Industrialização da produção de componentes para a indústria têxtil automóvel

João Francisco Cunha Leal das Neves

Dissertação de Mestrado

Orientador na FEUP: Prof. José António Barros Basto

U.PORTO
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial

2021-06-11

"I do it because I can. I can because I want to. I want to because you said I couldn't."

- Author Unknown

Resumo

O constante crescimento da indústria automóvel e o desejo pela criação de novos modelos de diversos automóveis, implicam a criação de novos designs em curtos períodos de tempo. Essa busca pela diferenciação de mercado observa-se não só na mecânica da viatura, mas também nas características visuais que tornam um carro agradável e bonito.

Assim, quando um novo projeto para um produto é fechado com um cliente, o processo de produção é dividido em diferentes fases, todas elas sendo validadas pelas duas partes do acordo. Desta forma, o cliente é responsável por fornecer toda a documentação necessária à produção bem como prazos de entregas e de encomendas. É também responsável por, numa fase inicial de prototipagem, avaliar as peças e identificar eventuais erros que as peças produzidas tenham, para que assim se possam tomar as devidas ações na linha de produção. Por outro lado, o produtor tem de minimizar a sucata produzida e cumprir com os requisitos exigidos.

É nesta fase que os engenheiros e responsáveis pela qualidade devem surgir. Os defeitos têm várias fontes, podem surgir de um operador, da máquina utilizada ou até mesmo do cruzamento de ambos. Logo, é importante estudar cuidadosamente cada um desses fatores e entender como evitá-los, caso contrário, múltiplos custos serão incorridos pela empresa, a satisfação do cliente não será atingida e a posição no mercado acabará por ser perdida.

Neste momento, dois novos projetos foram acordados e por isso, novas linhas de produção estão a ser implementadas. Uma vez que cada um dos projetos se encontra numa fase de prototipagem, é normal que se estejam a produzir peças com alguns defeitos, pois existem novos materiais, o processo de produção é novo para os operadores e a formação dada aos mesmos pode não ser a mais adequada.

Os defeitos existentes serão assim estudados e tratados ao longo desta tese, permitindo e culminando na construção de duas linhas de produção bem-sucedidas com uma taxa de sucata reduzida.

Project Industrialization

Abstract

The constant growth of the automotive industry and the desire to create new models of different automobiles, imply the creation of new designs in short periods of time. This search for market differentiation is observed not only in the mechanics of the vehicle but also in the visual characteristics that make a car pleasant and pretty.

Thus, when a new project for a product is settled with a customer, the production process is divided into different phases, all of which are validated by the two parties to the agreement. In this way, the customer is responsible for supplying the documents necessary for production as well as delivery and ordering deadlines. He is also responsible for, in an initial prototyping phase, evaluating the parts and identifying errors that the parts produced have, so that the supplier can make the appropriate corrective actions on the production line. On the other hand, the producer must minimize the scrap produced.

It is at this stage that engineers and those responsible for quality must emerge. Defects have several sources, they can arise from an operator, the machine used, or even the crossing of both. Therefore, it is important to study each of the factors and understand how to avoid them, otherwise, multiple costs will be incurred by the company, customer satisfaction will not be achieved and the position in the market will eventually be lost.

At the moment, two new projects have been agreed upon with the customers and therefore, new production lines are being implemented. Since this is in a prototyping phase, it is normal to be producing parts with some defects, as there are new materials, the production process is new for operators and the formation for them may not be the most appropriate.

The existing defects will thus be studied and treated throughout this thesis, allowing and culminating in the construction of a well-configured production line with a low scrap rate.

Agradecimentos

À engenheira Bárbara Maia, por todo o tempo despendido, simpatia, esforço e apoio para comigo ao longo do desenvolvimento desta dissertação.

Ao professor José Barros Basto, meu orientador académico, pela motivação e pelas suas recomendações em momentos chave.

A toda a equipa do departamento de engenharia da ERT, que me ajudaram ao longo do estágio e tornaram o ambiente na empresa acolhedor.

A toda a minha família, que além do apoio dado durante este projeto de dissertação, me ajudaram a crescer e fazer de mim a pessoa que sou hoje.

Índice de Conteúdos

1 Introdução 1
1.1 Apresentação da empresa 1
1.2 Enquadramento do projeto 1
1.2.1 Projeto P5 2
1.2.2 Projeto OV51/52 2
1.3 Objetivos do projeto 2
1.3.1 Projeto P5 2
1.3.2 Projeto OV51/52 3
1.4 Metodologia 3
1.5 Estrutura da dissertação 3
2 Enquadramento teórico 4
2.1 Processo de controlo estatístico 4
2.1.1 Contexto histórico 4
2.1.2 Plano de amostragem 5
2.1.3 Gráfico de controlo estatístico 5
2.1.4 Indicador de capacidade do processo 6
2.1.5 *Measurement System Analysis* – MSA 7
2.1.6 *Gage Repeatability and Reproducibility* – GR&R 8
2.2 Norma *International Automotive Task Force* – IATF 9
3 Definição do problema – projeto P5 10
3.1 Caracterização do produto 10
3.1.1 Composição da peça 11
3.2 Caracterização do processo de produção 12
3.2.1 Aplicação de cola e passagem no forno 13
3.2.2 *Wrapping* 13
3.2.3 Acabamentos 14
3.2.4 Triagem final e embalamento 15
3.2.5 Situação inicial da qualidade 16
3.3 Submissão do dossier PPAP 18
3.3.1 Estudo de capacidade do processo 18
3.3.2 Estudo GR&R 19
3.4 Síntese 19
4 Definição do problema – projeto OV51/52 20
4.1 Caracterização do produto 20
4.1.1 Laminado 22
4.1.2 Linha 23
4.2 Caracterização do processo de produção 23
4.2.1 Laminação 23
4.2.2 Estendimento e corte 24
4.2.3 Costura e embalamento 25
4.3 Situação Inicial da Qualidade 26
4.4 Síntese 28
5 Metodologia e resultados – Projeto P5 29
5.1 Variáveis qualitativas 29
5.1.1 Turno 29
5.1.2 Utilização da cola de retrabalho 30
5.1.3 Métodos 31
5.1.4 Embalamento 33
5.2 Validação dos métodos e meios de controlo 34

5.2.1 Estudo de capacidade do processo 34
5.2.2 Estudo GR&R 37
5.3 Síntese 37
5.3.1 Qualidade 37
5.3.2 Métodos e meios de controlo 38
6 Metodologia e resultados – Projeto OV51/52 39
6.1 Análise dimensional 39
6.1.1 *Insert* 40
6.1.2 *Armrest* 42
6.2 Análise ao *poke-yoke* 44
6.3 Análise ao remate da costura 45
6.4 Síntese 47
7 Conclusões e trabalhos futuros 48
7.1 Projeto P5 48
7.1.1 Qualidade das peças 48
7.1.2 Métodos e meios de controlo 49
7.2 Projeto OV51/52 49
7.3 Trabalhos futuros 49
7.3.1 Projeto P5 49
7.3.2 Projeto OV51/52 50
Referências 51
ANEXO A: Tabela de rejeição de peças do muro de qualidade 53
ANEXO B: Primeira análise dimensional da geometria *insert* 54
ANEXO C: Segunda análise dimensional da geometria *insert* 55
ANEXO D: Primeira análise dimensional da geometria *armrest* 56
ANEXO E: Segunda análise dimensional da geometria *armrest* 57
Anexo F: Exemplo de instrução de trabalho 58
Anexo G: Exemplo de gama de embalagem 59

Siglas

ANOVA – *Analysis of Variance*

CNC – *Computer Numerical Control*

C_{pk} – Índice de Capacidade do Processo

GR&R – *Gage Repeatability and Reproducibility*

IATF- *International Automotive Task Force*

MSA – *Measurement System Analysis*

NOK - *Not* ok

PPAP - *Product Part Approval Process*

PSW - *Part Submission Warrant*

Índice de Figuras

Figura 1 - Produto acabado referente ao lado esquerdo 10
Figura 2 - Produto acabado referente ao lado direito 10
Figura 3 - Componente de PVC 11
Figura 4 – Componente plástica 11
Figura 5 - Componente de PVC após o corte 11
Figura 6 - Linha de costura 12
Figura 7 - Máquina de costura automática 12
Figura 8 - Pistola de pressão de ar para aplicação de cola 13
Figura 9 - Componente de PVC com cola aplicada 13
Figura 10 - Componente plástica com cola aplicada 13
Figura 11 - Forno utilizado para ativação da cola 13
Figura 12 - Alinhamento da costura pelos lasers 14
Figura 13 - Placa de fixação da peça 14
Figura 14 - Fornecedor de calor 14
Figura 15 - Zonas não visíveis que necessitam de cola de retrabalho 15
Figura 16 - Exemplo de defeito: corte visível 15
Figura 17 - Exemplo de defeito: marca no PVC 15
Figura 18 - Exemplo de defeito: costura ondulada 16
Figura 19 – *Gabarit* de controlo 16
Figura 20 - Nível de embalamento com 6 peças 16
Figura 21 - Fixação de peças no meio de controlo 19
Figura 22 - Medição de um dos pontos com o comparador 19
Figura 23 – *Insert* frontal 20
Figura 24 – *Armrest* traseiro 20
Figura 25 – *Insert* traseiro 20
Figura 26 – *Armrest* frontal 20
Figura 27 - Laminado *fabric* 21
Figura 28 - Laminado L900 *Greta Mistral* 21
Figura 29 - Laminado *Isabella Mistral GS Line* 21
Figura 30 - Laminado alcântara 21
Figura 31 - Laminado *Prussian Grey Elegance* 21
Figura 32 - Esquema do produto laminado 22
Figura 33 - Linhas utilizadas 23
Figura 34 - Esquema da máquina de laminação 23
Figura 35 - Componente de estendimento da Lectra 24
Figura 36 - Componente de corte da Lectra 24
Figura 37 - Esquema de corte do *insert* traseiro 25
Figura 38 - *Gabarit* de corte do *insert* traseiro 25
Figura 39 - *Armrest* frontal na palete de costura 26

Figura 40 - *Armrest* traseiro na palete de costura 26
Figura 41 - Palete fechada pronta para acoplar à máquina 26
Figura 42 - Máquina de costura automática 26
Figura 43 - Peça com dimensão menor do que exigido e com remate visível 27
Figura 44 - Remate com ponto solto 27
Figura 45 - *Poke-yoke* no *armrest* traseiro 27
Figura 46 - *Poke-yoke* do *insert* traseiro 28
Figura 47 - Identificação do turno na peça 29
Figura 48 - Amostras padrão na linha 31
Figura 49 - Defeito: depressão 32
Figura 50 - Membrana 32
Figura 51 – *Gabarit* de controlo 32
Figura 52 - Saco para embalamento 33
Figura 53 - Embalamento inicial 33
Figura 54 - Corte causados pelo embalamento inicial 33
Figura 55 - Nova caixa plástica 34
Figura 56 - *Dunnage* para o embalamento das peças 34
Figura 57 - Diferentes pontos a verificar 34
Figura 58 - Diferentes pontos a verificar 35
Figura 59 - Novo fixador do meio de controlo e comparador digital utilizado 36
Figura 60 - Dimensão inferior à exigida na geometria *armrest* 39
Figura 61 - Dimensão inferior à exigida na geometria *insert* 39
Figura 62 - *Gabarit* de corte do *insert* 40
Figura 63 - *Gabarit* de costura do *insert* 40
Figura 64 - *Gabarit* de corte do *armrest* 40
Figura 65 - *Gabarit* de costura do *armrest* 40
Figura 66 - Orientações de compensação de 1 mm da geometria *insert* 40
Figura 67 - Medição da redução dimensional 41
Figura 68 - Zona de compensação de 0,5 mm da geometria *insert* 41
Figura 69 - *Gabarit* com compensação e nova geometria 42
Figura 70 - Medição da redução dimensional 43
Figura 71 - Direção de compensação de 0,75 mm no *armrest* 43
Figura 72 - *Poke-yoke* no *armrest* 44
Figura 73 - *Poke-yoke* no *insert* 44
Figura 74 – Costura no *insert* 45
Figura 75 - Remate do *insert* 45
Figura 76 - Remate do *armrest* 45
Figura 77 – Costura do *armrest* 45
Figura 78 - Remate em posição visível no *gabarit* do insert 46
Figura 79 - Remate em posição visível no *gabarit* do *armrest* 46

Figura 80 - Remate em posição não visível no *gabarit* 46
Figura 81 - Ondulação do *armrest* na palete 46

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Decisões a tomar de acordo com o Rácio P/T 9
Tabela 2 - Rejeição de peças nas duas primeiras semanas pelo muro de qualidade 17
Tabela 3 - Diferentes geometrias e como são utilizadas 22
Tabela 4 - Número de marcadas de cada uma das geometrias 25
Tabela 5 - Rejeições da validação do cliente 27
Tabela 6 - Rejeição de peças dos dois turnos na semana 10 30
Tabela 7 - Taxas de rejeição da semana 11 e 12 30
Tabela 8 - Rejeição por grumos na semana 11 e 12 31
Tabela 9 - Resultados iniciais do índice de capacidade do processo para cada um dos pontos 35
Tabela 10 - Resultados após implementação das medidas do índice de capacidade do processo 36
Tabela 11 - Índice R&R do estudo realizado 37
Tabela 12 – Dimensão média após a primeira compensação de 1 mm 41
Tabela 13 - Dimensão média após a segunda compensação de 0,5 mm em cada uma das extremidades costuradas 42
Tabela 14 - Dimensão média após compensação de 4 mm da geometria costurada 42
Tabela 15 - Dimensão média após compensação de 4 mm da geometria não costurada 43
Tabela 16 - Encolhimento médio após corte com TNT voltado para cima 44
Tabela 17 - Encolhimento médio após compensação de 0,7 mm 44
Tabela 18 - Tempo de cura entre corte e costura 49

1 Introdução

É de fácil observação a forte competição no mercado automóvel. Neste ramo, os custos têm de ser reduzidos ao máximo e as especificações dos clientes têm sempre de ser alcançadas, pois só assim são garantidas as margens de lucro esperadas. Desta forma, empresas que trabalhem com clientes neste mercado têm pouca margem para erro, sendo obrigatória a quantidade mínima de sucata produzida, permitindo alcançar prazos e quantidades de produção estabelecidas.

Sendo o ramo da indústria têxtil um grande fornecedor do ramo automóvel para produção de diversos componentes, é necessário garantir que o melhor desempenho da linha de produção é atingido. Assim, uma nova linha de produção, antes de ser industrializada, necessita ser estudada e manipulada, para que possa ser estabelecida a melhor forma de produzir de forma rápida e eficiente. Devem também ser entendidos os defeitos que definem uma peça como sucata, para que se entenda como podem ser evitados. É no seguimento destas necessidades que este projeto de dissertação foi desenvolvido. Este teve uma duração de dezoito semanas em ambiente industrial na ERT Têxtil Portugal S.A, no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Serão assim apresentados neste capítulo a empresa, o projeto em questão, os seus objetivos e toda a estrutura deste documento.

1.1 Apresentação da empresa

Fundada em 1992, e localizada em São João da Madeira, a ERT foi até 2000 uma pequena empresa de prestação de serviços de laminação de têxteis na área do calçado. É no virar do milénio que a empresa decide entrar no mercado automóvel, alargando assim o grupo ERT. Seis anos mais tarde decide expandir-se além-fronteiras com a fundação da SC Trevertex SRL na Roménia. Em 2016, e já com presença nos mercados de desporto e vestuário, ganha o prémio de inovação COTEC, que distingue anualmente uma Pequena ou Média Empresa que se tenha destacado no panorama nacional pela sua atitude e atividade inovadoras. Em 2021 o grupo apresenta unidades fabris em Portugal, República Checa, Roménia e Marrocos, escritórios em Espanha, na Turquia, Bélgica e Alemanha, e encontra-se a desenvolver novos projetos de expansão quer na China quer no México.

1.2 Enquadramento do projeto

O mercado automóvel é um forte cliente da indústria têxtil para a produção de diferentes componentes, quer de assentos, painéis, entre outros. Esta produção, antes de ser industrializada, tem de ser estudada e monitorizada, uma vez que diferentes variáveis podem interferir nas especificações de conformidade previamente estabelecidas com o cliente. Após

diversos testes, e depois de determinar a melhor sequência para a produção, torna-se então possível industrializar a nova linha de produção e dar início à mesma.

1.2.1 Projeto P5

Um novo puxador de porta – *grab handle* - está em início de produção e apresenta diversas reclamações do cliente. Em muitas das peças enviadas podem ser encontradas marcas, aglomerados de cola e não conformidades da costura, pelo que uma grande parte das peças são classificadas como sucata. Tornou-se assim empírico o estudo destes defeitos, pois a contínua produção de peças defeituosas, além de aumentar significativamente os custos da empresa, não permitirá o cumprimento de prazos de entrega levando também à consequente insatisfação do cliente.

Surge assim um dos projetos apresentados – projeto P5 - no qual será realizada uma análise ao processo de produção em questão, análise dos defeitos e definição dos limites de controlo da variabilidade dos mesmos, bem como a criação de medidas de melhoria no processo para redução do número de peças classificadas como sucata.

1.2.2 Projeto OV51/52

Neste novo projeto contratualizado pela empresa são produzidas quatro geometrias. Estas dividem-se em dois painéis – *insert* – um frontal e traseiro, e dois apoios de braço – *armrest* – frontal e traseiro. Para cada uma destas geometrias é produzida uma referência esquerda e direita, podendo também variar se é costurada ou não. Além disso, a geometria *insert* é também produzida em diferentes materiais.

Numa fase inicial, as peças são enviadas ao cliente para que este identifique os defeitos existentes. De seguida, as peças são reenviadas à ERT para que se determinem as causas dos defeitos e se tomem as ações necessárias à sua redução. É nesta fase que se centra o segundo projeto apresento – projeto OV51/52. Defeitos como redução de dimensão, identificadores da peça não existentes e problemas de remate de costura são as principais reclamações do cliente. Sendo a análise destes e as soluções a implementar discutidas ao longo desta dissertação.

1.3 Objetivos do projeto

Um novo projeto é atribuído à ERT, e como tal, a empresa terá o objetivo de proceder à sua industrialização. Este processo passa por uma fase de prototipagem, fase em que se encontram atualmente os projetos, para que se defina o processo produtivo (fluxo), formação das equipas de trabalho e definição das características de produto (especificações).

1.3.1 Projeto P5

Na reta final da industrialização, e tendo em conta o panorama da não-qualidade, o foco do projeto P5 é evidente, centrando-se nos seguintes pontos:

- Que defeitos existem;
- Quais as causas destes defeitos e como devem ser evitadas;
- Se é necessário reestabelecer especificações com o cliente;
- Como deve ser o *layout* da linha de produção.

Obtidas as conclusões de cada um destes pontos, é então possível proceder-se à industrialização do processo de produção em questão.

1.3.2 Projeto OV51/52

Diversos defeitos foram identificados pelo cliente no segundo envio de peças. Desta forma, é importante perceber:

- Como varia a dimensão da peça após o corte e costura e quanto tempo deve ser reservado para a sua cura;
- O porquê do furo identificador - *poke-yoke* – não estar conforme o contratualizado com o cliente, sendo que o processo de corte está de acordo com o exigido;
- Ao longo do processo de costura, o que afeta o posicionamento do remate e o que deve ser implementado para que este apresente as especificações exigidas pelo cliente.

Após compreender as causas ao longo do processo responsáveis pelos defeitos apresentados é então possível proceder-se à industrialização do processo produtivo do projeto OV51/52.

1.4 Metodologia

Para atingir os objetivos anteriormente mencionados foram definidas diversas fases, semelhantes entre os dois projetos abordados, para esta dissertação.

Na primeira fase seria importante identificar os defeitos existentes e recorrentes. Para tal, em cada um dos projetos, foram enviadas amostras de produto acabado para validação ou identificação de defeitos das peças pelo cliente. De seguida, as peças defeituosas eram reenviadas à ERT, onde seriam analisados os defeitos recorrentes.

Na segunda fase, já com os defeitos identificados, foram investigadas cada uma das diferentes etapas do processo, tornando assim possível concluir quais as causas de variabilidade do processo. A estas, foram realizados diversos testes para entender como podem ser controladas.

Na terceira e última fase, foram discutidas as conclusões retiradas dos testes e estabelecidas as ações a tomar para cada uma das causas de variabilidade identificadas, permitindo assim a melhoria do processo e redução da taxa de sucata.

1.5 Estrutura da dissertação

Esta dissertação é desenvolvida ao longo de sete capítulos e em cada um deles é possível encontrar, com maior detalhe, uma explicação à metodologia e objetivos do projeto. O primeiro e presente capítulo serve de introdução ao problema, informa sobre a empresa, os seus objetivos e a metodologia adotada para o projeto em causa. No segundo capítulo é feita uma análise bibliográfica sobre os temas, conceitos e metodologias utilizados ao longo do projeto, que servem de suporte ao raciocínio crítico criado no desenrolar da dissertação. O terceiro e quarto capítulo, descrevem os dois problemas abordados. Nestes encontra-se a caracterização dos produtos e dos processos produtivos, são indicadas também causas de variabilidade dos processos que podem incorrer em defeitos e em que etapas dos processos ocorrem, bem como uma descrição da equipa de operadores que opera a linha de produção. No quinto e sexto capítulo, além de se descrever a metodologia de diversos testes realizados nas linhas de produção, indicam-se também os resultados dos mesmos para se consiga entender o estudo realizado. No sétimo capítulo são descritas as conclusões retiradas do estudo bem como perspetivas de melhoria para o futuro.

2 Enquadramento teórico

Ao longo deste capítulo serão revistos os principais fundamentos teóricos e as metodologias utilizadas para a realização desta dissertação.

2.1 Processo de controlo estatístico

A qualidade de um produto é o fator que mais pesa na decisão dos clientes aquando da escolha de um fornecedor (Pawar et al., 2021). Assim, assegurar a mesma é uma prática comum nas indústrias (Álvarez et al., 2015) e passa por educar de forma correta os operadores de fábrica e quem os forma (Pawar et al., 2021).

De acordo com Otsuka & Nagata (2018), devido à variabilidade da performance do processo, e à qualidade dos produtos, as dimensões de cada peça a produzir devem ser consideradas de acordo com uma tolerância estabelecida na fase de design da mesma. Valores de tolerância baixos resultam numa baixa variação do processo, o que por sua vez resulta num maior encargo de custos por parte da empresa uma vez que é esperado um maior número de peças consideradas como sucata (Otsuka & Nagata, 2018). Assim, para assegurar a capacidade de um processo de produção são utilizadas diversas ferramentas (Álvarez et al., 2015), que em conjunto com os gráficos de controlo estatístico, constituem a área de controlo estatístico de qualidade (Aslam et al., 2013).

2.1.1 Contexto histórico

Desde a década de 1980 que políticas corporativas orientadas para a qualidade da produção são adotadas por diferentes companhias. Com um início emergente no continente asiático, rapidamente se expandiu para o ocidente a Gestão da Qualidade Total. Este, ao contrário do anteriormente observado processo discreto, é um método contínuo e que deve ser garantido ao longo de todo o processo. Esta nova visão e missão motivou a implementação de um Processo Estatístico de Controlo e de todas as suas ferramentas. O estudo destas componentes iniciou-se em 1920 quando Walter Shewhart iniciou o estudo da variação da qualidade de um processo de produção e o que poderia ser feito para melhorá-lo (Kolesar, 1993).

De acordo com Kolesar (1993), Shewhart identificou dois tipos de causas de variação da qualidade. Definiu como causas comuns de variação todas as que não podiam ser controladas pelos operadores, tal como as propriedades dos materiais ou as suas dimensões. Por outro lado, as causas de variação de qualidade do processo que poderiam ser evitadas ou manipuladas, são designadas por causas especiais de variação. Relativamente aos processos, aqueles que apenas apresentam causas comuns são identificados como processos em controlo estatístico, e para os monitorizar em tempo real, o gráfico de controlo estatístico foi criado.

O mesmo autor indica que até 1950 o processo continuou a ser estudado e que foi reconhecida como frequente causa de problemas de qualidade a variação do processo, sendo assim adotada a utilização de probabilidades e ferramentas estatísticas para melhorar a qualidade do mesmo. Além disso, foram criados métodos de redução e controlo de variação do processo de

produção mais simples e eficazes, tendo a sua maioria como base a identificação e eliminação de causas comuns.

Após esta época, dois novos investigadores, Edwards Deming e Armand Feigenbaum, iniciaram um novo ciclo de estudos no Japão complementando também o trabalho de Shewhart. Deming defendia que qualidade seria o futuro da competição industrial, bem como que a qualidade e a inovação devem ser seguidas em conjunto uma vez que mais qualidade é equivalente a menor sucata e retrabalho, e estes são equivalentes a menores custos. Feigenbaum, aumentou o leque de atividades da gestão da qualidade. Além de seguir, acompanhar e garantir a qualidade no chão de fábrica, houve uma integração do desenvolvimento da qualidade do produto, através da garantia e constante melhoria da qualidade do mesmo (Kolesar, 1993).

2.1.2 Plano de amostragem

Um produto acabado é um resultado de diversas transformações, de uma ou várias matérias-primas, até que estas cumpram os requisitos de um consumidor final ou cliente. Desta forma, um processo de produção é um conjunto de diversas e distintas etapas. Em cada uma destas existe margem para erro, quer por parte do operador, quer por parte da máquina que realiza a tarefa. É assim de elevada importância ter um controlo de cada uma das fases de produção, permitindo manter a qualidade do produto acabado (Kaya & Engin, 2007).

Os mesmos autores, indicam que a qualidade de um processo é avaliada através de cartas de controlo, mas além da qualidade do processo é importante manter também um baixo custo da qualidade, aumentar a probabilidade de aceitação por parte do cliente e reduzir a percentagem de sucata. Assim, e para medir estes parâmetros, é importante definir um plano de amostragem.

Um plano de amostragem tem como principal função definir o tamanho da amostra que deve ser retirada por cada lote de produção, bem como a quantidade de peças, ou proporção das mesmas, que pode ser aceite como sucata (Ronen & Spector, 1995). De acordo com Fess (1995), é através de uma amostragem que é possível generalizar ou extrapolar resultados para uma população. Os autores indicam que se todas as peças de uma linha de produção fossem testadas nenhuma peça chegaria ao cliente, por outro lado, se nenhuma peça for testada, há uma elevada probabilidade de peças defeituosas chegarem ao consumidor final, sendo assim de elevada importância definir um plano de amostragem. Logo, quão grande deve ser a amostra retirada para que represente de forma correta toda a população em estudo, é uma questão fulcral e abordada por diferentes investigadores.

É importante alertar que não existe uma regra generalizada para determinar a quantidade de indivíduos que formam o conjunto de amostragem. De acordo com Fess (1995), amostras consideradas grandes são necessárias quando não é possível controlar diversas variáveis no processo, quando diferenças pouco notórias são esperadas ao longo do processo, ou os grupos são subdivididos e a variável dependente não é de fácil medição. O mesmo autor recomenda, no mínimo, 30 indivíduos de uma população para estudos de correlação e um mínimo de 15 indivíduos para estudos de comparação entre lotes. Assim, determinar o tamanho de uma amostra torna-se uma tarefa desafiante, mas fulcral para um processo de fabrico.

2.1.3 Gráfico de controlo estatístico

Para monitorizar a estabilidade e capacidade de um processo antes da qualidade dos produtos não estar de acordo com o desejado, é recorrente utilizarem-se gráficos de controlo (Aslam et al., 2013). De acordo com Engin et al (2008), para construir estes gráficos, dados representativos de uma ou várias características do produto ou serviço são utilizados. Se é possível medirem-se as características estudadas numa escala numérica, então será construído

um gráfico de controlo variável. Por outro lado, se não é possível medirem-se as características de forma anteriormente descrita, por exemplo situações em que um produto é classificado como bom ou defeituoso, é então utilizado um gráfico de controlo de atributos.

O mesmo autor indica que para a criação de um gráfico de controlo de atributos, limites centrais e limites de controlo têm de ser calculados. Para isso, a aproximação binomial e de Poisson são utilizadas. Kolesar (1993) propôs que, usando um grupo de médias de N subgrupos e um grupo de amplitudes de N intervalos de subgrupos, era possível criar um estado padrão para o processo. À média destes parâmetros, chamados de média total, $\bar{\bar{X}}$, e amplitude média, $\bar{R}$, se for adicionado e subtraído 3σ de cada um dos subgrupos e assumindo uma distribuição normal, é possível obter o limite superior de controlo ("U*pper Ccontrol Limit" – UCL)* e o limite inferior de controlo ("*Lower Control Limit" - LCL)*. Ou seja:

$$UCL = \bar{\bar{X}} + 3\sigma \; ; \; LCL = \bar{\bar{X}} - 3\sigma$$

Equação 1 - Limite Superior e Limite Inferior de Controlo

$$R_i = max(x_{ij}) - min(x_{ij})$$

Equação 2 - Cálculo de amplitude

$$\bar{R} = \frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m} R_i$$

Equação 3 - Cálculo da média das amplitudes

Assim, o mesmo autor indica que, desde que a média dos valores observados e da amplitude esteja dentro dos limites, o processo encontra-se em controlo estatístico.

2.1.4 Indicador de capacidade do processo

O indicador de capacidade do processo indica se um processo é capaz de produzir peças aceitáveis e em conformidade com o exigido (Álvarez et al., 2015), estimulando também a alteração da visão de apenas cumprir com os requisitos necessários para uma visão de melhoria contínua do processo (Pawar et al., 2021). Este indicador, pode assim ser determinado com o auxílio do limite superior especificado e do limite inferior especificado, ambos calculados de forma prévia à produção, do desvio padrão e da média (Álvarez et al., 2015) de acordo com a seguinte fórmula:

$$C_{pk} = \min\left(\frac{\mu - L}{3\sigma}, \frac{U - \mu}{3\sigma}\right)$$

Equação 4 - Indicador de Capacidade do Processo

Sendo *U* o limite superior especificado, *L* o limite inferior especificado, μ a média e σ o desvio padrão (Otsuka & Nagata, 2018). Álvarez et al (2015) afirmam que um indicador C_{pk} com valores superiores a 1 indica um processo capaz e que permite alguma variação, com valores inferiores a 1 não é um processo capaz e que se o processo apresenta um valor igual a 1, apesar de dentro dos limites especificados, o mesmo não permite variação, pelo que deve ser estudado e melhorado. Os autores anteriormente referidos indicam também que uma vez que nem o desvio padrão nem a amplitude do processo são conhecidos, é necessário realizar-se uma aproximação por uma amostra obtida, desta forma o parâmetro μ será estimado pela

média da amostra em causa e σ é estimado através do parâmetro $\hat{\sigma}_R$ com a equação abaixo indicada.

$$\hat{\sigma}_R = \frac{\bar{R}}{d_2}$$

Equação 5 - Estimador de σ

Sendo $\bar{R}$ a média das amplitudes da amostra, descrita anteriormente e d_2 um valor tabelado.

2.1.5 *Measurement System Analysis* – MSA

Em ambiente industrial nos tempos que correm, é essencial que os sistemas de medição e inspeção dos produtos relativamente à qualidade consigam alcançar dados fidedignos, só assim será possível satisfazer as ordens do cliente e assegurar que os regulamentos são cumpridos (Carrión García & Grisales Del Río, 2013). Desta forma, segundo Peruchi et al (2014), um processo de produção deve sempre ser melhorado e para o fazer de forma eficaz é necessário avaliar determinadas características do produto acabado. Seguindo o mesmo autor, para realizar a avaliação mencionada e garantir que o sistema de medição não apresenta uma variabilidade demasiado elevada, deve ser conduzida uma análise ao sistema de medição (*Mesurement system analysis"* - MSA).

A MSA é composta por um conjunto de métodos estatísticos para medir a capacidade do método de medição. Tem como funções a descrição, categorização e avaliação da qualidade das medições, e como objetivos estimar os componentes do erro de medição, estimar a contribuição do erro de medição na variabilidade total do processo, determinar a estabilidade das ferramentas de metrologia, bem como comparar e correlacionar as duas últimas (Hajipour et al., 2013). De acordo com Ferreira et al. (2021), podemos ainda dividir a MSA em dois tipos, a realizada a dados qualitativos e quantitativos e a realizada a materiais de teste.

Se as medições efetuadas não são precisas, a qualidade dos produtos acabados será baixa (Saikaew, 2018). Assim, a MSA assenta numa filosofia em que qualquer método de medição apresenta um erro, e desta forma, ao realizar uma MSA estamos quer a quantificar os vários erros responsáveis pela variabilidade do processo, quer a aprovar a compatibilidade do processo de medição para o processo de produção, fornecendo assim melhores condições para a tomada de decisão (Hajipour et al., 2013).

Saikaew (2018), constatou que a variação total observada (σ^2_{Total}) numa medição é proveniente de duas fontes: a variação da peça (σ^2_P) e da variação do método de medição ($\sigma^2_{GR\&R}$). Dando origem à equação:

$$\sigma^2_{Total} = \sigma^2_P + \sigma^2_{GR\&R}$$

Equação 6 - Variação Total Observada

O mesmo autor afirmou que por sua vez, a variação do método de medição ($\sigma^2_{GR\&R}$), pode ser também repartida em duas parcelas, na repetibilidade dos componentes (σ^2_E) e na reprodutibilidade dos operadores (σ^2_O). Se a repetibilidade dos componentes não representar uma variação, então afirmamos que a variação das peças é apenas a reprodutibilidade dos operadores (σ^2_O). Por outro lado, se esta apresenta efetivamente uma variação, forma-se a seguinte equação:

$$\sigma^2_{GR\&R} = \sigma^2_E + \sigma^2_{PO} + \sigma^2_O$$

Equação 7 - Variação do Método de Medição

Onde σ^2_{PO} representa a variação proveniente da peça x operador.

2.1.6 *Gage Repeatability and Reproducibility* – GR&R

Saikaew (2018) refere que o método de reprodutibilidade e repetibilidade do calibrador ("*Gage Repeatability and Reproducibility"* - GR&R) indica-nos a capacidade do sistema de medição, sendo um dos métodos utilizados ao realizar uma MSA. Peruchi *et al* (2014), defendem que estes testes devem ser realizados sempre que o processo sofre qualquer tipo de modificação, uma vez que após a redução da variabilidade do processo, o método utilizado anteriormente para avaliar a variabilidade pode deixar de ser preciso ou até de detetar a mesma.

O mesmo autor, tendo por base a eq.6, defende que se a componente de variação do método de medição for comparativamente inferior à componente de variação do processo, então pode considerar-se o sistema de medição do processo de produção como eficaz. Ou seja, se $\sigma^2_{GR\&R} << \sigma^2_P$, então a variabilidade total do processo depende maioritariamente da variabilidade do processo e o método de medição que está a ser aplicado é adequado. Para avaliar a reprodutibilidade do calibrador, a variação das medições é normalmente obtida através da medição da mesma característica da mesma peça e com o mesmo instrumento, medidas estas executadas por diferentes operadores.

Para a realização do estudo GR&R, com a equação já analisada anteriormente (eq.6), métodos como *ANalysis Of VAriance* (ANOVA), e *Xbar R-chart* são utilizados. Peruchi *et al* (2014) afirmam que a maioria dos analistas prefere realizar a análise descrita através da ANOVA uma vez que esta tem em conta a variabilidade entre o operador, a peça e o meio de controlo, o que não acontece no *X bar* e *R chart*. Assim, e de acordo com Pan et al (2015), o modelo de efeitos aleatórios da ANOVA é definido pela expressão:

$$y_{ijk} = \mu + P_i + O_j + (PO)_{ij} + \varepsilon_{ijk} \begin{cases} i = 1, \dots, p \\ j = 1, \dots, o \\ k = 1, \dots, r \end{cases}$$

Equação 8 - Efeitos Aleatórios da ANOVA

Onde y_{ijk} é o valor de cada medida, μ é a média das medidas, P_i é o efeito do produto, O_j é o efeito do operador, $(PO)_{ij}$ é o efeito da interação entre os dois últimos, ε_{ijk} é o efeito da replicação das medidas. É necessário realçar que nesta análise deve ser assumido que os efeitos P_i, O_j, $(PO)_{ij}$ e ε_{ijk} seguem uma distribuição normal com média zero e variâncias σ^2_p, σ^2_o, σ^2_{po} e σ^2_g respetivamente.

O mesmo autor afirma que, após recolha de medições e de efetuar a análise às mesmas, é necessário validar o estudo realizado e que para tal existem três critérios.

O primeiro, precisão da tolerância ("*Precision-to-tolerance" ratio* – P/T), é definido pela expressão:

$$P/T = \frac{6\sigma_{GR\&R}}{TOL} * 100\%$$

Equação 9 - Rácio P/T

Sendo *TOL* a especificação da tolerância e $\sigma_{GR\&R}$ o desvio-padrão do sistema de medição. O rácio apresentado pode ser entendido como a percentagem da variação do desvio-padrão do sistema de medição relativamente à tolerância especificada. De acordo com o resultado obtido neste indicador três decisões podem ser tomadas, como se observa na tabela 1.

Valor do Rácio P/T	**Decisão**
P/T $\leq$ 10%	Sistema de medição considerado aceitável
10% < P/T $\leq$ 30%	Sistema de medição pode ser aceitável para algumas aplicações
P/T $>$ 30%	Sistema de medição inaceitável

Tabela 1 - Decisões a tomar de acordo com o Rácio P/T

O segundo critério, a percentagem de repetibilidade e reprodutibilidade, apresenta a seguinte expressão:

$$\%R\&R = \left(\frac{\sigma_{GR\&R}}{\sigma_{obs}}\right) \text{x } 100\%$$

Equação 10 – Percentagem de Repetibilidade e Reprodutibilidade

O valor determinado através da equação, representa a percentagem da variação do erro da medição em comparação com a variação total observada. Para este rácio, valores abaixo dos 10% são considerados excelentes, entre 10% e 30% são aceitáveis e acima dos 30% não devem ser aceites.

O terceiro critério de aceitação discutido é o número de categorias distintas (ndc). Este, indica quantos intervalos devem existir para abranger toda a variação existente e é obtido através da equação abaixo indicada:

$$ndc = \left(\frac{\sigma_{peça}}{\sigma_{calibrador}}\right) \text{x } \sqrt{2}$$

Equação 11 - Número de Categorias Distintas

É recomendado um número mínimo de cinco categorias para que o método de medição seja aceitável. Quando apenas existem duas ou menos categorias, o sistema de medição não tem valor para o controlo do processo.

2.2 Norma *International Automotive Task Force* - IATF

A norma IATF, define os requisitos de sistema de gestão de qualidade para o projeto e desenvolvimento, produção e, quando relevante, montagem, instalação e serviços de produtos automotivos relacionados, incluindo produtos com software embarcado. Esta norma, além de ter o dever de ser aplicada ao longo de toda a cadeia de fornecimento automotiva, é aplicável às localizações da organização onde são manufaturadas as peças de produção especificadas pelo cliente, as peças para serviço e/ou acessórios.

3 Definição do problema – projeto P5

A ERT, é uma enorme representante da exportação nacional de têxtil automóvel. Mesmo sendo certificada pela norma IATF (*International Automotive Task Force*), que garante a qualidade do processo de um novo produto, a empresa exige também uma validação de processo ao cliente, resultando esta última na submissão do dossier PPAP (*Product Part Approval Process*). A validação deste, indica-nos que a qualidade exigida pelo cliente está a ser atingida e que o processo consegue ser controlado com os meios disponíveis na empresa.

Nesta secção será apresentada uma descrição detalhada do produto e do processo produtivo bem como do problema do projeto P5 acerca do qual foi realizada esta dissertação. É importante realçar que este problema é dividido em dois pontos: otimização dos processos e controlos – mantendo o nível de qualidade exigido pelo cliente; e a validação através da submissão do dossier PPAP, onde se contempla a validação dos equipamentos e representação estatística do controlo do processo/produto.

3.1 Caracterização do produto

Um dos produtos sobre o qual esta dissertação se desenvolve é um *Grab Handle* (Puxador de Porta), tanto para a porta esquerda, figura 1, como para a porta direita, figura 2. Sendo constituído por uma componente plástica, figura 4, revestida com um PVC costurado, figura 3.



Figura 1 - Produto acabado referente ao lado esquerdo



Figura 2 - Produto acabado referente ao lado direito



Figura 3 - Componente de PVC



Figura 4 – Componente plástica

3.1.1 Composição da peça

A. Componente Plástica

A componente plástica da peça não é produzida de forma interna, em vez disso, esta é comprada a um fornecedor, a Macromoldes, que se compromete a produzir de acordo com todas as especificações exigidas pela ERT. O formato da peça tem por base a informação disponibilizada pelo cliente, sendo assim possível replicar o efeito final na assemblagem do painel da porta.

B. Componente de PVC

O PVC é comprado em rolos de grandes dimensões. Estes, são estendidos em camadas de dimensões previamente definidas de forma a maximizar a área aproveitada e são cortados na Lectra. A Lectra é uma máquina CNC que possibilita o corte de diversas camadas do PVC estendido, de uma só vez. No final, a peça irá ficar com o aspeto da figura 5.



Figura 5 - Componente de PVC após o corte

C. Costura

Após o corte do PVC, as peças com a geometria pretendida são transportadas para a zona de costura. Nesta zona, as peças são costuradas de forma automática na máquina da figura 7 com a linha da figura 6.

Para iniciar o processo, duas peças são colocadas numa palete que é posteriormente encaixada na zona móvel da máquina de costura. A automatização da máquina dá-se com recurso a um software onde é definida a trajetória da palete pelo técnico de processo, o programa é gravado num cartão de memória que é depois inserido na máquina e a mesma está pronta a costurar, obtendo o aspeto final desejado, que pode ser observado na figura 3.



Figura 6 - Linha de costura



Figura 7 - Máquina de costura automática

D. Cola

Sendo fundamental assegurar a adesão entre componentes, aquando do processo de *wrapping* (revestimento) da componente plástica com a componente de PVC, torna-se essencial que a cola utilizada cumpra os requisitos exigidos. Assim, e de forma interna à ERT, a cola escolhida é determinada de acordo com as condições de adesão impostas pelo cliente no plano de controlo e com o custo que a empresa consegue suportar.

Todo o processo de fabricação do *Grab Handle* é automatizado até à última fase, o *wrapping*. A influência dos operadores, nas diferentes etapas, representa o valor elevado no acréscimo de custo e taxa de sucata. Assim, o foco da investigação centrou-se no processo final, que é iniciado na aplicação de cola até ao controlo final. Esta fase irá ser explorada no próximo ponto.

3.2 Caracterização do processo de produção

Para iniciar um novo projeto, e após estar criado o layout provisório no chão de fábrica, uma equipa de novos operadores é escolhida e o responsável do departamento de processo inicia uma ação de formação, com registo de presença, para que estes se familiarizem com as ferramentas e os processos de produção deste novo produto.

Para o projeto em análise, podem diferenciar-se quatro fases distintas com necessidade de formação: aplicação de cola, *wrapping*, acabamentos e triagem e embalamento. Além disso, dois grupos de operadores são identificados, sendo que o primeiro grupo apenas recebe formação na aplicação de cola e o segundo grupo nas restantes fases.

No início do processo de prototipagem, a linha de produção tinha dois turnos, o turno 1 que operava das 6:00 às 14:30 e o turno 2 que operava das 14:45 às 23:15. Os dois turnos iniciaram atividade de forma desfasada, sendo que o turno 2 tinha menos experiência relativamente ao turno 1. Outra diferença entre os turnos é o número de operadores, o turno 2 tinha seis operadores disponíveis, enquanto o turno 1 apenas dispunha de cinco colaboradores. Estes, subdividiam-se por etapas de processo no turno 1 da seguinte forma: dois operadores na aplicação de cola, um operador no *wrapping* e dois operadores nos acabamentos. No turno 2 eram subdivididos de forma semelhante, sendo que existiam dois operadores no *wrapping.* A etapa final de triagem e embalamento era realizada pelos operadores responsáveis pelo acabamento. No entanto, o número de operários não será uma variação relevante uma vez que a quantidade produzida não foi avaliada, mas sim a sua qualidade. Desta forma, é importante identificar o turno como uma fonte de variação do processo.

3.2.1 Aplicação de cola e passagem no forno

O processo de produção inicia-se com a aplicação da cola nas duas partes. Um operador designado utilizando uma pistola de pressão de ar, figura 8, aplica cola tanto no PVC como na peça plástica, ficando com o aspeto da figura 9 e 10, respetivamente.



Figura 8 - Pistola de pressão de ar para aplicação de cola

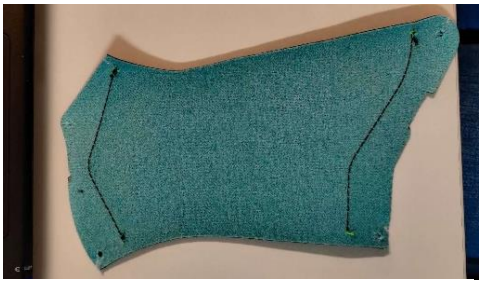


Figura 9 - Componente de PVC com cola aplicada



Figura 10 - Componente plástica com cola aplicada



Figura 11 - Forno utilizado para ativação da cola

De seguida, e para proporcionar uma melhor adesão, a cola deve ser ativada através de fornecimento de calor. Para tal, as duas peças são expostas a uma temperatura que varia entre 53ºC e 54ºC durante 10 minutos num forno, figura 11. Após este tempo, outro operador é responsável por retirar as duas componentes da passadeira rolante do forno e colocar numa prateleira designada, facilitando o fluxo do processo.

3.2.2 *Wrapping*

É nesta fase que se juntam os dois constituintes da peça final. Existem duas linhas de produção, uma para a peça correspondente ao lado direito do carro, e outra correspondente ao lado esquerdo.



Figura 12 - Alinhamento da costura pelos lasers



Figura 13 - Placa de fixação da peça

Um operador retira da prateleira os dois constituintes (prateleira referida no ponto 3.2.1.), ambos com a cola ativada. De seguida, a peça é fixa num molde com o auxílio de dois grampos, como se verifica na figura 13. Neste molde de fixação, além dos grampos, estão aparafusados e alinhados lasers que permitem a colagem correta das duas peças. O operador é agora responsável por alinhar as costuras existentes na peça de tecido com o respetivo laser, tal como se verifica na figura 12, sendo que esta não deve sofrer alterações de forma.

Para permitir a moldagem e colagem do PVC os operadores utilizam um fornecedor de calor. Este, deve funcionar entre os 340ºC e os 370ºC, um exemplo desta ferramenta pode ser observado na figura 14. Ao longo desta fase o operador deve evitar o aparecimento de bolhas, tal deve ser conseguido com uma colagem uniforme, realizada de uma vez só, de uma extremidade para a outra. Terminadas estas tarefas a peça é pousada, com a face colada voltada para cima, na mesa de trabalho da seguinte fase do processo.



Figura 14 - Fornecedor de calor

3.2.3 Acabamentos

Nesta fase procede-se aos acabamentos necessários. É aplicada cola de retrabalho nalgumas zonas, para garantir a colagem destas, e são realizados cortes ao excesso de material, que permitem por sua vez, garantir a adesão e o aspeto visual exigido pelo cliente.

Toda a etapa de *wrapping* deve ser realizada por pessoas com formação. Assim, é importante que operador entenda onde e como realizar o corte de excesso de material, uma vez que se estes forem realizados na zona visível a peça é rotulada como sucata. É de realçar também, que a cola de retrabalho não deve ser utilizada em excesso pois a mesma contribui para que surjam grumos. Desta forma, esta deve apenas ser utilizada para colar pequenas zonas não visíveis, figura 15, que não são possíveis de colar aquando do *wrapping*. Nesta fase, a intervenção do departamento de engenharia e do departamento de processo deve ser realizada em conjunto, de forma a definir os meios e controlos a desempenhar.



Figura 15 - Zonas não visíveis que necessitam de cola de retrabalho

3.2.4 Triagem final e embalamento

Como se trata de um processo maioritariamente manual, a etapa de controlo final está incluída no fluxo de produção. Ao realizar a triagem, o operador deve ter atenção a defeitos como cortes na zona visível, figura 16, marcas no PVC, figura 17, e costura ondulada ou desviada, figura 18.



Figura 16 - Exemplo de defeito: corte visível



Figura 17 - Exemplo de defeito: marca no PVC

Para que se identifiquem os defeitos relacionados com a costura, um dos meios de controlo utilizados é o *gabarit*, figura 19. Este é fixo na peça e nas suas ranhuras, já com as tolerâncias do cliente, devem ser observadas as costuras. Quando o descrito não se verifica, podem ser identificadas duas razões. A primeira razão é incorreta calibração do laser, estando este com o alinhamento inadequado, levando o operador a realizar a colagem das duas partes de forma equivocada. A segunda razão passa pelo excesso de calor fornecido na fase de colagem, este deforma o PVC e confere à costura uma linha ondulada, sendo que se pretende que a linha siga uma trajetória retilínea.



Figura 18 - Exemplo de defeito: costura ondulada

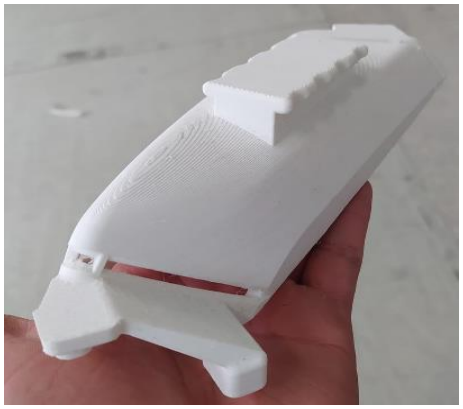


Figura 19 – *Gabarit* de controlo

Se a peça não está em conformidade com o desejado a mesma é descartada como NOK (peça "*Not ok"*), é armazenada num recipiente próprio e no fim do turno é declarado o total de peças nestas condições. Estes valores são introduzidos no sistema informático da empresa para que assim seja possível rastrear a qualidade do processo. Se a peça está em conformidade com o desejado é então colado um código QR, que identifica a peça, e é realizado o embalamento da mesma.

O embalamento é também definido com o cliente, neste caso cada peça tem de ser colocada num saco e posteriormente numa caixa de cartão. Nesta caixa deverão ser transportadas doze peças divididas em dois níveis, um nível da caixa de embalamento é apresentado na figura 20. Cada caixa deve também ser etiquetada com as referências de identificação e datas de produção, estando assim o produto pronto a ser enviado para o cliente.



Figura 20 - Nível de embalamento com 6 peças

3.2.5 Situação inicial da qualidade

Apesar do esforço da formação inicial aos operadores, é impossível garantir uma percentagem de 0% de sucata. Defeitos inerentes aos materiais e ferramentas utilizadas devem sempre ser verificados. Assim, antes do processo iniciar a sua produção industrial, este passa por uma fase de protótipo, em que são produzidas e enviadas para o cliente peças em pequenas

quantidades. Nesta fase, identificam-se defeitos existentes, discutindo-se soluções para os mesmos, confirmam-se ou restabelecem-se as tolerâncias acordadas com o cliente e decide-se que matérias-primas fazem sentido substituir, bem como que ferramentas utilizar na linha de produção.

No início do processo produtivo deste projeto, diversos defeitos foram identificados pelo cliente. As peças NOK eram reenviadas de volta à ERT com os defeitos devidamente identificados para que, de forma interna, se discutissem métodos para solucionar os mesmos. Para reduzir a quantidade de peças defeituosas a chegar ao cliente, considerou-se necessária a implementação de um muro de qualidade. Para tal, contratou-se uma empresa responsável pelo serviço, realizando uma triagem completamente independente da realizada pelos operadores de linha a 100% das peças produzidas. Aos operadores do muro é também dada formação para que estes percebam que peças devem ser consideradas como NOK. Os valores e defeitos registados por estes operadores são apresentados na tabela 2.

No anexo A podem ser encontradas as tabelas de rejeições do muro de qualidade implementado para cada uma das referências. Foi a partir das mesmas que se realizou a tabela 2, que indica a percentagem de rejeição nas duas primeiras semanas de triagem do muro. É importante realçar que na semana 9 apenas o turno 1 produzia e também que estas semanas foram importantes para entender que defeitos eram pontuais e que defeitos eram recorrentes.

Semana	Referência	Peças inspecionadas	Peças rejeitadas	Rejeição
9	Esquerda	158	90	56.96%
	Direita	120	82	68.33%
10	Esquerda	269	77	28.62%
	Direita	225	84	37,33%

Tabela 2 - Rejeição de peças nas duas primeiras semanas pelo muro de qualidade

Nos gráficos pareto que podem ser observados de seguida, estão indicados os defeitos com maior incidência.

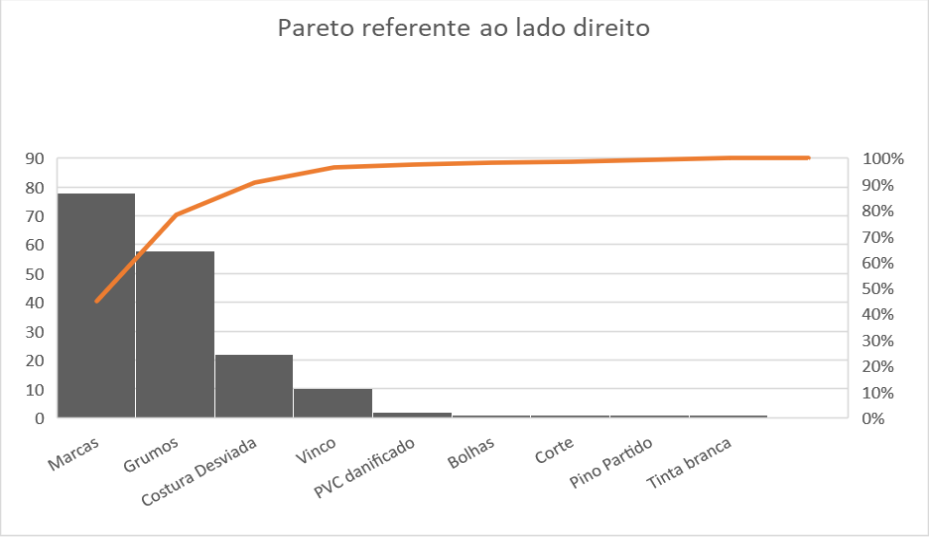


Gráfico 1 - Pareto referente ao lado direito na semana 9

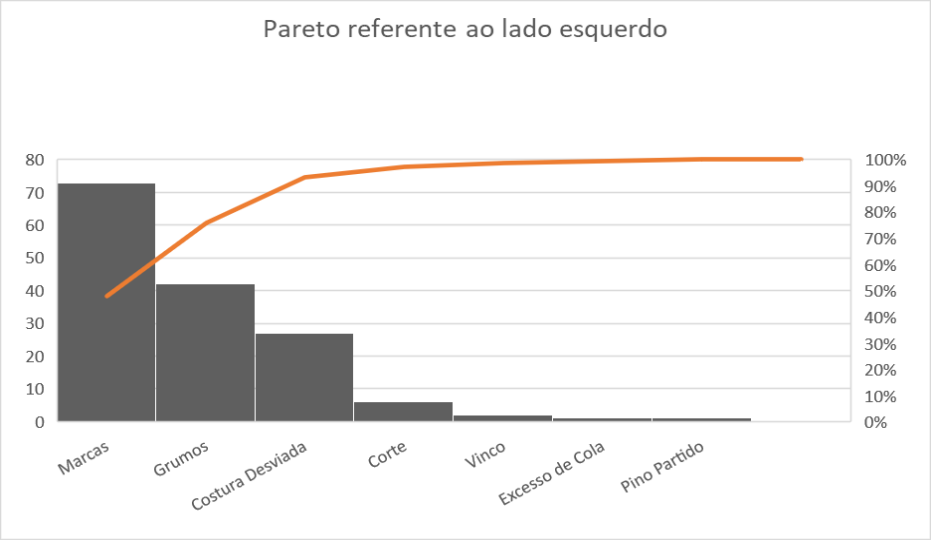


Gráfico 2 - Pareto referente ao lado esquerdo na semana 9

Através da tabela observamos que a percentagem de peças rejeitadas nas primeiras duas semanas era superior à percentagem de sucata contratualizada de 3%, sendo necessário iniciar ações de melhoria para reduzir os defeitos especificados nos gráficos. Para identificar a origem dos defeitos diversos testes têm de ser realizados. Assim, devem ser identificados os fatores de variação na linha de produção, possibilitando, desta forma, entender que variáveis causam defeitos e que outras variáveis não tem qualquer impacto nos mesmos.

3.3 Submissão do dossier PPAP

O dossier *Product Part Approval Process* (PPAP) serve para certificar ao cliente que o fornecedor é capaz de cumprir com todos os requisitos exigidos. Este dossier é composto por diversos documentos, tais como plano de controlo, fluxograma, *Process Failure Mode Effects Analysis* (PFMEA), gama de embalagem e *Part Submition Warrant* (PSW). Porém, como ao longo deste projeto de dissertação estes não foram abordados, não serão analisados.

Para a triagem e verificação da conformidade das peças são utilizados *gabarits* e meios de controlo. Ambos estes instrumentos garantem a conformidade das peças, mas também é necessário garantir que estes instrumentos estão corretamente calibrados. Assim, o PPAP assenta também na validação de métodos e meios de controlo. Para tal, recorre-se a um estudo de capacidade do processo e a um estudo GR&R, que são explorados de seguida.

3.3.1 Estudo de capacidade do processo

O meio de controlo é utilizado como referência, nele são assinalados diversos pontos cuja medição tem de estar de acordo com as exigências. Estas medições são realizadas com periocidade acordada com o cliente, através de um estudo de capacidade do processo que indica se o processo está ou não em controlo estatístico. Para as realizar, uma peça é fixa no meio de controlo, como na figura 21, e são medidos os diferentes pontos de referência. Na figura 22 é possível observar-se a medição de um dos pontos.

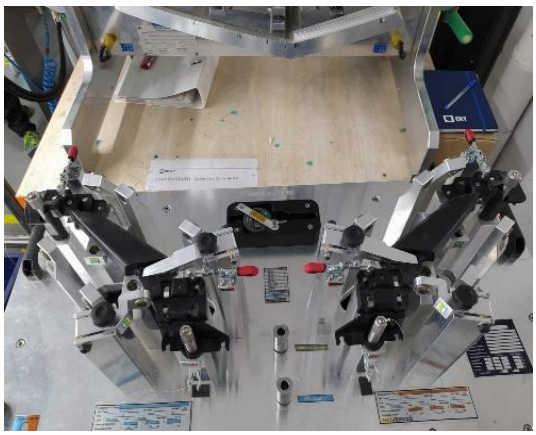


Figura 21 - Fixação de peças no meio de controlo



Figura 22 - Medição de um dos pontos com o comparador

3.3.2 Estudo GR&R

O estudo de repetibilidade e reprodutibilidade do calibrador ("*Gage Reprodubility and Reproducibility"* – GR&R) deve ser realizado uma vez por ano. Este assegura que o processo de medição utilizado está a realizar as medições de forma correta.

Uma vez que o projeto ainda não está industrializado, este estudo nunca foi realizado. Assim, é fulcral a sua realização para confirmar que os métodos de medição utilizados são apropriados, de outra forma, apesar das medições estarem conforme o desejado, podem estar a ser realizadas da forma errada, o que leva a não conformidades.

3.4 Síntese

Após diversas rejeições de um elevado número de peças pelo cliente, reuniões internas foram marcadas para que se identificassem os defeitos e se tomasse a decisão de implementação de um muro de qualidade, permitindo realizar uma triagem cuidadosa no final da produção. Com elevadas taxas de sucata e rejeição interna, iniciou-se o acompanhamento da produção na linha. Estas ações tinham como objetivo entender as causas dos defeitos e que ações poderiam ser tomadas relativamente a cada um destes.

No capítulo 5 será explicado como foram estudadas cada uma das etapas, cada uma das variáveis descritas anteriormente que têm impacto na qualidade final do produto e os resultados obtidos deste estudo.

4 Definição do problema – projeto OV51/52

A empresa está no início da criação de uma nova linha de produção, encontrando-se numa fase de prototipagem de peças, em que estas são produzidas em número limitado e enviadas para o cliente para a sua aprovação, permitindo assim entender que defeitos existem e que ações devem ser tomadas.

Neste capítulo é apresentado o projeto OV5152. Serão descritos o produto e as suas características, bem como o problema relacionado com este projeto abordado ao longo desta dissertação. É de salientar que neste projeto, uma vez que é um processo menos manual que o anteriormente abordado, apenas é necessário controlar a sua qualidade.

4.1 Caracterização do produto

O projeto OV5152 é composto por quatro geometrias: um *armrest* (apoio de braço) frontal e um *armrest* traseiro, um *insert* (painel de porta) frontal e um *insert* traseiro. Um exemplo de cada geometria pode ser observado nas figuras 23, 24, 25 e 26. Cada uma das geometrias apresenta também duas referências, uma para o lado esquerdo e outra para o lado direito.

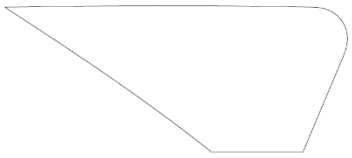


Figura 23 – *Insert* frontal

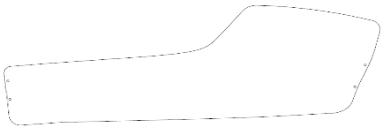


Figura 24 – *Armrest* traseiro

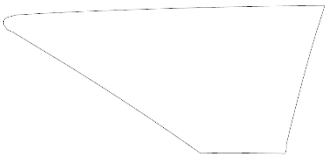


Figura 25 – *Insert* traseiro

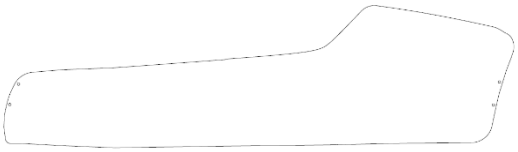


Figura 26 – *Armrest* frontal

Existem cinco tecidos diferentes para a produção, todos laminados com espuma e TNT, sendo eles: *fabric*, L900 *greta mistral*, *isabella mistral GS line*, alcântara e *prussian grey elegance* que podem ser observados nas figuras 27, 28, 29, 30 e 31, respetivamente.



Figura 27 - Laminado *fabric*



Figura 28 - Laminado L900 *Greta Mistral*



Figura 29 - Laminado *Isabella Mistral GS Line*



Figura 30 - Laminado alcântara



Figura 31 - Laminado *Prussian Grey Elegance*

Além da variante tecido laminado, estas peças podem também ser costuradas ou não, como se observa nas figuras anteriormente mencionadas. Através da tabela 3 é possível entender-se quais os tecidos utilizados em cada uma das geometrias.

Geometria	Laminado	Costurado? (Sim/Não)
Armrest frontal	L900 *Greta Mistral*	Sim
Armrest traseiro	L900 *Greta Mistral*	Sim
Insert frontal	*Mistral Isabella GS Line*	Sim
Insert traseiro	*Mistral Isabella GS Line*	Sim
Armrest frontal	L900 *Greta Mistral*	Não
Armrest traseiro	L900 *Greta Mistral*	Não
Insert frontal	*Mistral Isabella GS Line*	Não
Insert traseiro	*Mistral Isabella GS Line*	Não
Insert frontal	*Fabric*	Não
Insert traseiro	*Fabric*	Não
Insert frontal	*Prussian Grey Elegance*	Sim
Insert traseiro	*Prussian Grey Elegance*	Sim
Insert frontal	*Prussian Grey Elegance*	Não
Insert traseiro	*Prussian Grey Elegance*	Não
Insert frontal	Alcântara	Não
Insert traseiro	Alcântara	Não
Insert frontal	Alcântara	Sim
Insert traseiro	Alcântara	Sim

Tabela 3 - Diferentes geometrias e como são utilizadas

4.1.1 Laminado

O produto final é composto por espuma, qualquer um dos tecidos mencionados anteriormente e TNT, que é um não tecido, como se observa na figura 32. A espuma, é responsável pela adesão dos diferentes tecidos, uma vez que a mesma apresenta, após submetida às condições ideais de pressão e temperatura durante o tempo certo, características de adesão que vão de encontro às exigidas pelo cliente.

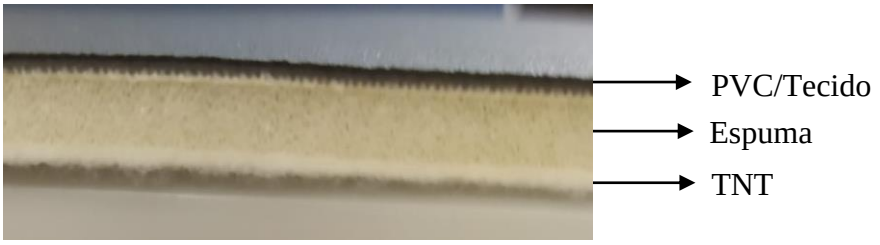


Figura 32 - Esquema do produto laminado

4.1.2 Linha

Além do tecido escolhido, algumas das peças são costuradas. As costuras são realizadas de forma automática e podem ser escolhidas diferentes cores de acordo com a preferência do cliente. Neste momento estão a ser produzidas peças com linhas de cor branca, preta e dois tons de cinza, figura 33.



Figura 33 - Linhas utilizadas

4.2 Caracterização do processo de produção

O produto passa por três processos antes de estar finalizado: laminação, corte e costura. Cada um deles é agora descrito e são apresentados os problemas de cada uma dessas fases.

4.2.1 Laminação

No edifício especificado para a laminação, ERT1, e na Fitté (máquina de laminação utilizada), os três rolos de tecido, espuma e TNT são presos em suportes designados, sendo que a sua disposição é de acordo com a indicada na figura 34. Assim, o processo de laminação está pronto a ser iniciado e alguns fatores como a pressão exercida pelas calandras, a temperatura dentro da máquina e a velocidade do processo têm de ser controlados uma vez que o conjunto destes fatores define características impostas pelo cliente, como adesão e espessura do laminado. Desta forma, estas três variáveis devem ser determinadas e estabelecidas com o departamento de processo, sendo este o responsável pela laminação dos diferentes tecidos.

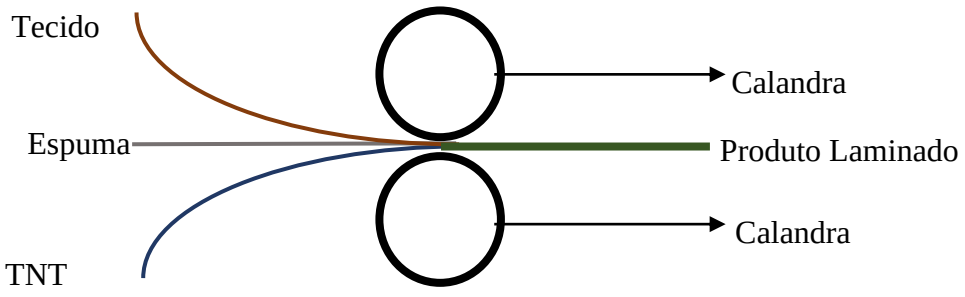


Figura 34 - Esquema da máquina de laminação

Nesta fase os defeitos existentes passam por engelhas, remates realizados e pela não adesão do laminado. Porém, e uma vez que o mesmo após a laminação é totalmente inspecionado e são testadas amostras em laboratório, os defeitos existentes são assinalados, permitindo a identificação dos mesmo antes das fases seguintes, não constituindo assim um problema para o produto acabado.

Os rolos de produto laminado terminados e inspecionados, são expedidos para outro armazém, a ERT7, e aí são cortados com a geometria desejada e costurados se necessário.

4.2.2 Estendimento e corte

Na ERT7 existe a Lectra, esta é constituída por um longo tapete rolante ao longo do qual existe uma componente que realiza o estendimento do rolo de produto laminado, figura 35, e uma componente que realiza o corte do laminado estendido, figura 36.



Figura 35 - Componente de estendimento da Lectra



Figura 36 - Componente de corte da Lectra

Um dos operadores estende o tecido com o tamanho desejado no início do tapete de acordo com o número de camadas ideal e previamente definido. O tapete rola, parando na outra extremidade da máquina, e o material estendido está pronto para o processo seguinte – o corte.

Este, ao ser realizado, corta as diferentes camadas dando origem a uma marcada. O número de marcadas para cada uma das geometrias é apresentado na tabela 4.

Referência	Com costura?	Número de marcadas
Armrest frontal/traseiro	Sim	40
Armrest frontal/traseiro	Não	40
Insert frontal/traseiro	Sim	20
Insert frontal/traseiro	Não	20

Tabela 4 - Número de marcadas de cada uma das geometrias

O número de marcadas é definido pelos técnicos de corte e tem como objetivo o número máximo de peças possível por estendimento, um exemplo pode ser observado na figura 37.

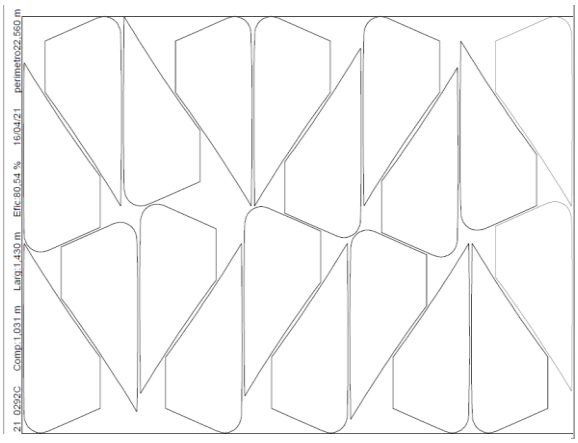


Figura 37 - Esquema de corte do *insert* traseiro

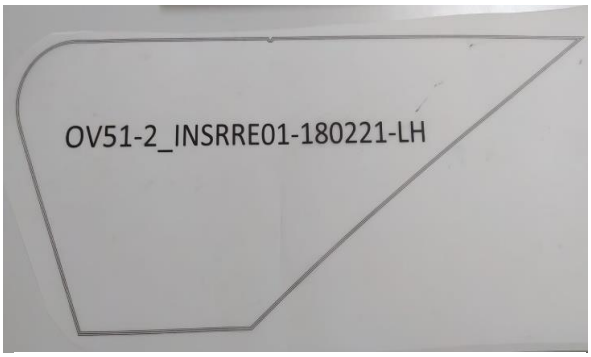


Figura 38 - *Gabarit* de corte do *insert* traseiro

De cada ciclo de corte, é selecionada uma peça que é controlada com um *gabarit*, figura 38, garantido que as restantes peças da mesma, à saída desta etapa, se encontram de acordo com a geometria desejada. As geometrias que necessitam de costura são agora separadas e colocadas numa zona designada.

4.2.3 Costura e embalamento

Para iniciar o processo de costura, cada uma das peças é colocada numa palete, figura 39 e 40. De seguida, a palete é fechada, como na figura 41, e acoplada na máquina, como na figura 42. Posteriormente, o programa de costura específico de cada uma das referências das diferentes peças é iniciado, costurando assim a peça na palete. Cada ciclo de costura demora cerca de 30 segundos e produz duas peças, uma referente ao lado esquerdo e outra referente ao lado direito.



Figura 39 - *Armrest* frontal na palete de costura

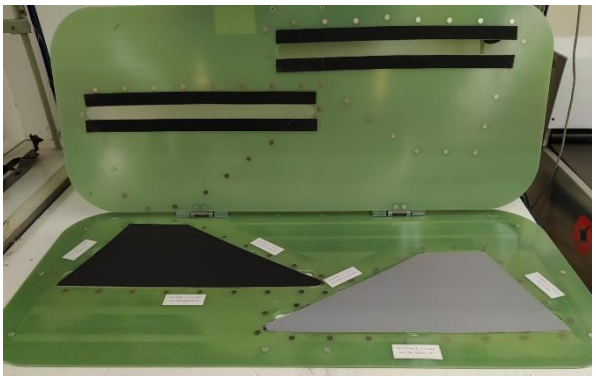


Figura 40 - *Armrest* traseiro na palete de costura



Figura 41 - Palete fechada pronta para acoplar à máquina



Figura 42 - Máquina de costura automática

Nesta fase do processo são disponibilizadas amostras padrão para que se confirme que o aspeto final das peças é o desejado. Muitos defeitos acontecem nesta fase uma vez que a zona do remate final pode não ser a estipulada, a linha pode sofrer alguma variação de tensão, ficando com o aspeto diferente do que é esperado, e o espaçamento entre linhas pode não ser o desejado. Estes defeitos devem ser discutidos com o técnico de costura, alterando-se os programas da máquina automática de forma que os mesmos produzam de acordo com as especificações exigidas.

Após o ciclo de costura terminar, as peças devem ser retiradas das paletes e inspecionadas. O operador da costura assume que a dimensão da peça é a correta, uma vez que já foi verificada anteriormente após o corte, e apenas verifica o aspeto desta. Se a peça não está conforme o que é exigido é separada e rotulada como sucata. Se por outro lado, a peça está conforme o que é desejado, são então colocadas no sítio designado, até se formarem porções de 17 ou 18 peças de acordo com o necessário. De seguida, dá-se o embalamento das porções em filme plástico e são colocadas em caixas, onde são também coladas etiquetas de identificação, para enviar para o cliente.

4.3 Situação Inicial da Qualidade

O processo encontra-se em fase de prototipagem e, nesta fase, são produzidas e enviadas diversas peças para validação do cliente. As peças voltam à fábrica, com os devidos defeitos identificados, e é assim possível entender-se que alterações têm de ser feitas ao processo para que o mesmo produza de acordo com o contratualizado. As primeiras peças enviadas ao cliente, apesar de aceites, apresentavam uma geometria com uma dimensão menor que a contratualizada. Desta forma, a empresa tentou resolver a situação com uma compensação dimensional na encomenda seguinte que, no entanto, não foi suficiente, sendo este segundo

envio rejeitado por parte do cliente quer por peças com dimensional errado, quer por peças com defeitos na costura, figura 43 e 44, respetivamente.



Figura 43 - Peça com dimensão menor do que exigido e com remate visível



Figura 44 - Remate com ponto solto

Na tabela 5 indicam-se o número de peças enviadas, a quantidade rejeitada e a taxa de rejeição das peças que foram submetidas à validação do cliente.

Referência	**Costurado?**	**Peças Enviadas**	**Peças Rejeitadas**	**Taxa de Rejeição**
Armrest frontal	Sim	156	120	79,62%
Armrest traseiro	Sim	271	85	31,4%
Armrest frontal	Não	12	0	0%
Armrest traseiro	Não	96	10	10,4%
Insert frontal	Sim	244	112	45,9%
Insert traseiro	Sim	305	119	39%
Insert frontal	Não	91	0	0%
Insert traseiro	Não	95	0	0%

Tabela 5 - Rejeições da validação do cliente

Além disso, nas diferentes geometrias das peças do projeto existe um furo *poke-yoke*, figura 45 e 46. Este, funciona como uma identificação na peça para o cliente e em algumas das peças enviadas não estava em conformidade com o contratualizado, ou não existia na sua totalidade ou era de difícil visualização, tornando a identificação da peça complicada.



Figura 45 - *Poke-yoke* no *armrest* traseiro



Figura 46 - *Poke-yoke* do *insert* traseiro

É agora necessário realizar diferentes testes, nomeadamente relativos ao dimensionamento da peça, à forma como é realizada a costura e ao processo de corte, para que o processo consiga produzir, a partir de agora, peças em conformidade com o exigido pelo cliente.

4.4 Síntese

Após chegar ao cliente, o produto foi avaliado pelo mesmo para que fosse validada a sua conformidade. No entanto, as peças não apresentavam o aspeto desejado. A sua dimensão era inferior à acordada, a costura não estava de acordo com o esperado e não estavam devidamente identificadas, pelo que se realizaram alguns testes e alterações ao processo de produção, com o objetivo de melhorar o produto final. Estes testes e os seus resultados serão explorados e analisados no capítulo 6.

5 Metodologia e resultados – Projeto P5

Para garantir a taxa mínima de sucata, sentiu-se a necessidade da realização de um estudo de variabilidade do processo de produção. Neste, são identificadas as variáveis do processo e como estas atuam. Para a sua realização, as referidas foram divididas em dois grupos, sendo o primeiro relativo às variáveis qualitativas e o segundo relativo à validação de métodos e meios de controlo. As variáveis qualitativas dizem respeito à qualidade das peças, ou seja, se as mesmas apresentam a aparência exigida. As variáveis de validação de meios e métodos de controlo, indicam-nos se os mesmos são capazes de avaliar o produto acabado e o processo produtivo.

Após se determinar que variáveis existiam, foram realizados diferentes testes a estas, entendendo-se como devem ser tratadas e manipuladas, permitindo assim reduzir a taxa de defeitos para um valor aceitável e suportável pela empresa. Neste capítulo irão explorar-se cada um dos grupos de variáveis e apresentar a metodologia utilizada para garantir a conformidade destes.

5.1 Variáveis qualitativas

As variáveis qualitativas são controladas ao longo do processo de produção. Estas, dependem unicamente da forma como a peça é manuseada e tratada durante a produção.

5.1.1 Turno

Existindo dois turnos de produção, existe também a possibilidade de discrepâncias entre os mesmos. Assim, para analisar diferenças significativas e identificar que turno teria melhor desempenho, as peças começaram a ser identificadas na zona não visível, como pode ser observado na figura 47, com um marcador branco caso a peça fosse produzida no turno da tarde (turno 2).



Figura 47 - Identificação do turno na peça

Este procedimento foi implementado na semana 10, semana em que o turno 2 iniciou a produção, e abaixo é possível observar-se a percentagem de peças defeituosas produzidas pelos dois turnos. Esta tabela é baseada nos valores observados no anexo A.

	Turno 1	**Turno 2**
Semana 10	41,16%	21,66%

Tabela 6 - Rejeição de peças dos dois turnos na semana 10

Após observação da tabela 6, apercebemo-nos de que o turno 2 apresenta uma percentagem de sucata inferior ao do turno 1. É importante reforçar que o turno 2 tinha menos experiência que o turno 1, sendo de esperar que nesta primeira semana de produção as taxas de rejeição fossem superiores. Desta forma, e uma vez que o número de encomendas foi reduzido por parte do cliente, foi decidido que o turno 1 seria dispensado e incorporado numa equipa de trabalho para outro projeto.

Após este período, as taxas de rejeição da semana 11 e 12 foram novamente observadas com os valores apresentados na tabela 7.

	Semana 11	**Semana 12**
Taxa de rejeição	12,43%	11,28%

Tabela 7 - Taxas de rejeição da semana 11 e 12

Após análise da mesma, conclui-se que existe uma redução constante e considerável do número de peças defeituosas. Cruzando estes valores com os do gráfico 3, é possível compreender que defeitos são mais recorrentes: grumos e marcas.

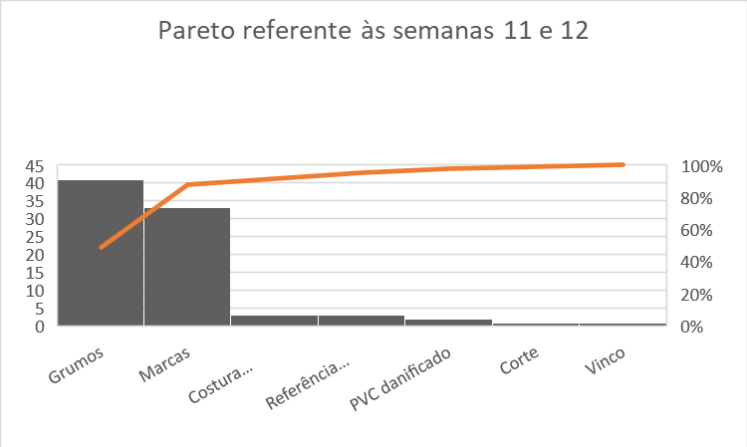


Gráfico 3 - Pareto referente às semanas 11 e 12

Estes defeitos apresentam uma menor incidência comparativamente a semanas anteriores. Porém, a taxa de sucata consequência destes mantém-se bastante alta, uma vez que a redução do número de incidências é devido à redução do número de peças produzidas.

5.1.2 Utilização da cola de retrabalho

Foi observada pelos supervisores a utilização excessiva de cola de retrabalho no início da semana 11. Uma vez que esta deve ser utilizada apenas em zonas não visíveis e quando não é possível colar os componentes apenas com a cola previamente aplicada, alertou-se os

operadores para esta má prática e confirmaram-se as informações nas instruções de trabalho. Na tabela 8 indicam-se as taxas de sucata tendo como consequência grumos na semana 11 e 12.

Semana	Dia	Taxa de grumos em peças defeituosas
11	19/03	33,33%
11	20/03	55,56%
12	23/03	34,48%
12	27/03	0%

Tabela 8 - Rejeição por grumos na semana 11 e 12

Analisando a tabela, é possível observar a redução de peças defeituosas na semana 12 tendo como base de rejeição grumos. No entanto, e para que a comparação de taxas de sucata faça sentido, devem comparar-se apenas os dias 19 e 27 de março uma vez que as quantidades produzidas são semelhantes. No dia 19 de março foram produzidas 30 peças com referência direita, e no dia 27 foram produzidas 29 peças da mesma referência. Desta forma, é possível compreender a drástica redução de grumos nas peças.

5.1.3 Métodos

Ao longo das diferentes etapas do processo existem instruções de trabalho que estão em concordância com a formação dada, permitindo ao operador consultar como deve ser realizada cada uma das tarefas a desempenhar. No entanto, por abordagem aos operadores, foi possível entender que continuavam a existir muitas dúvidas relativas a certas zonas de corte e de colagem, não sendo suficientes as instruções de trabalho referidas. Como tal, diversas amostras-padrão foram disponibilizadas na zona de triagem da linha, figura 48, permitindo assim aos operadores consultar o que seria uma peça NOK e perceber como devem realizar a tarefa que desempenham.

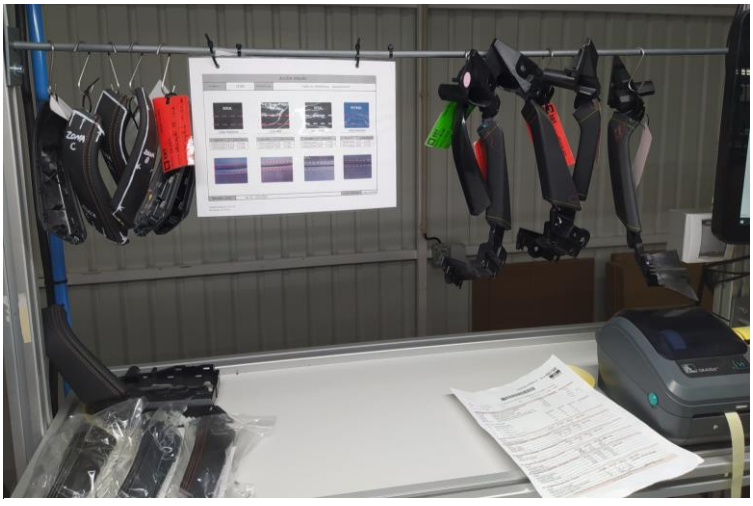


Figura 48 - Amostras padrão na linha

Outro tipo de marcas, designadas como depressões, também apareciam nas peças, figura 49. Estas depressões, eram idênticas a marcas que já tinham sido observadas numa linha de produção semelhante à deste projeto.



Figura 49 - Defeito: depressão



Figura 50 - Membrana

A cola utilizada nessa linha é a mesma que se utiliza neste projeto. Uma vez que a mesma tem um tempo de cura de aproximadamente 4 horas, para melhorar o defeito referido, as peças são fixas em moldes e submetidas a uma membrana, figura 50, que aquece as peças a temperaturas entre os 60ºC e os 70ºC durante 120 segundos. Assim, foi realizado um teste com a mesma membrana às peças do projeto P5. Neste, 12 peças, 8 com referência esquerda e 4 com referência direita, com marcas visíveis na etapa de triagem da linha de produção, passaram pela membrana, podendo assim averiguar-se se a mesma faria diferença nas marcas existentes. É importante frisar que uma vez que as peças utilizadas já estavam identificadas como NOK antes do final do processo, estas não chegaram a ser embaladas e enviadas para o muro para uma segunda triagem, pelo que não são contabilizadas na tabela do Anexo A.

Nenhuma das peças colocadas na membrana melhorou o seu aspeto. Apesar do calor fornecido, uma vez que o material utilizado nos dois projetos difere, o aspeto final não pode ser alterado como seria esperado. Concluiu-se assim, que a passagem pela membrana não melhora o processo e que não faria sentido introduzir esta passagem na linha de produção.

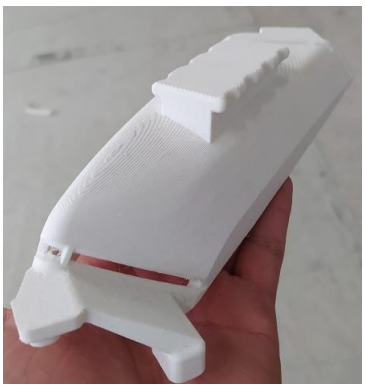


Figura 51 – *Gabarit* de controlo

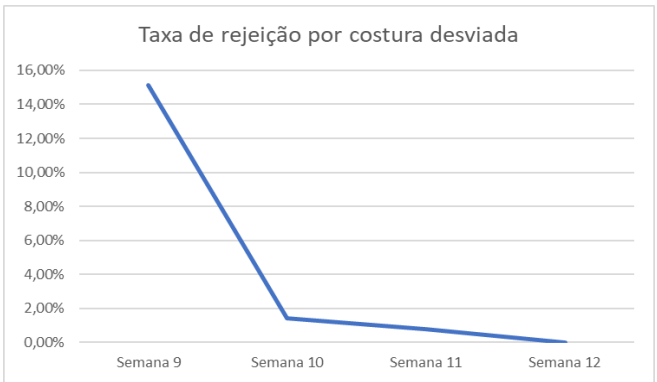


Gráfico 4 - Taxa de rejeição por costura desviada

Um dos defeitos com maior incidência inicialmente, relacionava-se com o desvio da costura, uma vez que esta não estava com o correto posicionamento. Sendo este um processo muito manual, tornou-se necessário criar uma instrução de trabalho, anexo F, e acompanhar a

formação dos operadores, garantindo assim a qualidade da formação e do processo. Além disso, disponibilizaram-se *gabarito*s como o da figura 51 para controlar a costura após o *wrapping* do produto pelos operadores. Os resultados dos defeitos relativos à costura desviada, ao longo das semanas, encontram-se no gráfico 4.

Pela análise do mesmo, conclui-se que as ações tomadas resultaram num impacto positivo uma vez que se observa uma grande redução no número de defeitos ao longo das semanas analisadas.

Outro defeito observado relacionado com a costura foi a sua ondulação. Tal como foi visto anteriormente, a costura deve manter uma forma retilínea, e, uma vez que o PVC depois de aquecido torna-se maleável permitindo o seu manuseamento, este pode assim sofrer deformações de forma na zona em causa. Para evitar este tipo de defeitos a formação foi reforçada sendo entendido pelos operadores o cuidado necessário a ter com certas zonas da peça, dificultando o surgimento destes defeitos. Os resultados desta ação são também refletidos no gráfico 4.

5.1.4 Embalamento

O acondicionamento do produto acabado nas caixas a enviar para o cliente deve seguir uma gama de embalagem, um exemplo pode ser observado no anexo G. Como tal, a peça deve ser colocada dentro de um saco designado, figura 52, e de seguida colocada na caixa, como na figura 20. Inicialmente o procedimento era diferente, a peça era envolvida num plástico do mesmo material, figura 53, e colocada na caixa. No entanto, após diversas reclamações do cliente, o embalamento utilizado foi posto em causa uma vez que defeitos como marcas visíveis ou cortes em zonas específicas da peça, como na figura 54, eram observados.



Figura 52 - Saco para embalamento



Figura 53 - Embalamento inicial



Figura 54 - Corte causados pelo embalamento inicial

Para resolver esta situação alterou-se o processo de embalamento. As caixas de cartão foram trocadas por caixas de plástico, figura 55, e as peças são agora separadas e protegidas não por um saco plástico, mas por um tecido, criando um efeito de *dunnage*, figura 56.



Figura 55 - Nova caixa plástica



Figura 56 - *Dunnage* para o embalamento das peças

Foi assim possível reduzir o número de defeitos por peças com corte na extremidade inferior e de marcas causadas pelo mau acondicionamento e embalamento das peças.

5.2 Validação dos métodos e meios de controlo

A validação dos métodos de controlo tem como objetivo garantir que o processo está a produzir de forma controlada. Ou seja, garante que o processo de produção está a produzir peças dentro dos limites especificados.

Por outro lado, a validação dos meios de controlo, tem também como objetivo assegurar que o processo de medição utilizado é capaz de indicar se as peças estão de acordo com a especificação.

5.2.1 Estudo de capacidade do processo

Um processo encontra-se em controlo quando todas as suas causas de variação são comuns, ou seja, quando as mesmas não são controladas pelos operadores. Matematicamente utiliza-se o índice de capacidade do processo, C_{pk}, que nos indica se o processo está em controlo.

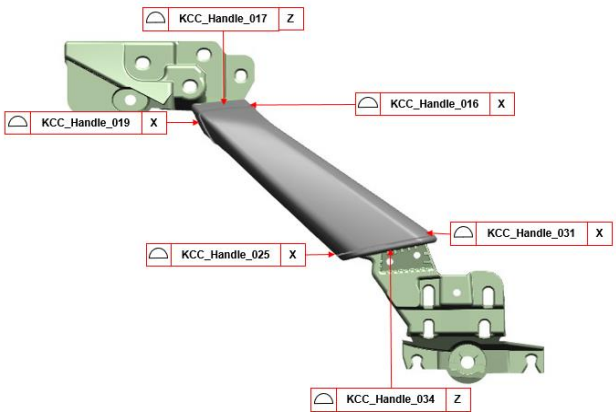


Figura 57 - Diferentes pontos a verificar

Para a realização do estudo, foram recolhidas 30 peças OK quer da referência esquerda, quer da referência direita, fazendo um total de 60 peças. Com um comparador como o da figura 21, e em cada uma das peças, foram medidos e anotados 9 pontos, pode ser observada a posição de cada um deles na figura 57 e 58.

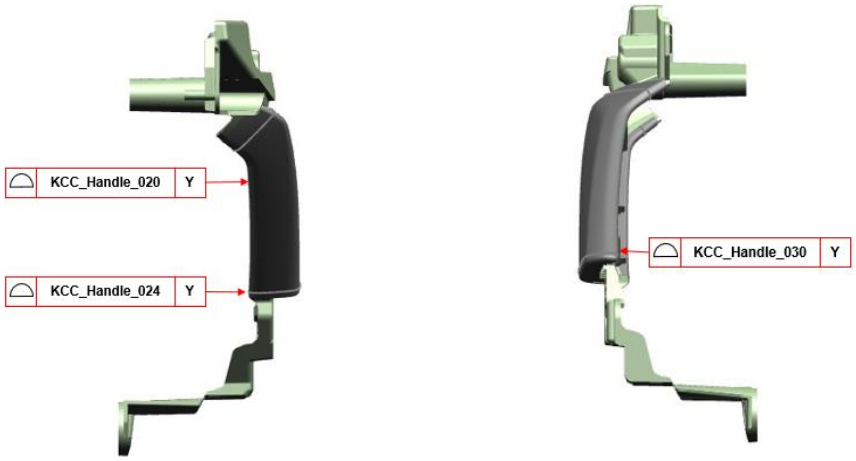


Figura 58 - Diferentes pontos a verificar

Após a realização das medições, é necessário calcular a média destas ($\bar{x}$), bem como o seu desvio-padrão ($\hat{\sigma}$). O limite superior e inferior especificado são estabelecidos pelo cliente, pelo que são conhecidos antes da realização do estudo. Assim, utilizando a equação 1, calculou-se o índice C_{pk}. Com o valor obtido, é assim possível entender quais os pontos da peça críticos e que necessitam de especial atenção ou alteração de métodos de produção. Os resultados encontram-se na tabela 9.

Ponto	C_{pk} $(peça\ esquerda)$	C_{pk} (peça direita)	Tolerância (mm)
16	-0,652	-0,999	± 0,2
17	0,100	-0,207	± 0,2
19	-0,300	-0,278	± 0,2
20	-0,190	-0,407	± 0,2
24	-1,332	-0,513	± 0,2
25	-0,211	0,130	± 0,2
30	-0,288	-0,291	± 0,2
31	-2,125	-1,448	± 0,2
34	0,002	-0,252	± 0,2

Tabela 9 - Resultados iniciais do índice de capacidade do processo para cada um dos pontos

Um resultado inferior a 1,33 significa que o processo não está em controlo. Uma vez que os resultados obtidos não são superiores ao valor indicado, o processo foi analisado. Concluiu-se que os meios de fixação da peça no meio de controlo não eram eficientes, permitindo alguma mobilidade à peça, o que se refletia na grande variação dos valores medidos para o mesmo ponto. Além disso, variações do material utilizado e da quantidade de cola aplicada forçavam muitas vezes a tolerância imposta de 0,2 mm a ser ultrapassada. Desta forma, apesar do processo estar em conformidade, o mesmo não se iria refletir no valor do índice.



Figura 59 - Novo fixador do meio de controlo e comparador digital utilizado

Para corrigir esta situação foi adicionado ao meio de controlo um novo fixador, assinalado na figura 59. Este, garante a fixação da peça e possibilita a correta medição dos valores medidos ao longo da peça. Além disto, foi também acordado com o cliente o aumento da tolerância de 0,2 mm para 0,5 mm, possibilitando contornar as variações do material e da quantidade de cola observadas anteriormente. Voltou a realizar-se o mesmo estudo e os seus valores após a implementação das duas medidas explicadas podem ser analisados na tabela 10.

Ponto	**C_{pk} (peça esquerda)**	**C_{pk} (peça direita)**	**Tolerância (mm)**
16	2,815	2,200	± 0,5
17	1,354	1,918	± 0,5
19	1,506	1,763	± 0,5
20	2,636	2,273	± 0,5
24	1,358	1,604	± 0,5
25	1,357	1,980	± 0,5
30	1,460	1,371	± 0,5
31	1,432	1,342	± 0,5
34	2,314	2,326	± 0,5

Tabela 10 - Resultados após implementação das medidas do índice de capacidade do processo

Como os novos valores para cada um dos pontos já são superiores ao valor mínimo imposto e contratualizado de 1.33, já é possível validar o processo, e assumir que o mesmo se encontra em controlo. Resta agora assegurar que o processo de medição realizado é apropriado. Para tal, realizou-se um estudo GR&R.

5.2.2 Estudo GR&R

Para realizar o estudo GR&R, foram selecionados três indivíduos, o operador responsável pela triagem final e dois colaboradores do departamento de engenharia. Cada um realizou três medições independentes de vinte peças. Destas vinte peças, dez seriam referentes ao lado direito e dez teriam a referência do lado esquerdo. Para identificar as peças, uma etiqueta foi colocada em cada uma destas. A mesma identificação foi utilizada em todas as medições dos diferentes indivíduos. Porém, os mesmos, ao realizaram cada uma das medições, não tinham como saber que peça estavam a medir, reduzindo o enviesamento do estudo.

As medições são realizadas da mesma forma que no estudo C_{pk}, descrito no ponto anterior. A diferença entre os dois estudos reside na forma do tratamento dos dados no final. Enquanto no estudo anterior os limites especificados são utilizados, neste, apenas são tidos em conta os desvios-padrão. Os valores obtidos podem ser observados na tabela 11.

Ponto	Peça esquerda	Validação	Peça direita	Validação
16	19,28%	OK	23,66%	OK
17	29,05%	OK	24,27%	OK
19	25,45%	OK	20,69%	OK
20	27,01%	OK	21,04%	OK
24	25,75%	OK	27,05%	OK
25	29,51%	OK	16,82%	OK
30	27,09%	OK	19,64%	OK
31	28,98%	OK	22,30%	OK
34	25,43%	OK	20,30%	OK

Tabela 11 - Índice R&R do estudo realizado

Foi utilizado o índice R&R para garantir que o processo de medição utilizado está conforme as especificações e que é adequado para o processo. Este, baseia-se na equação 10 para quantificar a avaliação do método e se o valor do mesmo for abaixo de 30% pode aceitar-se o método de medição para o processo, sendo que um valor inferior a 10% é considerado excelente.

Através da tabela 11 entende-se que os métodos de medição do processo são válidos uma vez que apresentam valores inferiores a 30%. No entanto, os pontos 17 e 25 apresentam valores muito próximos do máximo admitido, 29,05% e 29,51%, respetivamente, pelo que devem ser analisados com o objetivo de melhorar o processo de medição de espessura desse ponto. Além disso, nenhum dos pontos apresenta valores inferiores a 10%, dando assim margem de melhoria para o processo avaliado.

5.3 Síntese

5.3.1 Qualidade

Relativamente à qualidade das peças, a mesma foi analisada, os defeitos identificados e as causas de variabilidade estudadas. Com estas informações foram testadas diversas hipóteses

para melhoria do processo e redução do número de defeitos, que foi sendo atingindo ao longo das semanas.

5.3.2 Métodos e meios de controlo

A validação dos métodos e meios de controlo foi realizada em duas etapas. Na primeira, análise ao índice C_{pk}, analisaram-se os diferentes pontos ao longo da peça, entendeu-se porque o processo estava fora de controlo e realizaram-se as alterações necessárias. Voltou a realizar-se a mesma análise que desta vez apresentou resultados válidos (superiores a 1,33).

Numa segunda fase, analisou-se se o processo que estava a ser utilizado para garantir a qualidade das peças era adequado, recorrendo-se a um estudo GR&R. Este apresentou valores inferiores a 30%, ou seja, válidos. Pelo que o processo utilizado para a medição referida é adequado. No entanto, nenhum ponto apresentou uma avaliação à sua medição excelente, sendo que até alguns pontos apresentavam um valor muito próximo do inválido. Desta forma, futuramente, deve analisar-se com maior detalhe o que deve ser melhorado neste processo.

6 Metodologia e resultados – Projeto OV51/52

Com os defeitos existentes, a peça não é aceite pelo cliente. Assim, foram realizadas e testadas diversas alterações. Neste capítulo explicam-se como foram realizadas e que resultados apresentaram.

6.1 Análise dimensional

No primeiro envio de peças para o cliente, apesar de aceite pelo mesmo, foi observada uma redução dimensional na geometria *armrest*, à saída da ERT. Desta forma, a peça foi compensada com 3 mm, que se esperava resolver o problema em questão. No entanto, e no segundo envio de peças já com a compensação referida, houve uma reclamação por parte do cliente. Este, queixou-se da dimensão inferior à exigida pelas geometrias *armrest* sem costurada e com costura, figura 60, produzidas unicamente com o laminado *L900 Greta Mistral*, e alertou para a dimensão mínima nominal das geometrias *insert* costuradas, figura 61, produzidas com o laminado *Mistral Isabella GS Line* e *Prussian Grey Elegance.*



Figura 60 - Dimensão inferior à exigida na geometria *armrest*

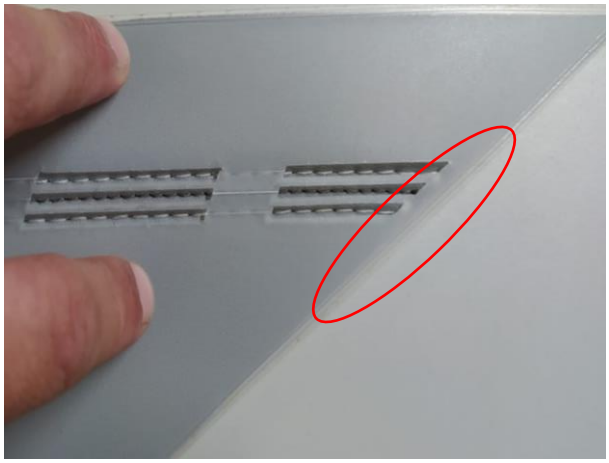


Figura 61 - Dimensão inferior à exigida na geometria *insert*

No final do corte, com o auxílio de um *gabarit*, figura 62 e 64, é assegurada a dimensão da peça, pelo que o problema de redução dimensional existente, terá que ver com o tempo de cura (repouso da peça) após o corte, com o tempo de cura após costura ou até com os dois. Além disso, foi também identificada a hipótese do número de camadas na marcada, durante o processo de corte, influenciar o seu encolhimento.

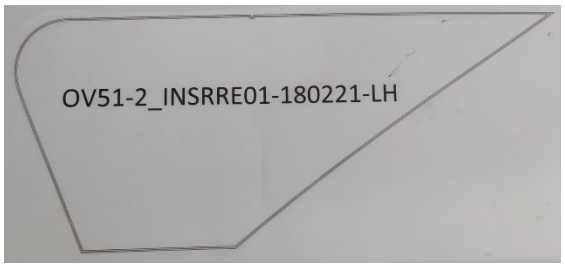


Figura 62 - *Gabarit* de corte do *insert*



Figura 63 - *Gabarit* de costura do *insert*

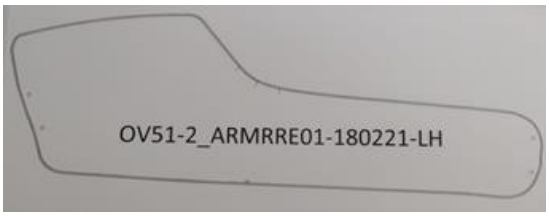


Figura 64 - *Gabarit* de corte do *armrest*



Figura 65 - *Gabarit* de costura do *armrest*

Pelo exposto, foi estipulada a necessidade de um estudo dimensional. Como as geometrias dos *insert* frontal e traseiro são semelhantes e os laminados utilizados nestas apresentam características e comportamentos idênticos, foi selecionada apenas uma das geometrias *insert*, o traseiro, e selecionado um laminado, o *Mistral Isabella GS Line*, para o estudo, permitindo também reduzir o risco de matéria-prima desperdiçada. Relativamente à geometria *armrest*, que é produzida apenas em laminado *L900 Greta Mistral*, e seguindo o critério anteriormente descrito, foi utilizada a geometria traseira costurada e sem costura.

6.1.1 *Insert*

Após reunião com cliente, e depois de se entender qual o maior problema dos defeitos identificados, decidiu realizar-se uma compensação de 1 mm de acordo com as orientações identificadas na figura 66.

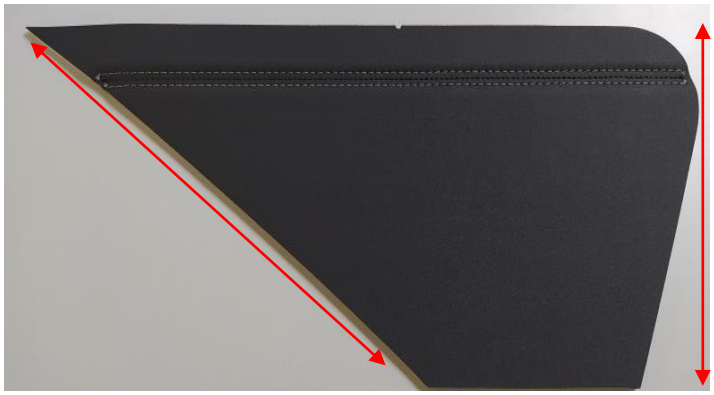


Figura 66 - Orientações de compensação de 1 mm da geometria *insert*

De seguida, para realizar a análise dimensional ao *insert*, diferentes medições foram realizadas, como na figura 67, a 24 e 48 horas após o corte e após a costura, a uma amostra de 64 peças, 32 referentes à peça direita e 32 referentes à peça da esquerda. A dimensão das peças foi controlada com um *gabarit* específico de pós-corte e um *gabarit* específico de pós-costura, figura 62 e 63, respetivamente. Sendo possível assim, com estes valores, identificar quando se dava a redução de dimensão e quantificar a mesma, permitindo realizar as alterações necessárias.



Figura 67 - Medição da redução dimensional

No anexo B encontram-se todos os valores das medições efetuadas. Com base neste anexo foi criada a tabela 12 que detalha a dimensão média de cada uma das medições efetuadas. O cálculo deste valor tem por base a média dos valores medidos a cada uma das horas indicadas. Para que se entendam os resultados, é necessário compreender que os valores identificados são medidos relativos ao valor pretendido - valor nominal. Assim, uma dimensão com o valor de "-1" indica que a peça em questão está com uma redução dimensional de 1 mm relativamente ao valor nominal, uma medição com o valor de "+1" indica que a peça se encontra acima do seu valor nominal 1 mm e uma medição que apresente o valor "0" indica que a peça está com a dimensão nominal. É também importante realçar que após o corte, e com auxílio do *gabarit* adequado, garantiu-se que a peça apresentava o valor nominal.

	Dimensão média		
	Antes da costura		**Depois da costura**
Referência	**24 horas**	**48 horas**	**0 horas**
Insert traseiro *Mistral Isabella GS Line*	- 0,7 mm	- 0,9 mm	- 1,1 mm

Tabela 12 – Dimensão média após a primeira compensação de 1 mm

Com os resultados apresentados entende-se que a redução de tamanho da peça estabiliza às 48 horas, com um valor de redução médio de 0,9 mm. Após a costura, a peça reduz ainda mais, cerca de 0,2 mm, apresentando uma redução final média de 1,1 mm. É importante realçar que este é um valor médio e que existem peças que reduzem a sua dimensão mais do que outras.

Uma vez que as peças continuavam a não apresentar a dimensão desejada, voltou a compensar-se a peça, nas zonas indicadas na figura 68, com 0,5 mm cada.



Figura 68 - Zona de compensação de 0,5 mm da geometria *insert*

Além disso, um novo *gabarit* para esta nova geometria foi criado, figura 69, sendo que este já tem em conta a última compensação implementada.

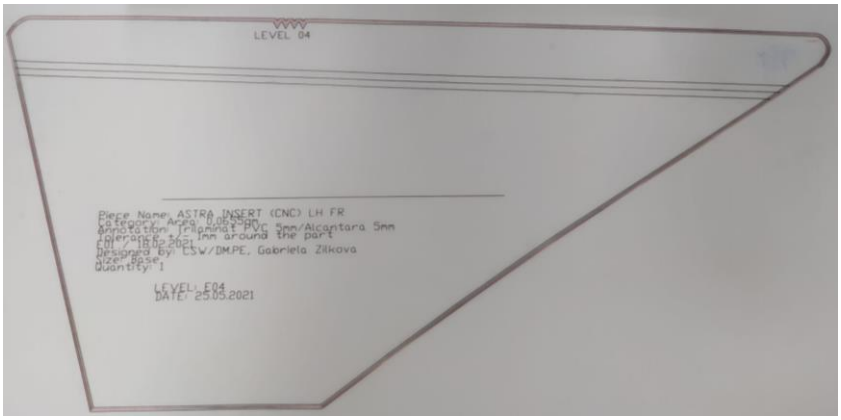


Figura 69 - *Gabarit* com compensação e nova geometria

De seguida, voltou a realizar-se uma análise dimensional semelhante à anteriormente descrita como o novo *gabarit*, anexo C. Nesta, 56 peças foram analisadas, sendo 29 da geometria correspondente ao lado direito e 27 correspondentes ao lado esquerdo. Os resultados apresentam-se na tabela 13.

	Dimensão média		
	Antes da costura		**Depois da costura**
Referência	**24 horas**	**48 horas**	**0 horas**
Insert traseiro *Mistral Isabella GS Line*	0 mm	0 mm	- 0,7 mm

Tabela 13 - Dimensão média após a segunda compensação de 0,5 mm em cada uma das extremidades costuradas

Observando os resultados da tabela, compreende-se que a compensação, apesar de melhorar os resultados e tornar a peça aceitável pelo cliente (tolerância de ±1 mm), continua a não ser suficiente para que a peça apresente a dimensão exigida, pelo que uma nova compensação e novos testes devem ser realizados para evitar problemas futuros.

6.1.2 *Armrest*

Aos 3 mm inicialmente compensados ao *armrest*, foi necessário adicionar mais 1 mm ao *à* geometria costurada, totalizando uma compensação de 4 mm. De seguida, realizou-se a análise dimensional e os resultados destas medições podem ser observados no anexo D, a partir do qual foram realizadas as tabelas 14 e 15. Foram medidas 35 peças da geometria costurada, sendo 18 referentes ao lado direito e 17 ao lado esquerdo, e 28 da geometria não costurada, sendo 14 da referência esquerda e 14 da referência direita.

	Dimensão média		
	Antes da costura	**Depois da costura**	
Referência	**72 horas**	**0 horas**	**24 horas**
Armrest traseiro *L900 Greta Mistral* com costura	+ 3,7 mm	+ 2,5 mm	- 0,8 mm

Tabela 14 - Dimensão média após compensação de 4 mm da geometria costurada

	Dimensão média	
Referência	**24 horas**	**48 horas**
Armrest traseiro *L900 Greta Mistral* sem costura	- 1,7 mm	- 1,8 mm

Tabela 15 - Dimensão média após compensação de 4 mm da geometria não costurada

Para que se entendam os resultados observados, os *gabarit*s utilizados foram os da figura 64 e 65, e as medições realizadas como na figura 70.



Figura 70 - Medição da redução dimensional

Ao observar a tabela 14, é possível compreender-se que as peças que são costuradas, ao fim de 72 horas, apresentam uma redução de dimensão de 0,3 mm em comparação com a compensação de 4 mm dada. Após a costura, reduzem mais 1,2 mm, apresentando uma compensação de 2,50 mm e terminando, ao fim de 24 horas, por apresentar uma dimensão abaixo do pretendido em 0,8 mm, totalizando uma redução de dimensão de 4,8 mm.

Relativamente à tabela 15, que diz respeito às peças não costuradas, verifica-se que a redução estabiliza nas 48 horas com uma redução dimensional de 1,8 mm.

Como os resultados obtidos refletem que as geometrias *armrest* continuavam com a dimensão abaixo da pretendida, foi necessário implementar novas medidas. Assim, realizou-se o corte, após o estendimento, com o TNT voltado para cima na geometria costurada e compensou-se a geometria sem costura em 0,75 mm, com a orientação da figura 71. Como não houve alteração da geometria os *gabarit*s utilizados foram os mesmos que anteriormente.



Figura 71 - Direção de compensação de 0,75 mm no *armrest*

Os resultados são apresentados no anexo E, a partir do qual se realizaram as tabelas 16 e 17.

	Valores observados em média		
	Antes da costura	**Depois da costura**	
Referência	**72 horas**	**0 horas**	**24 horas**
Armrest traseiro *L900 Greta Mistral* com costura	+ 0,75 mm	+ 0,2 mm	- 0,2 mm

Tabela 16 - Encolhimento médio após corte com TNT voltado para cima

	Valores observados em média	
Referência	**24 horas**	**48 horas**
Armrest traseiro *L900 Greta Mistral* sem costura	+ 0,8 mm	+ 0,1 mm

Tabela 17 - Encolhimento médio após compensação de 0,7 mm

Analisando a tabela 16, e comparando-a com a tabela 14, compreende-se que o TNT voltado para cima reduz o encolhimento das peças. No entanto, continua a verificar-se uma redução, neste caso de 0,2 mm em média. Desta forma, apesar de estarem dentro da tolerância especificada pelo cliente, as peças costuradas devem ser submetidas a uma nova análise dimensional após sofrerem uma compensação que deverá ser acordada com o cliente.

Relativamente às peças não costuradas, estas apresentam valores que vão de encontro ao esperado e que se apresentam de acordo com a tolerância exigida pelo cliente, pelo que esta deve ser a geometria utilizada nas restantes produções.

6.2 Análise ao *poke-yoke*

O *poke-yoke* funciona como um identificador da peça. Para que o cliente consiga distinguir as diferentes peças existe um corte, em forma de semicircunferência, em todas as geometrias deste projeto. Nas figuras 72 e 73 podem ser observados os *poke-yokes* do *armrest* traseiro, bem como do *insert* traseiro.



Figura 72 - *Poke-yoke* no *armrest*



Figura 73 - *Poke-yoke* no *insert*

Em algumas peças, normalmente nas últimas de cada marcada de 6 camadas, este corte não estava de acordo com os desenhos enviados pelo cliente nem com o que era exigido pelo mesmo. Desta forma, foi testada a redução da quantidade de camadas por marcada, uma vez que o corte realizado com o TNT voltado para cima não tinha influência. Assim, cada marcada passou agora a ser constituída por 4 camadas. Com a implementação desta mudança, passamos agora a ter 100% das peças cortadas com o *poke-yoke* de acordo com a especificação contratualizada.

6.3 Análise ao remate da costura

Além de escolher a cor das linhas de costura, o cliente é também responsável por indicar à empresa como deve ser realizada a costura, o tamanho do ponto e como deve ser realizado o remate.

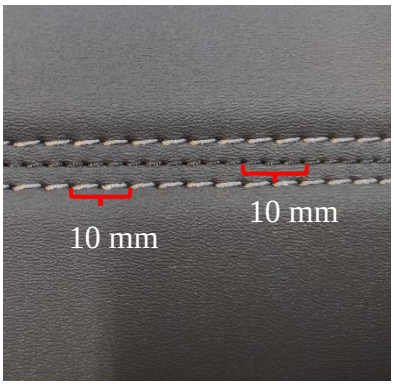


Figura 74 – Costura no *insert*

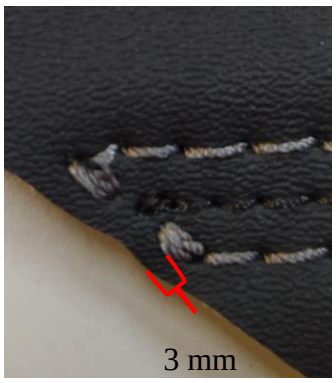


Figura 75 - Remate do *insert*

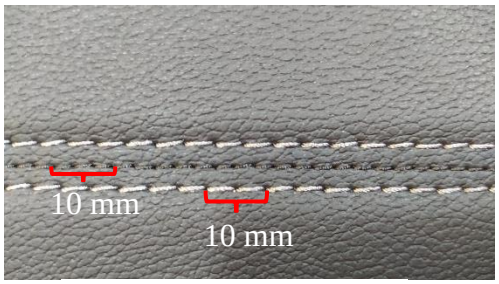


Figura 76 – Costura do *armrest*



Figura 77 - Remate do *armrest*

Para o projeto OV5152, a costura deve apresentar o aspeto da figura 74 nos *insert* e o aspeto da figura 76 para os *armrest*. Nas diferentes geometrias as especificações são as mesmas e por cada 10 mm de costura a mesma deve apresentar 3 pontos na linha cinzenta e 4 pontos na linha preta.

O remate da costura é também acordado com o cliente. Neste projeto, o mesmo deve estar, em qualquer uma das geometrias, no máximo a 3 mm da borda da peça, como pode ser observado nas figuras 75 e 77. O objetivo desta distância entre o remate e a borda da peça é garantir que o mesmo não é visível quando a peça é acoplada ao chegar ao cliente final. Desta forma, para controlo de peças na ERT existe um *gabarit*, figura 62 e 64, e neste, o remate deve ficar depois das ranhuras existentes, tal como se observa na figura 78.

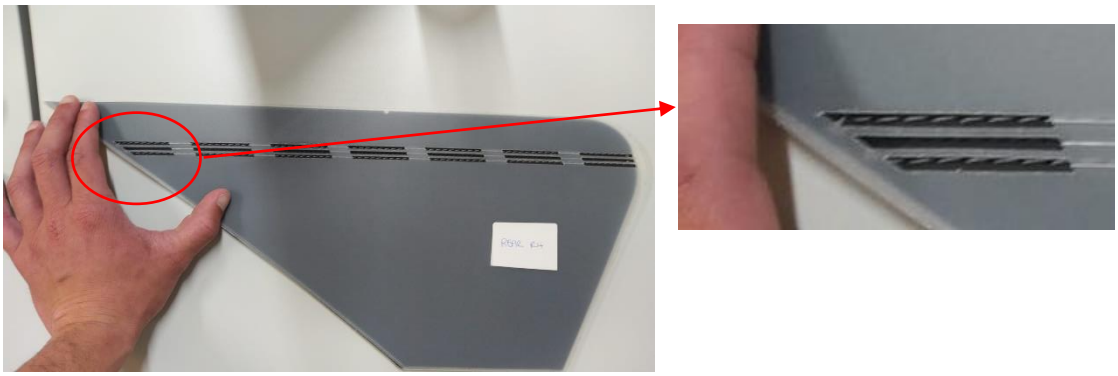


Figura 78 - Remate em posição não visível no *gabarit*

Inicialmente, e devido à redução dimensional da peça, a posição do remate tornou-se um problema uma vez que se posicionava na zona visível, figura 79 e 80. No entanto, este encontrava-se no máximo a 3 mm da borda da peça, pelo que era esperado que este problema ficasse resolvido com a compensação da peça.

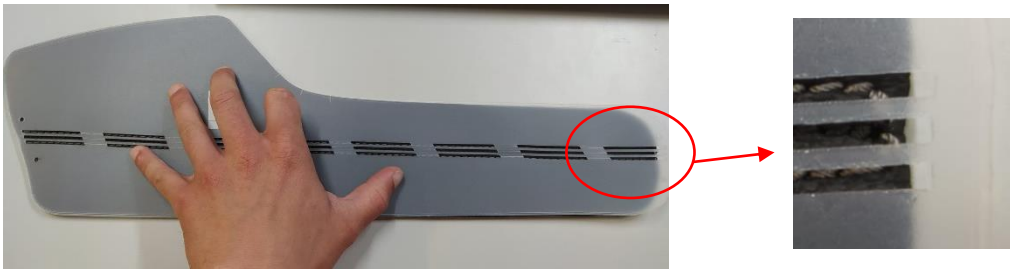


Figura 79 - Remate em posição visível no *gabarit* do *armrest*

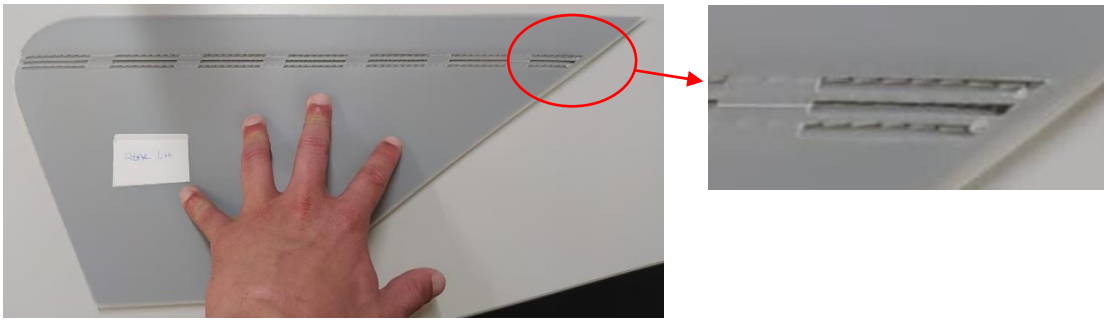


Figura 80 - Remate em posição visível no *gabarit* do insert

Porém, ao compensar o *armrest*, a geometria da palete utilizada na costura manteve-se a mesma. Desta forma, a peça tornou-se demasiado comprida e ao ser colocada na palete a mesma apresenta uma ondulação, como na figura 81. Desta forma, a posição do remate tornou-se inconstante, estando apenas na maioria das peças com a posição de acordo com o esperado, no entanto, um controlo extra é necessário para que se garanta este pormenor. É assim necessário investigar com mais detalhe como contornar este problema.

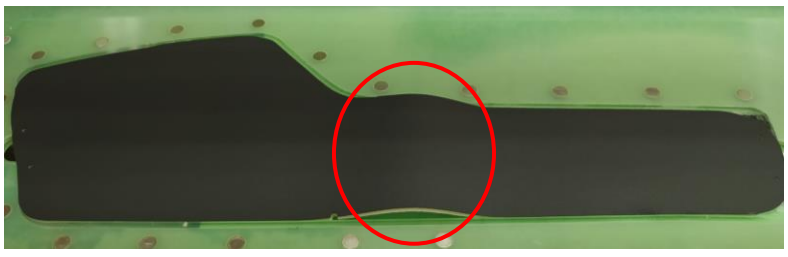


Figura 81 - Ondulação do *armrest* na palete

6.4 Síntese

Relativamente à análise dimensional, entendeu-se que é necessário um tempo de cura entre o corte e costura. Nas diferentes geometrias a peça acabava por reduzir a sua dimensão não ficando de acordo com o esperado pelo cliente. Desta forma, tornou-se necessário compensar as geometrias com valores diferentes e estabelecer um tempo de cura.

Inicialmente o furo *poke-yoke* não era visível na totalidade das peças de um ciclo de estendimento e corte. Como tal, foi realizado um teste ao número de camadas na marcada, reduzindo-o de seis para quatro, o que melhorou a posição e visibilidade deste furo.

A compensação que inicialmente foi necessária, não foi tida em conta na palete do processo de costura, pelo que a peça não assenta como seria de esperar na mesma. Assim, apesar do número de peças com remate em conformidade ter aumentado, o que indica uma melhoria de processo, a mesma não garante um processo constante e estável. Pelo que será necessário aprofundar uma investigação a este problema.

7 Conclusões e trabalhos futuros

7.1 Projeto P5

Após análise cuidada dos resultados, e comparando com o cronograma e metas estabelecidas no início do projeto, é possível concordar que alguns dos objetivos foram alcançados.

7.1.1 Qualidade das peças

Relativamente à qualidade das peças, os defeitos foram identificados e as suas causas estudadas. Após análise da variabilidade das últimas, identificaram-se formas de a reduzir e também como deve funcionar o fluxo produtivo para que nestes níveis se mantenham. Foram também criadas instruções de trabalho, que facilitam o fluxo do produto ao longo do processo e a sua visualização, melhorando a qualidade de produção. Para facilitar a compreensão, o gráfico 5 ilustra a diminuição da taxa de sucata ao longo das semanas do projeto.

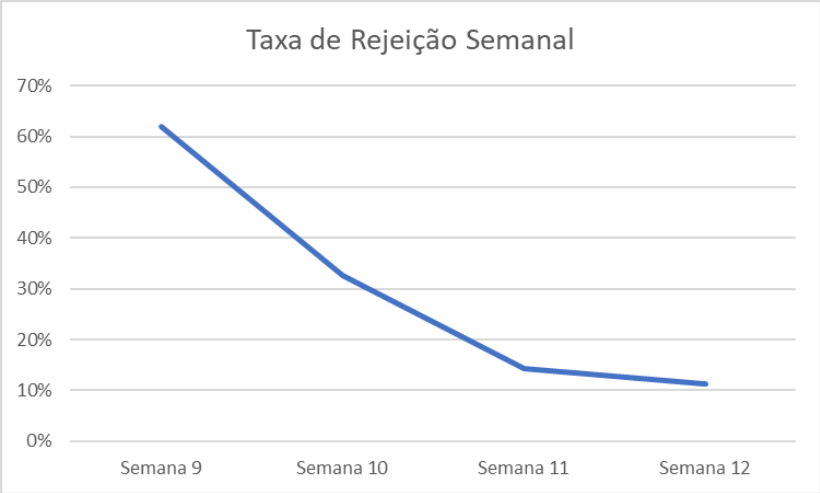


Gráfico 5 - Taxa de rejeição semanal

É necessário ter em conta o panorama geral do mercado automóvel. Com a maioria das fábricas a reduzirem quer o número de funcionários quer o número de encomendas, a conclusão do projeto não foi a esperada. Infelizmente, o número de encomendas previstas para o projeto foi reduzido e, como já existia stock suficiente de peças, a produção foi suspensa no início do mês de abril. O que inicialmente seria uma suspensão pontual, tornou-se definitiva e até ao final do estágio não foram produzidas mais peças relativas ao projeto P5, o que dificultou a recolha de dados.

Posto isto, é possível afirmar que o projeto de dissertação, apesar de não tão profundo quanto esperado, conseguiu analisar e entender que defeitos existiam na linha de produção, estudar a

sua variabilidade e como esta poderia ser controlada, culminando assim, numa diminuição da taxa de sucata produzida que deverá ser acompanhada quando a produção retomar.

7.1.2 Métodos e meios de controlo

Os meios de validação do processo foram alterados e reajustados. É agora possível realizar os diferentes estudos necessários e exigidos pelo consumidor final. Foram também alteradas tolerâncias em concordância com o cliente, o que foi crucial para resolver certos problemas relativos ao controlo do processo. Nas tabelas 9 e 10 podem ser comparados os valores do índice de capacidade do processo antes e depois das melhorias realizadas.

O estudo GR&R, necessário para validar os meios de controlo do projeto, foi também realizado e os seus resultados podem ser observados na tabela 11. Pela sua análise concluímos que o método de medição é adequado. Porém, e uma vez que nenhum resultado se encontra abaixo dos 10%, existe margem de melhoria no mesmo.

7.2 Projeto OV51/52

Relativamente ao projeto OV5152, pode afirmar-se que os objetivos para a geometria *armrest* não costurada foram cumpridos. O último estudo realizado, após modificações, apresentou valores muito próximos ao exigido pelo cliente.

As peças da geometria *insert* e *armrest* costuradas, apesar de apresentarem valores dentro da tolerância do cliente, devem ser submetidas a uma nova modificação uma vez que se encontram dimensionalmente abaixo do exigido.

Foi também determinado o tempo de cura do material entre corte e costura, a tabela 18 apresenta esses valores. As peças não costuradas não necessitam de cura em armazém na empresa uma vez que esta acontece durante o tempo de entrega do produto ao cliente.

Geometria	**Cura (horas)**
Armrest frontal	72 horas
Armrest traseiro	72 horas
Insert frontal	48 horas
Insert traseiro	48 horas

Tabela 18 - Tempo de cura entre corte e costura

Relativamente ao *poke-yoke*, a solução foi rápida e eficaz. Esta passou por reduzir o número de camadas na marcada de seis para quatro.

Para o problema do remate da costura, que inicialmente se encontrava na zona visível, a solução encontrada apesar de melhorar o processo não o torna estável. Desta forma é necessário realizar mais alguns testes que são detalhados no capítulo seguinte.

7.3 Trabalhos futuros

7.3.1 Projeto P5

A melhoria contínua é algo que deve sempre ser tido em consideração. Qualquer processo tem sempre margem para melhorar, e como tal, os estudos realizados devem ser aprofundados com recurso a mais dados assim que a produção retomar, permitindo assim garantir os resultados obtidos com maior evidência estatística.

Durante o projeto foi também observado que o produto acabado da produção realizada era armazenado como stock durante demasiado tempo. Nos tempos que correm esta prática não deve ser adotada uma vez que os custos de armazém devem ser evitados. Para tal, e numa altura em que o projeto atinja o seu pico de produção, uma análise a estes custos deve ser realizada e um planeamento de produção, tendo em conta as datas e quantidades a entregar, deve ser estabelecido.

Relativamente à validação dos métodos de medição (estudo GR&R), foi observada a existência de melhoria do mesmo. Desta forma, este deve ser analisado, identificadas as oportunidades de melhoria e de seguida realizado um novo estudo. Culminando assim, num processo de medição o mais próximo possível do perfeito.

7.3.2 Projeto OV51/52

Relativamente ao projeto OV5152, seria interessante testar a tensão do enrolamento do material após a laminação e após a inspeção. Se ao enrolar o tecido estiver tensionado, é de esperar que ao desenrolar o material volte à tensão original acabando por reduzir o seu comprimento e aumentar a sua largura. Assim, seria interessante testar várias tensões de enrolamento à saída da inspeção e laminação. Desta forma podia determinar-se a tensão ideal para que não existissem encolhimentos após o estendimento e corte. Podendo assim resolver-se também problemas semelhantes noutras linhas de produção.

As geometrias *insert* e *armrest* costurado, apesar de apresentarem dimensões dentro das tolerâncias do cliente, continuam abaixo da dimensão exigida, pelo que deve realizar-se uma nova reunião com o cliente para acordar uma nova compensação do material. Culminando assim na garantia de que a peça não irá variar novamente a sua dimensão.

Com o problema da ondulação da peça na palete, torna-se fulcral substituir a mesma. No entanto, e uma vez que a máquina de costura utilizada origina problemas nas diversas geometrias, seria interessante também investigar se existe outro modelo de máquina de costura, com outras funcionalidades, que resolva este problema e que torne o processo mais eficiente do que o atualmente utilizado.

Referências

Álvarez, E., Moya-Férnandez, P. J., Blanco-Encomienda, F. J., & Muñoz, J. F. (2015). Methodological insights for industrial quality control management: The impact of various estimators of the standard deviation on the process capability index. *Journal of King Saud University - Science*, *27*(3), 271–277. https://doi.org/10.1016/j.jksus.2015.02.002

Aslam, M., Azam, M., & Jun, C. H. (2013). A mixed repetitive sampling plan based on process capability index. *Applied Mathematical Modelling*, *37*(24), 10027–10035. https://doi.org/10.1016/j.apm.2013.05.058

Carrión García, A., & Grisales Del Río, A. (2013). Number of distinct data categories and gage repeatability and reproducibility. A double (but single) requirement. *Measurement: Journal of the International Measurement Confederation*, *46*(8), 2514–2518. https://doi.org/10.1016/j.measurement.2013.04.065

Engin, O., Çelik, A., & Kaya, I. (2008). A fuzzy approach to define sample size for attributes control chart in multistage processes: An application in engine valve manufacturing process. *Applied Soft Computing Journal*, *8*(4), 1654–1663. https://doi.org/10.1016/j.asoc.2008.01.005

Ferreira, I. S. B., Peruchi, R. S., Fernandes, N. J., & Rotella Junior, P. (2021). Measurement system analysis in angle of repose of fertilizers with distinct granulometries. *Measurement: Journal of the International Measurement Confederation*, *170*, 108681. https://doi.org/10.1016/j.measurement.2020.108681

Fess, E. E. (1995). Determining Sample Size. *Journal of Hand Therapy*, *8*(4), 264. https://doi.org/10.1016/S0894-1130(12)80119-0

Hajipour, V., Kazemi, A., & Mousavi, S. M. (2013). A fuzzy expert system to increase accuracy and precision in measurement system analysis. *Measurement: Journal of the International Measurement Confederation*, *46*(8), 2770–2780. https://doi.org/10.1016/j.measurement.2013.04.015

Kaya, I., & Engin, O. (2007). A new approach to define sample size at attributes control chart in multistage processes: An application in engine piston manufacturing process. *Journal of Materials Processing Technology*, *183*(1), 38–48. https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2006.09.022

Kolesar, P. J. (1993). The relevance of research on statistical process control to the total quality movement. *Journal of Engineering and Technology Management*, *10*(4), 317–338. https://doi.org/10.1016/0923-4748(93)90027-G

Norma de Sistema de Gestão da Qualidade Automotiva (Outubro 2016), Acedido a 25 de maio de 2021, Acedido em https://www.iatfglobaloversight.org/iatf-publications/

Otsuka, A., & Nagata, F. (2018). Quality design method using process capability index based on Monte-Carlo method and real-coded genetic algorithm. *International Journal of Production Economics*, *204*, 358–364. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.08.016

Pan, J. N., Li, C. I., & Ou, S. C. (2015). Determining the optimal allocation of parameters for multivariate measurement system analysis. *Expert Systems with Applications*, *42*(20), 7036–7045. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2015.04.038

Pawar, H. U., Bagga, S. K., & Dubey, D. K. (2021). Investigation of production parameters for process capability analysis: A case study. *Materials Today: Proceedings*. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.11.627

Peruchi, R. S., Paiva, A. P., Balestrassi, P. P., Ferreira, J. R., & Sawhney, R. (2014). Weighted approach for multivariate analysis of variance in measurement system analysis. *Precision Engineering*, *38*(3), 651–658. https://doi.org/10.1016/j.precisioneng.2014.03.001

Ronen, B., & Spector, Y. (1995). Evaluating sampling strategy under two criteria. *European Journal of Operational Research*, *80*(1). https://doi.org/10.1016/0377-2217(93)E0177-Y

Saikaew, C. (2018). An implementation of measurement system analysis for assessment of machine and part variations in turning operation. *Measurement: Journal of the International Measurement Confederation*, *118*, 246–252. https://doi.org/10.1016/j.measurement.2018.01.008

Schousek, T. (2018). Fundamentals of good practice. In *The Art of Assembly Language Programming Using PIC© Technology* (pp. 83–108). Elsevier. https://doi.org/10.1016/b978-0-12-812617-2.00007-9

Wu, C. W., Aslam, M., & Jun, C. H. (2012). Variables sampling inspection scheme for resubmitted lots based on the process capability index Cpk. *European Journal of Operational Research*, *217*(3), 560–566. https://doi.org/10.1016/j.ejor.2011.09.042

ANEXO A: Tabela de rejeição de peças do muro de qualidade

Referência	Data	Semana	Peças Insp.	Rejeição Peças	% Rejeição	Marcas	Costura Desviada	Bolhas	Excesso de Cola	Grumos	Corte	Vinco	Pino Partido	PVC danificado	Referência trocada
Esquerda	01/mar	9	39	28	72%	1	24			1	1		1		
Esquerda	03/mar	9	43	37	86%	19				14	4				
Esquerda	04/mar	9	38	17	45%	8				9					
Esquerda	08/mar	10	41	12	29%	8				3	1				
Esquerda	08/mar	10	42	17	40%	7	1			9					
Esquerda	09/mar	10	12	0	0%										
Esquerda	09/mar	10	102	36	35%	22	1			4		2			7
Esquerda	10/mar	10	43	3	7%	1	1		1						
Esquerda	10/mar	10	29	9	31%	7				2					
Esquerda	20/mar	11	181	18	10%	9				8	1				
Esquerda	23/mar	12	89	16	18%	9				5		1		1	
Esquerda	27/mar	12	47	0	0%										
Total			**706**	**193**	**27%**	**91**	**27**	**1**		**55**	**7**	**3**	**1**	**1**	**7**

Referência	Data	Semana	Peças Insp.	Rejeição Peças	% Rejeição	Marcas	Costura Desviada	Bolhas	Grumos	Corte	Vinco	Pino Partido	Tinta branca	PVC danificado	Referência trocada
Direita	01/mar	9	53	28	53%	8	12	1	6		1				
Direita	02/mar	9	32	20	63%	7	6		7						
Direita	03/mar	9	6	6	100%	1			5						
Direita	04/mar	9	67	36	54%	14			19	1	2				
Direita	08/mar	10	30	6	20%	2	2		2						
Direita	08/mar	10	21	1	5%				1						
Direita	09/mar	10	63	22	35%	13			7			1	1		
Direita	09/mar	10	71	45	63%	27	2		7		7			2	
Direita	10/mar	10	28	4	14%	2			2						
Direita	10/mar	10	12	6	50%	4			2						
Direita	19/mar	11	30	6	20%	1	3		2						3
Direita	20/mar	11	127	18	14%	3			12						
Direita	23/mar	12	92	13	14%	7			5					1	
Direita	27/mar	12	29	0	0%										
Total		**661**	**211**	**32%**	**89**	**25**	**1**	**77**	**1**	**10**	**1**	**1**	**3**	**3**	

ANEXO B: Primeira análise dimensional da geometria *insert*

	Corte		Costura
Peça	**24horas**	**48 horas**	**0horas**
1	-1	-1	-1
2	0	-1	-1
3	0	-1	-1
4	0	-1	-1
5	0	-1	-2
6	-1	-1	-1
7	0	-1	-2
8	-1	-1	-1
9	-1	-1	-1
10	0	-1	-1
11	-1	-1	-1
12	0	-1	-1
13	-1	-1	-3
14	-1	-1	-1
15	-1	-1	-2
16	-1	-1	-2
17	-1	-1	-1
18	-1	-1	-2
19	-1	-1	-1
20	-1	-1	-3
21	-1	-1	-2
22	-1	-1	-1
23	-1	-1	-1
24	-1	-1	-2
25	-1	-1	-1
26	-1	-1	-3
27	-1	-1	-1
28	-1	-1	-1
29	-1	-1	-1
30	0	-1	-1
31	0	-1	-3
32	-1	-1	-1
33	0	-1	-1
34	-1	-1	-1
35	-1	-1	-1
36	-1	-1	-1
37	-1	0	-1
38	-1	0	0
39	-1	-1	-1
40	-1	-1	-1
41	-1	-1	-1
42	-1	-1	0
43	-1	-1	0
44	-1	-1	-1
45	-1	-1	-1
46	-1	-1	-1
47	-1	-1	-1
48	-1	-1	0
49	0	0	0
50	0	0	-0,5
51	0	0	-1
52	0	0	-1
53	-1	0	-1
54	-1	0	-1
55	-1	-1	-1
56	-1	-1	-1
57	-1	-1	-1
58	0	-1	-1
59	0	-1	-1
60	-1	-1	-1
61	0	-1	-1
62	-1	-1	-1
63	-1	-1	-1
64	0	-1	-1
Média	-0,7	-0,9	-1,1

ANEXO C: Segunda análise dimensional da geometria *insert*

	Corte		Costura
Peça Nº	**0 horas**	**24 horas**	**0 horas**
1	0	0	-0,5
2	0	0	-1
3	0	0	-1
4	0	0	-0,5
5	0	0	-0,5
6	0	0	-1
7	0	0	-0,5
8	0	0	-1
9	0	0	-1
10	0	0	-1
11	0	0	-0,5
12	0	0	-1
13	0	0	-0,5
14	0	0	-1
15	0	0	-0,5
16	0	0	-0,5
17	0	0	-0,5
18	0	0	-1
19	0	0	-1
20	0	0	-0,5
21	0	0	-1
22	0	0	-1
23	0	0	-1
24	0	0	-1
25	0	0	-0,5
26	0	0	-0,5
27	0	0	-1
28	0	0	-0,5
29	0	0	-1
30	0	0	-0,5
31	0	0	-0,5
32	0	0	-0,5
33	0	0	-1
34	0	0	-1
35	0	0	-0,5
36	0	0	-0,5
37	0	0	-1
38	0	0	-1
39	0	0	-0,5
40	0	0	-0,5
41	0	0	-0,5
42	0	0	-0,5
43	0	0	-0,5
44	0	0	-0,5
45	0	0	-0,5
46	0	0	-0,5
47	0	0	-0,5
48	0	0	-0,5
49	0	0	-0,5
50	0	0	-0,5
51	0	0	-0,5
52	0	0	-0,5
53	0	0	-0,5
54	0	0	-0,5
55	0	0	-0,5
56	0	0	-1
Média	0	0	-0,7

ANEXO D: Primeira análise dimensional da geometria *armrest*

Peça Nº	Corte	
	24horas	48horas
1	-2	-2,5
2	-3	-3
3	-2	-2
4	-2,5	-2
5	-2,5	-2,5
6	-2	-2
7	-2	-2
8	-1,5	-1,5
9	-2	-2
10	-3	-2,5
11	-2	-2
12	-2	-2
13	-2	-2
14	-1	-1
15	-1	-2
16	-1	-2
17	-1,5	-1
18	-1	-2
19	-1	-1
20	-1	-1,5
21	-1,5	-2
22	-1	-1
23	-1	-1
24	-1	-1
25	-2	-2
26	-1	-1
27	-1	-2
28	-2	-2
Média	-1,66	-1,80

Não Costurado

Não Costurado

Peça Nº	Corte	Costura	
	72 horas	0 horas	24 horas
1	4	3,5	-0,5
2	4	2	-2
3	4	3,50	-0,5
4	4	3,00	-1
5	4	1,50	-2,5
6	3	2,50	-0,5
7	4	3,00	-1
8	4	3,00	-1
9	4	3,00	-1
10	4	2,00	-2
11	4	3,50	-0,5
12	3	2,00	-1
13	3	2,50	-0,5
14	3	2,00	-1
15	4	3,00	-1
16	4	3,00	-1
17	4	2,50	-1,5
18	4	2,00	-2
19	4	2,50	-1,5
20	3	2,50	-0,5
21	3	2,00	-1
22	4	3,00	-1
23	4	3,50	-0,5
24	5	4,50	-0,5
25	4	3,00	-1
26	4	1,00	-3
27	3	1,00	-2
28	3	2,00	-1
29	3	1,00	-2
30	3	2,00	-1
31	4	3,00	-1
32	4	3,00	-1
33	4	2,50	-1,5
34	4	2,00	-2
35	4	3,00	-1
Média	3,65	2,5	-0,76

Costurado

Costurado

ANEXO E: Segunda análise dimensional da geometria *armrest*

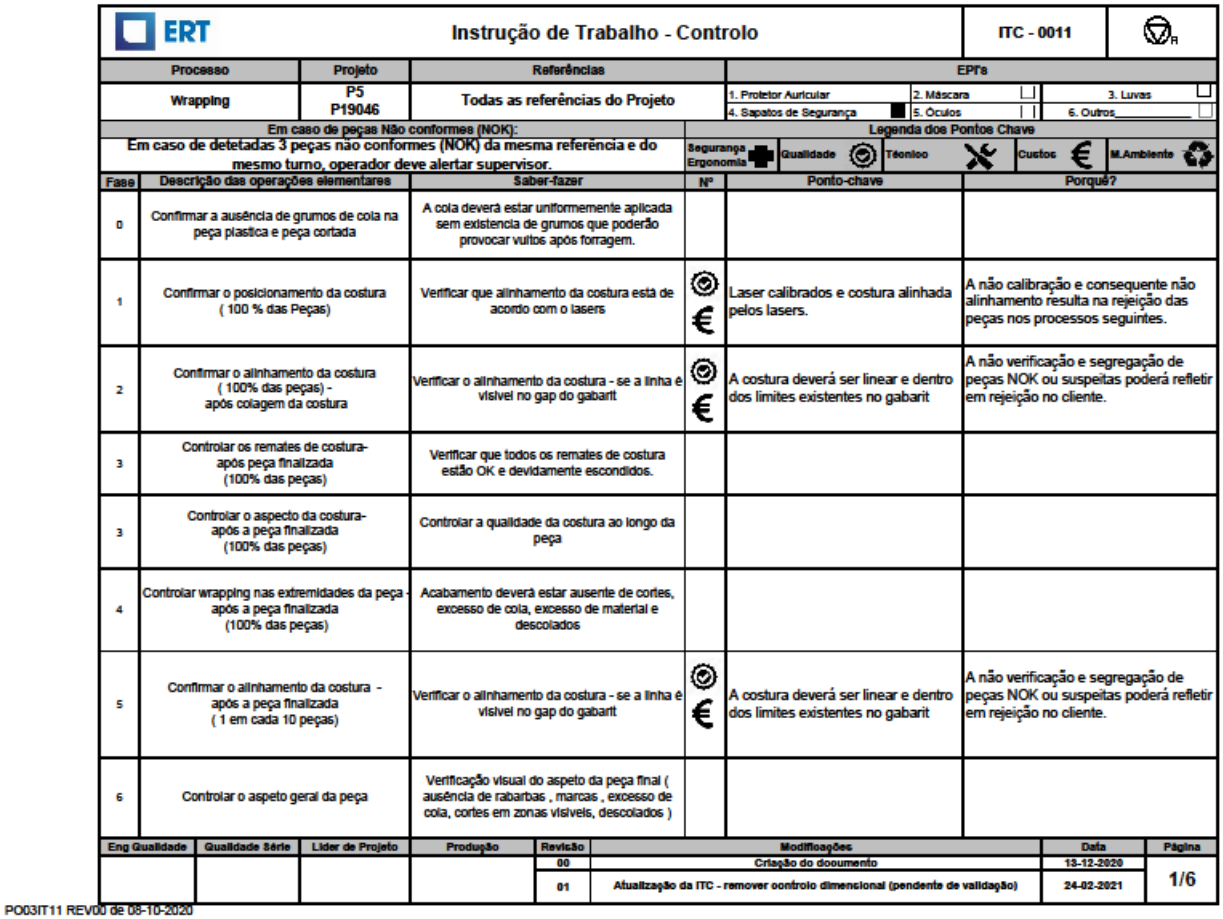
Peça N	Corte	Costura	
	72 horas	0 horas	24 horas
1	1	0,5	0
2	0	-0,5	-0,5
3	0	-0,5	-0,5
4	0	-0,5	-0,5
5	1	0,5	0
6	1	0,5	-0,5
7	1	0,5	0
8	1	0,5	0
9	1	0,5	0
10	1	0,5	0
11	1	0,5	-0,5
12	1	0,5	-0,5
13	1	0,5	0
14	1	0,5	0
15	1	0,5	0
16	1	0,5	0
17	0	0	-0,5
18	0	-0,5	-0,5
19	1	0,5	0
20	1	0	-0,5
21	1	0,5	0
22	1	0	-0,5
23	0	0	-0,5
24	1	0,5	0
25	1	0	-0,5
26	1	0,5	0
27	1	0,5	0
28	1	0,5	0
29	0	-0,5	0
30	0	-0,5	0
31	0	0	0
32	1	0,5	0
33	1	0,5	0
34	1	0,5	0
35	1	0,5	0
36	1	0,5	0
37	0	-0,5	0
38	1	0	-0,5
39	1	0	-0,5
40	1	0	-0,5
Média	0,75	0,2125	-0,1875

Costurado

Peça N	Corte	
	24 horas	48 horas
1	1	0,5
2	1	0,5
3	1	0
4	0,5	0
5	1	0,5
6	0,5	-0,5
7	0,5	-0,5
8	0,5	0
9	1	0
10	1	0,5
11	1	0
12	1	0
13	0,5	0
14	0,5	-0,5
15	0,5	0
16	1	0,5
17	0,5	0
18	1	0
19	1	0
20	1	0
21	0,5	0
22	0,5	0
23	1	0
24	0,5	0
25	0,5	0,5
26	0,5	0
27	1	0
28	1	0,5
29	1	0,5
30	1	0
31	1	0
32	1	0,5
33	1	0,5
34	1	0
35	0,5	0
36	0,5	0
37	0,5	0
38	0,5	0,5
39	1	0,5
40	0,5	0,5
Média	0,775	0,125

Não costurado

Anexo F: Exemplo de instrução de trabalho



ERT	Instrução de Trabalho - Controlo			ITC - 0011	
Processo	**Projeto**	**Referências**	**EPI's**		
Wrapping	P5 P19046	Todas as referências do Projeto	1. Protetor Auricular ☐ 2. Máscara ☐ 3. Luvas ☐ 4. Sapatos de Segurança ■ 5. Óculos ☐ 6. Outros_____ ☐		
Em caso de peças Não conformes (NOK):			**Legenda dos Pontos Chave**		
Em caso de detetadas 3 peças não conformes (NOK) da mesma referência e do mesmo turno, operador deve alertar supervisor.			Segurança Ergonomia ✚ Qualidade ◎ Técnico ✕ Custos € M.Ambiente ♻		

Fase	Descrição das operações elementares	Saber-fazer	Nº	Ponto-chave	Porquê?
0	Confirmar a ausência de grumos de cola na peça plastica e peça cortada	A cola deverá estar uniformemente aplicada sem existencia de grumos que poderão provocar vultos após forragem.			
1	Confirmar o posicionamento da costura (100 % das Peças)	Verificar que alinhamento da costura está de acordo com o lasers	◎ €	Laser calibrados e costura alinhada pelos lasers.	A não calibração e consequente não alinhamento resulta na rejeição das peças nos processos seguintes.
2	Confirmar o alinhamento da costura (100% das peças) - após colagem da costura	Verificar o alinhamento da costura - se a linha é visivel no gap do gabarit	◎ €	A costura deverá ser linear e dentro dos limites existentes no gabarit	A não verificação e segregação de peças NOK ou suspeitas poderá refletir em rejeição no cliente.
3	Controlar os remates de costura- após peça finalizada (100% das peças)	Verificar que todos os remates de costura estão OK e devidamente escondidos.			
3	Controlar o aspecto da costura- após a peça finalizada (100% das peças)	Controlar a qualidade da costura ao longo da peça			
4	Controlar wrapping nas extremidades da peça - após a peça finalizada (100% das peças)	Acabamento deverá estar ausente de cortes, excesso de cola, excesso de material e descolados			
5	Confirmar o alinhamento da costura - após a peça finalizada (1 em cada 10 peças)	Verificar o alinhamento da costura - se a linha é visivel no gap do gabarit	◎ €	A costura deverá ser linear e dentro dos limites existentes no gabarit	A não verificação e segregação de peças NOK ou suspeitas poderá refletir em rejeição no cliente.
6	Controlar o aspeto geral da peça	Verificação visual do aspeto da peça final (ausência de rabarbas , marcas , excesso de cola, cortes em zonas visiveis, descolados)			

Eng Qualidade	Qualidade Série	Líder de Projeto	Produção	Revisão	Modificações	Data	Página
				00	Criação do doouemento	13-12-2020	1/6
				01	Atualização da ITC - remover controlo dimensional (pendente de validação)	24-02-2021	

PO03IT11 REV00 de 08-10-2020

Anexo G: Exemplo de gama de embalagem

ERT — **Gama de Embalagem / Packaging**

Gama de Embalagem Nº Packaging NR.	2247		
Data de emissão Date of issue	28/12/2020		
Revisão Nº Revision NR.	02	**Data** Date	18/05/2021
Projeto Project	P5 (19046)	**Cliente** Customer	TRECIA SAS (1413214164)

Descrição / Description	Referência ERT / ERT Reference	Referência Cliente / Customer Reference
HANDLE UPPER ADAMITE LH	F19046AA01B	2620852XZD
HANDLE UPPER ADAMITE RH	F19046AB01B	2587661XZD

Código / Code	Descrição / Description	Nº de conjuntos/caixa / Nr.of sets/box	Nº de peças/conjunto / Nr.of pieces/sets	Total de peças/caixa / Total pieces/box
P250431	CX PLÁSTICO 600x400x420 (EMBALAGEM RETORNÁVEL)	N.A.	N.A.	12
P250402	ETIQUETA TÉRMICO 1VIA BR 15*15MM	N.A.	N.A.	12

Esquema / Scheme:

1º Colar etiqueta QR Code:

Colar etiqueta QR code em todas as peças





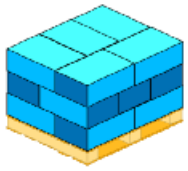
2º Acondicionamento na caixa plástica:

Colar as peças plásticas dentro da caixa de acordo com a foto acima.

Observações / Observations:

Referência palete / Pallet Reference	Dimensões / Dimensions	Nº de níveis/palete / Nr. of levels/pallet	Nº de caixas/nível / Nr. of boxes/level	Total de caixas/palete / Total boxes/pallet
INDP00245	1200*800	3	5	15

Esquema Palete / Scheme Pallet:



Na mesma palete podem ir várias referências

Observações / Observations

	Gestor de Projecto / Project Leader	Comercial / Key Account Manager	Serviço Cliente / Customer Service	Responsável Unidade / Plant Manager
Nome / Name	Ivan Silva			
Data / Date	18/05/2021			

PO06M24 REV00 28-04-2020