço iria satisfazer as necessidades e requisitos do cliente. O que distingue esta fase da garantia da qualidade, tem que ver com a importância atribuída aos clientes das organizações. As empresas entendiam que era necessário alargar fronteiras e possuir um maior contacto com os seus clientes, por forma a conhecerem o seu *feedback* sobre o produto (Pires 2007);

5. Gestão da Qualidade Total / Total Quality Management (TQM): maior ênfase ao papel que os clientes possuíam no sucesso organizacional e ao papel fundamental que os *stakeholders* (fornecedores, investidores, acionistas, clientes, entre outros) possuíam para a sustentabilidade da empresa. Por fim, surgiu a preocupação pelo bem-estar dos colaboradores, que se traduziu no aumento das suas condições de trabalho, motivação e estabilidade quer a nível pessoal, quer a nível profissional (Pires 2007).

2.1.1. International Organization for Standardization (ISO)

A *International Organization for Standardization* (ISO) surge de acordo com a necessidade de estabelecer Sistemas de Gestão da Qualidade (SGQ) nas organizações.

A organização foi fundada a 1947, na Suíça, tendo como principal objetivo o desenvolvimento de atividades de padronização, normalização e cooperação entre os seus países membros (Lopes e Capricho, 2007; ISO 2020).

Cada país membro possui uma entidade filiada. No caso de Portugal, essa instituição é o Instituto Português da Qualidade (IPQ).

Na prática, as normas fornecem modelos padrão que permitem a implementação de um SGQ, baseando-se, de uma forma geral, em documentos que contêm especificações técnicas e critérios fundamentais a serem satisfeitos, tais como: regras, linhas de orientação e definição de características que asseguram que os produtos, processos e serviços atingem o seu propósito (ISO, 2020).

Das diversas normas ISO existentes, destaca-se a mais conhecida e requerida pelas organizações: a norma ISO 9001. Esta norma possibilita uma especificação dos requisitos necessários à implementação de um SGQ, focando-se na eficácia do mesmo e, simultaneamente, na satisfação das necessidades dos clientes (NP EN ISO 9001:2008).

A versão ISO 9001:2008 evoluiu para a versão ISO 9001:2015, com um maior foco nos clientes, no pensamento baseado no risco e conformidade dos produtos. Esta nova versão da norma viria a incentivar a utilização de uma abordagem por processos.

A abordagem por processos consiste numa gestão sistemática dos processos e das suas interações, por forma a obter os resultados pretendidos, de acordo com a política de qualidade e a orientação estratégica da organização (Nikolay, 2016).

De acordo com esta abordagem, a norma promove a utilização de metodologias para a melhoria da qualidade, com especial destaque para o ciclo *Plan Do Check Act* (PDCA) e o pensamento baseado no risco.

Relativamente ao ciclo PDCA, este corresponde a um procedimento cíclico, no qual se parte do planeamento dos processos e sua operacionalização, para uma avaliação do desempenho obtido. A metodologia assenta na aplicação de uma mentalidade de melhoria contínua, na implementação de soluções, face aos problemas detetados (Nikolay, 2016). Desta forma, com o recurso ao ciclo PDCA, a empresa é capaz de, continuamente, identificar possíveis falhas nos seus processos e formas de as eliminar.

Relativamente ao pensamento baseado no risco, tal como a expressão indica, este tem em conta o risco (de forma quantitativa ou qualitativa, conforme o contexto) quando define os graus de rigor e formalidade necessários, para planear e controlar o SGQ, bem como os processos e atividades que dele fazem parte (Nikolay, 2016).

2.1.2. As 7 ferramentas básicas da qualidade

As sete ferramentas básicas da qualidade representam um conjunto de metodologias que permite a definição de problemas, nos processos da organização, e uma análise baseada em dados. Com recurso a estas ferramentas, torna-se possível a elaboração de um conjunto de soluções de melhoria, que visa a eliminação ou a redução desses mesmos problemas (Pereira & Requeijo, 2008).

A sua utilização sistemática permite a obtenção de ganhos assinaláveis, em termos de melhoria contínua da qualidade. Este conjunto de metodologias apresenta uma taxa de sucesso significativa, na resolução da maior parte dos problemas (cerca de 80%) de uma organização. Esta eficácia resulta do estímulo a uma abordagem baseada na recolha de informação e respetiva análise, para as tomadas de decisão baseadas em factos e evidências.

As setes ferramentas básicas da qualidade são:

1. Fluxogramas: diagramas que permitem a ilustração das diversas etapas do processo produtivo, com inclusão do fluxo de materiais, recursos, operações e informação. Desta forma, permitem a documentação dos processos de uma forma clara, tornando a sua interpretação mais simples e sucinta (Pereira & Requeijo, 2008);

2. Folhas de Verificação: documentos cujo principal objetivo tem que ver com o planejamento e condução dos dados, de uma forma organizada, permitindo uma fácil e imediata interpretação dos mesmos. Dever-se-á definir o período de recolha dos dados e, uma vez concluída, proceder-se à análise dos mesmos, na tentativa de se identificarem possíveis problemas inerentes ao processo (Pereira & Requeijo, 2008);

3. Histogramas: gráficos que ilustram a frequência com que se verificam determinados valores de uma variável. Com recurso a esta ferramenta, torna-se possível determinar um padrão nos dados e, graficamente, representá-los, no intuito de compreender qual o comportamento típico de um determinado processo (Pereira & Requeijo, 2008);

4. Diagrama de Pareto: representa um gráfico de barras ordenadas (da mais frequente para a menos frequente) complementado por uma curva cumulativa. Assim, para cada uma das causas (que são representadas pelas barras) é possível representar a respetiva ocorrência, em relação ao parâmetro em estudo. O principal objetivo passa por representar a contribuição de cada causa para o efeito global, realçando quais as causas que possuem uma maior influência, no problema em estudo. A ferramenta baseia-se no “Princípio de Pareto”, em que se consta que 80% dos efeitos ou problemas são causados por, apenas, 20% das causas. Desta forma, os esforços para a melhoria contínua da qualidade devem, prioritariamente, ser convergidos em torno das 20 % das causas, que devem ser tratadas e corrigidas (Pereira & Requeijo, 2008);

5. Diagrama de Causa-Efeito: ferramenta gráfica que ajuda a encontrar, de forma estruturada, as origens de um determinado problema ou fenómeno. Na prática, são representadas as possíveis causas de um determinado efeito, na tentativa de eliminar o problema (Pereira & Requeijo, 2008);

6. Gráficos: representam outro tipo de gráficos que proporcionam a representação visual de um conjunto de dados, possibilitando uma interpretação rápida e aprofundada do seu significado. Poderão ser, por exemplo, gráficos de dispersão simples (relação entre duas variáveis) ou de tendência (variação temporal de uma variável) (Pereira & Requeijo, 2008);

7. Cartas de controle: ferramenta estatística, cujo principal objetivo é a detecção da presença de causas assinaláveis. Um processo diz-se sob controle quando só existirem causas aleatórias de variação (ou seja, causas comuns, já conhecidas e difíceis de evitar) e fora de controle quando se verifica a presença de causas assinaláveis (causas menos comuns e, eventualmente, evitáveis, que explicam uma parte da dispersão nos resultados). Estas cartas podem ser de dois tipos: de variáveis (em que as características em estudo podem ser expressas numa escala quantitativa) e de atributos (que, contrariamente ao outro tipo, são expressas numa escala qualitativa) (Pereira & Requeijo, 2008).

2.1.3. Análise Modal de Falhas e Efeitos: AMFE

A metodologia de Análise Modal de Falhas e Efeitos (AMFE) foi desenvolvida na década de 60, pela indústria aeroespacial, sendo, atualmente, amplamente utilizada na industrial automóvel (*Feg-unesp*, 2008).

Trata-se de um método cujo objetivo é a prevenção de falhas e a análise dos riscos associados a um determinado processo. Esta análise permite a identificação de falhas (que se traduzem na incapacidade que o produto ou serviço possuem, em cumprir com uma determinada função ou especificidade) que possam advir do processo, bem como o respetivo modo de falha (modo através do qual a falha se produz) suas causas e efeitos. Consequentemente, permite a elaboração de medidas preventivas, para que as falhas sejam inibidas e, assim, garantir-se a conformidade do produto (*Duret & Pillet*, 2005).

A ferramenta AMFE pode ser utilizada em dois âmbitos distintos: AMFE do produto e AMFE do processo.

O primeiro tipo de AMFE, baseado no produto, tem como objetivo a análise de possíveis falhas que possam ocorrer no produto, de acordo com os requisitos estabelecidos. Desta forma, este tipo de análise deverá ocorrer o mais cedo possível na vida do produto, por forma a garantir que este irá cumprir com todas as especificações e funcionalidades, para as quais foi desenvolvido (*Duret & Pillet*, 2005).

Relativamente ao segundo tipo de AMFE, direcionado para o processo, a sua utilização tem como objetivo a identificação de modos potenciais de falha em cada processo, tendo em conta as especificações estabelecidas no projeto e as não conformidades encontradas no produto. Assim, esta análise deverá ser utilizada quando

o projeto estiver concluído, por forma a permitir comparações deste tipo (*Duret & Pillet, 2005*).

Quer a análise seja direcionada para o produto quer o seja para o processo, o desenvolvimento da metodologia irá conter as mesmas etapas e procedimentos.

Numa fase inicial, caracterizada por dados qualitativos, dever-se-ão identificar as funções do produto que se irá desenvolver. Esta tarefa é crucial, na medida em que permite a listagem dos possíveis modos de falha que possam vir a ocorrer, para cada função. Posteriormente, assumindo que todos os modos potenciais de falha ocorrem, realizar-se-á uma listagem das possíveis causas e efeitos correspondentes.

Na segunda fase da análise, caracterizada por dados quantitativos, dever-se-á proceder ao cálculo de índices que irão corresponder às probabilidades de ocorrer uma potencial falha, sua deteção e respetiva gravidade. Na prática, estes índices representam:

- Índice F: traduz a probabilidade de uma determinada causa ocorrer e, caso ocorra, na probabilidade de originar um modo potencial de falha;
- Índice D: traduz a probabilidade de uma determinada causa ser detetada, antes de chegar ao cliente;
- Índice G: traduz a probabilidade de, caso uma falha chegue ao cliente, causar transtorno ou incómodo.

A multiplicação dos três índices irá originar o índice P, através do qual se permite hierarquizar as causas, com base na sua importância e relevância.

Por fim, numa terceira fase da análise, dever-se-ão priorizar as causas que, com uma maior probabilidade, possam gerar modos potenciais de falha.

Assim, tendo-se identificado as causas críticas que requerem um maior foco e esforço na elaboração de medidas preventivas, dever-se-á elaborar um conjunto de ações, que permitam a eliminação das mesmas.

2.2. Lean

O pensamento *Lean* surge no Japão, na década de 1940, na organização *Toyota* (Melton, 2005). O conceito baseia-se na maximização do valor entregue ao cliente final e, simultaneamente, na minimização dos desperdícios subjacentes ao processo produtivo da organização (Kavosi, 2019).

Na tentativa de implementar este conceito, a empresa *Toyota* começou por desenvolver o *Toyota Production System* (TPS). Este sistema espelhava o pensamento *Lean*, numa estratégia que abordava não só as operações ligadas diretamente ao processo produtivo, mas também todas aquelas que lhe estivessem interligadas na conceção do produto (K.Liker & Meier, 2006). Com base neste sistema produtivo, gerou-se um conjunto de práticas e políticas padrão na organização, que permitiu a simplificação dos seus processos e maximização da eficiência dos mesmos.

O conceito, no decorrer das últimas décadas, foi evoluindo e obtendo notoriedade a nível mundial, sendo atualmente considerado como uma filosofia fundamental, para o sucesso de qualquer organização.

Poderá caracterizar-se o pensamento *Lean*, como sendo uma estratégia com foco na conceção e entrega de um produto ou serviço, ao cliente, e que satisfaça, consistentemente, as suas necessidades, com a utilização do menor número de recursos possível (Womack & Jones, 2003).

2.2.1. Atividades de VA e NVA

Um dos princípios básicos do *Lean* tem que ver com o desenho do processo produtivo, com base nos requisitos do cliente e nos recursos disponíveis da empresa, identificando-se as atividades de valor acrescentado e as de não valor acrescentado (Shoun weing, 2019).

De acordo com o *The Lean Enterprise Research Center* (LERC) citado por Shoun weing, as atividades, da maior parte dos sistemas produtivos, dividem-se da seguinte forma:

- 5% das atividades são de valor acrescentado;
- 35% das atividades são necessárias, mas de não valor acrescentado;
- 60% das atividades são de não valor acrescentado.

As atividades de Valor Acrescentado (VA) são definidas como aquelas que irão alterar a forma, formato e funcionalidade do produto, de acordo com os requisitos e necessidades do cliente (*Shoun weing*, 2019).

Relativamente às atividades Necessárias de Não Valor Acrescentado (NNVA) estas são representadas por todas as atividades que, apesar de não acrescentarem qualquer tipo de valor, são essenciais para que o fluxo de valor alcance o cliente (*Shoun weing*, 2019).

Por fim, em relação às atividades de Não Valor Acrescentado (NVA) estas representam todo e qualquer desperdício no processo produtivo de uma organização (*Shoun weing*, 2019).

2.2.2. Os 7 desperdícios Lean

Relativamente às atividades NVA, estas simbolizam os desperdícios na concepção e produção de um determinado produto ou serviço.

Estes desperdícios dividem-se em sete tipos (*Hines&Rich*, 1997):

1. Superprodução: está associado a um produto que não foi concebido para um cliente em específico, traduzindo-se na produção contínua a largas escalas, gerando excessos de inventários;
2. Tempos de espera: inatividade dos recursos (pessoas, máquinas, entre outros) durante o processo produtivo;
3. Transporte: movimentações de peça, entre diversas localizações. Enquanto que o produto se encontra em movimento, não se encontra a ser processado, pelo que um excesso de deslocações poderá resultar em desperdícios;
4. Inventário: excessivo armazenamento de produtos, seus componentes ou matéria-prima;
5. Processamento: quando uma determinada etapa não gera valor ao produto;
6. Deslocamentos: corresponde à excessiva movimentação de pessoas, ferramentas e informação, ao longo do processo produtivo.
7. Defeitos: erros na produção de uma determinada parte ou todo da peça, resultando em retrabalho da mesma.

Desta forma, tal como referido anteriormente, o objetivo passa por minimizar este tipo de atividades, por forma a simplificar os processos e afetar, eficaz e eficientemente, os recursos disponíveis às atividades que irão contribuir para a conceção do produto ou serviço (Womack & Jones, 2003).

2.2.3. Ferramentas Lean

Existem diversas ferramentas e técnicas, baseadas no pensamento *Lean*, que permitem ganhos e melhorias no desempenho dos processos. Estes ganhos passam pela eliminação ou redução de desperdícios e na criação de uma cadeia de abastecimento robusta.

As ferramentas mais utilizadas e conhecidas são:

- 5'S: técnica que promove a organização do local de trabalho (Melton, 2005). Baseia-se em 5 atividades que, em terminologia japonesa, são designadas por:

1. *Seiri*: separação dos elementos essenciais dos não essenciais, no local de trabalho;
2. *Seiton*: organizar e arrumar as ferramentas em locais fixos, para facilitar o acesso às mesmas;
3. *Seiso*: arrumar e limpar o local de trabalho, evitando-se a desorganização, desordem e acidentes de trabalho;
4. *Seiketsu*: documentar os processos de uma forma padronizada ou *standard*, que seja compreensível a todos;
5. *Shitsuke*: baseia-se na disciplina e no desenvolvimento de hábitos que promovam a realização de todas as atividades mencionadas, integrando os 5'S na cultura da empresa.

- 5 porquês: técnica focada num processo iterativo, no qual a causa subjacente a outra causa é identificada. O processo implica questionar, até cinco vezes e de forma contínua, o "Porquê" de alguma causa ter ocorrido (Kung, Brook, Eisenberg, & Slanetz, 2016b).

- Kaizen: designa, em japonês, o processo de melhoria contínua dos processos, envolvendo os gestores, operários e restantes intervenientes. Desta forma, a filosofia baseia-se em atividades que maximizem o valor criado em todos os setores da empresa e que minimizem os custos, despesas e desperdícios dos processos (Melton, 2005);

- Kanban: significando “cartão” em terminologia japonesa, a ferramenta constitui um sistema visual, que auxilia o planeamento e controlo da produção. A ferramenta baseia-se no princípio produtivo *Just In Time* (JIT) ou sistema produtivo *pull*, que despromove as produções em massa, para incutir o princípio da produção exata e no momento certo. Deste modo, contribui para uma diminuição de desperdícios e excessos de *stock*. Na prática, a ferramenta é simbolizada por um quadro, no qual será descrito o fluxo de trabalho a seguir, através de cartões que correspondem a uma determinada tarefa ou ação (Melton, 2005).

3. Análise da Origem dos Choques nas Coroas do Diferencial

O objetivo deste capítulo tem que ver com a apresentação da organização e descrição dos seus processos, por forma a enquadrar o trabalho realizado com o âmbito prático em que o mesmo foi desenvolvido.

Primeiramente, na secção 3.1., foi realizada uma breve apresentação da organização, nomeadamente do grupo *Renault* e de uma das suas unidades de produção, na qual foi realizado o presente trabalho: *Renault Cacia*.

Adicionalmente, na secção 3.2., foi realizada a apresentação das coroas do diferencial, produzidas pela empresa, e a descrição do seu processo produtivo.

Por fim, na secção 3.3., foi introduzido o tema do trabalho realizado, no que diz respeito às não conformidades produzidas nos produtos.

3.1. Apresentação da Organização

3.1.1. Grupo Renault

A *Renault* é um grupo multinacional que atua na indústria automóvel, tendo sido fundada em 1898, por Louis Renault.

Atualmente, o grupo possui 120 000 colaboradores que atuam no mercado automóvel, com o objetivo de conceber, desenvolver, produzir e comercializar veículos particulares e utilitários, em mais de 125 países.

O grupo é constituído por 41 unidades de produção, distribuídas por 17 países, numa estrutura adotada que pretende descentralizar decisões e responsabilidades, promovendo uma maior flexibilidade à organização. Para todas as unidades de produção, qualquer que seja o país a que pertencem, as exigências são as mesmas para a *performance*, a qualidade de produção e o respeito pelos princípios de desenvolvimento sustentável.

Assim, a partir de 2000, o grupo implementou o Sistema de Produção *Renault* (SPR) em todos os seus locais de produção, por forma a padronizar os seus modos de fabrico. Em 2013, este sistema de produção convergiu com o sistema da Nissan, originando-se o *Alliance Production Way* (APW).

3.1.2. Renault Cacia

A *Renault Cacia* é uma das 41 organizações existentes no grupo, sediada no distrito de Aveiro.

A fábrica foi construída no ano de 1980, tendo iniciado a sua atividade em 1981, com a produção de caixas de velocidade. Posteriormente, em 1982, dedicou-se, simultaneamente, à produção de componentes mecânicos para o motor. Estes produtos destinam-se a fábricas de montagem e mecânica, situadas em diversos países, que representam o cliente final da organização.

Atualmente, a *Renault Cacia* exporta 100% da sua produção e ocupa uma área total de 340000 m² e 70000 m² de área de cobertura.

Na Figura 1, é possível observar-se a constituição da empresa, no que diz respeito à sua infraestrutura:



Figura 1: Vista aérea da Renault Cacia

Legenda da Figura 1:

1. Edifício dos componentes mecânicos;
2. Edifício das caixas de velocidade;
3. Departamento de Logística Industrial (DLI);
4. Central de Fluídos;
5. Tratamentos Térmicos (TTh);
6. Direção;
7. Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR);
8. Futura zona de triagem.

A produção da empresa, dada a sua diversidade de produtos, ocorre em dois departamentos: departamento das caixas de velocidade e departamento dos componentes mecânicos. Ambos são constituídos por *Ateliers* (AT's) que, por sua vez, são constituídos por Unidades Elementares de Trabalho (UET's). Cada AT possui um Chefe de Atelier (CA) e cada UET conta com um Chefe da Unidade Elementar de Trabalho (CUET).

Através da Figura 2, é possível observar-se a divisão dos departamentos, em função dos AT's:

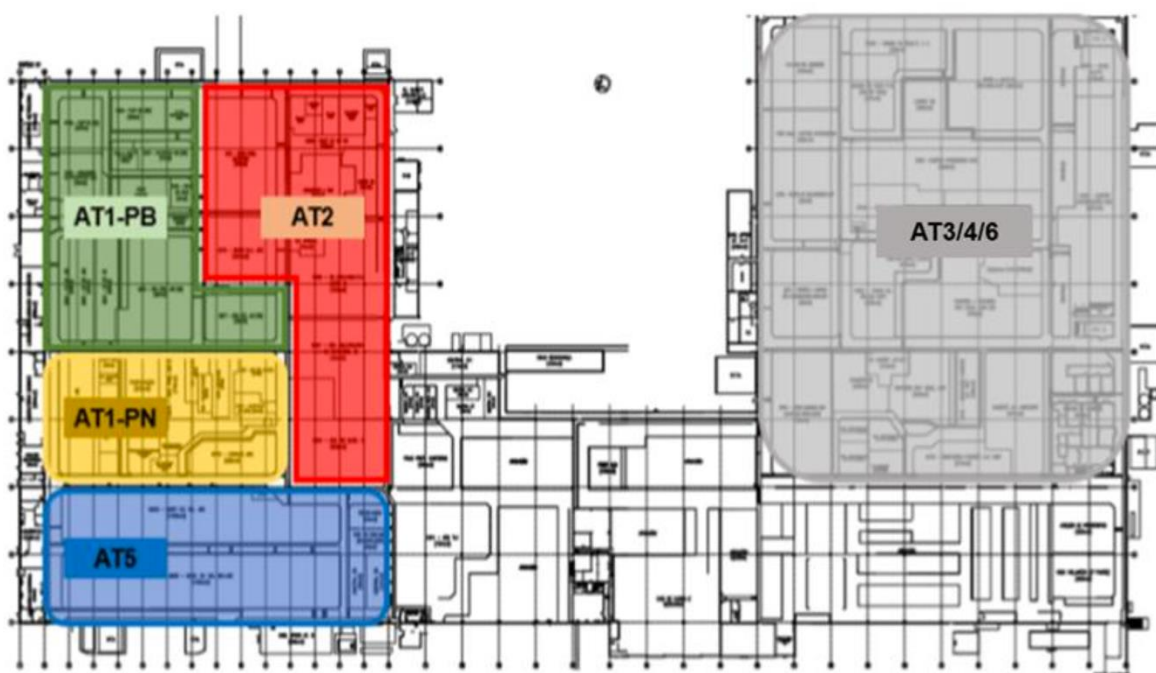


Figura 2: Divisão da fábrica em Ateliers

A região sombreada a cinzento representa o departamento dos componentes mecânicos, constituído pelos AT's 3,4 e 6.

À esquerda da figura, sombreado pelas restantes cores, está representado o departamento das caixas de velocidade, constituído pelos AT's 1,2 e 5.

Relativamente aos AT's 3,4 e 6, nestes realiza-se a produção de bombas de óleo, árvores de equilibragem, coletores, cárteres intermédios e de distribuição, tampas da culassa, entre outros componentes mecânicos do motor.

Em relação aos AT's 1,2 e 5, os processos de fabrico passam pela produção de cárteres de mecanismo e embraiagem, caixas diferenciais e eixos que, posteriormente, serão montados e constituir as caixas de velocidade.

Todos os produtos fabricados pela empresa destinam-se à expedição para outras fábricas, pertencentes ao grupo, de montagem de veículos e mecânica. Estas encontram-se localizadas em diversos países, tais como Espanha, França, Eslovénia e muitos outros.

Na Tabela 1, é possível observar-se a lista de produtos fabricados e expedidos pela organização:

Tabela 1: Lista de produtos fabricados pela *Renault Cacia*

Departamento dos Componentes Mecânicos	Departamento das Caixas de Velocidade
Bombas de óleo VDOP Hxx/M9/R9	Caixas de velocidade JXX, ND0, ND6, ND4 F9Q e ND4 R9M
Bombas de óleo COP F/M9/K9/K4	Árvores primárias JR
Caixas multifunções dos modelos K e F	Árvores secundárias JR
Coroas do diferencial	Pinhões JR e PK
Árvores de equilibragem	Cárter de embraiagem JR, ND, TL4
Balanceiros e eixos de balanceiros D4	Cárter de mecanismo JR, ND, TL4
Apoio de cambota H4 e H5	Caixa do diferencial JR, JH, ND e JT4
Cárter de distribuição H4 e H5	Eixos finos
Cárter intermédio H5	Coroas JR e JH
Coletores K4, F4 e D4F	
Tampa da culassa H5	
Cones Crabot	
Pinhões PK	

Após a descrição dos dois principais departamentos de produção da empresa, é indispensável referir a importância que os Tratamentos Térmicos (TTh) possuem, no fabrico de uma grande parte dos componentes mencionados.

A maioria destes produtos possui duas fases de vida, ao longo do seu processo produtivo. Na primeira fase, os componentes são designados por Peça Branca (PB) que, na prática, representam os componentes no seu estado de maquinação. Na segunda fase, os produtos sofrem um tratamento térmico, cujo objetivo é conferir-lhes

propriedades mecânicas que resultarão numa maior rigidez, resistência e qualidade de *performance*. Assim, nesta fase, as peças são designadas por Peça Negra (PN).

Atualmente, a empresa conta com a colaboração de 1165 funcionários, divididos em seis turnos distintos (6h-14h; 14h-22h; 22h-6h; 8h-17h e equipas de fins-de-semana, com 2 turnos de 12 horas).

A organização tem como um dos seus principais focos, a formação contínua dos seus colaboradores, possuindo um número médio de horas de formação, por colaborador, no valor de 43 horas anuais.

3.2. Apresentação da Coroa do Diferencial

3.2.1. Funções da Caixa e Coroa do Diferencial

A coroa do diferencial é um dos componentes que constitui as caixas do diferencial, incorporadas nos automóveis, conectadas às quatro rodas do veículo. As rodas recebem energia proveniente do motor, através do eixo cardã, permitindo a sua rotação e, consequentemente, o deslocamento do automóvel.

Neste sistema de transmissão de energia para as rodas, a principal função da caixa do diferencial é permitir que estas girem a diferentes Rotações Por Minuto (RPM) enquanto recebem a energia do motor. Porquê?

Imagine-se um automóvel a realizar uma curva para a direita. As rodas traseiras irão encurvar-se, para esta mesma direção, com o objetivo de possibilitar ao veículo a realização da curva.

Neste caso concreto, ambas as rodas descreverão trajetórias curvilíneas com apenas uma diferença: a distância percorrida em cada uma. Na realização da curva, a roda da esquerda irá percorrer uma maior distância do que a roda da direita, pelo que é necessário fornecer maiores RPM à roda da esquerda, em relação à roda da direita.

Se tal não acontecesse, isto é, se ambas as rodas girassem às mesmas RPM, o veículo teria de derrapar, para realizar a curva.

Percebe-se, assim, a função e importância da caixa do diferencial nos automóveis disponíveis, no mercado. Sendo a coroa do diferencial um dos seus componentes, a sua função passa por promover a engrenagem com o pinhão (outro dos componentes das

caixas) representando uma parte fulcral no sistema geral de engrenagem, das caixas do diferencial.

3.2.2. Coroa do Diferencial produzida pela *Renault Cacia*

A coroa do diferencial é um dos produtos da diversa gama de componentes produzida pela organização. O seu processo produtivo tem início no AT2, no departamento das caixas de velocidade. Neste local, a coroa, no seu estado bruto, sofrerá operações de maquinação e, posteriormente, é transportada para os tratamentos térmicos. O processo termina, novamente no departamento das caixas de velocidade, com um controlo de qualidade.

A coroa do diferencial é produzida em diversos *rappports* ou referências, conforme o modelo de caixa do diferencial que se pretenda desenvolver: JR, JT4 ou DB35. Alguns destes *rappports* são: 14*69, 14*59, 15*58, 15*56, entre muitos outros. O primeiro número simboliza o diâmetro interno que a coroa deverá possuir e o segundo indica o número de dentes que deverá constituir a coroa. Quanto à capacidade produtiva, o objetivo contratual definido, para o ano de 2019, foi de 700 000 peças/ano, representando uma média de 14 583 peças/semana.

Na Figura 3, é possível observar-se o *rappport* 14*69 da coroa do diferencial:



Figura 3: Coroa do diferencial 14*69, Renault Cacia

3.2.3. Descrição do processo produtivo

O processo produtivo das coroas do diferencial é dividido em três etapas:

1. Maquinação da peça: Linhas A e B de maquinação, situadas no AT2;
2. Tratamento térmico da peça: departamento TTh;
3. Controlo de qualidade: posto de controlo, localizado no AT2.

O processo produtivo inicia-se com o abastecimento das linhas A e B, com produto em bruto, proveniente dos fornecedores. O abastecimento é assegurado pelo Departamento de Logística Industrial (DLI) que efetua o carregamento das peças, em contentores, e as transporta por via de *Automated Guided Vehicles (AGV)*.

Chegados às linhas, os brutos são abastecidos diretamente nas mesmas (função a cargo dos operadores) sendo armazenados junto à máquina da operação (OP) 110, na qual se inicia o processo de maquinação. Os consumos desta máquina irão determinar a frequência de abastecimento, uma vez que a operação representa o recurso gargalo do processo.

Na Figura 4, pode observar-se o esquema geral que sintetiza todo o processo de maquinação:

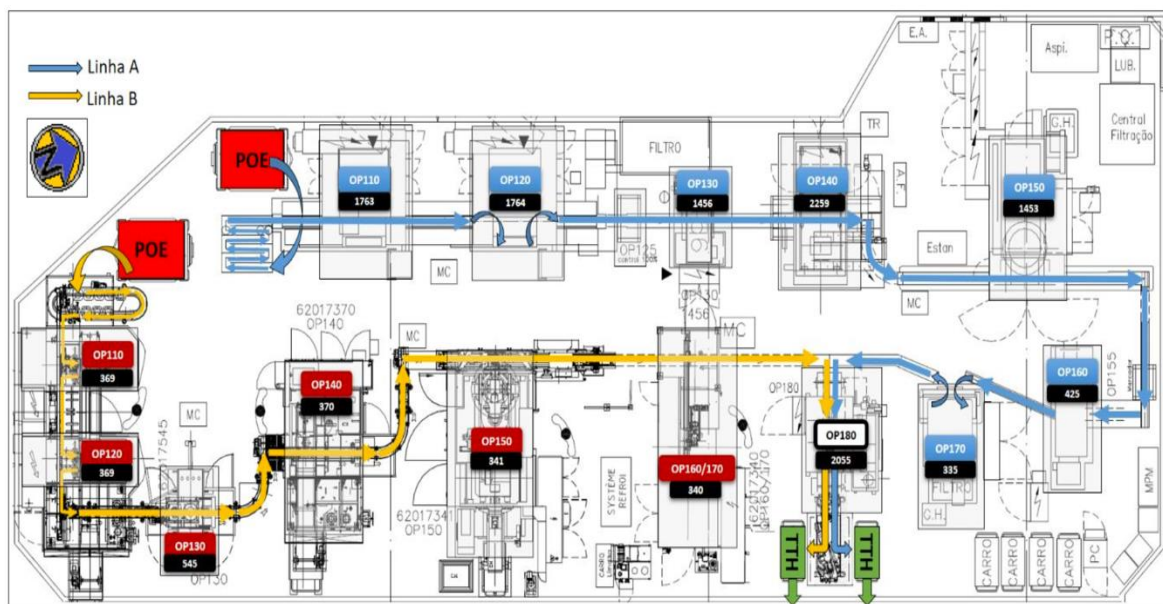


Figura 4: Layout das linhas A e B de maquinação

Na Tabela 2, é possível observarem-se as operações envolvidas em todo o processo de maquinação, bem como os respectivos tempos de ciclo:

Tabela 2: Operações da maquinação das coroas

Linha	Nº	Designação	Peças produzidas/ciclo	Tcy (cmin)
A	110	Torneamento de desbaste	1	110
B			1	113
A	120	Torneamento de semi-acabamento	1	100
B			1	111
A	130	Crantage (recartilhagem)	1	92
B			1	99
A	140	Torneamento de acabamento	1	72
B			1	82
A	150	Talhagem do dentado	1	102
B			1	110
A	160	Chanfrenagem do dentado e rebarbagem	1	56
B			1	94
A	170	Shaving do dentado	1	65
B			1	94
A	180	Lavagem e secagem	1	39
B			1	39
A	190	Ilha robotizada de acondicionamento	1	47
B			1	47

Como já foi referido, a OP110 representa o recurso gargalo e, desta forma, irá ditar a capacidade produtiva e a frequência de abastecimento das linhas.

Na OP190, são colocadas, de forma robotizada, as coroas em *charriots*, para serem transportadas para os TTh.

Cada *charriot* possui um total de 15 colunas, com uma capacidade de armazenamento de 12 peças cada, como se pode observar pela Figura 5:



Figura 5: Charriot abastecido com coroas

Este transporte fica ao encargo do DLI que envia cada *charriot* de peças brancas, com um total de 180 coroas, para os TTh.

Uma vez chegadas ao departamento, as coroas são descarregadas em suportes. Estes suportes são introduzidos em fornos, a elevadas temperaturas, que irão endurecer as peças e conferir-lhes todas as propriedades mecânicas desejáveis, que lhes permitam adquirir uma maior resistência, rigidez e durabilidade.

Posteriormente, ainda no departamento dos TTh, as peças sofrerão uma operação de torneamento duro, cujo objetivo é melhorar o acabamento da peça, minimizando a necessidade de retificação da mesma.

Por fim, as peças são enviadas para o posto de controlo, no qual será feito um controlo de qualidade ao produto, com objetivo de determinar a sua conformidade.

As peças, uma vez chegadas ao posto de controlo, são colocadas em tapetes rolantes que as irão transportar, primeiramente, para a máquina de lavar e secar. A lavagem e a secagem das peças permitem a remoção de todas as impurezas que se encontrem depositadas à sua superfície. Seguidamente, as coroas seguem para a

máquina automatizada INFAS, na qual se irá proceder à análise da conformidade do produto.

Caso as coroas sejam consideradas como conformes, são expedidas para a montagem da caixa do diferencial. Caso contrário, são testadas, novamente, e, se necessário, retrabalhadas. Se não for possível recuperar as peças, estas são consideradas como sucata, representando um elevado desperdício subjacente ao processo.

Para além da máquina automatizada INFAS, o posto é dotado de uma máquina, de controlo semi-automatizado, utilizada para corroborar as decisões da INFAS.

3.3. Problema em estudo: choques na coroa do diferencial

Tal como já foi referido, representando o tema geral do presente trabalho, as coroas do diferencial possuem uma elevada taxa de produção de defeitos, nomeadamente de choques. Este problema é recorrente e acarreta uma preocupação e esforço constantes, no processo produtivo das coroas.

As coroas produzidas podem apresentar três tipos de choques: choques no topo do dente, choques no flanco do dente e choques no chanfro do dente.

Na Figura 6, é possível observar-se a localização destes defeitos, no formato da peça:

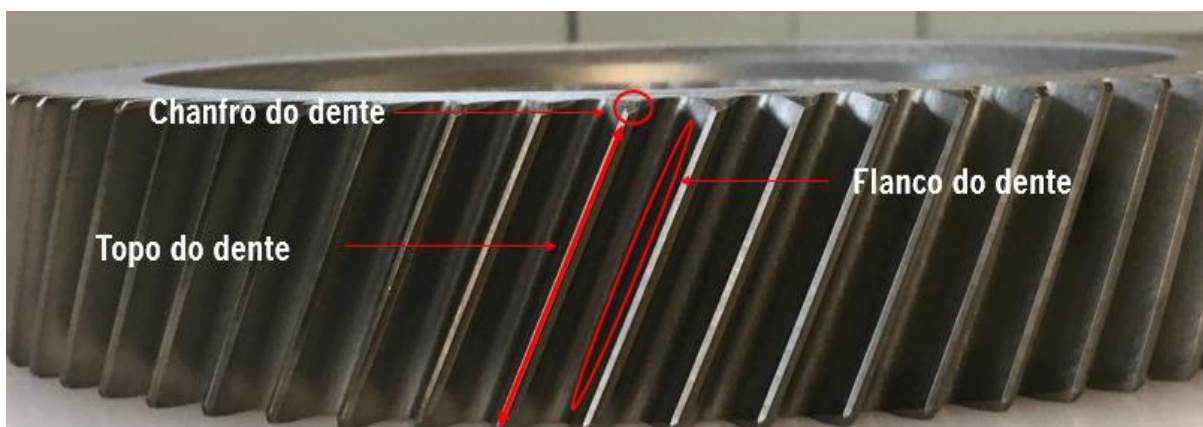


Figura 6: Zonas mais prováveis para a formação de choques

Em âmbito de estágio curricular, foi proposto, pela equipa de melhoria contínua, o tema em questão, para a realização do presente relatório.

Desta forma, foi necessária a realização de uma análise aprofundada ao processo produtivo das coroas, com recurso a diversas ferramentas, na tentativa de compreender quais as etapas ou operações que poderão estar na origem dos choques.

4. Metodologia

Neste capítulo, é apresentada a metodologia utilizada, na resolução do problema relacionado com os choques.

Na secção 4.1., foi descrito o procedimento utilizado para a recolha de dados efetuada, que marca o início do trabalho desenvolvido.

Seguidamente, na secção 4.2., foi introduzida a parte referente aos ensaios e testes realizados com as peças, por forma a apurar as causas na origem dos choques.

Com o conjunto de possíveis causas apurado, na secção 4.3., recorreu-se ao diagrama de Pareto, com o objetivo de quantificar os pesos relativos de cada uma, face aos problemas identificados.

Na secção 4.4., tentou concluir-se, através de uma análise dos 5 porquês, que causas-raiz originam a deteção de choques nas coroas.

Por fim, na secção 4.5., foi efetuada uma análise e discussão dos resultados obtidos e uma proposta de soluções de melhoria.

4.1. Recolha de Dados: Folha de Verificação

O trabalho desenvolvido teve início com uma recolha de dados, relativamente aos choques detetados nas peças.

O procedimento utilizado na recolha de informação baseou-se nas folhas de verificação (uma das 7 ferramentas básicas da qualidade) que são preenchidas, diariamente, pelos operadores do posto de controlo.

Este documento, representado na Figura 7, é preenchido tendo em conta diversos fatores, que visam auxiliar a monitorização do processo produtivo das coroas.

SEGUIMENTO SUCATA ESCUTA COROAS JR

Zona 1: Choques
Zona 2: Toal do ferro
Zona 3: Flange do ferro

Data	Turno	Carga	Forno	Rapport	QT.	Linha A-B	Choques Recusados 1ª na Infus	FR e FI Recusados 1ª na Infus	Defeitos										Qt. PEÇAS BOAS
									Choques	OVALIZ.	FR/FI	Ø Pl.	Ø Pl+	E.E.	Crant. N/C	Riscos SHAV.	Traç. TALHAG.	// NC	
11/02/20	3º	1465	7	15x58	30	B	15	2											30
"	3º	1416	9	14x59	180	A	23	6	9	2									173
"	3º	1027	9	14x69	180	A	42	18	9				3						173
"	3º	777	17	14x69	40	A	16	9	1										39
"	3º	6223	2	14x59	150	B	36	17	9		1								140
12/02/20	1º	6233	2	14x59	30	B	9	2	1										28
"	1º	1428	9	16x55	180	B	32	7	3										172
"	1º	1442	3	16x55	180	A	47	10	3										174
"	1º	539	3	15x58	180	B	28	5					1						135
"	1º	561	9	15x58	180	B	23	6											150
"	1º	1497	3	15x58	180	B	2	—											17
12/02	2º	1497	1	15x58	20	B	2	3			1								170
"	"	1509	3	14x69	180	B	25	13	6			4							173
"	"	1499	3	"	180	B	39	1	5	1	1								174
"	"	1458	1	15x58	180	B	12	—	0	2	1								150
12/02/20	3º	1497	1	15x58	150	B	25	5											180
"	3º	1463	3	15x58	180	A	30	3											33
"	3º	16755	34	16x55	34	B	17	—			1								173
"	3º	6134	8	14x59	180	B	35	11	2	3	2								39
"	3º	4152	8	14x59	40	B	13	7			1								

Confidencial C

Figura 7: Folha de verificação para os choques

Inicialmente, as folhas de verificação eram preenchidas, tendo em consideração os seguintes critérios: data, turno, carga, *rapport*, quantidade total de coroas, quantidade de choques detetados e, desta última, quantidade de peças recuperadas.

Considerando os critérios mencionados, a composição do documento estava um pouco aquém daquilo que era expectável, para uma recolha de dados consistente e completa.

Desta forma, a equipa de melhoria contínua sugeriu, ao CUET das coroas do diferencial, o acréscimo dos fatores forno, linha de maquinaria e tipo de choques acusados, nas folhas de verificação. Na inclusão destes critérios, aos outros já existentes, esperava-se ser possível começar uma recolha de dados que possibilitasse retirar, de forma fundamentada, conclusões concretas sobre o tema.

Assim, converteram-se todos os dados, registados na folha de verificação, para um documento em formato *Excel*, com o objetivo de organizar a informação e facilitar a sua interpretação.

Na Figura 8, é possível observar-se parte deste documento. Na íntegra, a recolha de dados foi realizada por um período superior a um mês, baseada numa amostra de dimensão significativa: 32829 peças.

Data	Turno	Forno	Rapport	Qtd	Linha	Choques Recuperados			Choques Não Recuperados			TOTAL de Choques Detetados			Peças retrabalhadas	Qtd Final Conforme	Qtd Final N/ Conforme
						Chanfro	Topo	Flanco	Chanfro	Topo	Flanco	Chanfro	Topo	Flanco			
11/12/19	1ª	1	15*58	30	B	0	1	2	0	0	0	0	1	2	3	30	0
	1ª	3	15*58	180	B	3	4	3	1	0	0	4	4	3	11	179	1
	1ª	7	15*56	180	A	4	6	5	1	2	0	5	8	5	18	177	3
	1ª	2	14*69	180	A	27	12	8	0	0	0	27	12	8	47	180	0
	1ª	9	16*57	180	A	5	7	6	1	1	0	6	8	6	20	178	2
	1ª	8	15*56	30	B	1	0	2	0	0	0	1	0	2	3	30	0
	2ª	8	15*56	150	B	8	12	0	3	7	0	11	19	0	30	140	10
	2ª	8	16*57	180	B	12	1	2	7	2	0	19	3	2	24	171	9
	2ª	2	15*58	37	B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37	0
	2ª	3	15*58	180	B	2	1	2	0	0	0	2	1	2	5	180	0
	2ª	1	15*58	90	B	7	1	4	2	0	0	9	1	4	14	88	2
	3ª	1	15*58	90	B	4	1	0	2	0	0	6	1	0	7	88	2
	3ª	1	14*69	180	A	12	7	4	2	1	0	14	8	4	26	177	3
	3ª	3	14*69	120	A	15	10	6	3	0	0	18	10	6	34	117	3
	3ª	9	16*57	180	B	5	4	1	0	0	1	5	4	2	11	179	1
	1ª	3	14*69	60	A	2	3	0	0	1	0	2	4	0	6	59	1

Figura 8: Documento de recolha de dados sobre os choques

Através desta recolha de dados, foi possível agrupar a informação em função de alguns aspetos, que se consideram ser os mais relevantes para o tema: *rapport* e linha de maquinação com maior incidência em choques e tipo de choques mais recorrentes.

O *rapport* selecionado, para o trabalho desenvolvido, foi o 14*69. Esta referência foi escolhida, tendo em consideração dois critérios: *rapport* mais produzido e com maior incidência em choques detetados.

Relativamente ao primeiro, a seleção do *rapport* baseou-se em escolher aquele que era o mais produzido pela empresa, dada a facilidade que iria permitir ao desenvolvimento do estudo efetuado.

Em relação ao segundo critério, tal como se pode verificar na Figura 9, foram calculadas as Partes Por Milhão (PPM) de peças com deteção de choques, para cada *rapport*, selecionando-se aquele a que correspondia a PPM mais elevada.

Principais rapports	Qtd total observada	Peças detetadas com choques ao 1º teste	PPM de peças detetadas com choques ao 1º teste
14*69	13723	2390	174160
16*57	2234	241	107878
15*58	10148	1563	154020
15*56	3861	457	118363
16*55	1744	188	107798

Figura 9: Ocorrência dos choques detetados ao 1º teste

Na Figura 10, encontra-se representada a fórmula referente ao cálculo das PPM:

$$PPM \text{ c/ acusa de choques } 1^{\circ} = \frac{N^{\circ} \text{ de peças detetadas com choques à } 1^{\circ}}{N^{\circ} \text{ de peças produzidas}} \times 10^6$$

Figura 10: Fórmula para o cálculo das PPM

Ao exprimir a quantidade de peças com acusa de choques em PPM, que permite averiguar a tendência do acontecimento em estudo para um milhão de peças produzidas, apurou-se que o *rapport* 14*69 era o que apresentava uma maior incidência em choques.

Este facto pode ser justificado, pela possível razão de representar a referência de peça com maior número de dentados, sendo composto por um total de 69 dentes.

Desta forma, a maquinação deste tipo de peças será mais complexa, dificultando a obtenção do formato desejado e aumentando a probabilidade da formação de defeitos.

De forma análoga, como se pode observar pela Figura 11, foi efetuada uma distribuição dos vários tipos de choques detetados, pelo número total de choques.

Para o *rapport* em estudo, exprimiui-se em PPM a ocorrência de cada um dos três tipos de choques, para um milhão de peças produzidas.

Principais Rapports	Total Choques detetados ao 1º teste	Zona do Chanfro	Zona do Topo	Zona do Flanco
14*69	2390	1933	337	120
16*57	241	180	41	20
15*58	1563	1446	79	38
15*56	457	369	61	27
16*55	188	151	26	11

Rapport	Total de Choques detetados ao 1º teste	PPM Chanfro	PPM topo	PPM flanco
14*69	2390	808787	141004	50209

Figura 11: Ocorrências dos três tipos de choques

A Figura 12 exprime, graficamente, a ocorrência de cada um dos três tipos de choques, para um total de um milhão de peças:

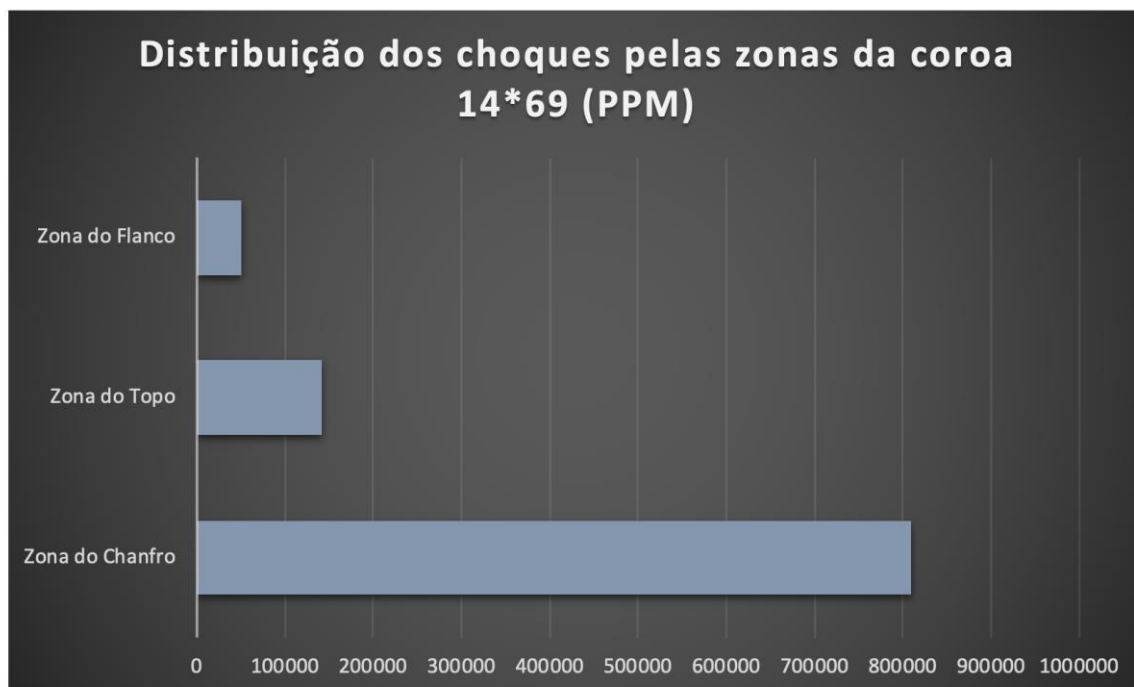


Figura 12: Ocorrência, em PPM, dos diferentes tipos de choques

A predominância dos choques detetados na zona do chanfro do dente, em comparação com as outras, é significativa. O facto de representar a zona mais sensível do dentado, com menor resistência a colisões e impactos, poderá ser uma explicação válida para justificar a superioridade do número de choques detetados no chanfro, em relação ao flanco e topo dos dentes.

Para além deste aspeto, a OP 160 (chanfrenagem e rebarbagem) representa a operação mais complexa da maquinação. Na chanfrenagem, irá maquinar-se o chanfro do dente, num formato em vírgula. Já na rebarbagem, irá remover-se, ao longo de todo o prolongamento do chanfro, excessos de material, designados por rebarbas.

Relativamente às linhas de maquinação, como se pode observar na Figura 13, não se verificou uma predominância acentuada de uma em relação à outra, na deteção ou produção de choques. Contudo, existiu uma ligeira superioridade na produção de coroas com acusa de choques, por parte da linha A:

Rapport	Linha A: Qtd total observada	Linha A: Choques detetados	Linha B: Qtd total observada	Linha B: Choques detetados
14*69	11405	2043	1958	304
PPM's detetadas com choques (A)		PPM's detetadas com choques (B)		
179132		155260		

Figura 13: Ocorrência de choques para cada linha de maquinação

Em cada um milhão de peças fabricadas na linha A e outro milhão fabricado na linha B, a tendência será a produção de 179132 e 155260 peças com acusa de choques, respetivamente.

A superioridade da linha A, sobre a linha B, pode ser explicada por se tratar de uma linha mais antiga. Desta forma, as máquinas poderão apresentar falhas na maquinação da peça, por diversas razões: as ferramentas poderão encontrar-se em mau estado; a afinação das máquinas (por serem mais antigas) é mais complexa e, conseqüentemente, poderão não estar corretamente afinadas; a capacidade limite da linha poderá estar a ser ultrapassada, entre outras possíveis razões.

Como se pôde comprovar, a recolha de dados desempenhou um papel fundamental, na compreensão do tema em questão.

Inicialmente, é crucial ter um conhecimento pormenorizado sobre o problema ou assunto a tratar, para que seja possível centrarem-se os esforços na direção correta, que levará à resolução dos problemas.

No caso da coroa do diferencial, relativo ao tema dos choques, concluiu-se que:

- O *rapport* com maior incidência em choques é o 14*69;
- O tipo de choques mais recorrente situa-se no chanfro do dente, representando cerca de 80% dos choques detetados;
- A linha de maquinação que poderá originar a criação de um maior número de choques é a linha A;

4.2. Ensaios e testes com as coroas 14*69

No intuito de se apurarem as causas que originam a deteção e produção de choques nas peças, foi realizada uma experiência com uma amostra de coroas do diferencial, de dimensão igual a 720 peças (o equivalente a 4 *charriots* de coroas).

O objetivo desta experiência teve que ver com a identificação das causas que originam uma recusa das peças, à sua 1^o passagem, na máquina automatizada (INFAS) do posto de controlo.

Esta recusa ocorre quando a INFAS deteta não conformidades nas peças, nomeadamente choques nas coroas. Contudo, a recusa de coroas baseia-se não só na presença de choques reais na peça (visíveis ou invisíveis, ao olho humano) mas também na acusação de falsos choques, isto é, que não existem e que, por alguma razão, a máquina deteta a sua presença.

Por conseguinte, foi necessário identificar e quantificar os choques reais, falsos e respetivas causas, por forma a generalizar os resultados obtidos, para o processo produtivo das coroas.

A Tabela 3 indica as características gerais da experiência realizada:

Tabela 3: Características gerais da experiência

Experiência	
Data	24/02/2020- 13/03/2020
Local	Posto de Controlo, AT2 Coroa do Diferencial
Material para ensaio	Coroa do Diferencial, linha A de maquinação
Rapport	14*69
Dimensão da Amostra	720 peças
Objetivo	Apurar as causas na origem dos choques e respetiva quantificação

O início da experiência teve como base a divisão do processo produtivo das coroas, naquelas que são as suas principais etapas: maquinação, transporte e tratamentos térmicos. Partindo desta divisão, a experiência foi realizada da seguinte forma:

1. Pós-Maquinação: As 720 peças, abastecidas num total de 4 *charriots*, foram transportadas da ilha robotizada de acondicionamento (fim da maquinação) para o posto de controlo. Aí, foram testadas na máquina *Clemessy* (semi-automatizada) para se apurarem as quantidades conformes e não conformes.
2. Pós-Transporte: Após a primeira etapa, acima mencionada, as peças foram devolvidas à ilha robotizada de acondicionamento. A partir daí, foi simulado o transporte das peças para os tratamentos térmicos. Uma vez concluída a simulação do transporte, as peças foram enviadas para o posto de controlo, para serem sujeitas a novos testes. Este procedimento tinha como objetivo medir a diferença entre os choques detetados na primeira etapa e aqueles que, nesta fase, foram acusados;
3. Pós-TTh: Por fim, tendo ambas as etapas supramencionadas concluídas, as peças foram, novamente, devolvidas à maquinação, para seguirem o seu normal fluxo produtivo. Chegadas ao posto de controlo, as peças foram testadas, tendo em consideração a FOS do posto de trabalho, ou seja, a utilização primária da INFAS e, caso seja necessário corroborar as suas decisões, o recurso à *Clemessy*.

Com a realização desta experiência, pretendia identificar-se o foco da origem dos choques, por forma a compreender em qual/quais etapa/etapas do processo produtivo, haveria uma maior frequência deste tipo de defeitos.

De seguida, irão apresentar-se os resultados obtidos, bem como as conclusões deles retiradas, para cada uma das etapas mencionadas.

1) Pós-Maquinação

Nesta primeira etapa, os *charriots* foram transportados da ilha robotizada de acondicionamento, para o posto de controlo. Neste local, foram realizados testes às 720 peças, na máquina *Clemessy*.

A Figura 14 demonstra, para as medições realizadas, os resultados obtidos:

Etapa 1: Pós-Maquinação			
	Qtd de peças observadas	Não acusa de choques	Choques acusados à 1ª passagem
<i>Charriot 1</i>	180	146	34
<i>Charriot 2</i>	180	151	29
<i>Charriot 3</i>	180	157	23
<i>Charriot 4</i>	180	154	26
Total	720	608	112

Não acusa choques	84,4%
Acusa choques à 1ª	15,6%

Figura 14: Resultados obtidos nos ensaios com as peças da Pós-Maquinação

Dos testes efetuados, depreendeu-se que a maior parte das peças não acusou choques à 1ª passagem pela máquina, contudo 15,6% das coroas analisadas foram recusadas à primeira vez.

O conjunto de problemas, bem como as possíveis e respectivas causas, na origem da recusa das 112 peças, no total de 720 observadas, está representado na Figura 15:

Etapa 1: Pós-Maquinação						
Qtd de choques detetados ao 1º teste	Problema: Rebarbas (excessos de material)	Problema: Mossas no topo do dente	Problema: Mossas no chanfro do dente	Problema: Falsos Choques acusados na semi-auto Clemessy	Problema: choques impercetíveis ao olho humano	
	Possível Causa: Rebarbagem com falhas	Possíveis Causas: Colisões da peça com outro material e/ou mau manuseamento	Possíveis Causas: Colisões da peça com outro material e/ou mau manuseamento	Possível Causa: Impurezas à superfície da peça. Operações de shaving, lavagem e secagem da peça ineficazes	Possível Causa: Desconhecida	
Charriot 1	34	14	1	2	5	12
Charriot 2	29	11	0	0	9	9
Charriot 3	23	6	2	3	8	4
Charriot 4	26	9	0	0	11	6
Total	40	3	5	33	31	

Choques acusados à 1ª	Choques reais	70,5%
	Choques falsos	29,5%

Figura 15: Distribuição dos resultados, pelos problemas detetados e possíveis causas, na Pós-Maquinação

Tal como se pode verificar pela Figura 15, os resultados obtidos demonstraram que das 112 peças que foram recusadas, 70,5% possuíam choques reais e 29,5% foram recusadas, por falsos choques identificados.

Relativamente aos choques reais detetados, estes dividiram-se da seguinte forma:

- Choques visíveis: resultaram da presença de rebarbas (excessos de material que devem ser retirados na OP160 da maquinação) e mossas no topo e chanfro do dente (causadas, possivelmente, por colisões das peças com outros materiais ou por um incorreto manuseamento)
- Choques invisíveis: peças que foram testadas por 2 vezes e que, em ambos os testes, se detetou a presença de choques. Contudo, os choques não eram visíveis e, por isso, a causa atribuída foi desconhecida.

Relativamente às peças que foram recusadas por falsos choques, detetou-se uma falha na limpeza e secagem da peça, que poderá estar na origem do problema. As peças, à primeira passagem pela máquina, foram recusadas. Contudo, com recurso ao sistema de compressão de ar existente no posto, as coroas foram limpas e, ao segundo teste, foram classificadas como conformes.

Desta forma, concluiu-se a presença de falsos choques nas peças, que resultam da ineficácia das operações de *shaving*, lavagem e secagem (operações que retiram todas as sujidades e impurezas depositadas no produto).

Na Figura 16, estão representados alguns dos choques reais e visíveis detetados, nesta primeira etapa da experiência:

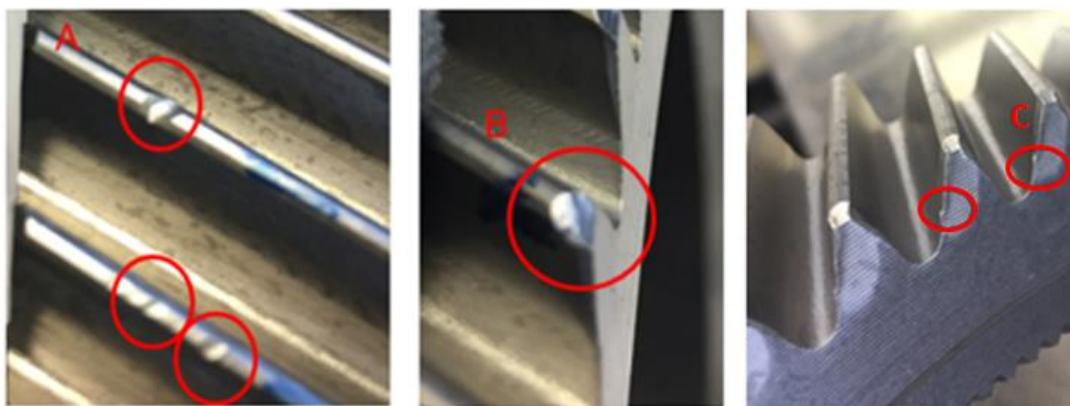


Figura 16: Diversos choques detetados, no decorrer dos ensaios

Legenda da figura:

- A- Choques no topo do dente
- B- Choques no chanfro do dente
- C- Rebarbas na peça

2) Pós-Transporte

Na segunda etapa da experiência, foi simulado o transporte das peças entre a maquinação e os tratamentos térmicos. Seguidamente, as peças foram, novamente, sujeitas a testes.

O objetivo passava por perceber se o transporte poderia, ou não, ter uma influência significativa, na deteção e produção de choques.

Contudo, apenas foram utilizadas as peças dadas como conformes, nos testes anteriormente realizados. A inclusão das peças não conformes, aos novos testes, iria deturpar os resultados obtidos, dada a impossibilidade de se detetarem possíveis choques resultantes do transporte. Quer isto dizer que os possíveis choques que pudessem advir do transporte iriam misturar-se com os choques provenientes da

maquinação e, assim, não seria possível quantificar o peso desta etapa, no problema em estudo.

Desta forma, os testes foram realizados e os resultados obtidos podem ser observados na Figura 17:

Etapa 2: Pós-Transporte			
	Qtd de peças observadas	Não acusa de choques	Choques acusados à 1ª passagem
Charriot 1	151	149	2
Charriot 2	160	156	4
Charriot 3	165	164	1
Charriot 4	165	164	1
Total	641	633	8

Não acusa choques	98,8%
Acusa choques à 1ª	1,2%

Figura 17: Resultados obtidos nos ensaios com as peças do Pós-Transporte

Das 641 peças utilizadas, 98,8% foram classificadas como conformes e as restantes 1,2% das peças foram recusadas, pela presença de choques.

Numa primeira instância, tornou-se possível concluir que o transporte teria uma influência nula na produção de choques, dada a reduzida percentagem de peças que, nesta fase, acusaram a sua presença.

Na Figura 18, estão identificados os problemas e possíveis causas na produção dos choques, respeitantes a esta etapa:

Etapa 2: Pós-Transporte				
Qtd de choques detetados ao 1º teste	Problema: Mossa no topo do dente		Problema: Mossa no chanfro do dente	
	Possível Causa: colisão da peça e/ou mau manuseamento		Possível Causa: colisão da peça e/ou mau manuseamento	
Charriot 1	2	0	2	0
Charriot 2	4	1	3	0
Charriot 3	1	0	1	0
Charriot 4	1	1	0	0
Total	2	6	0	0

Choques acusados à 1ª	Choques reais	100,0%
	Choques falsos	0,0%

Figura 18: Distribuição dos resultados, pelos problemas detetados e possíveis causas, no Pós-Transporte

Concluiu-se que a totalidade dos choques detetados, à primeira passagem pela máquina, eram reais e visíveis.

Quanto aos problemas detetados, foram verificadas mossas no topo e, em especial, no chanfro do dente.

Das causas que se consideravam prováveis para a origem destes problemas, excluiu-se o transporte das peças. Ao ser realizado, o transporte provoca pequenas vibrações e colisões das peças, entre si, dada a irregularidade do pavimento exterior da fábrica. Ora, tendo em consideração estes aspetos, não faria sentido detetarem-se, das centenas de peças sujeitas ao transporte, apenas 8 em mau estado. Todas as coroas são sujeitas aos mesmos impactos e colisões, nas exatas e mesmas condições de acondicionamento, pelo que não seria sensato atribuir um peso à função de transporte, na produção dos choques.

Desta forma, não se consideraram estas deslocções com as peças como uma causa provável, na produção de choques.

Consequentemente, considerou-se que os choques detetados nas 8 coroas surgiram de um incorreto manuseamento das peças, como por exemplo: excessivos testes realizados; incorretos carregamentos e descarregamentos dos *charriots*; colisões, provocadas por descuido, das peças com outro material; entre outras possibilidades.

3) Pós-Tratamento Térmico

Por fim, todas as peças foram devolvidas à sua zona de origem (maquinação) para seguirem o seu normal fluxo produtivo, isto é, serem transportadas para os TTh. Deste local, as coroas foram transportadas para o posto de controlo, para serem sujeitas aquela que é a sua última etapa de processamento: o controlo da qualidade.

O controlo da qualidade assenta num procedimento que irá averiguar a conformidade das peças, com o objetivo de as expedir para a montagem da caixa do diferencial. Este procedimento consiste em introduzir as coroas na INFAS, para averiguar a presença de choques nas mesmas. Caso haja deteção destes defeitos, as peças são testadas, uma segunda vez, na máquina.

No caso de determinadas peças serem recusadas nos dois testes da INFAS, estas são introduzidas na máquina *Clemessy*, para corroborar a decisão tomada.

Os resultados obtidos estão apresentados na Figura 19:

Etapa 3: Pós-TTh			
	Qtd de peças observadas	Não acusa de choques	Choques acusados à 1ª passagem
<i>Charriot 1</i>	180	137	43
<i>Charriot 2</i>	180	132	48
<i>Charriot 3</i>	180	147	33
<i>Charriot 4</i>	180	143	37
Total	720	559	161

Não acusa choques	77,6%
Acusa choques à 1ª	22,4%

Figura 19: Resultados obtidos nos ensaios com as peças do Pós-TTh

Do total de 720 peças observadas, 77,6% não acusaram a presença de choques e, consequentemente, foram expedidas para a montagem da caixa do diferencial. No entanto, em 22,4% das coroas houve deteção de choques, à sua primeira passagem pela INFAS.

Nesta situação, seguindo o procedimento, foram identificados os seguintes problemas e respetivas causas, como se pode observar na Figura 20:

Etapa 3: Pós-TTh				
Qtd de choques detetados ao 1º teste	CHOQUES FALSOS		CHOQUES REAIS	
	Problema: INFAS acusa choque à 1º, mas não à 2º	Problema: INFAS acusa 2x choque, Clemessy acusa choque à 1º, mas classifica como conforme à 2º	Problema: Acusa choque em ambas as máquinas, sem nenhum teste positivo	
	Possível Causa: fiabilidade do equipamento	Possível Causa: Impurezas à superfície da peça. Operações de lavagem e secagem da peça ineficazes	Possível Causa: Presença de choques reais	
Charriot 1	43	4	8	31
Charriot 2	48	9	15	24
Charriot 3	33	8	9	16
Charriot 4	37	3	18	16
Total	24	50	87	

Choques acusados à 1º	Choques reais	54,0%
	Choques falsos	46,0%

Figura 20: Distribuição dos resultados, pelos problemas detetados e possíveis causas, no Pós-TTh

Concluiu-se que existia uma proximidade substancial entre os números de choques reais e falsos detetados.

Do conjunto de peças detetadas com choques no primeiro teste, verificou-se que em 54,0% dessa quantidade existiam choques reais e, consequentemente, em 46,0% houve uma falsa deteção e acusa de choques.

Quanto aos choques reais, quer os visíveis, quer os invisíveis eram provenientes das etapas de maquinação e transporte, uma vez que não se verificaram diferenças quantitativas, face aos resultados obtidos nos testes, previamente, realizados.

Tal facto demonstrou que a partir dos TTh e até ao fim do processamento das coroas, não houve a formação de choques nas peças. Acaba por ser compreensível, dada a diferença significativa das propriedades mecânicas entre a peça branca (antes do tratamento térmico) e a peça negra (depois do tratamento térmico). Esta última

apresenta, substancialmente, maiores níveis de resistência e rigidez aos impactos e, consequentemente, maiores índices de durabilidade e qualidade.

Quanto aos falsos choques detetados, estes dividiram-se da seguinte forma:

- INFAS deteta choques à 1º passagem, mas não à 2º: a origem deste problema estava, provavelmente, relacionada com a fiabilidade do equipamento ou de algum dos seus componentes. Exemplos: incorreto posicionamento da peça para ser testada; máquina ultrapassa a sua capacidade limite de produção; a coroa *master* (que realiza a engrenagem com a peça a ser testada) encontra-se mau estado, entre outras possibilidades.
- INFAS deteta choques em ambas as passagens, a Clemessy corrobora à 1º passagem, mas classifica como conforme à 2º: a origem deste problema estava, muito provavelmente, relacionada com a operação de lavagem e secagem, à entrada do posto de controlo. Quando chegam ao posto, as peças são introduzidas no sistema de lavagem e, posteriormente, são encaminhadas para a INFAS. Ao não serem efetuadas as corretas lavagens e secagens das peças, estas permanecem com impurezas à superfície e, ao serem testadas, é-lhes detetada a presença de choques. Com recurso ao sistema de ar comprimido, as peças são limpas e, ao serem novamente testadas, são classificadas como conforme.

4.3. Diagrama de Pareto

Ao longo da experiência realizada, foi apurado um conjunto de possíveis causas que poderiam estar na origem dos problemas encontrados, nomeadamente na deteção de choques.

Desta forma, tendo em conta que se conheciam as ocorrências de cada problema identificado, procedeu-se ao desenho do diagrama de Pareto, no intuito de se analisarem as frequências individuais e acumuladas, das diversas causas apuradas.

Tal como se pode observar pela Tabela 4, foram registadas, em função dos problemas encontrados, as causas e respetivas ocorrências:

Tabela 4: Ocorrências das causas

Causa	Ocorrências
Falhas na rebarbagem	40
Incorreto manuseamento e/ou colisões da peça	16
Causas Desconhecidas	31
Ineficácia da INFAS, na leitura das peças	24
Ineficácia da lavagem e secagem, do posto de controlo	50
Total	161

Posteriormente, tal como se pode verificar pela Tabela 5, as causas foram reordenadas decrescentemente, em função do número de ocorrências de cada uma. Seguidamente, calcularam-se as percentagens individuais e acumuladas das ocorrências de cada causa.

Tabela 5: Causas reordenadas por ocorrências e cálculo das percentagens individuais e acumulativas

Causa	Ocorrências	%Individual	%Acumulada
Ineficácia da lavagem e secagem, do posto de controlo	50	31,1%	31,1%
Falhas na rebarbagem	40	24,8%	55,9%
Causas desconhecidas	31	19,3%	75,2%
Ineficácia da INFAS, na leitura das peças	24	14,9%	90,1%
Incorreto manuseamento e/ou colisões da peça	16	9,9%	100,0%

A percentagem acumulada foi extremamente útil na compreensão e resolução do problema, visto que permitiu perceber até que causa a maior parte dos problemas seriam resolvidos, presumindo que todas as que lhe antecedem fossem eliminadas.

Na Figura 21, encontra-se representado o diagrama de Pareto desenvolvido para o problema em questão:

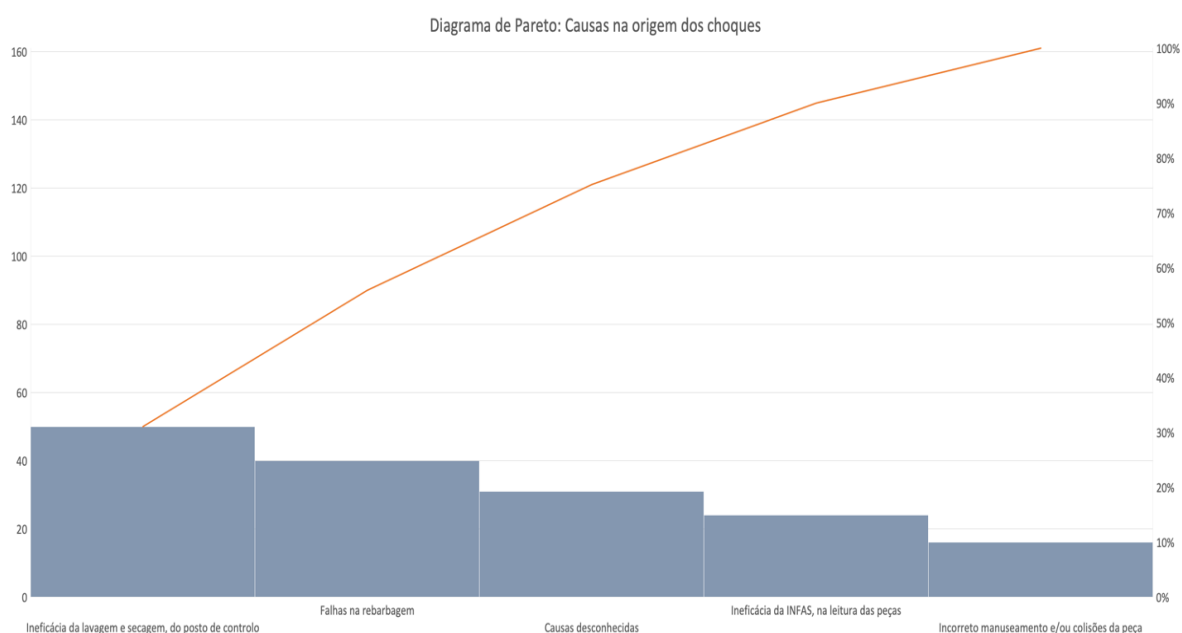


Figura 21: Diagrama de Pareto para as causas identificadas

Do gráfico obtido, a causa que maior impacto possuiu na deteção de choques foi a ineficácia do equipamento de lavagem e secagem da peça, representando a origem de cerca de 31,1% dos problemas detetados. Seguidamente, surgiu a ineficácia da rebarbadora, na OP160, que representa a causa de 24,8% dos problemas identificados. Com pesos de 19,3% e 14,9% têm-se as causas desconhecidas e a ineficácia da INFAS, respetivamente. Por fim, o incorreto manuseamento das peças representava a causa que, do estudo realizado, surgiu com a menor influência na deteção de choques, no valor de 9,9%.

Ao analisarem-se as percentagens acumuladas, representadas pela linha cumulativa do diagrama, percebeu-se que as duas primeiras causas representavam a origem de cerca de 56% dos choques detetados. Deste modo, futuramente, os esforços deverão ser centrados nestas duas causas, para a resolução do problema e melhoria da qualidade.

Uma vez elaborado e aplicado o plano de ações de melhoria, será necessário reavaliarem-se os pesos ou influências das causas, com o objetivo de se confirmar a efetividade das ações de correção tomadas.

4.4. Análise dos 5 porquês

A análise dos 5 porquês demonstra-se extremamente eficaz, na resolução de um determinado problema. A metodologia proporciona, eficientemente, a identificação das causas-raiz para os problemas em questão e, desta forma, saber-se-á onde deverão acumular-se os esforços.

Deste modo, realizou-se uma análise deste tipo aos problemas identificados, com o objetivo de se descobrirem as correspondentes causas-raiz e, conseqüentemente, ser possível apurar-se o foco de atuação, na aplicação de soluções de melhoria.

Na Figura 22, é possível observar-se a análise dos 5 porquês desenvolvida:

5 Porquês: Choques na Coroa				
Porquê 1	Porquê 2	Porquê 3	Porquê 4	Porquê 5
Choques nos dentes	Falhas na rebarbagem (OP160 da maquinação)	Incorreta afinação dos rebarbadores	Dificuldade no sistema de afinação das máquinas	Falta de experiência e formação para a correta afinação das máquinas e ferramentas
	Deteção de falsos choques na INFAS	Ineficácia da máquina, ou dos seus componentes, na leitura da peça	Indisponibilidade ou falta de recursos para averiguar a eficácia da máquina e corrigir os seus defeitos	
	Existência de impurezas depositadas à superfície da peça	Ineficácia da lavagem e secagem da peça, no posto de controlo	Indisponibilidade ou falta de recursos para averiguar a eficácia da máquina e corrigir os seus defeitos	
	Criação de mossa no topo e chanfro do dente	Manuseamento incorreto das peças	Erros humanos, na sua grande maioria inevitáveis, pois à mínima colisão a PB cria choques	
		Colisões das peças com outros materiais	Os tapetes rolantes, da maquinação, ao transportar as peças para um destino, provocam colisões	Existem zonas que maximizam o impacto das colisões, aumentando o risco da criação de choques

Figura 22: Análise 5 porquês às causas identificadas

Da análise realizada, reuniram-se esforços para a obtenção de um conjunto cabal de causas-raiz, correspondente aos diversos problemas apresentados.

No caso das rebarbas (excessos de material no prolongamento do chanfro) presentes nas peças, considerou-se que a OP160 foi realizada de forma defeituosa, em consequência da dificuldade no sistema de afinação da máquina. Esta limitação surge da inexperiência dos operadores que, na sua maioria, não possuem conhecimentos suficientes, para a correta afinação das máquinas. De facto, é uma tarefa bastante complexa e para a qual apenas alguns operadores, mais experientes na organização, obtêm sucesso.

Relativamente à ineficácia da INFAS e da máquina de lavar e secar as peças, presentes no posto de controlo, presumiu-se que estes equipamentos não são alvo de revistas convenientes (por indisponibilidade ou falta de recursos, incluindo o conhecimento). Estas revistas são de extrema importância, dado que permitem averiguar o estado dos equipamentos e, assim, perceber o que poderá estar a causar os problemas referidos.

Por último, no caso das mossas formadas nas peças, presumiu-se que estas possam advir, essencialmente, de dois aspetos: incorreto manuseamento e/ou colisões das peças com outros materiais.

Relativamente ao incorreto manuseamento das peças, este surge da existência de erros humanos que, até um certo ponto, são inevitáveis. A peça branca não possui propriedades mecânicas bem desenvolvidas, o que a torna mais suscetível para a criação de defeitos. Desta forma, culminando estes dois aspetos, foi possível explicar-se uma parte da formação de mossas nas peças.

Quanto às colisões e impactos a que as peças são sujeitas, existem zonas na maquinação, de chegada ou partida de peças, que maximizam o risco inerente à formação de choques, por não providenciarem medidas de segurança capazes de minimizar os impactos causados pelas colisões.

Um exemplo, que vai ao encontro do que foi referido, tem que ver com a ilha robotizada de acondicionamento, no fim da maquinação. A entrada na ilha é inclinada, fazendo com que as peças, provenientes da lavagem e secagem, caiam de forma abrupta, para o interior da ilha. Consequentemente, ou as coroas embatem contra o suporte da entrada, ou embatem contra outras coroas que lá permanecem, a aguardar o seu acondicionamento. Quer num caso, quer noutro existem colisões que acarretam riscos para a conformidade das peças.

4.5 Análise e Discussão dos Resultados e Soluções de Melhoria

Do estudo efetuado, apuraram-se determinados aspetos relevantes, no que diz respeito à produção de choques nas coroas do diferencial.

Primeiramente, concluiu-se que o *rapport* 14*69 é a referência de peça mais suscetível para a produção deste tipo de não conformidades. Tal facto pode ser justificado quer por ser a referência mais produzida, quer por representar o *rapport* com maior número de dentados, comparativamente às outras referências. Desta forma, para que a peça adquira o formato desejado com 69 dentados, será necessário um maior processamento da mesma e, conseqüentemente, o risco associado à produção de defeitos aumenta.

Concluiu-se, também, que o tipo de choques mais produzido é na zona do chanfro, seguido das zonas do topo e flanco do dente, representando cerca de 80% dos choques detetados e produzidos. O facto de representar a zona mais sensível do dentado poderá justificar esta predominância acentuada na produção de choques no chanfro do dente.

Relativamente às linhas de maquinação, não se denotou uma diferença significativa entre ambas, no que diz respeito à produção de choques.

Quanto aos resultados obtidos, referentes à experiência realizada, foi possível identificar-se um conjunto de problemas ou falhas e respetivas causas, relativamente à deteção de choques.

Na Figura 23, encontra-se representado o diagrama de causa-efeito desenvolvido, no intuito de sumarizar os resultados obtidos dos ensaios e testes com as coroas:

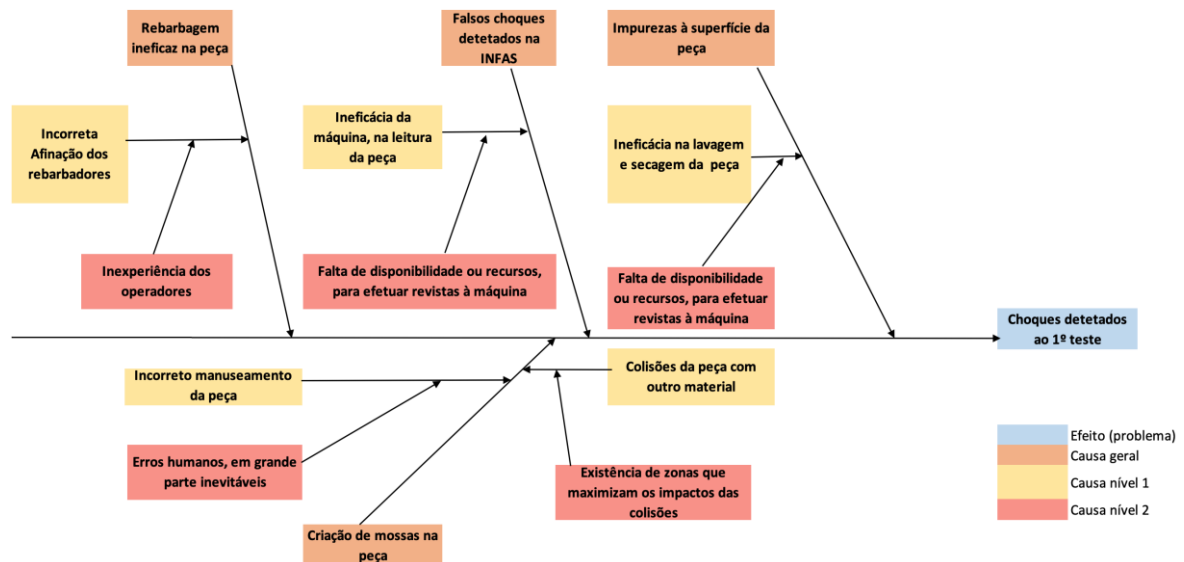


Figura 23: Diagrama de causa-efeito, relativo aos choques detetados

No sentido de colmatar as falhas detetadas, será necessária a implementação de soluções de melhoria.

A Tabela 6 demonstra, para algumas das falhas descritas e respetivas causas-raiz, possíveis soluções de melhoria implementáveis:

Tabela 6: Soluções de melhoria, para algumas das falhas identificadas

Efeito global	Problema (Falha)	Causa-raiz	Solução de Melhoria
Choques no dentado	Rebarbagem defeituosa	Falta de experiência, por parte dos operadores, para a correta afinação das máquinas	Fornecer, aos operadores, formações sobre a afinação das máquinas, lecionadas por outros operadores mais experientes.
	Mossas nos dentes	Erros de manuseamento, na sua grande maioria inevitáveis, pois à mínima colisão há formação de choques	Observar, por um período significativo de tempo, o manuseamento com as peças, por forma a identificar pontos críticos
		Existência de zonas, na maquinação, que maximizam o impacto das colisões	Melhorar e tornar mais seguras as áreas em que há colisão de peças

5. Conclusões e Trabalho Futuro

Este capítulo tem por objetivo descrever as considerações finais e limitações encontradas, em relação ao projeto desenvolvido (secção 4.1.). Posteriormente, na secção 4.2., foi descrito o trabalho futuro a realizar, no que diz respeito ao tema dos choques nas coroas.

5.1. Considerações Finais e Limitações

Do estudo efetuado foi possível satisfazerem-se alguns dos objetivos que, inicialmente, foram propostos.

Relativamente à origem dos choques, os objetivos iniciais passavam por identificar os problemas e falhas no produto, advindos do processo, que causassem a produção deste defeito. Do estudo efetuado, foi possível detetarem-se diversos problemas relacionados com o tema. Embora que a maior parte desses problemas fossem já conhecidos pelos intervenientes no processo, o trabalho desenvolvido proporcionou uma quantificação de cada falha que, até à data, não existia. Permitiu, assim, uma visão global dos problemas oriundos do processo produtivo das coroas que estarão na origem dos choques.

Para além deste aspeto, foram detetados os respetivos modos de falha, isto é, a forma de como esses problemas se reproduziram, bem como as causas de nível 1 e nível 2 que os originam. Feita a quantificação de cada uma destas causas, foi possível obter-se uma compreensão detalhada e realista das principais fontes de produção de choques.

Quanto às limitações encontradas, estas passaram, na sua grande maioria, pela incerteza associada à correta identificação de alguns problemas e causas. No caso da ineficácia de leitura da INFAS e da OP de lavagem e secagem, à entrada do posto de controlo, presumiu-se que, provavelmente, estas seriam as falhas que estariam a ocorrer, para uma falsa deteção de choques. Contudo, não foi possível a comprovação de que, efetivamente, estes problemas estavam na origem da deteção de choques.

No entanto, considera-se que o trabalho desenvolvido serviu de base para uma futura exploração do tema, proporcionando, para o presente, o reconhecimento das áreas de atuação, para implementação de um plano de ações de correção e melhoria.

5.2. Trabalho Futuro

O trabalho desenvolvido teve como base a primeira etapa do ciclo PDCA: a etapa *Plan*. Esta fase consistiu numa definição e medição do problema em estudo, na qual se realizaram as recolhas de dados e levantamentos de informação relevantes para o tema e se identificaram os problemas e respetivas causas- raiz, através dos ensaios e testes com as peças.

Dada a conjuntura do País, durante a crise pandémica de 2020, foi impossibilitada a continuação do estágio e, consequentemente, a concretização daquelas que seriam as restantes etapas do projeto.

As etapas seguintes do ciclo PDCA são, então, um trabalho futuro a desenvolver.

Espera-se, assim, que se apliquem as medidas de melhoria e ações de correção aos problemas detetados, como forma de eliminar as respetivas causas-raiz identificadas na origem dos choques, completando-se a etapa *Do* pertencente ao ciclo PDCA.

Posteriormente, na fase *Check*, será crucial reavaliar-se o processo, na realização de uma experiência semelhante àquela que foi desenvolvida, por forma a averiguar a efetividade das soluções de melhoria aplicadas, quanto à eliminação das causas na origem da deteção e produção de choques.

Por fim, na fase *Act*, caso se tenha obtido sucesso no estudo realizado e nas medidas implementadas, prevê-se que se padronizem as ações de melhoria e correção tomadas, por forma a precaver a formação de choques nas peças.

Referências Bibliográficas

Cao, B., & Gao, J. (2018). Quality contracts with the supplier's private product manufacturability information. *Computers and Industrial Engineering*, 125 (August), 309-318. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2018.08.033>

Crosby, P. (1979). *Quality is free*. New York: McGraw-Hill

Juran, J. (2001). *A qualidade desde o projeto: novos passos para o planejamento da qualidade em produtos e serviço*. (Tradução de Nivaldo Montingelli Jr). São Paulo: Pioneira

Evans, J. R., & Lindsay, W.M. (2008). *The management and control of quality* (7th ed.). Australia: Thomson South-Western

Pires, A. (2007). *Qualidade: Sistemas de Gestão da Qualidade*. Lisboa: Sílabo

Lopes, A., e Capricho, L. (2007). *Manual de gestão da qualidade*. Lisboa: Editora RH

NP EN ISO 9001. 2008, *Sistemas de Gestão da qualidade- Requisitos*. IPQ. (norma portuguesa)

ISO- International Organization for Standardization (2020), <https://www.iso.org/home.html>

Nikolay, I. (2016). A study on optimization of nonconformities management cost in the quality management system (QMS) of small-sized enterprise of the construction industry. *Procedia Engineering*, 153, pp.228-231

Pereira & Requeijo (2008). *Qualidade: Planemaneto e Controlo Estatístico de Processos*. Lisboa: Editora Prefácio

Feg-unesp, D.C.D.A. (2008). Fmea De Processo: Uma Proposta De Aplicação Baseada Nos Conceitos Da Iso 9001: 2000. *Encontro Nacional de Engenharia de Produção*

Duret, D., & Pillet, M. (2005). Qualité en Production. In *Qualité en Production* (3rd ed., pp. 193-214). Paris

Melton, T. (2019). The Benefits of Lean Manufacturing: What lean thinking has to offer the process industries. *Institution of Chemical Engineers*. [online] Available at: <http://10.1205/cherd.04351>

Renault, G. (2020). Our industrial locations. Retrieved from Groupe Renault website: <https://group.renault.com/en/our-company/locations/our-industrial-locations/>

Renault, P. (2020). Renault Cacia. Retrieved from Renault Portugal website: <https://www.renault.pt/descubra-a-renault/cacia/>

Kavosi, S. (2019). Implementation of BPM and Lean - Theory and real-world practice. *Degree Project Electrical Engineering*

K. Liker, J., & Meier, D. (2006). *The Toyota way fieldbook: A practical guide for implementing Toyota's 4Ps*

Womack, J. P., & Jones, D. T. (2003). *Lean thinking: Banish waste and create wealth in your corporation*. New York: Simon & Schuster

Wenchi Shou, Jun Wang, Peng Wu & Xiangyu Wang (2019): Value adding and non-value adding activities in turnaround maintenance process: classification, validation, and benefits, *Production Planning & Control*, DOI: 10.1080/09537287.2019.1629038

Hines, P., & Rich, N. (1997). *Mapping Tools*. *International Journal of Operations & Production Management*, 17(1), 46-64

Kung, J. W., Brook, O. R., Eisenberg, R. L., & Slanetz, P. J. (2016a, July 1). How-I-Dolt: Teaching Root Cause Analysis. *Academic Radiology*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.acra.2016.03.002>