

## **Maquinação e Controlo de Peças Mecânicas**

Relatório de Estágio apresentado para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica - Especialização em Construção e Manutenção de Equipamentos Mecânicos

**Autor**

**Susana Calheiros Pereira**

**Orientador**

**Anabela Duarte de Carvalho**

Departamento de Engenharia Mecânica  
Instituto Superior de Engenharia de Coimbra

**Supervisor**

**Luís Filipe Barbosa Machado**

Mecânica de Precisão do Vez Unipessoal, Lda.



*Dedico este trabalho aos meus pais e irmãs.*



## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar, quero agradecer a Professora Doutora Anabela Carvalho, por ter sido uma excelente orientadora, por todo o apoio e motivação que me deu ao longo dos meses de estágio, principalmente na elaboração do relatório.

Em segundo lugar, quero agradecer ao Sr. Manuel Silva por me ter dado a oportunidade de estagiar na MPV. Agradecer também pela oportunidade que me deu de conhecer o Salão Internacional da Aeronáutica e do Espaço. E por fim, obrigada pela forma como me acolheram.

Em terceiro lugar, quero agradecer ao Sr. Luís Machado, “ao nosso RH”. Obrigada por todo o apoio, por toda a dedicação e preocupação, ao longo dos meses de estágio. Sem dúvida que foi uma pessoa muito importante para o desempenho e acolhimento que tive na empresa.

Em quarto lugar, quero agradecer a todos os colaboradores da empresa. Pela paciência que tiveram a ensinar, pela forma como me acolheram, pelos desafios, por tudo. Simplesmente, muito obrigada.

Em quinto lugar, quero agradecer aos meus amigos, pelo apoio que me deram, principalmente quando a motivação e a garra estavam a desvanecer.

Em último lugar, mas os mais importantes, quero agradecer à família. Aos meus pais, mas principalmente às minhas irmãs. Elas foram sem dúvida um pilar mesmo muito importante, pela paciência, pela compreensão e motivação diária. Obrigada, pequenas.



## RESUMO

As operações de maquinagem são vastamente utilizadas na indústria aeronáutica, principalmente devido à dimensão reduzida dos lotes de fabrico, mas também devido à dificuldade de se obterem peças por deformação plástica nas ligas de alumínio aeronáutico de elevada resistência mecânica. Deste modo, a obtenção de componentes, estruturais ou não estruturais é feita através de operações de maquinagem.

Atendendo ao interesse por esta área, o estágio curricular do Mestrado em Engenharia Mecânica, especialização em Construção e Manutenção de Equipamentos Mecânicos foi desenvolvido na empresa Mecânica de Precisão do Vez (MPV), que tem como principal atividade a maquinação de peças destinadas maioritariamente à indústria aeronáutica.

O estágio teve como principais objetivos adquirir um conhecimento geral da atividade da empresa, das principais funções de cada setor, desenvolver algumas tarefas específicas a determinados sectores, e também acompanhar uma encomenda específica desde ao seu projeto em CAD/CAM até à sua produção e controlo de qualidade. Foram adquiridos conhecimentos sobre todos os procedimentos essenciais para levar a cabo a execução de uma encomenda, desde à orçamentação, receção e preparação da encomenda, produção da encomenda, verificação da sua conformidade e sua expedição. No entanto, considera-se que as principais contribuições, desenvolvidas durante o estágio, estão relacionadas com o estudo da capacidade, tanto no setor da Qualidade como no Projeto LEAP. A nível do Projeto LEAP, após apresentação de resultados do estudo da capacidade ao cliente, foi possível reduzir um número elevado de cotas a serem controladas, que se traduziu numa redução significativa do tempo necessário ao controlo das peças e consequentemente numa redução dos custos de produção.

Considera-se que a realização do estágio curricular foi uma mais-valia em termos de aplicação e aquisição de conhecimentos na área da maquinação e controlo de peças mecânicas assim como na obtenção de experiência profissional.

**Palavras-Chave:** Aeronáutica; Maquinação de peças; Controlo de qualidade; Estudo da Capacidade.



## ABSTRACT

Manufacturing operations are widely used in the aeronautical industry, mainly due to the small size of the manufacturing lots, but also due to the difficulty of produce parts through plastic deformation in aeronautical aluminium alloys with high mechanical strength. In this way, structural or non-structural components can be obtained by machining operations.

Given the interest in this area, the curricular internship of the Master in Mechanical Engineering, specialization in Construction and Maintenance of Mechanical Equipment was developed at the Mecânica de Precisão do Vez (MPV) company, whose main activity is the manufacturing of parts for aeronautical industry.

The main objectives of the internship were the acquirement of general knowledge of the company's activity, the main functions of each sector, the development of some sector specific tasks, and also the follow-up of a specific order from its CAD/CAM project to its production and quality control. Knowledge has also been acquired about all the essential procedures for carrying out an order, from budgeting, order receipt and preparation, order production, compliance checking and shipment. However, it is considered that the main contributions developed during the internship, are related to the capability study in the Quality sector and in the LEAP Project. In this Project, after presenting to the customer the results of capability study, it was possible to reduce a large number of dimensions to be controlled, which resulted in a significant reduction in the time required to control parts and consequently a reduction in production costs.

Is considered that the conclusion of the curricular internship was an added value in terms of knowledge application and acquisition in the mechanical components manufacturing and control area, as well as obtaining professional experience.

**Keywords:** Aeronautics; Workpieces Manufacturing; Quality control; Capability Study.



## ÍNDICE

AGRADECIMENTOS .....	i
RESUMO.....	iii
ABSTRACT .....	v
ÍNDICE DE FIGURAS .....	ix
ÍNDICE DE TABELAS .....	xiii
SIMBOLOGIA E ABREVIATURAS.....	xv
SIMBOLOGIA .....	xv
ABREVIATURAS .....	xv
1. INTRODUÇÃO .....	1
1.1 A empresa MPV – Mecânica de Precisão do Vez Unipessoal, Lda .....	1
1.2 Objetivos do estágio.....	2
1.3 Estrutura do Relatório .....	2
2. Enquadramento Teórico das Atividades Desenvolvidas Durante o Estágio Curricular.....	5
2.1. Maquinação.....	5
2.1.1. Maquinação a Alta Velocidade.....	9
2.1.2. Sondas - Apalpadores de Contato .....	12
2.2. Capabilidade do processo.....	14
2.3. Controlo Tridimensional .....	17
3. Atividades Desenvolvidas Durante o Estágio Curricular.....	21
3.1. Setor dos Recursos Humanos .....	22
3.2. Setor da Logística .....	25
3.2.1. Trabalho desenvolvido – Calendarização da Produção .....	29
3.3. Setor da Qualidade .....	30
3.3.1. Trabalho desenvolvido – Estudo da Capabilidade .....	31
3.4. Setor de Programação / Métodos .....	35
3.5. Setor de Produção .....	38
3.6. Setor da Maquinação .....	40
3.6.1. Trabalho desenvolvido - Maquinação da peça.....	41
3.7. Setor do Controlo de Produção.....	46
3.8. Setor do Acabamento.....	48
3.9. Setor do Controlo de Qualidade.....	50
4. Projeto LEAP.....	53
4.1. Origem do nome Projeto LEAP .....	54
4.2. Trabalho desenvolvido – Estudo da Capabilidade .....	55

5.	Salão Internacional da Aeronáutica e do Espaço .....	61
5.1.	Stand do Grupo AEMI .....	63
5.2.	Stands dos Clientes – Peças maquinadas na MPV.....	64
6.	CONCLUSÃO .....	67
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	69

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Ciclos de maquinação (Sandvik Coromant, 2010).....	6
Figura 2.2: Coordenadas geométricas (Sandvik Coromant, 2010).....	7
Figura 2.3: Nomenclatura do Sistema de Eixos Lineares e Rotativos (Mastercam Tutorial, 2019).....	7
Figura 2.4: 3 Eixos Translação (X; Y; Z) + 2 Eixos Rotação (B e C), (Sandvik Coromant, 2010).....	8
Figura 2.5: 3 Eixos Translação (X; Y; Z) + 2 Eixos Rotação (A e C), (Sandvik Coromant, 2010).....	8
Figura 2.6: Evolução da temperatura com a velocidade de corte para diferentes materiais (Schulz, 1997).....	9
Figura 2.7: Vários parâmetros da velocidade de corte (Schulz, 1999).....	10
Figura 2.8: Os 3 tipos de Sistemas de Fixação (Mafepre, 2013).....	11
Figura 2.9: Sistema de fixação mecânica (Chocalheiro, 2012). ....	11
Figura 2.10: Sistema de fixação hidráulica (Chocalheiro, 2012). ....	12
Figura 2.11: Sistema de fixação térmica (Chocalheiro, 2012). ....	12
Figura 2.12: Sonda (Mendes, 2017). ....	13
Figura 2.13: Movimento da sonda em diferentes geometrias (Renishaw, 2014). ....	13
Figura 2.14: Capabilidade do processo (Voitto, 2018).....	14
Figura 2.15: Exemplo de um estudo da capabilidade do processo de uma cota (Voitto, 2018). ....	16
Figura 2.16: Representação gráfica dos intervalos do $C_p=[1;1,33]$ (Voitto, 2018). ....	17
Figura 2.17: Curvas da Capabilidade do processo (Voitto, 2018).....	17
Figura 2.18: Máquinas Tridimensional (NANO, 2006; MITUTOYO, 2010).....	18
Figura 2.19: Sistema Coordenado Tridimensional (Medição Tridimensional, 2012).....	19

Figura 3.1: Documentos: (a) Equipamento de proteção individual; (b) Equipas de primeiros socorros. ....	23
Figura 3.2: Documentos: (a) Plano de comunicação; (b) Diagnóstico interno de comunicação. ....	23
Figura 3.3: Resumo da análise geral do diagnóstico interno de comunicação. ....	24
Figura 3.4: Matéria-prima: (a) blocos; (b) barras; (FMS, 2017). ....	26
Figura 3.5: Ordem de Fabrico (OF). ....	26
Figura 3.6: Exemplo de uma encomenda, pela ordem de passagem de cada setor, nas várias fases. ....	27
Figura 3.7: (a) Sacas de plástico com bolhas de ar (Sandra Embalagens, 2019); (b) Embalagem individual da peça (caixa). ....	28
Figura 3.8: Calendarização da produção das máquinas. ....	29
Figura 3.9: As várias funções da Qualidade (Bomfim Cargas, 2012). ....	30
Figura 3.10: Dados de encomendas anteriores. ....	31
Figura 3.11: Maquinação. ....	36
Figura 3.12: Carrossel de troca de ferramentas automático das máquinas CNC. ....	36
Figura 3.13: Programação CAM. ....	37
Figura 3.14: Programação CAM. ....	37
Figura 3.15: Processo de Maquinação. ....	38
Figura 3.16: Reunião diária. ....	39
Figura 3.17: Reunião do setor do Acabamento. ....	40
Figura 3.18: Matéria-prima. ....	41
Figura 3.19: Máquinas de fixação térmica de ferramentas e equipamento de pré-ajuste de ferramentas. ....	42
Figura 3.20: (a) Primeiro aperto; (b) Segundo aperto. ....	43
Figura 3.21: Finalização do segundo aperto. ....	43

---

Figura 3.22: Mesa de trabalho. ....	44
Figura 3.23: Primeiro acabamento da peça. ....	44
Figura 3.24: Peça concluída.....	45
Figura 3.25: Controlo tridimensional da peça. ....	45
Figura 3.26: (a) Paquímetro e Micrómetro exterior; (b) Coluna. ....	46
Figura 3.27: (a) Escantilhão; (b) Calibres. ....	46
Figura 3.28: Projetor de Perfil. ....	47
Figura 3.29: Controlo Tridimensional.....	47
Figura 3.30: (a) Raspador; (b) Estilete; (Fruto de Arte, 2019).....	48
Figura 3.31: (a) Lixa; (b) Brocas; (c) Scotch; (Fruto de Arte, 2019). ....	48
Figura 3.32: Máquinas de lavar peças. ....	49
Figura 3.33: Engenhos de furas e roscar.....	49
Figura 3.34: Relatório de Série.....	50
Figura 3.35: Relatório dimensional. ....	51
Figura 3.36: Plano de Controlo final. ....	51
Figura 4.1: Máquinas do Projeto LEAP – MPV.....	53
Figura 4.2: LEAP (LEAP, 2017).....	54
Figura 4.3: SECALEAP (LEAP, 2017).....	54
Figura 4.4: Modelo Chassi Projeto LEAP - SIAE.....	55
Figura 4.5: Mesa de controlo da maquinação do projeto LEAP. ....	55
Figura 4.6: Zona onde é realizado o Controlo Final.....	56
Figura 4.7: Estudo da Capabilidade.....	57
Figura 4.8: Programa SGCEM desenvolvido.....	58
Figura 4.9: Ligação entre a folha de Excel e o relatório - SGCEM. ....	59

---

Figura 4.10: Transferência dos valores - SGCEM.....	59
Figura 4.11: Estudo da Capabilidade - SGCEM.....	60
Figura 5.1: Equipa da empresa MPV no <i>stand</i> do grupo AEMI.....	61
Figura 5.2: Salão Internacional da Aeronáutica e do Espaço (SIAE, 2019).....	61
Figura 5.3: Participação da formanda no evento.....	62
Figura 5.4: Apresentações aéreas (SIAE, 2019). ....	62
Figura 5.5: Exposição de peças maquinadas na MPV. ....	63
Figura 5.6: Produto exposto pela empresa AUXITROL WESTRON. ....	64
Figura 5.7: Produto exposto pela empresa SAFRAN. ....	64
Figura 5.8: Produto exposto pela empresa SAFRAN. ....	65
Figura 5.9: Produto exposto pela empresa SPI. ....	65
Figura 5.10: Produto exposto pela empresa SAFRAN – Projeto LEAP.....	66

**ÍNDICE DE TABELAS**

Tabela 3.1: Resumo das 27 peças do cliente E.....	32
Tabela 3.2: Resumo do estudo da capacidade.....	33
Tabela 3.3: Resumo do estudo da capacidade de uma das peças do cliente SF.....	34
Tabela 3.4: Resumo do estudo da capacidade de uma das peças do Cliente SG.....	34



## SIMBOLOGIA E ABREVIATURAS

### SIMBOLOGIA

$\sigma$  – Desvio Padrão

$\bar{X}$  – Média

mm – Milímetro

min - Minuto

### ABREVIATURAS

3D – Três Dimensões

RPM – Rotações Por Minuto

CAD – Computer Aided Design

CAM – Computer Aided Manufacturing

CNC – Computer Numeric Control

MPV – Mecânica de Precisão do Vez Unipessoal, Lda.

AEMI – Grupo das 4 empresas

AGB – Atelier Guichene B.

AGBI – Atelier Guichene B. International

AGBM – Atelier Guichene B. Maroc

HSM – High Speed Machining

HSK – HohlSchafftKegel

CEP – Controlo Estatístico de Processos

CP – Capabilidade do Processo

CPK – Capabilidade Real do Processo

LIE – Limite Inferior de Especificação

LSE – Limite Superior de Especificação

MMC – Máquina de Medição por Coordenadas

X3 – Software do Grupo AEMI

A0 – Referência Interna

OF – Ordem de Fabrico

FI – Ficha de Identificação

FAI – Reveu Premier Article

KC – Key Characteristics

TP – Tempo de Preparação

TU – Tempo de Maquinação

TT – Tempo de Troca

FAC – Ficha de Auto-Controlo

RM – Relatório de Dimensional

RS – Relatório de Série

PCF – Plano de Controlo Final

RAC – Relatório de Auto-Controlo

FI – Ficha de Instrução

TS – Subcontratado

LEAP – Grupo de Aviação Internacional

SECALEAP – Serviços Aeronáuticos LTDA

SGCEM – Sistema de Gerenciamento e Controlo de Exames Militares

SIAE – Salon International de L’Aéronautique et de L’Espace

GIFAS – Groupement des Industries Françaises Aéronautiques et Spatiales

## 1. INTRODUÇÃO

Maquinação é um termo que se refere ao processo mecânico de transformar uma peça bruta em um objeto que exerça uma função essencial, ou seja, é um procedimento cujo objetivo é dar forma a uma matéria-prima através da remoção de material (aparas) por meio de máquinas ou ferramentas.

As operações de maquinagem são substancialmente utilizadas na indústria aeronáutica, principalmente devido à dimensão reduzida dos lotes de fabrico, mas também devido à dificuldade de se obterem peças por deformação plástica nas ligas de alumínio aeronáutico de elevada resistência mecânica. Deste modo, a obtenção de componentes, estruturais ou não estruturais é feita através de operações de maquinagem. Devido à complexidade desses componentes, não faz sentido, nem seria rentável, a sua obtenção por operações em máquinas convencionais. Assim sendo, a utilização de centros de maquinagem de comando numérico e *softwares* de CAM são essenciais.

Atendendo ao interesse por esta área, optou-se por realizar um estágio curricular, no âmbito do Mestrado em Engenharia Mecânica, especialização em Construção e Manutenção de Equipamentos Mecânicos, na empresa Mecânica de precisão do Vez (MPV), que tem como principal atividade a maquinação de peças destinadas maioritariamente à indústria aeronáutica.

### 1.1 A empresa MPV – Mecânica de Precisão do Vez Unipessoal, Lda

A empresa MPV pertence ao Grupo AEMI. Este Grupo iniciou-se com o nome de AGB em França no ano de 1980. O grupo AGB ao longo dos anos foi-se alargando por diversos países. Em 2001 foi criada a MPV em Portugal, em 2007 a AGBI na Tunísia e em 2013 AGBM em Marrocos.

A MPV é uma empresa metalúrgica que tem como atividade principal a maquinação de peças mecânicas, principalmente em alumínio, mas também em aço, titânio, matérias plásticas, peças fundidas, entre outras. A MPV é provida de máquinas com centros de maquinagem verticais e horizontais de 3, 4 e 5 eixos, direcionados maioritariamente para a fresagem.

A empresa produz peças para determinados setores, tais como: Defesa, Aeronáutica, Espacial, Medicinal, Máquinas especializadas e Telecomunicações.

Ao contrário de outras empresas de maquinação destinadas à indústria, a MPV não produz grandes séries, mas sim pequenas séries, conforme os pedidos dos clientes. Conclui-se assim que, é incomum produzirem a mesma peça no espaço de 5 dias.

A empresa é (sub) dividida em vários sectores: (1) Direção; (2) Recursos Humanos; (3) Administrativo e Financeiro; (4) Logística (Receção e Embalagem); (5) Compras; (6) Programação e Métodos; (7) Qualidade; (7.1) Controlo de Produção; (7.2) Controlo da Qualidade; (8) Produção; (8.1) Apoio a produção; (8.2) Maquinação; (8.3) Manutenção; (8.4) Acabamento; e (8.5) Projeto LEAP.

## **1.2 Objetivos do estágio**

O presente estágio curricular tem como objetivo aprofundar e consolidar a formação adquirida no Mestrado em Engenharia Mecânica e aplicá-la em contexto de trabalho para ganhar mais conhecimentos a nível prático, através da integração nas atividades da empresa MPV, em particular na vertente de maquinação de peças mecânicas e controlo das mesmas.

Com a colaboração da empresa realizou-se um plano trabalho com os seguintes objetivos:

- Adquirir um conhecimento geral da atividade da empresa e conhecer as principais funções de cada setor;
- Conhecer as várias fases de uma encomenda desde à orçamentação, receção e preparação da encomenda, produção da encomenda e verificação da sua conformidade, percorrendo todos os sectores da empresa;
- Acompanhar uma encomenda específica desde ao seu projeto em CAD/CAM à sua produção (torneamento, fresagem, acabamentos) e controlo de qualidade;
- Desenvolver algumas tarefas, específicas a determinados sectores, propostas pelos responsáveis/ colaboradores desses sectores;
- Realização do estudo da capacidade de várias peças com o objetivo de reduzir o tempo de controlo final das mesmas.

## **1.3 Estrutura do Relatório**

Este relatório está estruturado de acordo com os principais objetivos e encontra-se dividido em seis capítulos.

Neste capítulo 1 é apresentada a principal motivação que levou à realização de um estágio curricular e quais os seus principais objetivos. É também feita uma breve descrição da empresa e é descrita a estrutura global do relatório.

No capítulo 2 é apresentado o enquadramento teórico dos principais trabalhos desenvolvidos durante o estágio. Numa primeira parte são apresentados conteúdos teóricos relacionados com a maquinação desde os ciclos de maquinação até à montagem de ferramentas. Numa segunda parte é definido o conceito de capacidade de processo e descritos os procedimentos de cálculo e implicações dos resultados obtidos. E por último, é feita uma breve descrição do controlo tridimensional e de como se realiza.

O Capítulo 3 está organizado de acordo com os vários setores por onde a formanda passou. Em cada subcapítulo é descrito o funcionamento do setor correspondente, consoante a aprendizagem obtida durante o estágio curricular. Nos setores em que foram desenvolvidos trabalhos, nos subcapítulos correspondentes, foi adicionada uma subsecção com a descrição desses trabalhos. Na subsecção 3.3.1 é apresentado o estudo da capacidade de processo realizado no setor da Qualidade e que serviu de base para o principal trabalho desenvolvido no Projeto LEAP (subcapítulo 4.2). Nas subsecções 3.2.1 e 3.6.1 deste capítulo são também apresentados outros trabalhos que foram desenvolvidos no setor da Logística e no setor da Maquinação.

Optou-se por apresentar separadamente, no capítulo 4, o trabalho que se considerou ser mais relevante, tanto para a empresa como para o estágio curricular e que foi desenvolvido no âmbito do Projeto LEAP. Neste capítulo está descrito o estudo da capacidade de quatro peças diferentes e são descritas as principais alterações a nível do controlo de qualidade das peças, que foram conseguidas após apresentação dos resultados ao cliente.

No capítulo 5 é feito um breve resumo sobre a participação, enquanto estagiária da MPV, no Salão Internacional da Aeronáutica e do Espaço, que decorreu em Paris, em junho 2019.

Por fim, no capítulo 6 são apresentadas as principais conclusões retidas deste relatório e do período de estágio.



## **2. Enquadramento Teórico das Atividades Desenvolvidas Durante o Estágio Curricular**

O estágio curricular, como já foi referido anteriormente, teve como objetivo a passagem por todos os setores da empresa, com o intuito de aprender como funciona todo o processo de uma encomenda. Ao longo dessa passagem foram desenvolvidos vários trabalhos, que contribuíram positivamente para empresa, mas também para a formanda. Em determinados setores foi necessário ter um conhecimento de certos conceitos teóricos, para o desenvolvimento dos trabalhos propostos.

No subcapítulo da Maquinação é descrito determinados conceitos de modo a entender, muito resumidamente, como funciona a maquinação. Este subcapítulo é importante, pois é através das máquinas de controlo numérico que conseguimos obter uma peça com determinadas características e especificações. Cada vez mais a precisão é importante na maquinação de peças, o controlo da qualidade é cada vez maior e exigente, devido a isso houve uma necessidade de produzir algo que conseguisse ler determinadas dimensões que o ser humano não consegue medir. Desta forma, foram desenvolvidas máquinas de controlo tridimensional. Com esta máquina consegue-se medir cotas dimensionais com tolerâncias muito pequenas, e ainda medir cotas geométricas (a máquina de controlo tridimensional realiza os cálculos necessários de modo a obter a cota geométrica pretendida). Assim sendo, temos métodos suficientes e eficazes para produzir peças cada vez mais complexas e precisas. Por consequência, os clientes são mais rigorosos no controlo de qualidade, ou seja, exigem um maior controlo de cotas. Assim, surge a necessidade de realizar estudos de capacidade do processo, que tem como objetivo diminuir o tempo de controlo de qualidade.

Estes conceitos teóricos foram os selecionados para descrever neste capítulo, pois são os temas com mais relevância e proferidos ao longo do relatório, no capítulo 3.

### **2.1. Maquinação**

O aparecimento das máquinas de controlo numérico teve um papel fundamental no desenvolvimento da indústria. Com o computador aplicado às máquinas convencionais ganhou-se capacidade de execução, em que o controlo direto dos movimentos e deslocamentos pelo operador foi substituído por um controlo automático, e a possibilidade de produzir peças cada vez mais complexas. Isto permite maior produtividade, rapidez e qualidade, com menor custo.

Devido à dimensão reduzida dos lotes de fabrico que se verifica na indústria aeronáutica, torna-se lógico o fabrico dos variados componentes por operações de maquinação. As operações de maquinação permitem, por remoção sucessiva de material sob a forma de aparas, obter peças cuja geometria é complexa, com bom acabamento superficial e boas tolerâncias dimensionais.

Devido à complexidade típica das peças aeronáuticas, é comum a utilização de *softwares* de CAM, que por sua vez, permitem fabricar essas peças recorrendo a programação gráfica e intuitiva, gerando um código que as máquinas ferramenta de comando numérico consigam ler e executar.

Para reproduzir as geometrias 3D, na maioria dos casos é necessário utilizar ciclos de desbaste, em seguida, nalguns casos, ciclos de semi-acabamento, e por fim ciclos de acabamento, tal como mostra a Figura 2.1.

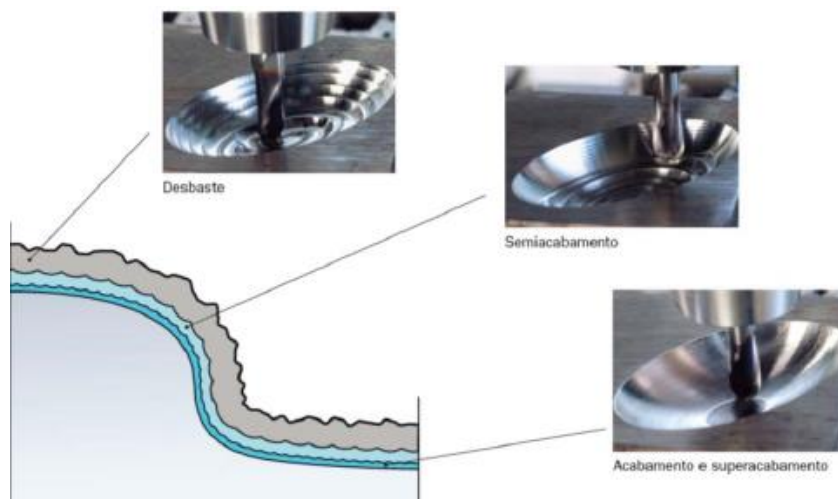


Figura 2.1: Ciclos de maquinação (Sandvik Coromant, 2010).

Os ciclos de desbaste têm como objetivo remover um volume considerável de aparas, sendo obtida apenas uma aproximação grosseira à geometria que se pretende reproduzir. Nos ciclos de semi-acabamento, é efetuada uma aproximação à geometria final. Por fim, nos ciclos de acabamento, a camada de material removida é mínima, pois têm como finalidade obter a geometria final e com o melhor acabamento possível.

As máquinas-ferramentas Controlado Numérico Computorizado (CNC) são usadas em diversas indústrias. Estas máquinas, como já foi referido, vieram possibilitar o fabrico de peças com geometrias mais complexas e de variadas formas, com uma maior precisão e melhores acabamentos. Os centros de maquinação de 3 eixos são os mais comuns, e os centros de

maquinagem de 5 eixos os mais avançados, do ponto de vista de complexidade da geometria dos componentes mecânicos produzidos (Figura 2.2).

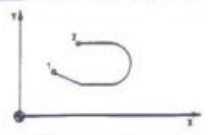

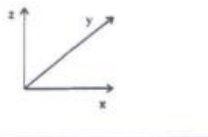
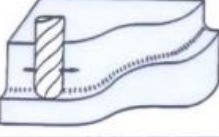
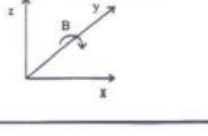
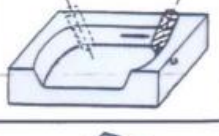
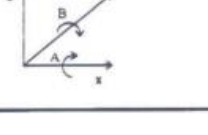

Tipo de comando/ eixos	Plano	Perspectiva
2 ½ D		
3 D		
4 D		
5 D		

Figura 2.2: Coordenadas geométricas (Sandvik Coromant, 2010).

De forma a perceber os graus de liberdade duma máquina CNC, é necessário conhecer a terminologia básica dos eixos de maquinagem. Numa fresadora de 3 eixos, os eixos lineares que as definem são habitualmente designados por X, Y e Z. No caso da fresadora de 5 eixos, é necessário introduzir 2 eixos rotativos adicionais. Estes eixos rodam sobre dois dos três eixos lineares principais, tal como está ilustrado na Figura 2.3. O eixo que roda em torno do eixo X é designado de eixo A; o que roda em torno do eixo Y é designado de eixo B; e o eixo que roda em torno do eixo Z é designado por C.

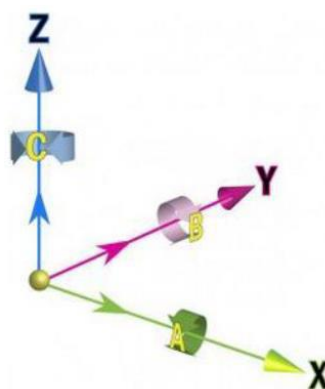


Figura 2.3: Nomenclatura do Sistema de Eixos Lineares e Rotativos (Mastercam Tutorial, 2019).

O sistema de rotação dos eixos A, B e C podem ser na árvore, ou na mesa. A árvore, neste caso, permite realizar a rotação da ferramenta numa fresadora, a ferramenta está acoplada na árvore. No entanto, a mesa é uma base que serve para segurar a matéria-prima.

Como se pode observar na Figura 2.4, o eixo de rotação B está localizado na árvore, enquanto o eixo de rotação C encontra-se na mesa. Os componentes de grande dimensão têm uma melhor produção em máquinas que contêm um eixo de rotação na árvore.

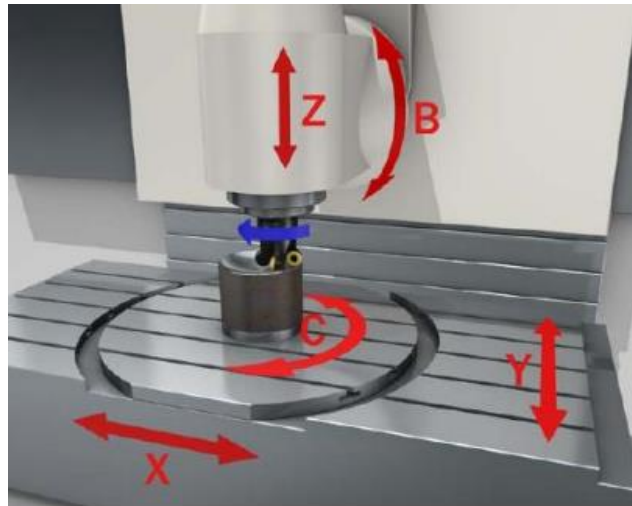


Figura 2.4: 3 Eixos Translação (X; Y; Z) + 2 Eixos Rotação (B e C), (Sandvik Coromant, 2010).

No caso da Figura 2.5, ambos os eixos de rotação são acionados na mesa. As máquinas com esta última configuração estão direcionadas para o fabrico de componentes de pequena ou média dimensão.

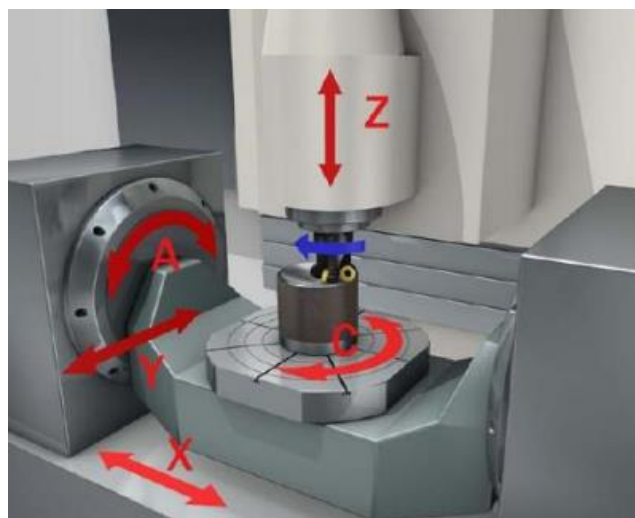


Figura 2.5: 3 Eixos Translação (X; Y; Z) + 2 Eixos Rotação (A e C), (Sandvik Coromant, 2010).

### 2.1.1. Maquinação a Alta Velocidade

A designação de maquinagem a alta velocidade surge normalmente na literatura da especialidade na sua forma internacionalmente conhecida: *High Speed Machining* (HSM). Em Portugal, são utilizadas as seguintes designações: Maquinagem a Alta Velocidade e Fresagem a Alta Velocidade.

Na maquinagem de alta velocidade, devido à alta velocidade, são atingidas temperaturas elevadas o que pode alterar as características do material, daí a necessidade da utilização de um fluido de lubrificação, no intuito de minimizar o aumento da temperatura.

Salomon (1931), pioneiro no estudo desta tecnologia, realizou ensaios de maquinagem em aços e ligas não ferrosas, utilizando as seguintes velocidades de corte (m/min): 440 (aço), 1600 (bronze), 2480 (cobre), 16500 (alumínio).

Dos trabalhos realizados por Salomon o principal resultado foi a verificação de que acima de determinada velocidade de corte, as temperaturas de corte começavam a diminuir. Contudo, os dados experimentais até agora obtidos, não permitem definir com clareza os limites de velocidade de corte, a partir dos quais se verifica essa redução de temperatura. O gráfico da Figura 2.6. é um dos mais divulgados relativamente à evolução das temperaturas no processo de maquinagem.

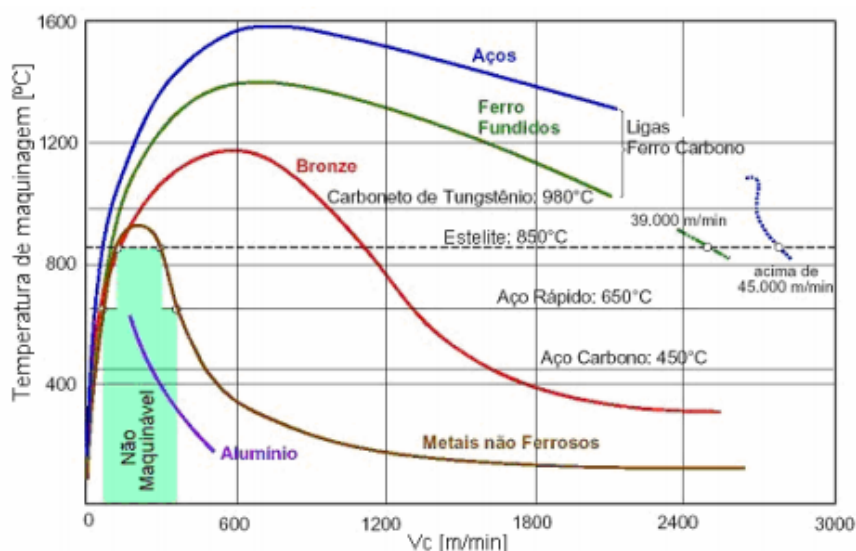


Figura 2.6: Evolução da temperatura com a velocidade de corte para diferentes materiais (Schulz, 1997).

A maquinação a alta velocidade caracteriza-se por uma elevada velocidade de corte e por uma elevada velocidade de avanço da ferramenta. No entanto, os valores elevados para os parâmetros de corte estão condicionados pelo tipo de operação, pela geometria da peça e pelo material a maquinar.

Como se pode observar no gráfico da Figura 2.7, a maquinação a alta velocidade de corte contém vantagens e desvantagens. As suas vantagens são: elevada velocidade de corte e avanço; redução do calor gerado ao longo da operação; melhoria da qualidade superficial das superfícies maquinadas; e maior taxa de remoção de aparas. As suas desvantagens são: redução das forças de corte; e uma diminuição da vida da ferramenta.

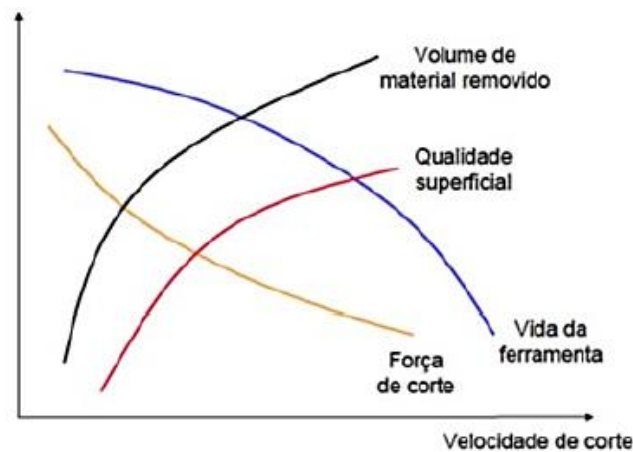


Figura 2.7: Vários parâmetros da velocidade de corte (Schulz, 1999).

As Máquinas Ferramentas de HSM distinguem-se das máquinas convencionais CNC, por algumas características, tais como, velocidade de avanço e rotação da árvore.

Estas máquinas para trabalhar a alta velocidade devem satisfazer os seguintes requisitos: conter uma rigidez e estabilidade elevada; a árvore deve estar equilibrada com precisão e o acionamento não deve ter vibrações; as massas móveis devem ser reduzidas; os dispositivos de extração de aparas eficazes; e umas condições de segurança elevadas para o operador.

Para poder maquinar a alta velocidade de rotação foram desenvolvidos sistemas de fixação das ferramentas à máquina ferramenta. A escolha dos dispositivos de fixação é feita tendo em conta a rigidez, em termos de binário e flexão, e ainda o batimento radial.

Os fabricantes oferecem três tipos distintos de fixação: a fixação mecânica, fixação hidráulica e fixação térmica.



Sistema de Fixação Mecânica

Sistema de Fixação Hidráulica

Sistema de Fixação Térmica

Figura 2.8: Os 3 tipos de Sistemas de Fixação (Mafepre, 2013).

Os primeiros porta-ferramentas a surgir foram os de fixação mecânica. Estes funcionam através de um sistema de pinças no seu interior, que vão estar em contacto com a ferramenta. Para fixar a ferramenta ao cone, é necessário apertar a porca da pinça. Esta tecnologia é a mais barata das três descritas. Este sistema de fixação é semelhante ao hidráulico, mas neste caso a expansão é conseguida através de meios mecânicos em vez de um fluido. A fixação mecânica permite velocidades de rotação até às 12000 RPM. Uma desvantagem é, o risco de desaperto da ferramenta, que pode causar um mau acabamento superficial e, em casos extremos, a ferramenta pode partir e/ou pode danificar a peça que está a maquinar.



Figura 2.9: Sistema de fixação mecânica (Chocalheiro, 2012).

O sistema de fixação hidráulico consiste em ter na região de encaixe da ferramenta ao cone uma câmara vedada preenchida com óleo. A fixação da ferramenta acontece quando se rosca um parafuso que se encontra no corpo do porta-ferramentas. Ao ser roscado, este parafuso pressiona o óleo contra as paredes da câmara, aumentando assim a pressão. O óleo só se poderá expandir na região da ferramenta (idêntico a uma pinça). Deste modo o óleo expandido vai fixar uniformemente a ferramenta ao porta-ferramentas. Para se soltar a ferramenta, desenrosca-se o

parafuso. Este sistema tem a particularidade de absorver melhor as vibrações provenientes da maquinação. A fixação hidráulica permite velocidades de rotação até às 25000 RPM.



Figura 2.10: Sistema de fixação hidráulica (Chocalheiro, 2012).

Os porta-ferramentas de fixação térmica têm como objetivo, em teoria, transformar o conjunto ferramenta/ porta-ferramentas num corpo único. De modo a fazer esta ligação, o cone do porta-ferramentas é aquecido numa máquina própria para o efeito (em condições térmicas pré-estabelecidas) e, aproveitando o coeficiente de dilatação térmica do material do cone, o furo onde encaixa a ferramenta expande. A ferramenta (à temperatura ambiente) é então inserida neste furo e arrefece-se de seguida o conjunto, fixando-se assim os dois elementos.



Figura 2.11: Sistema de fixação térmica (Chocalheiro, 2012).

### 2.1.2. Sondas - Apalpadores de Contato

Os sistemas de sondas utilizados em máquinas-ferramentas CNC são acessórios que têm como principal função ajudar o operador a realizar determinadas tarefas, como por exemplo, executar a medição das ferramentas, determinar o zero peça, verificar o alinhamento, e efetuar a medição e inspeção de coordenadas e dimensões.

As sondas funcionam do seguinte modo, após o contacto da ponteira da sonda com a peça, que está montada na mesa da máquina, a sonda envia um sinal para o controlador. Nesse instante, automaticamente o controlador da máquina memoriza e regista a posição identificada pelos *encoders* dos diferentes eixos. O envio do sinal da sonda para o controlador pode ser por cabo elétrico ou por um sistema sem fios (wireless).



Figura 2.12: Sonda (Mendes, 2017).

Conforme a geometria da peça é definido o número mínimo de pontos que a sonda tem que realizar, de modo a que a descrição da geometria da peça chegue o mais correto possível ao processador da máquina. Como se pode observar na Figura 2.13, contém várias geometrias, ou seja, realiza-se o contacto da sonda com a peça em vários pontos, de modo a transmitir toda a geometria da peça para o processador.

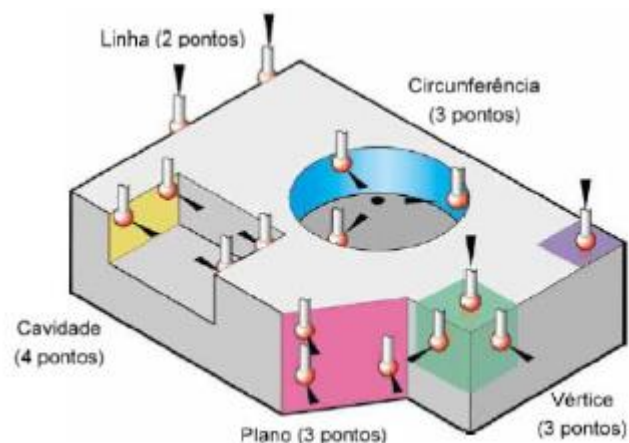


Figura 2.13: Movimento da sonda em diferentes geometrias (Renishaw, 2014).

## 2.2. Capabilidade do processo

Na produção de peças é necessário verificar a conformidade das mesmas, isto é, tem que ser medido diversas cotas de uma peça, no sentido de verificar se a peça se encontra dentro do intervalo admissível estipulado pelo cliente.

O estudo da capacidade do processo tem por objetivo, com base num histórico do número de peças já produzidas, determinar quais as cotas que historicamente estão dentro dos valores estipulados. Deste modo, pode haver uma diminuição do número de cotas que têm que ser verificadas. Tem por vantagem a diminuição do tempo necessário à realização do controlo da qualidade.

A capacidade do processo é a capacidade de se gerar produtos dentro de um intervalo de especificação definido pela empresa ou pelo cliente. O estudo de capacidade do processo é realizado de modo a comparar o intervalo característico, que mostra como ele se comporta na prática, com o intervalo de especificação, dado pelo limite inferior e o limite superior (tolerância das cotas). Para apresentar uma boa capacidade, o processo deve estar dentro dos limites de controlo, assim como mostra na Figura 2.14.

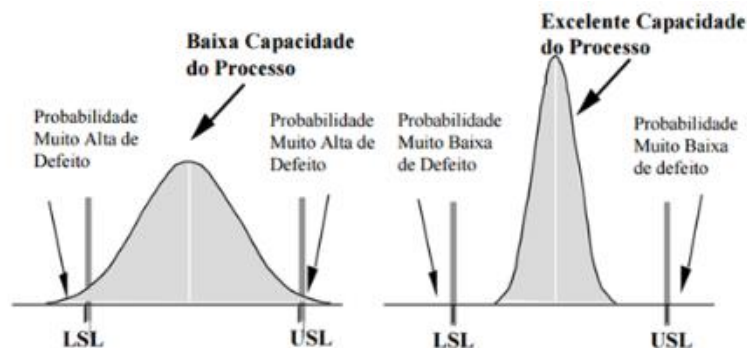


Figura 2.14: Capabilidade do processo (Voitto, 2018).

Uma das perspetivas da análise resultante do Capabilidade Específica do Processo (CEP) é o quanto a capacidade e a capabilidade do processo produtivo é eficaz. A capacidade do processo (CP) procura medir o potencial da capacidade do processo, no entanto a capacidade (CPK) mostra o real desempenho do processo.

Ser exato é permanecer no alvo, porém, pode existir na mesma dispersão dos dados. Ser preciso é a capacidade de atingir com permanência resultados muito próximos um do outro.

A capacidade mede a precisão da capacidade potencial obtida apenas nos níveis de variação. Já a capacidade vai um pouco além, representa a capacidade real do processo de permanecer exato e também preciso.

Na prática, a capacidade do processo é dada em função de um grupo de índices de capacidade que avaliam o quanto o processo está apto a atender às necessidades e expectativas do cliente, como se pode observar de seguida.

O  $C_p$  compara a tolerância específica com a variação potencial do processo.

$$C_p = \frac{LSE - LIE}{6\sigma} = \frac{\text{variação permitida dentro das especificações}}{\text{variação esperada do processo}} \quad (1)$$

Este descreve a relação entre o espaço disponível para variação de acordo com as especificações e o espaço ocupado pela variação do processo.

Para caracterizar a localização do processo utiliza-se o  $C_{pk}$ , que avalia a distância média do processo com a especificação mais próxima da mesma.

$$C_{pk} = \frac{\min((\bar{X} - LIE), (LSE - \bar{X}))}{3\sigma} \quad (2)$$

Quando o processo trabalha centrado no nominal (alvo da especificação), os dois índices ( $C_p$  e  $C_{pk}$ ) terão o mesmo valor, ou valores muito próximos. A medida que a média do processo se desvia do nominal, o  $C_{pk}$  vai ficando menor que o  $C_p$ .

A interpretação dos valores do  $C_p$  e  $C_{pk}$  depende do processo estar sob ou fora de controlo estatístico:

- Se o processo está sob controlo, o  $C_p$  e o  $C_{pk}$  representam a capacidade real do processo – como se comportou no passado e o que se espera que continue a fazer no futuro;
- Se o processo é imprevisível, ou fora de controlo, o  $C_p$  e  $C_{pk}$  não são representativos.

Na Figura 2.15 está representado um gráfico do estudo da capacidade do processo de uma cota. O gráfico identifica o limite inferior de especificação (LIE), o limite superior de especificação (LSE), a média ( $\bar{X}$ ) e o desvio padrão ( $\sigma$ ).

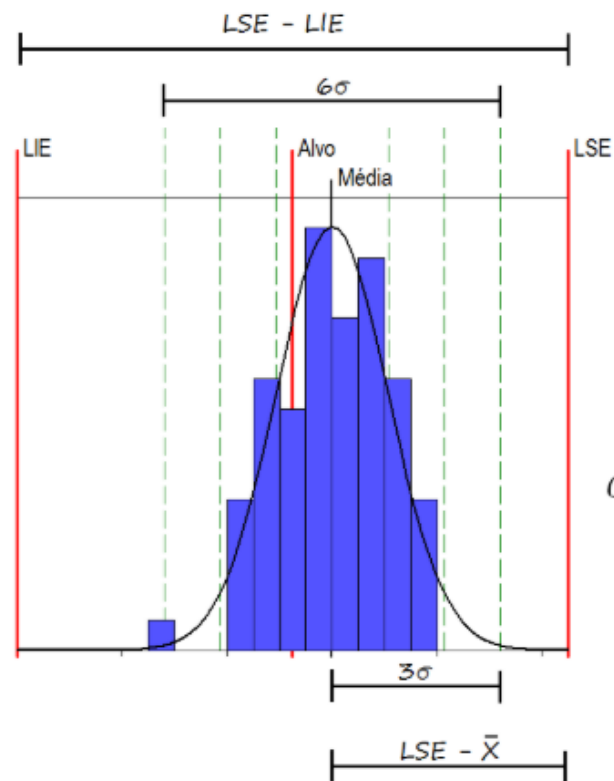


Figura 2.15: Exemplo de um estudo da capacidade do processo de uma cota (Voitto, 2018).

O processo seis sigma é aquele que admite uma variação de até 6 desvios padrão em relação à média antes de alcançar os limites de especificação definidos pelo cliente, ou seja é um processo cujo  $C_{pk}$  é igual a 2. Se a empresa trabalhar com um  $C_{pk}$  igual a 1,33, pode-se dizer que o processo é de 4 sigma. No entanto, se trabalhar nos limites do  $C_{pk}$  igual a 1, o processo será de 3 sigma.

Através da análise da capacidade, pode-se concluir que:

- Se  $C_p = C_{pk}$  - o processo está centrado;
- Se  $C_{pk} < C_p$  - o processo está descentrado.

O processo pode-se designar como apto quando os 6 desvios padrão (99,74%) ou mais do seu processo se encontram entre determinados limites ( $C_p$  e  $C_{pk} \geq 1$ ), mesmo que não esteja completamente centrado.

Na indústria, geralmente o valor exigido para  $C_p$  e  $C_{pk}$  é  $\geq 1,33$ .

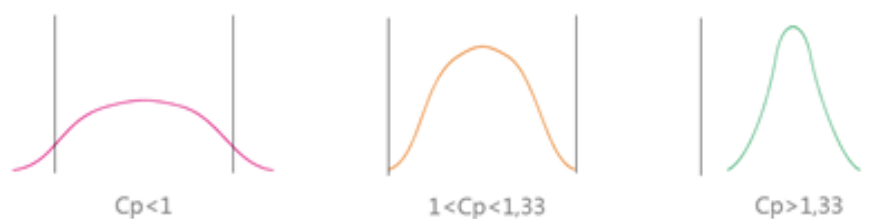


Figura 2.16: Representação gráfica dos intervalos do  $C_p=[1;1,33]$  (Voitto, 2018).

Como se pode observar na Figura 2.16, quanto mais estreita é curva do gráfico, maiores são os índices de  $C_p$  e  $C_{pk}$ , e menores são as variações, o que permite concluir que o processo será classificado como válido.

Caso o processo obtenha resultados de um  $C_p$  e um  $C_{pk}$  baixo, apesar de a distribuição ser centrada, a variação vai ultrapassar os limites de especificação e o processo será classificado como inválido (Figura 2.17 (a)).

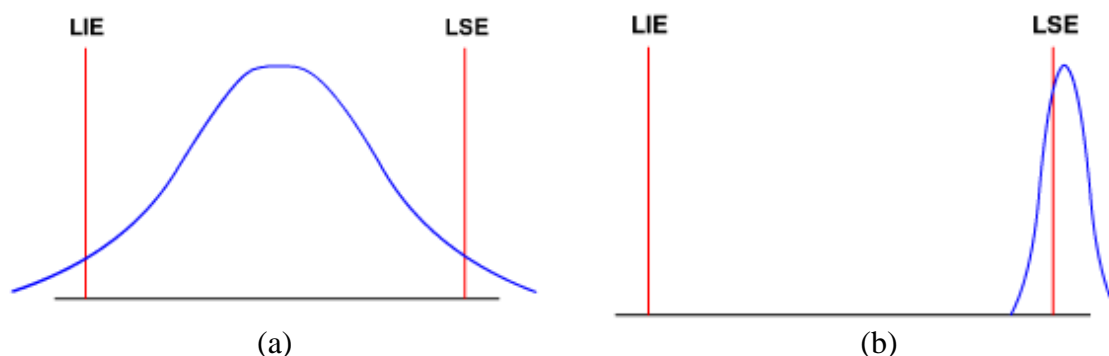


Figura 2.17: Curvas da Capabilidade do processo (Voitto, 2018).

No caso de se obter um bom resultado no  $C_p$  e um baixo resultado no  $C_{pk}$ , apesar de haver pouca variação em relação à faixa dos limites de especificação, a distribuição não está centrada. Ou seja, o processo será classificado inválido (Figura 2.17 (b)).

Pode-se assim concluir que, ao analisar a capacidade do processo, é necessário que o processo esteja centrado e apresente baixa variação em relação aos limites de especificação para ser considerado um processo válido.

### 2.3. Controlo Tridimensional

A medição tridimensional é um dos métodos de controlo de qualidade. É o procedimento mais eficaz de verificar os aspetos dimensionais no que se refere à forma, tamanho e posição geométrica de um protótipo, a fim de minimizar erros durante a sua produção.

A medição tridimensional engloba todos os aspetos de medição, que antes eram verificados a partir da medição convencional, que utiliza ferramentas estabelecidas para cada objetivo de análise e verificação. Nesse sentido, optar pela medição tridimensional traz inúmeros benefícios, como o aumento de precisão, economia de tempo e facilidade de operação, de forma a proporcionar resultados mais assertivos a partir de máquinas equipadas com sensores e sistemas de processamento de dados.

O projeto de novas máquinas exige níveis de perfeição cada vez mais elevados, tanto no aspeto dimensional, como no que se refere à forma e à posição geométrica dos seus componentes. A indústria vem incorporar recursos de fabricação cada vez mais sofisticados, rápidos e eficientes. Dentro dessa realidade dinâmica, surgiu a técnica de medição tridimensional, que possibilitou um trabalho de medição antes impossível por meios convencionais ou, então, feito somente com grande esforço técnico e/ ou com grande gasto de tempo.



Figura 2.18: Máquinas Tridimensional (NANO, 2006; MITUTOYO, 2010).

Num projeto mecânico, as especificações de forma, tamanho e posição estão contidas num sistema de coordenação tridimensional. Entre as especificações encontram-se diâmetros, ângulos, distâncias entre planos, perpendicularidade, concentricidade, paralelismo, entre outras. Para cada item requerido deve-se procurar um meio de verificação. Por isso, para medir uma peça, torna-se necessário conter diversas ferramentas de medição, e cada uma possui o seu erro, conforme a norma de fabricação.

A definição dimensional de uma peça é feita geometricamente no espaço tridimensional. Esse espaço é caracterizado por três eixos perpendiculares entre si – chamados X, Y, Z – e que definem um sistema coordenado de três dimensões. Assim, um ponto no espaço é projetado no plano de referência, onde se definem duas coordenadas (X, Y) e a terceira corresponde à altura perpendicular a esse plano (Z).

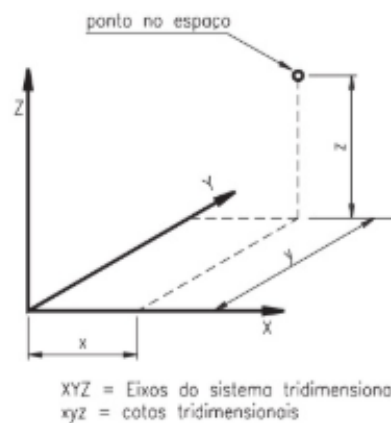


Figura 2.19: Sistema Coordenado Tridimensional (Medição Tridimensional, 2012).

Quando acoplado à Máquina de Medição por Coordenadas (MMC), o computador recebe os sinais eletrônicos que definem as três coordenadas de um ou mais pontos no espaço e, com elas, efetua cálculos matemáticos de acordo com instruções gravadas em seu programa de medição. Esse programa é elaborado pelo fabricante. Cabe ao operador determinar a sequência de medição que seja a mais conveniente, com a diferença de que, neste caso, os dados para cálculo são entregues diretamente pelo sensor que está em contato com a peça. O computador processará essas informações, mostrando no computador as dimensões da peça.

A técnica de medição tridimensional com auxílio de computador oferece uma série de benefícios:

- Grande redução do tempo de medição e de cálculos, especialmente em peças de geometria complexa;
- O sistema dispensa totalmente as operações de posicionamento físico da peça em relação ao sistema coordenado;
- A operação pode ser feita por qualquer pessoa que tenha conhecimentos básicos de metrologia, após formação dada pelo fabricante quanto à utilização do *software* de medição;
- Aumento da exatidão da medição, pois o sistema dispensa não somente uma grande quantidade de instrumentos de medição como também a movimentação da peça no desempenho, e realiza a medição com uma pressão de contato constante.
- No caso de sistemas CNC, obtém-se maior exatidão final pois, com a movimentação automática, a interferência humana fica reduzida ao mínimo.



### 3. Atividades Desenvolvidas Durante o Estágio Curricular

Neste capítulo são descritas as funções mais relevantes dos vários setores que foram percorridos durante estágio e os trabalhos desenvolvidos em cada um deles. O capítulo está estruturado pela ordem de passagem de uma encomenda, pelos diversos setores da empresa.

Como já foi referido no primeiro capítulo, um dos objetivos do estágio foi passar por todos os setores da empresa de forma a compreender e conhecer cada um dos setores, e como estes interagem entre eles até ao produto final. Daí, no início de cada secção ser feita uma descrição de cada setor.

O setor da Qualidade (3.3) e o setor do Projeto LEAP (4) foram os setores mais marcantes, nos quais foram desenvolvidos os principais trabalhos do estágio, e que também foram importantes para a empresa, nomeadamente o estudo da capacidade de várias peças. No setor da Logística (3.2) e no setor da Maquinação (3.6) também foram desenvolvidos trabalhos importantes. No setor da Logística o trabalho desenvolvido contribuiu para a melhoria da organização da empresa. Enquanto que, no setor da Maquinação colocou-se em prática alguns dos conceitos estudados no curso de Engenharia Mecânica, aquando da produção de diferentes peças.

A passagem nos restantes setores traduziu-se na realização de pequenos trabalhos, na execução de tarefas como colaboradora da empresa e nalguns casos resumiu-se à aprendizagem de como funciona o setor. No setor dos Recursos Humanos (3.1) foram desenvolvidos procedimentos que contribuíram de uma forma positiva aquando da realização da auditoria na empresa. No setor do Controlo de Produção (3.7), no setor do Acabamento (3.8) e no setor do Controlo de Qualidade (3.9), após ter sido apresentado o funcionamento do setor, foram realizadas um conjunto de tarefas tipicamente desenvolvidas pelos colaboradores da empresa. Contudo, o objetivo da passagem pelo setor de Programação/ Métodos e do setor de Produção resumiu-se a compreender as funções do setor, através do acompanhamento dos colaboradores na realização das suas tarefas.

Ao longo do estágio foi também necessário aprender a trabalhar com um *software* que é utilizado pelos diversos setores da empresa. O *software* X3 é o *software* utilizado pelo Grupo AEMI que faz ligação entre as várias empresas do grupo e entre os vários setores de cada empresa. Com base na referência interna da peça ou na referência do cliente é possível saber o que cada empresa está a produzir. Por outro lado, dentro de cada empresa, o *software* X3 dá acesso a toda a informação associada às encomendas, quer as finalizadas como as que estão em fase de produção. No *software* é possível consultar qual a matéria utilizada, o processo de

maquinação, as exigências do cliente, as datas e tempos de todas as fases da encomenda, entre outros.

### **3.1. Setor dos Recursos Humanos**

O estágio curricular iniciou-se neste setor, com o objetivo de possibilitar uma integração geral com todos os colaboradores da empresa. Para o efeito, foram propostos inúmeros trabalhos onde houvesse a necessidade de comunicar com todos os colaboradores da empresa.

No arranque do estágio, decorria um processo de preparação para uma auditoria, o que permitiu perceber o nível de exigência associada ao processo. O objetivo é certificar que está tudo conforme.

Neste setor, os trabalhos desenvolvidos consistiram na elaboração de documentos que à data do estágio eram inexistentes e que são obrigatórios nas empresas, daí a importância da sua existência aquando da auditoria.

Os documentos elaborados foram:

- Execução de um documento para a campanha de sensibilização “Equipamentos de Proteção Individual”;
- Conceção de um documento com os colaboradores que em 2013 tiveram uma formação de primeiros socorros – “Equipa de Primeiros Socorros” – dispostos por setor;
- Idealização de um Plano de Comunicação;
- Elaboração de um questionário “Diagnóstico Interno de Comunicação”, análise e conclusão dos resultados.

Os documentos apesar de serem só de carácter informativo, a sua existência é obrigatória.

Os dois primeiros documentos - Equipamentos de Proteção Individual e Equipa de Primeiros Socorros - devem estar afixados em cada setor da empresa. O primeiro, Figura 3.1 (a), descreve quais são os equipamentos de proteção individual e a sua importância no uso dos mesmos no local de trabalho. O segundo documento, Figura 3.1 (b), informa quais as pessoas que contém uma formação de primeiros socorros. Deste modo, em cada setor foi afixado um documento onde informa as pessoas que poderão ajudar em caso de necessidade.

**Equipamento de Proteção Individual**

<p><b>Sapatos de Segurança</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Proteção dos pés contra cortes, perfuração e esmagamento dos dedos;</li> <li>Prevenção contra quedas por escorregamento;</li> </ul>	<p>O Calçado de Segurança tem como principal função manter os pés do trabalhador protegidos de qualquer perigo externo.</p>
<p><b>Luvas de Proteção</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Proteção das mãos contra cortes, abrasão e perfuração.</li> </ul>	<p>As mãos destacam-se como um dos membros que estão mais vulneráveis e suscetíveis a acidentes de trabalho, podendo sofrer cortes, queimaduras, lesões e contaminações.</p>
<p><b>Máscara de Proteção</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Proteção contra a inalação de poeiras.</li> </ul>	<p>Os equipamentos de proteção respiratória visam a proteção contra a inalação de contaminantes que estejam presentes no ar, pois todas as impurezas poderão ficar dentro do organismo e causar malefícios à saúde.</p>
<p><b>Óculos de proteção</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Proteção contra a projeção de poeiras.</li> </ul>	<p>O uso dos óculos de proteção é importante, para prevenir feridas, lesões, perda parcial da visão ou doenças oculares.</p>
<p><b>Auriculares de Proteção</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Proteção contra ruído.</li> </ul>	<p>A exposição a curto prazo ao ruído excessivo em níveis elevados poderá causar a perda de audição temporária. A exposição prolongada ao ruído pode provocar perda auditiva permanente.</p>

(a)

Sector: Produção

**EQUIPA DE PRIMEIROS SOCORROS**

**NORMAL**

- Nome: Ana Catarina, Função: Auxiliar, Turma: 11
- Nome: Sérgio Silva, Função: Auxiliar, Turma: 11

**1º TURNO**

- Nome: Tiago dos Santos, Função: Auxiliar, Turma: 11
- Nome: João Gomes, Função: Auxiliar, Turma: 11
- Nome: Miguel Araújo, Função: Auxiliar, Turma: 11
- Nome: Sofia Fernandes, Função: Auxiliar, Turma: 11

Sector: Produção

**EQUIPA DE PRIMEIROS SOCORROS**

**1º TURNO**

- Nome: João Silva, Função: Auxiliar, Turma: 11
- Nome: Ulmar Ramos, Função: Auxiliar, Turma: 11

**2º TURNO**

- Nome: Vanessa Reis, Função: Auxiliar, Turma: 11
- Nome: Susana Alves, Função: Auxiliar, Turma: 11
- Nome: Diogo Sousa, Função: Auxiliar, Turma: 11
- Nome: João Lopes, Função: Auxiliar, Turma: 11

(b)

Figura 3.1: Documentos: (a) Equipamento de proteção individual; (b) Equipas de primeiros socorros.

2018

**RH - PLANO DE COMUNICAÇÃO**

Luís Filipe Barbosa Machado

(a)

Sector: \_\_\_\_\_

**Diagnóstico Interno de Comunicação**

- A comunicação interna da empresa contribui para que exista um clima positivo entre os colaboradores?  Sim  Não
- Costuma receber todas as informações importantes sobre os assuntos que envolvam a empresa?  Sim  Não
- Tem acesso aos principais canais de comunicação da empresa?  Sim  Não
- Nestes canais, sente que tem espaço para manifestar as suas opiniões?  Sim  Não
- Acha que fica mais informado(a) pelos seus responsáveis ou colegas?  Resp.  Coleg.
- Acredita que todas as informações que lhe chegam tem credibilidade?  Sim  Não
- O seu responsável comunica diretamente e transmite orientações estratégicas?  Sim  Não
- Acha que as informações que chegam dos seus responsáveis interferem com o seu trabalho no dia-a-dia?  Sim  Não
- Conhece a missão, visão e os valores da empresa?  Sim  Não

(b)

Figura 3.2: Documentos: (a) Plano de comunicação; (b) Diagnóstico interno de comunicação.

Os outros dois documentos seguintes – Plano de comunicação e o Diagnóstico Interno de Comunicação – têm como objetivo dar a conhecer melhor a empresa. No plano de comunicação, Figura 3.2 (a), foi abordado quais os objetivos do mesmo, as ferramentas de comunicação que são utilizadas, as vantagens e desvantagens dos vários meios de comunicação, e quais foram as fases de implementação de comunicação. O diagnóstico interno de comunicação, Figura 3.2 (b), tem como finalidade saber qual é a opinião dos colaboradores em relação a comunicação que há dentro da empresa. Após a elaboração do questionário, foi entregue a todos os colaboradores, de carácter facultativo. No questionário foi pedido, somente, para identificar o seu setor, devido ao interesse de realizar uma análise por setor. Uma vez, executada a análise do diagnóstico interno de comunicação por setor, procedeu-se a uma análise geral. No total foram entregues 104 questionários, nalgumas questões contém respostas nulas. A tabela que se segue, Figura 3.3, é um resumo da análise geral do diagnóstico interno de comunicação.

	Questões	Resposta		Resposta	
		Sim/ Resp.	Não/ Coleg.	Sim/ Resp.	Não/ Coleg.
1	A comunicação interna da empresa contribui para que exista um clima positivo entre os colaboradores?	66	32	63%	31%
2	Costuma receber todas as informações importantes sobre os assuntos que envolvam a empresa?	41	62	39%	60%
3	Tem acesso aos principais canais de comunicação da empresa?	66	38	63%	37%
4	Nestes canais, sente que tem espaço para manifestar as suas opiniões?	69	33	66%	32%
5	Acha que fica mais informado(a) pelos seus responsáveis ou colegas?	61	30	59%	29%
6	Acredita que todas as informações que lhe chegam tem credibilidade?	43	60	41%	58%
7	O seu responsável comunica diretamente e transmite orientações estratégicas?	82	20	79%	19%
8	Acha que as informações que chegam dos seus responsáveis interferem com o seu trabalho no dia-a-dia?	69	35	66%	34%
9	Conhece a missão, visão e os valores da empresa?	66	35	63%	34%

Figura 3.3: Resumo da análise geral do diagnóstico interno de comunicação.

A passagem pelo setor dos Recursos Humanos e o contacto com os vários colaboradores da empresa durante esse período também permitiu compreender como funciona a empresa e como está dividida. Ou seja, como a empresa se organiza, a sua divisão em termos de hierarquias, como funciona a comunicação entre os setores, como está disposto o organigrama, quem são os chefes em cada setor, as pessoas que têm grande influência dentro do setor e/ na empresa, entre muitos outros aspetos.

### 3.2. Setor da Logística

A passagem pelo setor da Logística teve como finalidade conhecer as principais funções do setor e dos seus subsetores. E por fim, foi desenvolvido um trabalho para melhorar o desempenho e organização do setor, o que também contribuiu para o melhoramento da gestão da maquinação.

Este setor é responsável pela execução de várias tarefas, tais como: a realização de uma encomenda (orçamentação, datas, matéria prima, ferramentas, etc.); a receção de matéria; o transporte de encomendas para o subcontratado (pinturas, retoques, tratamentos, etc.); e a embalagem e expedição da encomenda.

Na logística foram transmitidos os conhecimentos necessários para entender como se prepara uma encomenda, ou seja, conhecimento de todos os passos e procedimentos até ficar tudo devidamente definido. No fim de estar tudo acordado com o cliente, a informação é colocada no X3, *software* do grupo AEMI, de forma a dar entrada no setor da produção.

O setor das Compras, que pertence ao serviço financeiro, está diretamente interligado com o setor da Logística. A encomenda é inicialmente analisada pelos dois setores em simultâneo. Após a aceitação do cliente, este envia um conjunto de documentação sobre as especificações da peça a ser produzida, que deve ser analisada pela Logística de forma a verificar a sua conformidade. Esta análise tem o apoio do setor da Qualidade e do setor de Métodos, visto serem os setores com os devidos conhecimentos técnicos para o efeito. Após a validação do setor da Logística para avançar com a produção da peça, é encomendada a matéria-prima e as ferramentas necessárias à sua produção e é emitida a Ordem de Fabrico (OF) no *software* X3. Na OF são introduzidos todos os dados e informações da encomenda ao longo do seu percurso, inclusivamente a ordem de passagem nos vários setores. Deste modo, todos os colaboradores conseguem ter acesso a toda a informação sobre a encomenda e em que fase de desenvolvimento a encomenda se encontra.

A Receção da Matéria é um subsetor da Logística, que tem como função rececionar a matéria-prima, que foi encomendada conforme especificações do cliente, e registar no *software* X3 toda a informação associada (quantidades de blocos de matéria prima, dimensões das barras e dos blocos, características do material, etc.). No caso, da matéria-prima vir em barras, este subsetor é também responsável por solicitar o corte das mesmas, em blocos com as dimensões necessárias à sua maquinação, especificadas no *software* X3. O *software* também informa em que data a matéria-prima deve estar pronta para maquinar. Após terminada essa operação, o

colaborador da receção da matéria imprime a Ordem de Fabrico, de modo a dar continuidade a encomenda. Na Figura 3.4 são apresentadas imagens da matéria-prima em blocos (a) e da matéria-prima em barras (b).

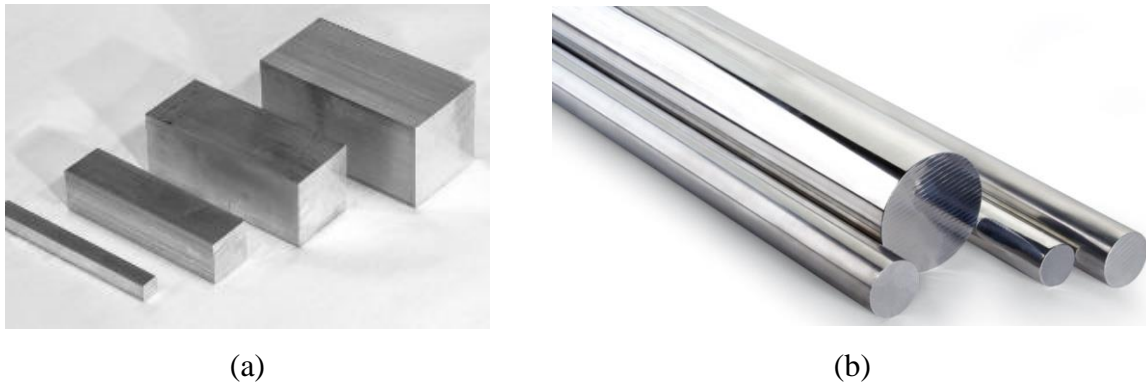


Figura 3.4: Matéria-prima: (a) blocos; (b) barras; (FMS, 2017).

A OF é o documento principal que acompanha a encomenda desde a chegada da matéria-prima até à embalagem e expedição das peças. No topo do documento, contém o número da OF, a referência interna, a referência do cliente, o nome do cliente, a designação da peça, a quantidade de peças a maquinar, o índice e o número do plano, como se pode observar na Figura 3.5.

AEMIO:

**Fiche suiveuse n° OFMMPV0**

Ref Interne : **A0**      Ref / Ind Client **2**      // -**B**      Client :

Désignation **SUPPORT**

N° de commande //	No de Plan / Indice _000 indice : 0	Q1V1	Altern / Ind / (Compteur) Gamme 1 1 (1) Nomenc 1 1 (1)	Dernière M&J 23/10/2018 16/05/2018
Qté lancée <b>27</b>	Qté commandée		n° OF initial (scindage)	

Figura 3.5: Ordem de Fabrico (OF).

De seguida, a OF apresenta todas as fases da encomenda pela ordem de passagem, assim como todas as tarefas que devem ser executadas em cada setor (Figura 3.6). Este documento mostra uma estimativa do tempo que cada operação demora por unidade (peça) e no total (encomenda). É da responsabilidade de cada setor, registar na OF, a data da finalização das tarefas, o tempo de execução das tarefas, número de peças conformes, o número de peças não conformes (caso existam) e por fim, assinar a OF.

	No	Désignation	Statut ligne	Début	Fin
1	10	PREPARATION MATIERE	Soldée	04/02/19	04/02/19
2	20	M26 - UMC-750	Soldée	05/02/19	05/02/19
3	30	M26 - UMC-750	Soldée	06/02/19	06/02/19
4	40	EMBALAGEM	Soldée	07/02/19	07/02/19
5	50	Sous-traitance	Soldée	07/02/19	17/02/19
6	60	M26 - UMC-750	Soldée	08/03/19	08/03/19
7	70	ENVID MPV 2 => MPV 1	Soldée	09/03/19	09/03/19
8	80	ACABAMENTO	Soldée	13/03/19	18/03/19
9	90	CTRL CONVENCIONAL	Soldée	15/03/19	18/03/19
10	100	EMBALAGEM	Soldée	15/03/19	15/03/19
11	110	Sous-traitance	Soldée	15/03/19	22/03/19
12	120	ENVID MPV 1 => MPV 2	Soldée	21/03/19	21/03/19
13	130	CTRL CONVENCIONAL	Soldée	21/03/19	25/03/19
14	140	M26 - UMC-750	Soldée	25/03/19	25/03/19
15	150	ENVID MPV 2 => MPV 1	Soldée	05/04/19	05/04/19
16	160	ACABAMENTO	Soldée	11/04/19	15/04/19
17	170	CONTROLO TRIDIMENSIONAL	Soldée	12/04/19	15/04/19
18	180	CTRL CONVENCIONAL	Soldée	15/04/19	18/04/19
19	190	EMBALAGEM	Soldée	12/04/19	12/04/19
20	200	Sous-traitance	Soldée	16/04/19	20/04/19
21	210	CTRL CONVENCIONAL	Soldée	23/04/19	23/04/19
22	220	PREPARATION COMPOSANT	Soldée	23/04/19	23/04/19
23	230	MDNTAGEM	Soldée	23/04/19	23/04/19
24	240	CONTROLO	Soldée	07/06/19	11/06/19
25	250	CONTROLO FINAL	Soldée	07/06/19	07/06/19
26	260	EXPEDITION	Soldée	11/06/19	13/06/19
27					

Figura 3.6: Exemplo de uma encomenda, pela ordem de passagem de cada setor, nas várias fases.

Na Ordem de Fabrico devem ser registados comentários sempre que necessário, que são de grande importância para os colaboradores de cada setor. De seguida estão citados alguns exemplos.

- Na fase de preparação da matéria abrange os seguintes comentários: a referência da matéria; as dimensões da matéria-prima; a especificação da matéria; e as propriedades mecânicas exigidas pelo cliente.
- Nas várias fases da maquinação informa: o número da Ficha de Identificação (F.I.); o que devem maquinar naquela fase; recomendações necessárias para não existir peças não conformes; e refere algumas cotas que os operadores devem ter em especial atenção quando forem controlar (devido a ter tolerâncias apertadas ou de já ter existido problemas em maquinações anteriores).
- No subcontratado indica qual o tipo de tratamento e/ou pintura que o cliente pretende, e como deve ser aplicado.
- Na fase do acabamento menciona o tipo de acabamento que o cliente solicita, e as falhas que não aceita caso existam.

- No controlo convencional informa: o número do plano com que devem controlar as peças; as cotas importantes que devem ser controladas; pedidos e autorizações do cliente; e as especificações existentes.
- Na embalagem alerta como deve ser embalada cada peça e o procedimento que deve utilizar.

Após as peças estarem devidamente maquinadas e controladas, de acordo com os requisitos do cliente, serão enviadas para o subcontratado para aplicar tratamentos e/ pinturas, se assim o requererem.

Caso o cliente não exija mais nada para além da maquinação e do controlo, as peças serão embaladas. O embalamento das peças é efetuado consoante as recomendações do cliente. Todos solicitam que as peças sejam embaladas/ protegidas numa saca de plástico com bolhas de ar, Figura 3.7 (a). Contudo, alguns clientes exigem que para além da saca de plástico, cada peça seja embalada individualmente por caixa, como se pode observar na Figura 3.7 (b). O embalamento de todas as encomendas é executado de modo que não haja choque entre as peças. Concluído o embalamento, a encomenda é direcionada para a expedição, para finalmente ser enviada ao cliente.



(a)



(b)

Figura 3.7: (a) Sacas de plástico com bolhas de ar (Sandra Embalagens, 2019); (b) Embalagem individual da peça (caixa).

### 3.2.1. Trabalho desenvolvido – Calendarização da Produção

Na Logística foi proposto a elaboração de um trabalho, com o objetivo de melhorar a gestão e organização do planeamento da produção de cada máquina.

Inicialmente, os colaboradores da Logística introduziam as encomendas (OF) num ficheiro Excel. Este ficheiro foi executado de modo a ficar o mais semelhante possível com um calendário, na coluna vertical contém o nome das máquinas e na linha horizontal dispõem do calendário (dias, meses e ano). Consoante as encomendas e a geometria da peça, é agendada uma data para a maquinação, e é escolhida a máquina mais apropriada para a sua produção. Este ficheiro não era o mais indicado para executar esta função, pois algumas vezes induzia em erro os colaboradores. Desta forma, decidiu-se transferir os dados que se encontravam no ficheiro *Excel* para o *software* do grupo. Este *software* cria uma espécie de gráfico de barras que permite saber as Ordens de Fabrico que cada máquina vai produzir por ordem de planeamento.

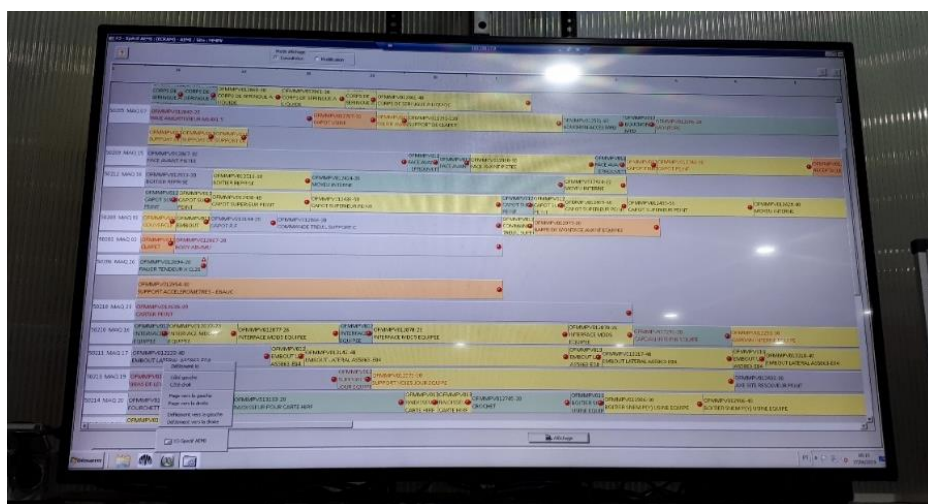


Figura 3.8: Calendarização da produção das máquinas.

Esta calendarização é exposta visualmente na maquinação (Figura 3.8). Assim todos os operadores têm acesso à produção que está planificada para cada máquina. Para além disso, têm disponível uma diversidade de informação, tal como: as características da matéria-prima; as fases da OF; o planeamento das datas para cada fase; os planos; os tratamentos e/ pintura, caso existam; entre outras. Conclui-se que este *software* é uma mais-valia para a empresa.

### 3.3. Setor da Qualidade

Neste setor foi desenvolvido um dos trabalhos mais importantes durante o estágio, que consistiu na realização do estudo da capacidade em várias peças, que é apresentado na secção 3.3.1. Numa fase inicial são apresentadas as principais funções deste setor (Figura 3.9).



Figura 3.9: As várias funções da Qualidade (Bomfim Cargas, 2012).

O setor da Qualidade tem que garantir a qualidade a nível da maquinação e do controlo de peças, e também da documentação e da organização do trabalho. O principal objetivo deste setor é proceder a um melhoramento contínuo dos vários procedimentos e setores dentro da empresa.

Os colaboradores deste setor têm a função de conferir se os utensílios usados no controlo das peças estão calibrados. Os calibres utilizados no controlo de diâmetros e de ranhuras sofrem desgaste após um determinado número de utilizações, e é por isso necessário proceder à sua substituição por calibres novos. Este procedimento também é realizado nos equipamentos de medição, tais como, na coluna de medição, nos paquímetros e nos micrómetros.

No caso de existirem dúvidas quanto à conformidade das peças de uma determinada encomenda, o setor da Qualidade é o setor que decide se a encomenda deve prosseguir ou não para o cliente. É este setor que comunica com os clientes para negociar ou prestar qualquer tipo de esclarecimento, quando existe algum tipo de irregularidade com a encomenda.

Neste setor são também realizados os estudos de capacidade, com o objetivo de reduzir o número de cotas que são controladas a 100%. Um controlo de cotas a 100% significa que essas cotas têm que ser verificadas em todas as peças da encomenda, ou seja, em 100% da encomenda.

Outra das funções do setor é a análise e apresentação à empresa dos indicadores de produção, ou seja, o levantamento do número de encomendas aceites pelo cliente, rejeitadas pelo cliente e não enviadas. Para além disso, o setor da Qualidade é responsável pela realização das auditorias internas nos vários setores da empresa.

### 3.3.1. Trabalho desenvolvido – Estudo da Capabilidade

Este trabalho consistiu no estudo da capabilidade de um conjunto de peças que já tinham sido produzidas pela empresa, das quais surgiram novas encomendas. O objetivo deste estudo foi contribuir para a redução do tempo necessário para controlar a totalidade de uma encomenda. Ou seja, este estudo tem como finalidade reduzir o número de cotas que são controladas a 100%. Um controlo de cotas a 100% significa que essas cotas têm que ser verificadas em todas as peças da encomenda, ou seja, em 100% da encomenda. Só faz sentido realizar o estudo da capabilidade quando surgem novas encomendas de peças que já foram produzidas.

Para realizar o estudo da capabilidade é necessário recolher os dados das medições realizadas, aquando do controlo de qualidade, de encomendas anteriores (Figura 3.10). No *software* X3 consegue-se adquirir toda a informação necessária através da referência interna da peça (“A0”).



Figura 3.10: Dados de encomendas anteriores.

Um dos documentos principais, neste tipo de estudo, é o documento que especifica as cotas que têm que ser controladas a 100% e as cotas que podem ser controladas a 50%, 25% ou 20% conforme a exigência do cliente. Os documentos que fornecem essa informação são o *Revue Premier Article* (FAI) ou o *Control Plan* (KC). Ambos indicam as cotas que devem ser controladas a 100% e a 50%/ 25%/ 20%, numa encomenda.

Após possuir todos os documentos e dados necessários, inicia-se a execução do estudo da capabilidade. Devido à elevada quantidade de cotas, realizou-se o estudo só nas cotas que são controladas a 100% da encomenda. O objetivo é que a cota em estudo em vez de ser controlada na totalidade das peças (100%) passe a ser controlada num número inferior de peças (50%, 25% ou 20%). Esta transição acontece quando o indicador  $C_p$  (capabilidade) ou o indicador  $C_{pk}$  (capacidade), calculados pela equação (1) e (2) apresentadas na secção 2.2, é igual ou superior a 1,33 e contenha no mínimo um histórico de 30 medições da mesma cota. É importante referir, que só ocorre essa alteração nos relatórios se o cliente concordar e der aprovação.

De seguida são apresentados os estudos da capacidade de peças com geometrias diferentes realizados para 3 clientes distintos (“E”; “SG”; “SF”), são peças que vão ser novamente produzidas em grandes quantidades. Daí o interesse para a empresa em reduzir o tempo de controlo final destas peças, contribuindo assim para a redução dos custos de produção.

• **Cliente E:**

Para o cliente “E”, o estudo da capacidade foi realizado em 27 peças com geometrias diferentes.

É criado um ficheiro Excel para cada cota, com o objetivo de obter o Cp e Cpk individualmente. No fim, muito globalmente, reúne-se toda a informação importante num só ficheiro, como se pode observar na Tabela 3.1 e na Tabela 3.2.

Tabela 3.1: Resumo das 27 peças do cliente E.

N.º	Controlo FAI (Cliente)		Controlo Real (MPV)		Δ  Cliente - MPV		AÇÃO MPV	AÇÃO CLIENTE
	100%	20%	100%	20%	100%	20%	Cotas Δ - 100% para 20%	Estudo capacidade OK (100%)
1	1	0	7	5	6	5	Passar as 6 cotas a 20%	Passar 1 cota para 20%
2	6	42	25	24	19	18	Passar as 19 cotas a 20%	Passar 4 cotas para 20%
3	2	10	2	10	0	0		
4	4	14	9	9	5	5	Passar as 5 cotas a 20%	
5	4	14	9	9	5	5	Passar as 5 cotas a 20%	
6	10	41	19	33	9	8	Passar as 9 cotas a 20%	Passar 3 cotas para 20%
7	6	35	13	28	7	7	Passar as 7 cotas a 20%	Passar 2 cotas para 20%
8	8	40	20	29	12	11	Passar as 12 cotas a 20%	
9	10	42	20	33	10	9	Passar as 10 cotas a 20%	Passar 3 cotas para 20%
10	4	30	10	24	6	6	Passar as 6 cotas a 20%	
11	2	11	2	11	0	0		
12	3	14	3	14	0	0		Passar 2 cotas para 20%
13	5	52	15	42	10	10	Passar as 10 cotas a 20%	
14	2	11	2	11	0	0		
15	3	18	3	17	0	1		
16	2	11	2	11	0	0		
17	6	41	13	30	7	11	Passar as 5 cotas a 20%	
18	-	-	12	39	-	-		
19	3	13	3	13	0	0		
20	2	16	10	8	8	8	Passar as 8 cotas a 20%	
21	10	47	26	32	16	15	Passar as 16 cotas a 20%	Passar 3 cotas para 20%
22	8	44	27	26	19	18	Passar as 19 cotas a 20%	Passar 2 cotas para 20%
23	8	44	26	26	18	18	Passar as 18 cotas a 20%	Passar 2 cotas para 20%
24	8	43	26	27	18	16	Passar as 18 cotas a 20%	Passar 4 cotas para 20%
25	11	32	11	32	0	0		Passar 1 cota para 20%
26	6	40	6	39	0	1		
27	10	60	20	61	10	1	Passar as 10 cotas a 20%	

Na Tabela 3.1 pode-se verificar que, este cliente exige que determinadas cotas sejam controladas a 100% e outras a 20%. Também se consegue perceber que, a MPV controlava cotas que o cliente não requeria, pois no início era importante o controlo das mesmas. Devido a isso, inseriu-se duas colunas, a “Ação MPV” e a “Ação Cliente”. A coluna “Ação MPV” tem como propósito retirar as cotas que a empresa adicionou no relatório de medidas. Enquanto que, a

coluna “Ação Cliente” tem como objetivo, caso no final do estudo da capacidade as cotas se encontrem dentro do intervalo desejado, propor ao cliente a redução dessas mesmas cotas no controle final.

Tabela 3.2: Resumo do estudo da capacidade.

N.º	Cota	Quant. Valores	Cp	Cpk	Objetivo
1	Ø 25,1 (+/-0,1)	225	4,29	1,67	1,33
2	Concentricidade 0,05	153	2,41	0,53	1,33
	11,506 (+/-0,254)	154	7,63	7,54	1,33
	33,2 (+/-0,05)	153	1,32	0,88	1,33
	17,38 (+/-0,16)	154	2,79	2,52	1,33
	18,6 H7 (+ 0,021/ 0)	153	1	0,81	1,33
	25 (+ 0,1 / 0)	153	1,7	1,55	1,33
3	Ø 23,6 (-0,02/-0,04)	225	0,4	0,32	1,33
	Localização Ø 0,3 / AB	184	0,81	0,42	1,33
4	Ø 23,6 (+0,03/+0,01) N.º3	225	0,51	0,49	1,33
	Ø 23,6 (+0,03/+0,01) N.º13	225	0,49	0,43	1,33
	Ø 23,7 (0/-0,05)	225	1,16	0,73	1,33
	Ø 24,3 (+0,05/0)	225	0,65	0,59	1,33
5	Ø 23,6 (+0,03/+0,01) N.º3	225	0,7	0,59	1,33
	Ø 23,6 (+0,03/+0,01) N.º13	225	0,62	0,53	1,33
	Ø 23,7 (0/-0,05)	225	1,1	0,71	1,33
	Ø 24,3 (+0,05/0)	225	0,84	0,46	1,33
...	...	...	...	...	...

A Tabela 3.2 expõe uma parte do resumo do estudo da capacidade. Esta tabela apresenta as cotas estudadas por referência, a quantidade de valores inseridos para realizar o estudo e os resultados tanto do Cp como do Cpk. Está presente toda a informação necessária para que seja possível determinar as cotas que contêm uma capacidade superior a 1,33. Após finalizada essa análise, essas cotas são propostas ao cliente para retirar-las do relatório de 100% e passá-las para o relatório de 20%.

Neste cliente, como já foi referido, realizou-se o estudo da capacidade para 27 peças. Dessas 27 peças, no total foram estudadas 156 cotas. Após conclusão do estudo em todas as cotas, foi verificado que 41 cotas podem ser propostas ao cliente para passar para o relatório de medidas de 20%.

- **Cliente “SF”:**

Para o cliente “SF”, o estudo da capacidade foi realizado em 3 peças com geometrias diferentes.

A Tabela 3.3 é um exemplo de uma das referências estudadas. Como se pode observar, o tipo de parâmetros desta tabela é semelhante a anterior, possui o número da cota, a especificação da cota, a quantidade de medições e por fim, o valor do Cp e do Cpk.

Tabela 3.3: Resumo do estudo da capacidade de uma das peças do cliente SF.

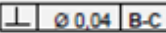
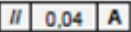
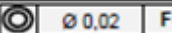

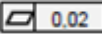
Nº	Parâmetros	Quantidade de Medições	Cp	CpK	Objetivo
14A	Concentricidade Ø 0,01 B	97	0,52	0,53	≥ 1,33
14B	Perpendicularidade Ø 0,02 A	97	1,36	2,28	≥ 1,33
17	Ø 36 f8	97	0,79	0,33	≥ 1,33
19	Perpendicularidade Ø 0,02 A	97	0,61	0,70	≥ 1,33
57	Ø 34,72	97	0,67	0,44	≥ 1,33
60	Ø 73,68	97	1,19	0,28	≥ 1,33
62	Concentricidade Ø 0,015 B	97	0,63	0,35	≥ 1,33

Neste cliente, nas 3 peças, foram estudadas no total 12 cotas. Concluído o estudo, comprovou-se que 4 cotas estão dentro do intervalo pretendido, logo podem ser propostas ao cliente para passar para o relatório de medidas de 20%.

- **Cliente “SG”:**

No cliente “SG”, o estudo da capacidade também foi realizado em 3 peças com geometrias diferentes. O tipo de parâmetros inseridos na Tabela 3.4 são os mesmos aos da Tabela 3.3.

Tabela 3.4: Resumo do estudo da capacidade de uma das peças do Cliente SG.

Nº	Paramètre	Quantidade de Medições	Cp	CpK	Objectivo
6	Ø3E7 Prof.4	57	1,56	1,12	≥ 1,33
14	Ranhura 3E7 Prof.4	57	1,86	0,46	≥ 1,33
32	Ø40H7	57	3,09	2,47	≥ 1,33
34	 Ø 0,04 B-C	57	6,79	0,40	≥ 1,33
35	 0,04 A	57	27,12	0,71	≥ 1,33
40	Ø25H7	57	2,29	2,19	≥ 1,33
42	 Ø 0,02 F	57	1,59	1,30	≥ 1,33
43	92,5	57	4,47	4,10	≥ 1,33
45	80,5	57	6,97	6,81	≥ 1,33
46	66,5	57	4,39	3,65	≥ 1,33
47	51,5	57	4,87	4,84	≥ 1,33
48	38	57	2,15	2,02	≥ 1,33
53	 0,02 F-G	57	4,04	0,71	≥ 1,33
54	 0,02	57	10,93	1,79	≥ 1,33

A Tabela 3.4 apresenta um exemplo de uma das peças estudadas. No controlo da qualidade, inicialmente, controlavam 43 cotas a 100%. Contudo, com o estudo da capacidade, concluiu-se que 18 cotas poderiam passar para o relatório de medidas de 25%, pois o  $C_p$  e/ou  $C_{pk}$  encontram-se dentro dos valores pretendidos.

Neste cliente, como já foi mencionado, realizou-se o estudo da capacidade em 3 peças. Dessas 3 peças, no total foram estudadas 62 cotas. Depois de concluir o estudo em todas as cotas, foi verificado que 24 cotas podem ser propostas ao cliente.

Se for elaborado um cálculo geral de todas as cotas que passaram para o controlo de 20% ou 25%, averigua-se que o estudo da capacidade é uma mais-valia para qualquer empresa. Pois, nas 33 peças, no total foram estudadas 230 cotas, das quais 69 cotas tiveram um  $C_p$  e/ou  $C_{pk}$  superior a 1,33. Conclui-se assim, que é do interesse da empresa em reduzir o tempo de controlo final das peças, pelo que contribui para a redução dos custos de produção. Principalmente, quando se contêm peças com um grande número de cotas nos relatórios de controlo final.

### **3.4. Setor de Programação / Métodos**

Este setor está dividido em duas funções, a Programação CAM e Métodos. A passagem por este setor teve como objetivo compreender as funções do setor e fazer um acompanhamento dos colaboradores na realização das suas tarefas.

Uma das funções do setor de Métodos é auxiliar o setor da Logística. Sempre que determinada peça evoluiu o setor de Métodos tem como função ajudar na parte mais técnica. A evolução de uma peça varia desde a alteração de uma cota, como da pintura, ou da especificação da matéria. Conclui-se que, a alteração de um pequeno detalhe, faz com que a peça sofra uma evolução. Desta forma, haverá uma nova referência interna, ter-se-á que modificar os documentos e os dados no sistema do grupo (*software* X3). A esta transformação dá-se o nome de industrialização.

O setor de Métodos também tem que comunicar diversas vezes com o setor da Produção. É neste setor que determinam alguns parâmetros que estão diretamente relacionados com o setor da Maquinação. Como por exemplo, escolher a máquina mais apropriada para produzir a peça, a quantidade de apertos necessários para a operação, as ferramentas necessárias, as dimensões da matéria-prima, entre outros.



Figura 3.11: Maquinação.

O setor de Métodos também é solicitado aquando a realização de um orçamento. Inicialmente, o chefe da produção faz uma estimativa, em termos de valor numérico, do trabalho que será elaborado na maquinação e no acabamento. Em seguida, é realizada uma reunião com o setor das Compras, o setor de Métodos e o setor da Produção para chegarem a um consenso final.

Em relação as ferramentas, existe uma constante comunicação entre o setor de Métodos, o setor da Produção e o subsetor do Apoio à Produção (Ferramentaria). O colaborador que está responsável pela Ferramentaria faz uma gestão do *stock* das ferramentas. Deste modo, estes três responsáveis conseguem determinar com alguma facilidade o que será fundamental comprar.

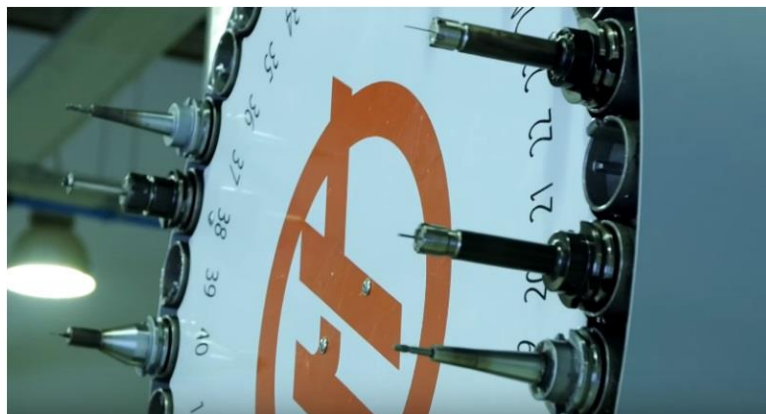


Figura 3.12: Carrossel de troca de ferramentas automático das máquinas CNC.

Dentro deste setor temos também a função de programador. Os colaboradores realizam a programação CAM das peças, gabaris, entre outras, utilizando o *software* TopSolid/Cam. Para além da programação CAM total da peça, pode haver a necessidade de acrescentar alguma operação consoante o que já existe, ou mesmo alterar algum erro que os operadores da maquinação encontrem.

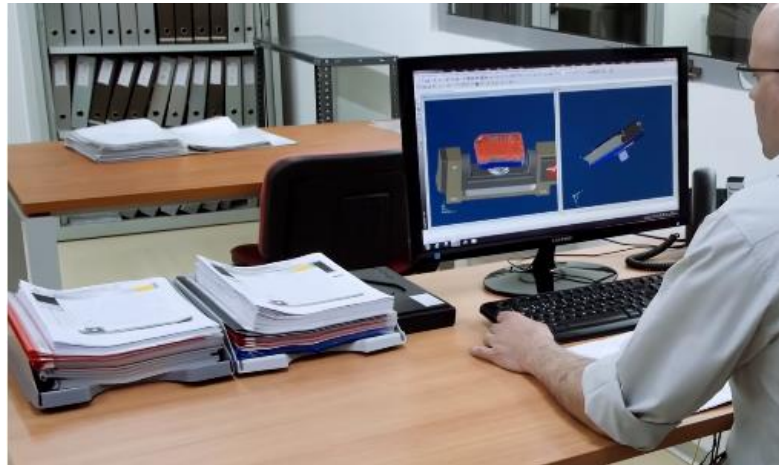


Figura 3.13: Programação CAM.

Na programação de uma nova peça é definido vários fatores antes de programar, os mais importantes são: em que máquina vai ser produzida e os seus apertos. Estes dois fatores variam segundo a geometria da peça.

Como já foi referido, a MPV possui centros de maquinagem de 3, 4 e 5 eixos verticais e horizontais, direcionados maioritariamente para a fresagem. Caso a programação inicial de uma peça “x” seja executada para uma máquina de 4 eixos e haja necessidade em maquinar numa de 5 eixos, é inevitável a elaboração de uma nova programação. O facto de acrescentar ou reduzir eixos de maquinação faz com que haja necessidade de elaborar novo programa.

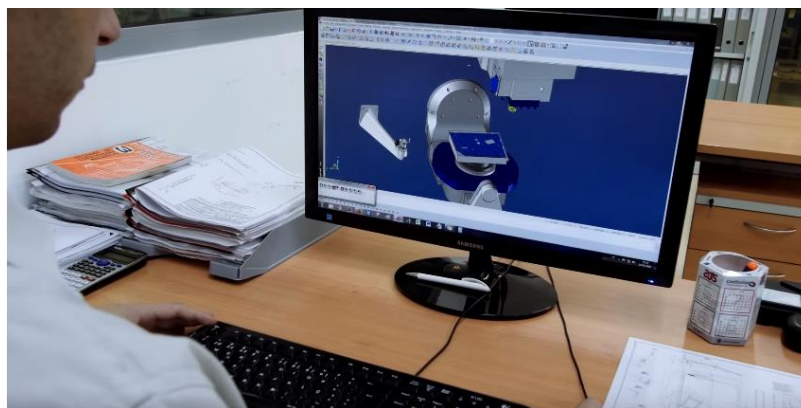


Figura 3.14: Programação CAM.

Ao fim de a programação estar efetuada, o colaborador elabora o Processo de Maquinação (Figura 3.15), que contém a seguinte informação:

- Tempos: tempo de preparação (TP), tempo de maquinação (TU) e tempo de troca (TT);
- As dimensões da matéria;

- Imagens de como devem posicionar a matéria na máquina (no gabari, na prensa, etc.);
- Demonstração do antes e depois da peça;
- Posicionamento da matéria (Origem em X, Y e Z);
- Descrição resumida do aperto: montagem e maquinação;
- Lista das ferramentas que são necessárias para a maquinação (número da ferramenta, nome, diâmetro);
- A saída das ferramentas;
- Identificação do tipo de cone onde se vai fixar a ferramenta;
- Lista das operações;
- Todos os pontos anteriores são concebidos nos diferentes apertos.

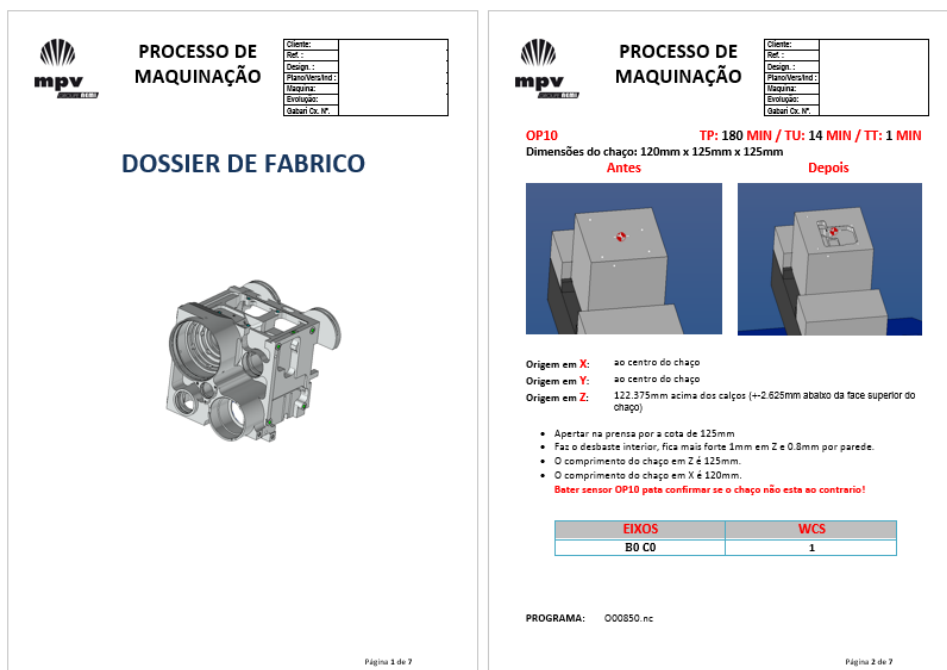


Figura 3.15: Processo de Maquinação.

O objetivo deste processo é transmitir toda a informação necessária para o operador, de modo a garantir que a produção da peça corra dentro do programado, e assim haja uma total conformidade de todas as peças maquinadas.

### 3.5. Setor de Produção

A passagem pelo setor de Produção teve unicamente por objetivo perceber o seu funcionamento, nomeadamente de que forma são interligados os vários subsectores que o constituem e quais as principais tarefas que são desenvolvidas. Na realidade, o setor de

Produção corresponde ao conjunto de vários sectores, tais como: o setor de Apoio à produção; o setor da Manutenção; o setor da Maquinação; o setor do Acabamento; e o setor do Projeto LEAP (este projeto será apresentado na secção 4). Para o efeito, durante um período do estágio, foi feito o acompanhamento do chefe da Produção nas várias tarefas do qual é responsável, que são:

- Efetuar orçamentos da parte da maquinação e acabamento;
- Encomendar as ferramentas necessárias e em falta para a maquinação;
- Controlar a produção das máquinas (todas as semanas é feita uma análise de toda a produção, realizada e em atraso, de cada máquina);
- Certificar que a manutenção das máquinas estão em dia;
- Verificar a produtividade e qualidade do acabamento das peças;
- Entre outros.

Todos os dias é realizada uma reunião onde participam vários setores: o setor de Produção, o setor da Qualidade, o setor de Métodos/ Programação, o setor do Controlo de Produção e o setor da Maquinação. Entre os diversos setores é analisado os vários problemas que vão surgindo, e entre todos tentam encontrar uma solução ou mesmo tentar perceber o que se passou com determinadas peças.



Figura 3.16: Reunião diária.

O chefe de Produção também está presente nas reuniões do setor do Acabamento. Nessa reunião são abordados assuntos importantes, tais como: a produtividade e a qualidade do trabalho desenvolvido; peças rejeitadas; soluções de melhoria; entre outros. Estes assuntos são

abordados com o objetivo de incentivar e motivar, mas também para melhorar, de modo a reduzir os erros humanos.



Figura 3.17: Reunião do setor do Acabamento.

Como já foi referido no setor anterior, o setor de Produção tem que estar em constante comunicação com o setor de Métodos/ Programação. Entre os dois setores é discutido todos os aspetos que estejam relacionados com a maquinação, tanto ao nível de produção e ferramentas, assim como na realização de orçamentos para as novas peças. Na elaboração destas tarefas estão relacionados outros setores, como já foi mencionado no subcapítulo 3.4.

### **3.6. Setor da Maquinação**

Neste subsetor foi também realizado um dos trabalhos com maior relevância durante o estágio. A passagem pela Maquinação teve uma duração de cerca de um mês e teve como principal objetivo a maquinação de peças, onde foram desempenhadas as funções de operador. As principais funções do operador da máquina CNC são:

- Controlar a máquina ao longo da sua produção, verificando se a programação feita previamente corresponde ao desejado;
- Controlar as peças maquinadas, confirmar as cotas mais importantes em todas as peças.

Para trabalhar neste setor é necessário possuir alguns conhecimentos em termos de código CNC, ferramentas, planos, tolerâncias, meios para controlar peças, entre outros. Os conhecimentos adquiridos ao longo do curso, nomeadamente nas disciplinas de Desenho Técnico, Processos de Maquinagem, Materiais, Laboratórios de Engenharia de Produção e Tecnologias de Fabrico foram importantes no desempenho deste trabalho. A função de operadora da maquinação permitiu pôr em prática alguns conceitos aprendidos.

Durante este período, enquanto operadora, foram maquinadas diferentes peças em diferentes máquinas CNC (3, 4 e 5 eixos). Para além da maquinação da peça, propriamente dita, foi possível perceber todas as fases necessárias para a produção de qualquer peça. Nesse sentido, é apresentado, na subsecção seguinte, o processo detalhado de uma das peças produzida, durante o estágio.

### 3.6.1. Trabalho desenvolvido - Maquinação da peça

Inicialmente, o operador verifica o que vai maquinar, consultando o Calendário da Maquinação. Após essa confirmação, a matéria-prima é levada para a máquina (Figura 3.18). Juntamente com a matéria está o Processo de Maquinação, os Planos, a Ordem de Fabrico e os Gabaris, caso existam.

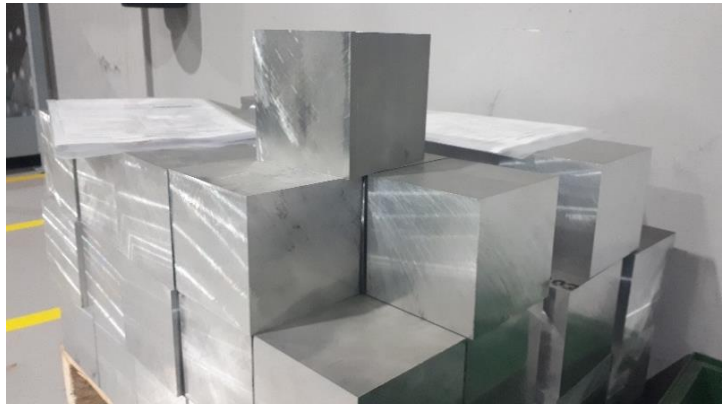


Figura 3.18: Matéria-prima.

No Processo de Maquinação encontra-se uma série de informação que é importante para a maquinação. Este processo indica as ferramentas que vão ser necessárias para cada aperto e descreve como devem ser preparadas. Nomeadamente, em que cones devem ser fixadas e o comprimento que cada ferramenta deve ter de saída. Concluída a sua preparação, os operadores medem o comprimento e o diâmetro de todas as ferramentas. Nalguns casos é necessário verificar o ângulo de ataque ou o raio da ferramenta (se do centro para todos os vértices da ferramenta tem a mesma distância).

A Figura 3.19 apresenta uma imagem de uma zona da ferramentaria, onde contém duas máquinas de fixação térmica de ferramentas e um equipamento de pré-ajuste de ferramentas. A fixação térmica de ferramentas serve para aquecimento dos cones, para conseguir que haja dilatação do cone e assim colocar a ferramenta. O equipamento de pré-ajuste de ferramentas permite verificar o diâmetro, raio, comprimento e ângulos das ferramentas.



Figura 3.19: Máquinas de fixação térmica de ferramentas e equipamento de pré-ajuste de ferramentas.

Numa fase seguinte, é transferido o programa CNC para a máquina. As ferramentas são colocadas pela ordem que é indicado no Processo de Maquinação e são identificadas devidamente (nome, comprimento e diâmetro).

Posteriormente é preparada a mesa ou palete para posicionar a matéria-prima, são inseridas as prensas, mordentes ou gabaris. Neste caso, a matéria-prima é apertada numa prensa e para certificar que os blocos ficam todos na mesma posição insere-se um batente. Após a máquina estar totalmente preparada pode-se iniciar a maquinação.

Como já foi referido anteriormente, coloca-se o bloco na máquina de modo a ficar fixo na prensa, e é realizado o primeiro desbaste (Figura 3.20 (a)). Esse desbaste permite encaixar o bloco num gabari, que será apertado na base *erowa*, tendo como objetivo maquinar as 5 fases do cubo num só aperto (Figura 3.20 (b)).

É importante verificar todas as ferramentas no início, durante e no fim da maquinação. No início para assegurar que a ferramenta que vai maquinar é a correta. Durante para certificar que a saída que a ferramenta tem é suficiente e que o corpo da mesma não toca na peça. E no fim para confirmar que a ferramenta continua apta para maquinar, que não tenha partido.



(a)



(b)

Figura 3.20: (a) Primeiro aperto; (b) Segundo aperto.

Após conclusão destes dois apertos (Figura 3.21), a encomenda vai para o subcontratado para aplicar um tratamento.



Figura 3.21: Finalização do segundo aperto.

Aquando da estabilização, volta para a máquina. É efetuado mais dois apertos para realizar o acabamento nas peças. Em ambos os apertos, a peça é fixa num gabari.

Concluída a maquinação da primeira peça, esta é controlada a 100% no setor do Controlo de Produção, onde é executado um controlo convencional e tridimensional da mesma. Finalizado o controlo a 100%, é comunicado ao operador se a peça está conforme ou não conforme. Se esta estiver conforme, maquina-se a totalidade da encomenda/ lote. Caso não esteja conforme,

o operador será informado sobre o que não se encontra dentro da(s) tolerância(s) para poder fazer as devidas alterações na programação.

Na maquinação o controlo tem que ser efetuado de x em x peças, segundo a quantidade do lote, onde será registado na Ficha de Auto-Controlo (FAC) essas mesmas medições. Para identificá-las basta colocar uma etiqueta nas peças com o seu respetivo número de maquinação.



Figura 3.22: Mesa de trabalho.

Seguidamente, é feito o acabamento. Depois, é realizado um controlo convencional antes da pintura (Relatório de Série). Terminada a fase do Controlo de Qualidade, volta para o subcontratado para aplicar pintura.

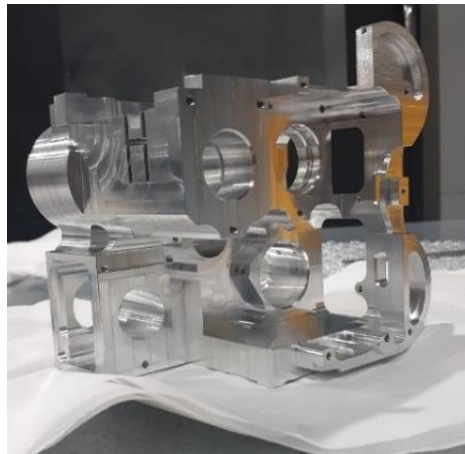


Figura 3.23: Primeiro acabamento da peça.

Após a conclusão do trabalho do subcontrato, as peças regressam ao Controlo de Qualidade para assegurar que a pintura está bem aplicada. Sucessivamente, estas voltam para a máquina para retirar a pintura em determinadas zonas da peça.



Figura 3.24: Peça concluída.

Concretizada a maquinação total das peças, estas retornam para o Controlo de Qualidade. Aqui, é efetuado o controlo convencional depois da pintura (Plano de Controlo Final) e o controlo tridimensional (Figura 3.25).



Figura 3.25: Controlo tridimensional da peça.

A encomenda vai de novo para o subcontratado para aplicar o tratamento final. Novamente vai haver um controlo convencional nas peças. Depois de verificar que estas estão conformes, são conduzidas para a montagem (acabamento). E finalmente, realiza-se o controlo final das peças. Por último, estas são transportadas para a expedição. O embalamento é executado de acordo com as exigências do cliente. Concluída esta fase, a encomenda é enviada para o cliente. Esta peça é uma das mais complexas e completas, visto que passa por várias fases, tanto dentro da empresa como no subcontratado. Acompanhou-se todo o processo durante o estágio.

### 3.7. Setor do Controlo de Produção

No setor do Controlo de Produção após ter sido apresentado o funcionamento do setor, foram realizadas um conjunto de tarefas tipicamente desenvolvidas pelos colaboradores da empresa.

Este controlo serve de apoio à Maquinação. Como já foi referido anteriormente, é neste setor que se realiza o controlo convencional e tridimensional da primeira peça de todas as encomendas/ lotes.

O controlo convencional tem por base a utilização de um paquímetro, coluna de medição, micrómetros (interiores e exteriores), calibres, escantilhão e projetor de perfil.



(a)



(b)

Figura 3.26: (a) Paquímetro e Micrómetro exterior; (b) Coluna.



(a)



(b)

Figura 3.27: (a) Escantilhão; (b) Calibres.



Figura 3.28: Projetor de Perfil.

O controlo tridimensional é realizado numa máquina tridimensional de elevada precisão (Figura 3.29). Este controlo tridimensional é bastante importante pela precisão que se consegue adquirir nas cotas com tolerâncias mais apertadas, controla cotas que o ser humano tem mais dificuldade a medir e efetua os cálculos para as cotas geométricas.

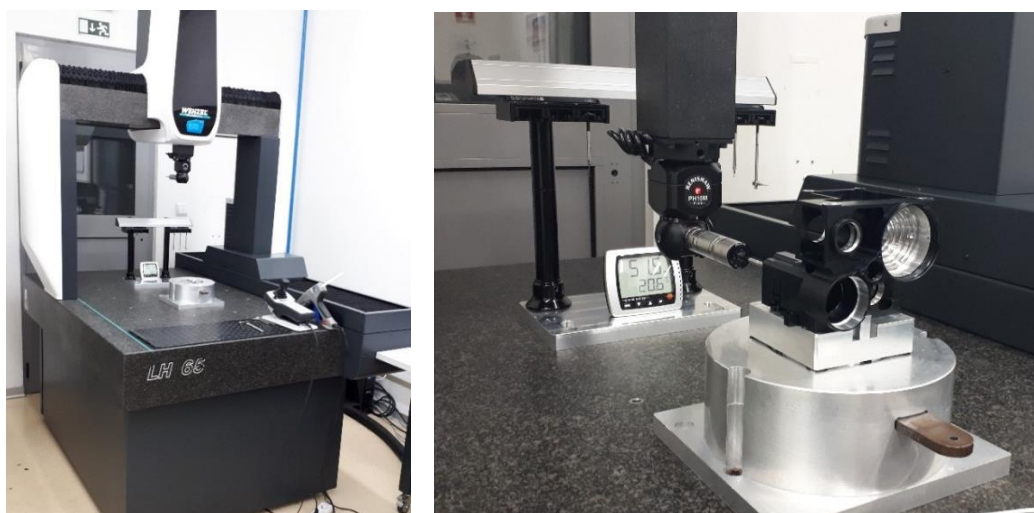


Figura 3.29: Controlo Tridimensional.

O controlo é feito a 100% e é registado no relatório dimensional (RM). Se a peça tiver várias cotas fora da tolerância é preenchido um documento, Ordem de Reparação, onde se insere todas as cotas não conformes com a informação essencial - cota, tolerância, localização no plano e o valor da medição não conforme.

Após a alteração da programação e nova produção da peça, esta será novamente controlada a 100% pelo setor do Controlo de Produção, mas tendo em especial atenção às cotas que na última maquinação não estavam conformes. Este processo torna-se um ciclo até a peça estar totalmente conforme.

### 3.8. Setor do Acabamento

Inicialmente, no setor do Acabamento foi apresentado o seu funcionamento. Seguidamente, foram realizadas um conjunto de tarefas tipicamente desenvolvidas pelos colaboradores da empresa.

Neste setor, tal como diz o nome, é realizado o acabamento, aperfeiçoamento das peças. O acabamento consiste em retirar as rebarbas, ressaltos, marcas que possam existir na peça e fazer chanfros. O material utilizado neste setor é raspador, estilete, brocas e scotch/ lixa.



Figura 3.30: (a) Raspador; (b) Estilete; (Fruto de Arte, 2019).



Figura 3.31: (a) Lixa; (b) Brocas; (c) Scotch; (Fruto de Arte, 2019).

Ao fim deste processo é efetuada uma limpeza às peças com ar comprimido, ou na máquina de lavar peças (Figura 3.32).



Figura 3.32: Máquinas de lavar peças.

Neste setor também fazem furos e roscas, com ajuda do engenho de furar e de roscar (Figura 3.33). Esta intervenção é praticada quando na maquinação não conseguem segurar a peça, sem danificar ou deixar marcas na mesma.



Figura 3.33: Engenhos de furas e roscar.

Posteriormente à realização das roscas e/ou dos furos, na maior parte das vezes as peças regressão a maquinação. Finalizada a maquinação, as peças retornam ao acabamento. A partir daqui sucede-se o processo normal.

No setor do acabamento, também executam a parte da montagem, colocam helicoides, vedantes, entre outros.

### 3.9. Setor do Controlo de Qualidade

No setor do Controlo de Qualidade depois de ter sido apresentado o funcionamento do setor, foram realizadas um conjunto de tarefas tipicamente desenvolvidas pelos colaboradores da empresa.

Neste setor é realizado o controlo final das peças. Após as peças estarem maquinadas e o acabamento concluído, estas vão diretamente para o controlo. Aqui são controladas as cotas que o cliente exige, essas medições têm que ser registadas e enviadas juntamente com a encomenda. Os meios de controlo deste setor são iguais aos do setor do Controlo de Produção.

Existe uma série de documentos que informa o que os colaboradores têm que controlar, tais como: Relatório de série (RS), Plano de Controlo Final (PCF) e Relatório dimensional (RM).

Em determinadas encomendas está incluído o envio da peça já com tratamento e/ou pintura, consoante o pedido do cliente. Devido a essa exigência, há um processo de controlo das peças antes e depois do tratamento e/ou pintura. No controlo antes de ir para subcontratado é tido em conta o Relatório de Série (Figura 3.34). Depois de regressar do subcontratado verifica-se as cotas que se encontram no Plano de Controlo Final.

The image shows two identical copies of a 'RELATÓRIO DA SÉRIE' form. Each form has a header with company logo and title. Below the header are fields for 'Elaborado em:', 'Atestado em:', 'Indicador:', and 'Página:'. The main body contains sections for 'IDENTIFICAÇÃO DO PRODUTO', 'Dados do cliente', and 'TEMPO DE CONTROLO'. The core of the form is a table with the following columns: 'Cota de controle', 'Tolerância', 'Espec. p/ cliente', 'Medição', 'Análise', 'Valor nominal', and 'Observações'. The left form's table includes rows for items like '1x Ø187 / 1x Flanqueia 387' and 'Ø4 M8 x 1.50'. The right form's table includes rows for 'Ø4 M2 x 1.20', '1x M8 x 1.0', '1x M8 Flut 8', 'Ø4 M8 x 1.20', '1x M8 VAZADO', 'Ø187', 'M8 x 0.5 BR', 'M8x0.5 BR', 'Ø14.5', '2x M8 BR VAZADOS', 'Ø18.5 BR', and '10x M2.5 x 1.20'.

Figura 3.34: Relatório de Série.

Por último, temos o relatório dimensional (Figura 3.35), que consiste no controlo a 100% da peça, o cliente informa o número de peças que requer esse controlo.

Figura 3.35: Relatório dimensional.

No controle final também existe um controle visual das peças. Esse controle é mais acentuado nas peças que vão para o subcontratado para aplicar tratamentos e/ou pinturas. Além disso, há um controle visual das peças após a montagem estar efetuada.

Figura 3.36: Plano de Controle final.

Há clientes que conjuntamente têm como exigência o controle tridimensional em todas as peças, visto que as medições são mais precisas.



## 4. Projeto LEAP

O setor do Projeto LEAP é um subsetor do setor de Produção, apesar disso é um dos setores mais importantes da MPV, maquina peças muito importantes e dá um reconhecimento enorme a empresa.

Um dos principais trabalhos desenvolvidos durante o estágio foi elaborado neste setor, que está exposto no subcapítulo 4.2. O trabalho consistiu na realização do estudo da capacidade nas quatro peças do projeto LEAP. O principal objetivo é apresentar ao cliente os resultados finais, e reduzir o tempo de controlo final das peças.

Neste sector, tal como no setor da Maquinação, as peças passam por várias fases, a única diferença é que no Projeto LEAP maquinam sempre as mesmas peças, logo as fases são sempre as mesmas.



Figura 4.1: Máquinas do Projeto LEAP – MPV.

As fases das 4 peças deste setor são: (1) Matéria-prima; (2) Maquinação; (3) Acabamento; (4) Controlo Convencional e Tridimensional; (5) Envio para o Subcontratado para Tratamento; (6) Montagem dos Componentes; (7) Controlo da Montagem; (8) Envio para o Subcontratado para Pintura; (9) Controlo Final; (10) Expedição.

#### 4.1. Origem do nome Projeto LEAP

Desde 2016 a LEAP faz parte de um forte grupo de aviação internacional. Como fruto dessa aliança a LEAP e o Grupo SECAMIC, constituíram a SECALEAP, uma empresa credenciada pela ZODIAC Aerospace como seu exclusivo Centro de Serviços Autorizado na América Latina para serviços de manutenção especializada em Sistemas de Salvação.



Figura 4.2: LEAP (LEAP, 2017).

A SECALEAP conta com profissionais altamente experientes e capacitados, além de instalações e recursos materiais adequados à realização das operações com Eficiência, Qualidade e Segurança.

O suporte técnico da LEAP, empresa brasileira de manutenção aeronáutica que se tem destacado no mercado nacional pela extrema eficiência e capacidade técnica em reengenharia que refletem na satisfação dos seus clientes e na confiabilidade dos serviços prestados.



Figura 4.3: SECALEAP (LEAP, 2017).

O Know-how Secamic é baseado na experiência internacional e na força do Grupo SECAMIC. É um grupo francês que tem comercialização e prestação de serviços aeronáuticos militar e civil a nível global por mais de 30 anos.

## 4.2. Trabalho desenvolvido – Estudo da Capabilidade

As quatro peças produzidas pela MPV no âmbito do Projeto LEAP correspondem a dois modelos de “Chassis” e dois modelos de “Top Cover”.

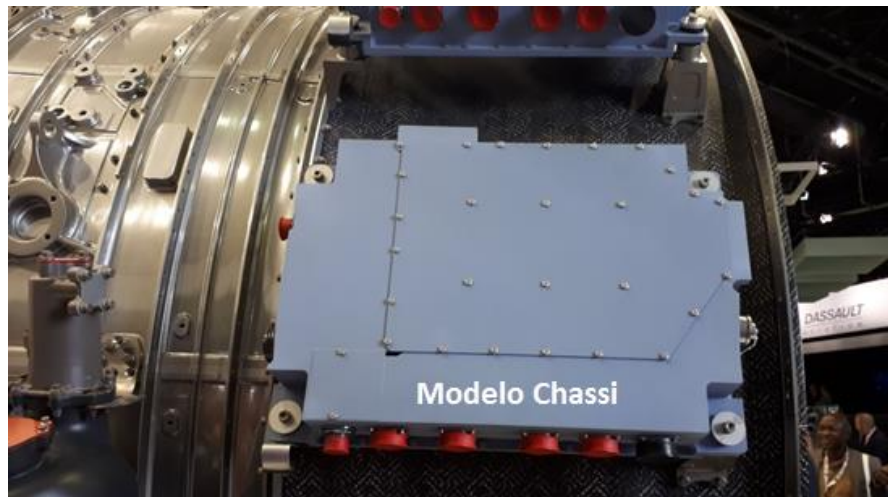


Figura 4.4: Modelo Chassi Projeto LEAP - SIAE.

Durante o estágio, no âmbito deste projeto, foi proposto o desafio de realizar o estudo da capacidade das 4 referências internas do projeto LEAP, atendendo às competências que já tinham sido adquiridas no setor da Qualidade.

Atendendo, que neste projeto o nível de exigência é maior, em termos do controlo das peças, foram gerados outros documentos para além dos usuais. Para este caso os documentos que têm que ser concebidos durante o controlo das peças são: Ficha de Auto-Controlo (FAC); Relatório de Auto-Controlo (RAC); Ficha de Instrução (FI); Relatório Dimensional (RM); e Plano de Controlo Final (PCF).



Figura 4.5: Mesa de controlo da maquinaria do projeto LEAP.

A Figura 4.5 apresenta o local da primeira fase de controlo das peças maquinadas para do projeto LEAP.

As duas peças que correspondem aos dois modelos de “Chassis” dispõem de 3 planos diferentes (desenhos das peças) para realizar o controlo. Um para cada documento: RM, RAC e FI. Enquanto, nos dois modelos de “Top Cover” só existe 2 planos. Neste caso, são utilizados em dois relatórios: RM e RAC. Os dois modelos de Top Cover não possui a Ficha de Instrução.

Nestas peças o controlo convencional e tridimensional é muito rigoroso, uma vez que as cotas têm tolerâncias muito reduzidas. Inicialmente, as peças são controlas pelos operadores da maquinação (FAC). Após o acabamento, as peças vão diretamente para o setor do Controlo da Qualidade, onde se realiza o controlo tridimensional e convencional (RAC e FI). Seguidamente, as peças vão para tratamento e pintura para a empresa subcontratada. Finalizado o trabalho no subcontratado regressam a empresa, novamente para o Controlo de Qualidade, para efetuar o controlo final (PCF) (Figura 4.6).



Figura 4.6: Zona onde é realizado o Controlo Final.

O estudo da capacidade foi realizado com base nas cotas que se encontram nos documentos de controlo RAC e FI. Nestes documentos estão inseridas as cotas das quais o cliente exige a realização do controlo convencional e tridimensional. Este controlo é efetuado na totalidade das peças maquinadas, para as quatro referências internas do Projeto LEAP. Contudo, o Relatório Dimensional é efetuado de 4 em 4 peças nos modelos Chassis e de 10 em 10 nos modelos Top Cover.

Nos documentos Excel do estudo da capacidade foram inseridas às várias medições desde o início do projeto. Para cada cota que não se obteve um  $C_p$  e/ou  $C_{pk}$  igual ou superior a 1,33 foi executado um gráfico, com o intuito de tentar perceber o que se sucedeu, qual foi o problema ou razão.

O objetivo principal deste estudo foi apresentar ao cliente os vários resultados e tentar explicar o porquê de alguns valores estarem fora do intervalo pretendido. As cotas que se encontravam com um  $C_p$  e/ou  $C_{pk}$  igual ou superior a 1,33 foram propostas ao cliente para retirar do controlo a 100%. No entanto, as cotas que se encontravam inferior a 1,33 continuarem a ser controladas a 100% da encomenda.

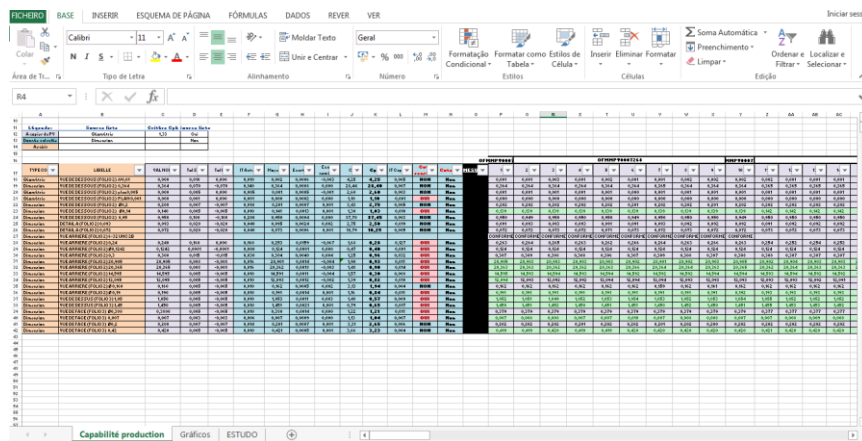


Figura 4.7: Estudo da Capabilidade.

Devido a este desafio o estágio concentrou-se um pouco mais neste sector, onde deu uma visão diferente e proporcionou uma experiencia diferente nomeadamente o contacto próximo com o cliente e a presença na reunião com os mesmos.

Na reunião com os clientes fez-se uma apresentação detalhada do estudo da capacidade, e em seguida houve um esclarecimento das dúvidas que surgiram sobre alguns resultados obtidos.

Ao fim de toda a explicação e entendimento, os clientes decidiram, com base nos resultados do estudo apresentado, que não haveria necessidade de um controlo tão rigoroso, tendo sido acordadas as seguintes alterações:

- O Relatório dimensional (que corresponde ao controlo a 100% das cotas) passou a ser controlado de 30 em 30 peças, ao invés de 10 em 10 peças, nos modelos Top Cover e de 20 em 20 peças, ao invés de 4 em 4 peças, nos modelos Chassis.
- Nos modelos Top Cover, aquando a geração do documento RAC, ao invés de serem controladas várias cotas, passou a ser controlada somente uma cota geométrica que corresponde à planeza da peça.
- Nos modelos Chassis, aquando a geração do documento RAC, passaram a ser controladas somente as cotas sensíveis ( $C_p$  ou  $C_{pk}$  inferior a 1,33) e a planeza da peça. E aquando a geração do documento de controlo FI, as cotas passaram a ser controladas

em 25% da encomenda, ao invés de 100% da encomenda, ou seja, passou a controlar-se 1 em 4 peças maquinadas.

Os documentos que estavam relacionados com estas quatro referências do projeto LEAP, devido a estas alterações, tiveram que ser reestruturados. Esta adaptação também foi da responsabilidade da estagiária. Também tiveram que ser elaborados novos programas para o controlo tridimensional, mas neste caso, foi da responsabilidade de um dos colaboradores mais antigos, que trabalha diariamente com as máquinas tridimensionais. Estes programas são responsáveis pela passagem das medições tridimensionais realizadas pela máquina de controlo tridimensional para uma folha de cálculo do Excel.

Atendendo ao número elevado de cotas a serem controladas nas quatro peças, foi também criado um programa – SGCEM - que transfere de forma automática os valores tridimensionais medidos e armazenados na folha de Excel para os vários documentos de controlo necessários, ou seja, para o Relatório de Auto-Controlo (RAC), a Ficha de Instrução (FI), o Relatório Dimensional (RM) e para o Plano de Controlo Final (PCF).

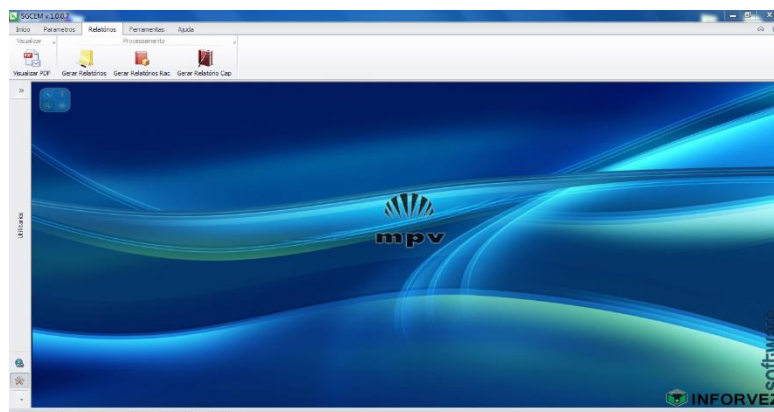


Figura 4.8: Programa SGCEM desenvolvido.

A transferência automática de dados, referida anteriormente, foi executada como se explica de seguida.

Inicialmente, localiza-se as cotas no documento Excel da programação tridimensional e regista-se o posicionamento da célula (o número da folha, coluna e linha), onde se encontra o valor real da cota, como apresentado na Figura 4.9.

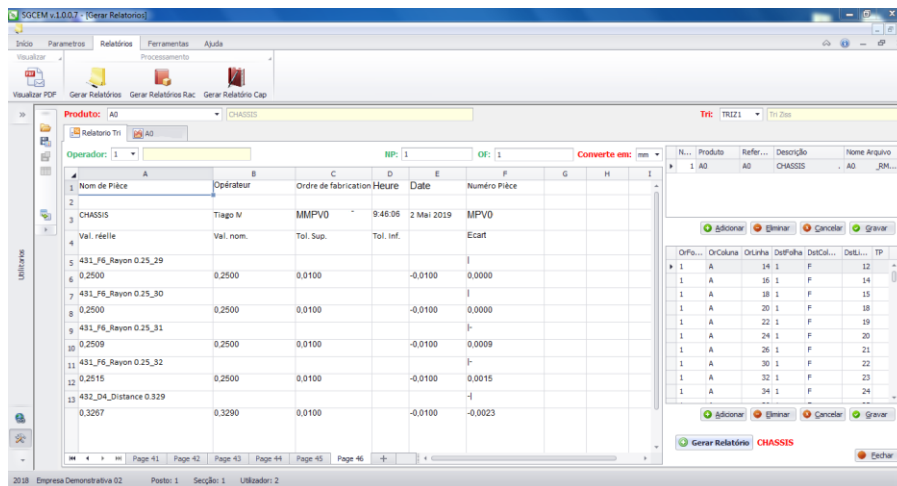


Figura 4.9: Ligação entre a folha de Excel e o relatório - SGCEM.

Concluído o passo anterior, regista-se em primeiro lugar no programa as posições das cotas da parte tridimensional e depois a posição do relatório para onde se quer transferir o valor (Figura 4.9). Por último, carrega-se no botão “Gerar Relatório” e verifica-se se a transferência foi bem-sucedida (Figura 4.10).

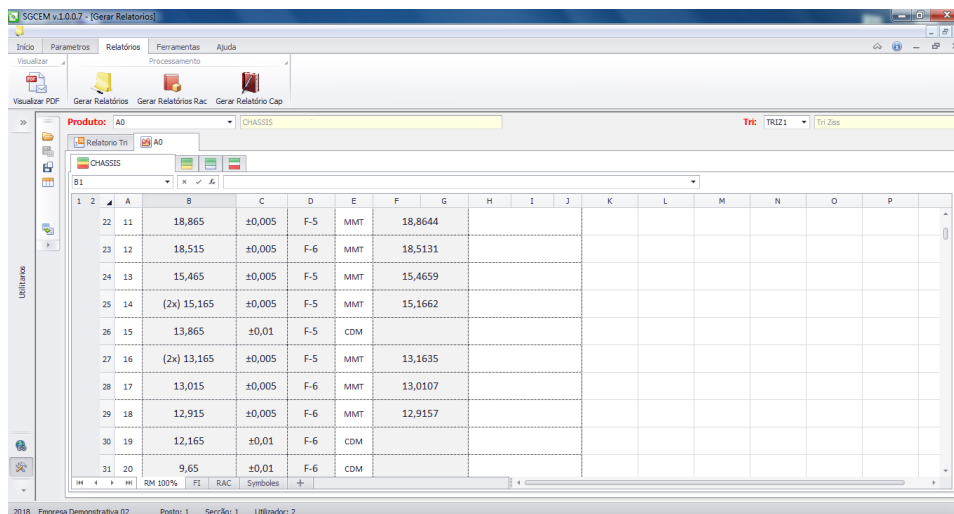


Figura 4.10: Transferência dos valores - SGCEM.

O ficheiro Excel do controlo tridimensional é utilizado também para transferir as medições para o documento Excel do estudo da capacidade. Esta programação está definida de modo a armazenar todas as medições efetuadas nas peças, e no fim realizar o cálculo do Cp e o Cpk de cada cota (Figura 4.11).

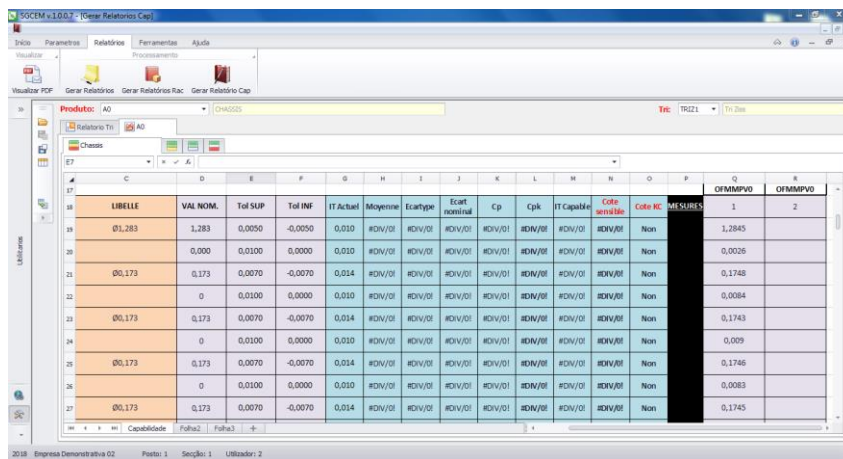


Figura 4.11: Estudo da Capabilidade - SGCEM.

Finalizado todo o processo de modificação, alteração dos relatórios e programação (Tridimensional e SGCEM), o controlo das peças passou a ser realizado com as novas especificações aprovadas na reunião com o cliente com base nos novos documentos de controlo.

O trabalho desenvolvido no âmbito do projeto LEAP teve as seguintes contribuições:

- O estudo da capacidade contribuiu para diminuição do tempo necessário ao controlo das peças e consequentemente contribui para a redução dos custos de produção das mesmas.
- O desenvolvimento do programa que faz a ligação entre os ficheiros de Excel das peças e os documentos de controlo necessários, que faz a passagem automática das medições tridimensionais, facilita o trabalho dos colaboradores, reduz o tempo despendido com esta tarefa assim como a ocorrência de erros humanos.
- A participação na reunião com o cliente onde foram apresentados os resultados do estudo da capacidade, permitiu perceber como funciona a relação entre cliente e empresa, como os assuntos devem ser abordados perante o cliente e qual a importância de preparar previamente a reunião.

## 5. Salão Internacional da Aeronáutica e do Espaço

No dia 20 de junho de 2019 deram oportunidade a 10 colaboradores da MPV de visitar o Salão Internacional da Aeronáutica e do Espaço (SIAE), com o objetivo de representar a empresa. De modo a recompensar todo o trabalho desenvolvido pela formanda, esta foi uma das escolhidas para representar a empresa no SIAE. Atendendo que se tratou de uma experiência enriquecedora e que permitiu conhecer empresas internacionais do setor, optou-se por apresentar neste relatório algumas fotografias da participação nesta Feira e fazer uma breve descrição da mesma.



Figura 5.1: Equipa da empresa MPV no *stand* do grupo AEMI.

O Salon International De L'Aéronautique Et De L'Espace em Paris Le Bourget (SIAE), mais conhecido por Salão de Bourget, iniciou-se em 1909. É o maior evento do mundo da indústria aeronáutica e espacial e realiza-se com uma periodicidade bienal, e nos anos ímpares, por uma empresa filial do GIFAS – Groupement des Industries Françaises Aéronautiques et Spatiales.



Figura 5.2: Salão Internacional da Aeronáutica e do Espaço (SIAE, 2019).

A 53ª edição da feira decorreu no Parc des Expositions du Bourget de 17 a 23 de junho de 2019 e reuniu todos os participantes da indústria global em torno das mais recentes inovações tecnológicas. Os primeiros 4 dias do *show* foram reservados só para os profissionais, e os últimos 3 dias destinaram-se ao público em geral.



Figura 5.3: Participação da formanda no evento.

O Salão é um momento de grande privilegiado para qualquer empresa: é uma oportunidade de conhecer todos os intervenientes da indústria aeroespacial, realizar novos negócios, apresentar ao mundo seu *know-how* e inovações, e fazer novas parcerias, tanto tecnológicas como industriais.

A cada edição do *show*, cerca de 150 aeronaves são apresentadas aos visitantes (Figura 5.4) Entre essas aeronaves, uma parte realiza apresentações diárias de voo todas as tardes. As apresentações aéreas são um dos destaques da feira e permitem que os expositores mostrem seus conhecimentos tecnológicos e aos visitantes permite descobrir as últimas novidades nesta área.



Figura 5.4: Apresentações aéreas (SIAE, 2019).

Nesta 53ª edição estiveram presentes 2.453 expositores: 1.185 expositores franceses e 1.268 expositores internacionais (48 países). A área de exposição total foi 125.000 m<sup>2</sup>: 52.000 m<sup>2</sup> de *stands*; 335 Chalés, 35.000 m<sup>2</sup> de área disponível; 38.000 m<sup>2</sup> de área externa e incluindo edifícios dos expositores.

Mais de um século de existência, é a mais antiga e a maior exposição do mundo dedicada a este sector.

### 5.1. *Stand* do Grupo AEMI

No *Stand* do Grupo estiveram expostas algumas das peças que foram máquinas na MPV, como se pode observar nas figuras seguintes.



Figura 5.5: Exposição de peças maquinadas na MPV.

## 5.2. Stands dos Clientes – Peças maquinadas na MPV

No salão estavam presentes alguns dos clientes que trabalham com a MPV. No *Stand* deles continham determinadas peças que a MPV maquinou e que se encontravam em exposição, como se pode ver em seguida.



Figura 5.6: Produto exposto pela empresa AUXITROL WESTRON.



Figura 5.7: Produto exposto pela empresa SAFRAN.



Figura 5.8: Produto exposto pela empresa SAFRAN.

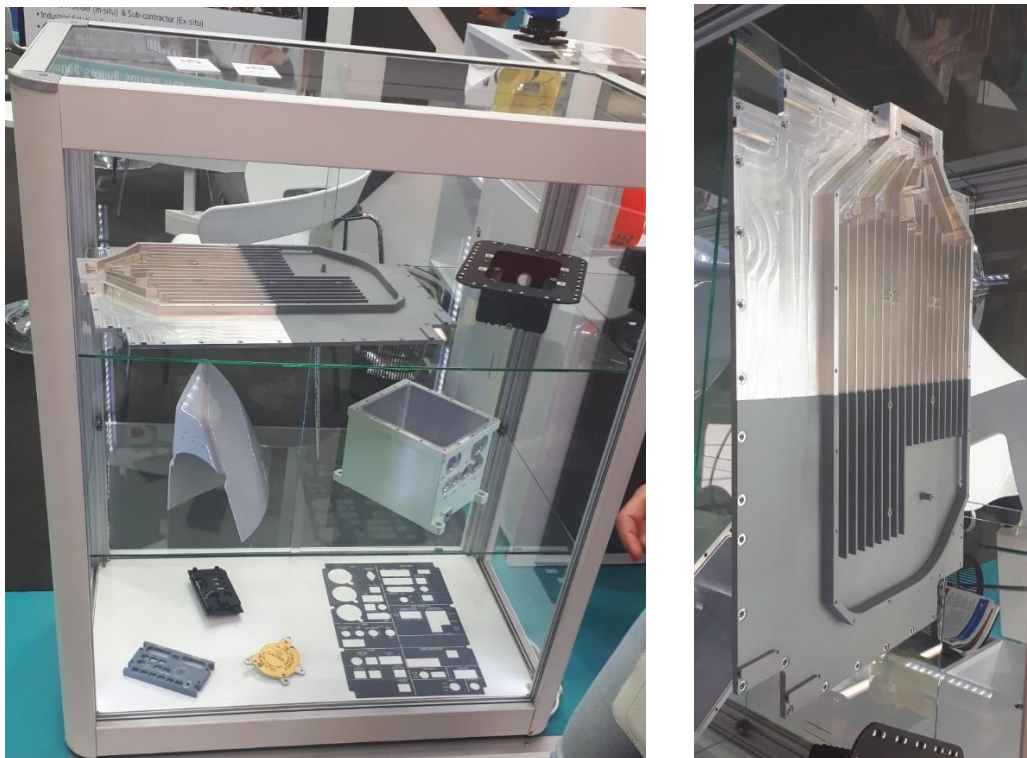


Figura 5.9: Produto exposto pela empresa SPL.



Figura 5.10: Produto exposto pela empresa SAFRAN – Projeto LEAP.

## 6. CONCLUSÃO

A realização deste estágio teve como objetivo geral aprofundar e consolidar a formação adquirida no Mestrado em Engenharia Mecânica através da integração nas atividades da empresa MPV – Mecânica de Precisão do Vez Unipessoal, Lda, em particular na área de maquinação e controlo de peças mecânicas.

Um dos objetivos do estágio foi passar por todos os setores da empresa de forma a compreender e conhecer cada um dos setores, e como estes interagem entre eles até ao produto final. Essa passagem, para além de ter dado conhecimentos técnicos, trabalhou também a interação e adaptação, devido a mudança contínua de setor ao longo dos meses. Todos os sectores transmitiram conhecimentos importantes, uns mais relacionados com a área, outros relacionados com a indústria numa forma geral.

A passagem em alguns setores traduziu-se na realização de pequenos trabalhos, na execução de tarefas como colaboradora da empresa e nalguns casos resumiu-se à aprendizagem de como funciona o setor.

No caso do setor da Programação e Métodos e do setor da Produção o objetivo da passagem resumiu-se a compreender as funções do setor, através do acompanhamento dos colaboradores na realização das suas tarefas. No setor dos Recursos Humanos foram desenvolvidos procedimentos que contribuíram de uma forma positiva aquando da realização da auditoria na empresa. No setor do Controlo da Produção, no setor do Acabamento e no setor do Controlo da Qualidade, após ter sido apresentado o funcionamento do setor, foram realizadas um conjunto de tarefas tipicamente desenvolvidas pelos colaboradores da empresa.

No setor da Logística e no setor da Maquinação foram desenvolvidos trabalhos mais significativos. No setor da Logística o trabalho desenvolvido contribuiu para a melhoria da organização da empresa. Enquanto que, no setor da Maquinação colocou-se em prática alguns dos conceitos estudados no curso de Engenharia Mecânica, aquando da produção de diferentes peças.

O setor da Qualidade e o Projeto LEAP foram os setores mais marcantes, nos quais foram desenvolvidos os principais trabalhos do estágio, e que também foram importantes para a empresa a nível da redução do tempo necessário para a realização do controlo das peças maquinadas, nomeadamente o estudo da capacidade dessas peças.

No Projeto LEAP, após a finalização do estudo da capacidade das peças maquinadas pela empresa, os resultados foram apresentados ao cliente e foi acordado entre as partes, que a exigência a nível do controlo das cotas das peças pode ser menor. Como por exemplo, uma das reduções foi que a verificação de todas as cotas (controlo a 100% das cotas) passou a ser feita de 30 em 30 peças, ao invés de 10 em 10 peças, numa das referências (Top Cover) e de 20 em 20 peças, ao invés de 4 em 4 peças na outra referência (Chassis). A redução da necessidade de controlo do número de peças e do número de cotas traduz-se numa redução considerável do tempo no controlo final e conseqüentemente nos custos de produção. Foi também desenvolvido, no âmbito deste projeto, um programa que permite a passagem automática das medições tridimensionais para os documentos de controlo o que também contribui para uma redução do tempo de controlo e minimização do erro humano.

Ainda no âmbito do estágio a formanda esteve em representação da empresa no Salão Internacional da Aeronáutica e do Espaço (SIAE) em Paris.

A realização deste estágio correspondeu a uma experiência bastante enriquecedora a nível dos conhecimentos aplicados e adquiridos na área da maquinação e controlo de peças mecânicas, quer a nível das relações entre pessoas, da interligação entre setores e com cliente num ambiente empresarial.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGB (2003). <https://www.agb-ugv.com>. Atelier Guichene B. (página internet oficial), Merignac.
- Citisystems (2012). <https://www.citisystems.com.br/cpk-indice-capacidade-performance-processo/>. Cp e Cpk – Índices de Capacidade de um processo. (página internet oficial), Brasil.
- Chocalheiro, E. (2012). *Implementação de Centro de Maquinagem e Desenvolvimento de Pós-processadores CNC*. Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Lisboa.
- Correia, A. (2005). *Uma Abordagem à Maquinagem a Alta Velocidade, com recurso a turbinas pneumáticas de alta rotação*. Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro.
- Cubotónic (2019). <http://www.cubotonic.pt/maquinao-cnc>. Maquinação CNC. (página internet oficial), Portugal.
- HarboR (2017). <https://www.harbor.com.br/harbor-blog/2017/12/21/valores-de-cp-e-cpk/>. Que valores meta de Cp e Cpk eu devo usar?. (página internet oficial), Brasil.
- HarboR (2017). <https://www.harbor.com.br/harbor-blog/2017/07/06/capacidade-performance-significado/>. Capacidade e Performance: entenda os índices Cp, Cpk, Pp e Ppk. (página internet oficial), Brasil.
- LEAP (2017). <http://www.leap.com.br>. LEAP Aviation. (página internet oficial), Brasil.
- MAFEPRE (2013). <https://www.mafepre.pt/Produtos/Porta-Ferramentas/?t=9>. MAFEPRE (página internet oficial), Marinha Grande.
- Mendes, A. (2017). *Caracterização de um Centro de Maquinagem a 5 Eixos e Implementação de um Sistema de Aquisição de Vibração*. Departamento de Engenharia Mecânica do Politécnico de Coimbra.

MPV (2001). <http://mpv.com.pt>. Mecânica de Precisão do Vez. (página internet oficial), Viana do Castelo.

Renishaw (2014). *Probing systems for CNC machine tools*. (página internet oficial), Reino Unido.

Sandvik Coromant (2010). *Manual do técnico de Usinagem – Torneamento, Fresamento, Furação, Mandrilamento, Sistemas de fixação*.

Santos, P. (2013). *Tecnologia CAM Aplicada no Fabrico por Fresagem de Componentes Mecânicos*. Coimbra: Departamento de Engenharia Mecânica do Politécnico de Coimbra.

Schulz, H. (1999). *The History of High-Speed Machining*. Revista de Ciência e Tecnologia, pág. 9-18. Darmstadt University of Technology, Germany.

SIAE (2019). <https://www.siae.fr>. Salon International de L'Aéronautique et de L'Espace. (página internet oficial), Paris.

SlideShare (2012). <https://pt.slideshare.net/ediviana/23medio-tridimensional>. 23-Medição tridimensional. (página internet oficial), Brasil.

Usintek (1998). <https://www.usintek.com.br/medicao-tridimensional-metrologia>. Medição tridimensional metrologia. (página internet oficial), Brasil.

Voitto (2018). <https://www.voitto.com.br/blog/artigo/capabilidade-do-processo>. Capacidade do processo: o que é e como analisar. (página internet oficial), Brasil.

