



isec
Engenharia

MESTRADO EM ENGENHARIA E
GESTÃO INDUSTRIAL

**Planeamento e Gestão de Ferramentas
de Apoio à Produção**

Autor

Patrícia Oliveira Agostinho

Orientador

José Manuel Torres Farinha

INSTITUTO POLITÉCNICO
DE COIMBRA

INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA
DE COIMBRA

Coimbra, Dezembro de 2022



isec

Engenharia

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA E
BIOLÓGICA

Planeamento e Gestão de Ferramentas de Apoio à Produção

Relatório de Trabalho de Projeto para a obtenção do grau de
Mestre em Engenharia e Gestão Industrial

Autor

Patrícia Oliveira Agostinho

Orientador

José Manuel Torres Farinha

Supervisor na empresa

DRT Moldes, Lda

José Piedade

INSTITUTO POLITÉCNICO
DE COIMBRA

INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA
DE COIMBRA

Coimbra, Dezembro de 2022

AGRADECIMENTOS

A presente tese de dissertação contou com o contributo de diversas pessoas, que sem elas não seria possível concluir este projeto. Neste sentido, gostaria de agradecer aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a sua realização.

Em primeiro lugar gostaria de agradecer ao professor Doutor José Farinha, pela orientação, disponibilidade e interesse que demonstrou no decorrer do projeto.

Expresso a minha gratidão à DRT Moldes e a todas as pessoas que estiveram envolvidas neste projeto pelo tempo disponibilizado e o auxílio prestado.

Quero agradecer há minha família, aos meus pais Carlos e Fernanda e á minha irmã Mariana por toda a confiança que depositaram em mim, e por serem um refúgio nos bons e maus momentos.

Aos meus avós, que ao longo de todo o meu percurso têm sido um pilar fundamental e são para mim uma fonte de admiração.

Por último, dedico este trabalho ao meu namorado Tiago, por me ter incentivado a entrar neste percurso e nunca me ter largado a mão. Por acreditar no meu valor e dar-me força para continuar, levando-me sempre a ir mais longe.

RESUMO

O presente projeto visou realizar uma análise à gestão das ferramentas de equipamentos CNC e apresentar sugestões de melhoria às diversas partes envolvidas no processo de gestão de ferramentas.

O projeto iniciou-se com a apresentação do departamento de produção da empresa DRT, descrevendo as diferentes fases de produção do molde. De seguida foi feito o enquadramento teórico sobre os moldes de injeção de plástico, sendo apresentadas algumas ferramentas de gestão de *stocks*. São ainda abordados conceitos referentes às ferramentas de corte usadas na fabricação CNC. Este aspeto tem um papel relevante, pois o domínio destes conceitos permite implementar medidas para prolongar a vida útil das ferramentas, o que resulta numa poupança para a empresa e no incremento dos tempos produtivos.

De seguida é apresentada uma abordagem que visa implementar sugestões de melhoria a toda a cadeia de reposição e utilização das ferramentas de corte. São utilizadas as análises ABC e do custo da ferramenta, e as taxas de cobertura e de rotação. Estes indicadores são a chave para o ponto seguinte, que consiste na apresentação de sugestões de melhoria, as quais passam por aplicar uma política de gestão de *stocks* suportada no cálculo periódico dos indicadores atrás referidos.

Palavras-Chave: gestão de ferramentas, gestão de *stocks*, análise ABC, taxa de rotação, taxa de cobertura

ABSTRACT

The present project aimed to carry out an analysis of the management of CNC equipment tools and present suggestions for improvement to the various parties involved in the tool management process.

The project began with the presentation of the production department of the company DRT, describing the different stages of mold production. Then, the theoretical framework on plastic injection molds was made, and some stock management tools were presented. Concepts related to cutting tools used in CNC manufacturing are also discussed. This aspect plays an important role, as the mastery of these concepts makes it possible to implement measures to prolong the useful life of the tools, which results in savings for the company and in the increase of productive times.

Then an approach is presented that aims to implement suggestions for improvement to the entire replacement chain and use of cutting tools. ABC and tool cost analyzes are used, as well as coverage and turnover rates. These indicators are the key to the next point, which consists of the presentation of improvement suggestions, which involve the application of a stock management policy supported by the periodic calculation of the aforementioned indicators.

Palavras-Chave: Tool management, stock management, ABC analysis, turnover rate, coverage rate

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	1
1.1 Objetivos e metodologias.....	1
1.2. Organização da dissertação.....	2
1.3. Apresentação da Empresa	2
1.4. Departamento de Produção	5
1.4.1. Fabricação CNC	5
1.4.2. Erosão	6
1.4.3. Bancada	6
1.4.4. Injeção	7
2. Enquadramento Teórico	9
2.1. Indústria dos Moldes.....	9
2.1.1. Moldes de injeção de termoplásticos	9
2.2. Gestão de Operações.....	10
2.2.1. Desperdício.....	11
2.3. Gestão de Stocks.....	12
2.3.1. Modelos de gestão de <i>stocks</i>	14
2.3.2. Previsão da Procura	17
2.3.3. A Classificação ABC.....	18
2.3.4. Indicadores de Desempenho	19
2.3.5. Planeamento das Necessidades de um Sistema Produtivo	20
2.3.6. Planeamento da Produção.....	21
2.3.7. Planeamento das necessidades de Materiais-MRP	22
2.4. Fresagem CNC.....	24
2.4.1. Ferramenta de corte.....	25
2.4.1. Materiais das ferramentas de corte	26

2.4.2.	Geometria de Corte.....	26
2.4.3.	Avárias e Desgaste de Ferramentas	27
2.4.4.	Tipos de Desgaste das Ferramentas.....	27
2.4.5.	Parâmetros e Grandezas de Corte.....	31
2.4.3.	Vida Útil das ferramentas	31
2.4.4.	Gestão de Ferramentas	32
3.	Desenvolvimento.....	33
3.1.	Descrição do Problema	33
3.2.	Gestão de ferramentas na empresa DRT Moldes.....	33
3.2.1.	Lista de ferramentas	34
3.3.	Análise dos dados	35
3.4.	Análise ABC	39
3.5.	Indicadores de Desempenho	41
3.5.1.	Taxa de Cobertura	42
3.5.2.	Taxa de rotação.....	42
4.	Modelos de Gestão de Stocks.....	45
4.1.	Método de Wagner-Within	45
4.2.	Aplicação do método de Wagner-Within	46
5.	Oportunidades de melhoria	49
5.1.	Gestão de <i>stocks</i> no armazém	49
5.2.	Política de gestão de <i>stocks</i>	49
5.2.1.	Cálculo de parâmetros.....	50
5.3.	Plano de Implementação	53
5.4.	Indicadores de desempenho	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Instalações DRT GROUP	3
Figura 2 - Organograma da DRT Moldes.....	4
Figura 3 - Processos produtivos de um molde.....	5
Figura 4 - Sistema Produtivo (Lopes et al., 2020).....	10
Figura 5 - Sistema de feedback para controlar o processo (Suzaki,2013).....	10
Figura 6 - Utilização dos tempos de homem, máquina e material na fábrica (SUZAKI, 1987)	11
Figura 7 - Os sete Desperdícios (SUZAKI, 1987).....	12
Figura 8 - Fluxo reposição de stocks (Domingues, 2018).....	13
Figura 9 – Principais causas de níveis de stocks nas empresas (Domingues, 2018).....	13
Figura 10 - Representação gráfica do funcionamento do modelo de revisão continua (Carvalho , 2010).....	15
Figura 11 – Exemplo de uma curva típica ABC (Lisboa et al., 2018)	18
Figura 12 - Interligação entre atividades de Planeamento de Produção (Cunha, 1999).....	20
Figura 13 - Exemplo de um plano diretor de produção (Cunha, 1999).....	21
Figura 14 - Entradas e Saídas do Plano diretor de produção (Moreira, 2012)	22
Figura 15 – Exemplo da estrutura do Modelo MRP (Lisboa et al., 2018)	23
Figura 16 - Terminologia das arestas de corte.....	25
Figura 17 - Danos sofridos pelas ferramentas de corte	28
Figura 18 - Representação esquemática do desgaste do flanco (Martins, 2018).....	28
Figura 19 - Representação esquemática do desgaste de cratera (Martins, 2018).....	29
Figura 20 - Representação esquemática do desgaste de entalhe (Martins, 2018)	30

Figura 21 - Evolução do desgaste na face de saída (V_b) em função do tempo de corte (Morais, 2018).....	30
Figura 22 – Quantidades por tipo de ferramenta	36
Figura 23- Custo unitário por ferramenta	37
Figura 24 – Classificação gráfica quantitativa por custos e quantidades	39
Figura 25- Gráfico de análise da classificação ABC.....	40
Figura 26- Amortização do custo da ferramenta	41
Figura 27 - Taxa de cobertura (semanas)	42
Figura 28 - Taxa de rotação média das ferramentas de corte	43

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Lista com as famílias de ferramentas utilizadas na DRT	35
Tabela 2 - Lista de fresas compradas em 2021	35
Tabela 3 - Lista de ferramentas com custo superior ao médio	38
Tabela 4 - Classificação quantitativa de custo e quantidade por classe	39
Tabela 5 – Procura prevista	47
Tabela 6 - Custos variáveis.....	47
Tabela 7 - Alternativas para custos variáveis	48
Tabela 8 - Plano ótimo de aprovisionamento e respetivos custos	48
Tabela 9 - Oportunidades de melhoria identificadas	49
Tabela 10 - Ferramentas classificadas com classe A.....	50
Tabela 11 - Cálculo dos parâmetros para gestão de stocks	52
Tabela 12 - Valores da taxa de rotação média e taxa de cobertura semanal	54

SIMBOLOGIA E ABREVIATURAS

CNC – Controlo numérico por computador

MRP – Planeamento das necessidades de materiais

JIT – Just in time

PDP – Plano diretor de produção

1. INTRODUÇÃO

Ao longo dos últimos anos, o setor industrial tem vindo a enfrentar novos desafios, impulsionados pela complexidade crescente das cadeias de abastecimento. A otimização dos *stocks* e a gestão dos “lead times” tem permitido às empresas focarem-se em desenvolver o melhor modelo de gestão de *stocks* que a si se adequa. Este desenvolvimento permite às empresas poupar custos tornando-se assim mais competitivas.

Neste contexto de forte concorrência e competitividade, a organização e a gestão de ferramentas tem uma grande relevância, pois as ferramentas são consumíveis de grande valor, principalmente na indústria metalomecânica, a que pertence a DRT.

O core da DRT está na produção de moldes para injeção de plásticos. Este setor é um setor onde a exigência é máxima, e onde todas as vertentes desde as matérias-primas aos colaboradores têm um impacto alto nas contas da empresa.

É por isso que a otimização é a palavra de ordem para fazer crescer as empresas. Nesse sentido, o âmbito deste projeto é na área da logística e compras, no armazém de materiais. Pretende-se fazer uma análise dos dados existentes da compra e gestão de ferramentas, avaliar a disponibilidade das ferramentas em armazém, impedir excesso de *stock* que resultam em custos de posse mais elevados e evitar roturas de *stock* que causam quebras na produção.

Por fim, pretende-se implementar ferramentas que auxiliem a gestão de *stocks*, tendo em consideração os níveis e os custos de *stock*.

1.1 Objetivos e metodologias

O presente relatório de projeto está inserido na área de compras e logística da empresa DRT Moldes e têm como finalidade a implementação de ferramentas que deem suporte na gestão de materiais no armazém de matérias-primas.

A implementação de ferramentas de gestão e planeamento de *stocks*, tem como objetivo a redução de custos, associados ao excesso de *stocks* e paragens de produção por falta de ferramentas disponíveis. Esta ferramenta é uma mais-valia na tomada de decisões e permite que as compras sejam controladas.

Numa primeira fase pretende-se fazer um enquadramento teórico, da gestão de *stocks* e as ferramentas de corte utilizadas na fabricação CNC.

Depois é feita uma descrição do problema encontrado e são apresentados os dados do problema em causa. De seguida é feita uma análise aos dados que foram recolhidos de forma a perceber as causas dos problemas e quais as ferramentas com maior impacto para a empresa.

Por fim são apresentados os parâmetros necessários para a implementação de uma ferramenta de gestão de materiais.

1.2. Organização da dissertação

O presente projeto está dividido em cinco capítulos. O primeiro capítulo é dedicado à introdução, sendo efetuado um breve enquadramento ao tema e apresentados os objetivos pretendidos com a realização deste trabalho. É também feita uma apresentação da empresa DRT Moldes e é apresentado o departamento de produção.

No segundo capítulo, é apresentado o enquadramento teórico, onde são abordados todos os conceitos teóricos necessários à elaboração deste projeto.

No terceiro capítulo são analisados os dados referentes à gestão de ferramentas, quantidades compradas e custos associados e no quarto capítulo é aplicado um modelo de gestão de *stocks*.

Por fim, no quinto capítulo são sugeridas propostas de melhoria com o intuito de tornar a gestão de ferramentas mais eficiente.

1.3. Apresentação da Empresa

A DRT Moldes foi fundada em 1994 no concelho de Leiria e dedica-se à fabricação de moldes e injeção de plásticos até 25 toneladas. Está fortemente vocacionada para a indústria automóvel, funcionando como intermediária para os clientes deste sector.

Atualmente, a empresa conta com três unidades de produção, duas que se dedicam ao fabrico de moldes, de pequenas e médias dimensões, e uma nova unidade que se dedica à produção de peças plásticas e ensaios de moldes.

Com o reconhecimento da Industria Automóvel, fruto de uma crescente especialização no desenvolvimento de projetos específicos, o grupo dedica-se à engenharia e produção de protótipos e moldes de série, realizando também os ensaios dos mesmos e produção de peças plásticas.

Com o objetivo de evolução na cadeia de valor o Grupo DRT integra na sua atividade as fases anteriores à concessão do molde, posicionando-se como parceiro de desenvolvimento junto aos seus clientes.



Figura 1 - Instalações DRT GROUP

A grande maioria dos moldes produzidos nas empresas do Grupo DRT destina-se à exportação, principalmente para países da União Europeia como a França, Alemanha, Espanha e Polónia, e alguns fora da união europeia como Rússia, China e Estados Unidos da América.

O organograma da empresa está representado na Figura 2. Este ilustra a estrutura hierárquica e organizacional da empresa.

A empresa está em expansão e conta com uma nova unidade de injeção de plásticos.

O grupo DRT conta com várias empresas em diferentes áreas, e no organograma é possível ver referenciadas duas dessas empresas, a Younik que é uma empresa de *design* e comunicação, responsável pelo marketing e a DRT Advance que é uma empresa de desenvolvimento de software, que desenvolveu um software de gestão operacional que é usado na empresa.

Ao nível de etapas e processos, e tendo como foco o projeto e fabrico de moldes para a injeção de termoplásticos, os setores que operam nesse sentido estão representados no organograma da Figura 2.

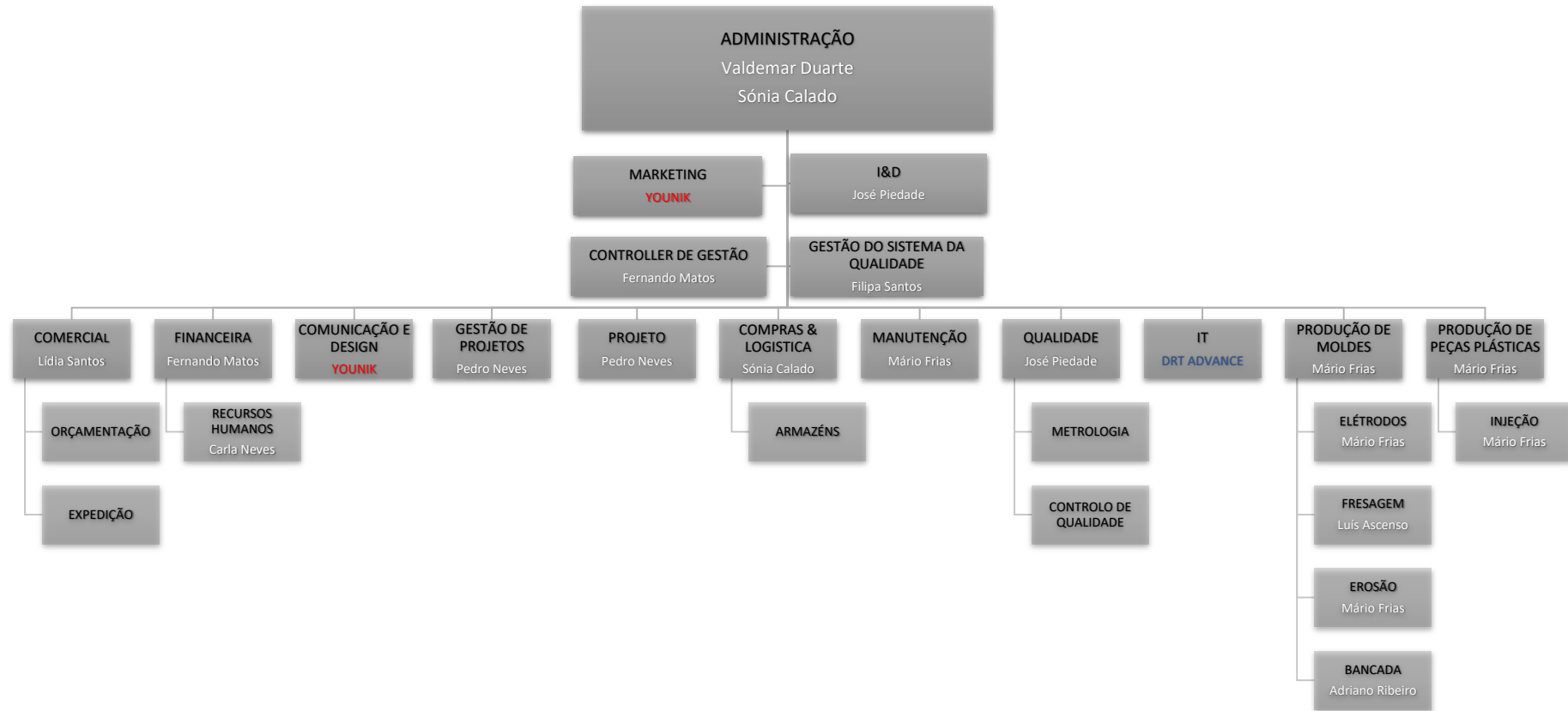


Figura 2 - Organograma da DRT Mold

1.4. Departamento de Produção

O departamento de Produção na DRT é constituído por quatro secções distintas como se pode observar na Figura 3. Cada secção tem a seu cargo um processo produtivo necessário para a produção do molde.

Após a adjudicação do molde, o diretor fabril é responsável por proceder á elaboração do planeamento dos trabalhos entre as secções. O encadeamento dos trabalhos segue a ordem ilustrada na Figura 3. O planeamento das operações dentro de cada secção está a cargo do chefe de secção.

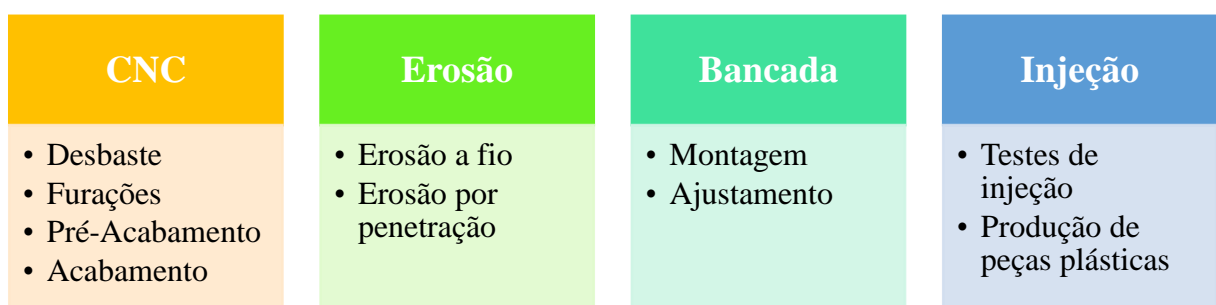


Figura 3 - Processos produtivos de um molde

1.4.1. Fabricação CNC

A fabricação CNC é umas das principais etapas na produção de moldes. Esta secção está dividida em zonas distintas:

- Fresagem de peças grandes
- Fresagem de peças pequenas
- Furação
- Convencional

No parque industrial da secção constam 19 máquinas.

Após a chegada das matérias-primas, nomeadamente, as chapas que constituem a estrutura do molde e os blocos de aço que irão dar forma à bucha e cavidade, inicia-se a fabricação. Os primeiros trabalhos correspondem a operações de desbaste e furação das chapas da estrutura. Simultaneamente, dá-se início ao fabrico dos outros componentes que se irão montar na estrutura do molde. Estes componentes, por terem geometrias mais complexas e acabamentos mais rigorosos, têm o seu tempo de fabricação mais prolongado. São também estes componentes os que transitam para a secção de erosão, quando existem operações de erosão planeadas.

1.4.2. Erosão

A secção de erosão, comparativamente à secção de CNC, tem uma escala menor. Na secção de erosão são realizadas as operações mais minuciosas dos moldes, que não são passíveis de realizar nos centros de maquinação.

A erosão é um processo que se baseia na destruição de partículas metálicas, por meio de descargas elétricas, que ocorrem entre um eletrodo e uma peça, através de um líquido dielétrico.

Na DRT existem equipamentos para erosão por penetração e por fio. Estes dois processos são ligeiramente distintos.

A erosão por penetração utiliza um eletrodo, normalmente grafite, que possui antecipadamente a forma que se pretende obter. Esta forma é dada através da maquinação do eletrodo de grafite, com recurso a máquinas CNC. Depois o processo de erosão dá-se com a aproximação do eletrodo à peça, estando ambas submersas pelo líquido dielétrico, que funciona como condutor da corrente elétrica, fazendo com que as partículas metálicas próximas da grafite se destruam.

O outro processo de erosão é a fio que, ao invés de usar a grafite, utiliza um fio, que vai dando a forma que se pretende à peça. Comparativamente ao processo de erosão por penetração, este é menos versátil em termos de geometrias possíveis de obter, mas é relativamente mais rápido e barato.

1.4.3. Bancada

Na secção de Bancada é feita a montagem de todos os componentes do molde, assim como operações de acabamentos finais. À medida que as peças são concluídas na secção CNC e erosão, são encaminhadas para a secção de bancada.

Normalmente, as primeiras peças a chegarem à bancada são as constituintes da estrutura do molde, como as chapas da bucha e cavidade, a chapa para montagem do carburador, o anel de centragem do molde e as guias. É a partir destes componentes que se inicia a montagem do molde.

Depois, à medida que a fabricação das restantes peças vai sendo terminada, os operadores desta secção, além da montagem do molde, realizam operações de acabamento como por exemplo, o polimento das zonas moldantes.

Após o polimento, as peças vão sendo montadas no molde e, no final da montagem, este passa para a fase de ajustamento. Na fase de ajustamento os mecanismos do molde são testados, e é validado o bom encosto entre a bucha e a cavidade.

Concluído o ajustamento do molde, este segue para a secção de injeção, a fim de ser testado.

1.4.4. Injeção

A secção de injeção é composta por quatro máquinas, com capacidade para operar moldes, desde 200 a 1200 toneladas de força.

Durante o ensaio do molde é verificada a sua eficácia e a qualidade da peça plástica. A eficácia do molde consiste em garantir que o mesmo opera conforme os parâmetros definidos no estudo do *moldflow*, o qual é realizado antes da fabricação do molde, sendo onde se define o tipo de máquina que irá operar o molde e os parâmetros necessários para obter a peça plástica. O gestor do projeto supervisiona toda esta fase de testes, e tem como missão garantir a conformidade de todo o sistema.

Caso existam falhas nos testes, o molde volta à secção de Bancada para realizar ajustes e correções, ou para afinações das geometrias das peças, caso a peça plástica não tenha as dimensões pretendidas. Estes ajustes são frequentes e fazem parte do processo produtivo do molde, sendo que existe um procedimento interno para estas situações.

Depois de a peça plástica ser aprovada, o molde é exportado.

2. Enquadramento Teórico

No presente capítulo é efetuada uma revisão dos conceitos que acompanharam o desenvolvimento do presente projeto.

2.1. Indústria dos Moldes

A indústria de moldes em Portugal deu os seus primeiros passos em 1934, na Marinha Grande, com o iniciar de laboração de uma empresa de moldes para vidro. Foi a partir desta iniciativa, que se iniciou a explosão da indústria, tendo sido criadas inúmeras empresas, com especial incidência na década de 80/90. Foi também nesta década que as exportações da indústria dos moldes começaram a fazer-se de uma forma mais intensa, tendo atingido nos anos mais recentes valores muito elevados (mais de 80% da produção vai diretamente para o exterior). No seguimento do crescimento do setor, duas regiões foram crescendo e ganhando grande importância: a Marinha Grande e Oliveira de Azeméis.

Atualmente Portugal encontra-se entre os principais fabricantes mundiais de moldes, nomeadamente, na área dos moldes para injeção de plásticos (8º a nível global, 3º a nível europeu), exportando atualmente mais de 85% da produção total. (Ascensão , 2016)

2.1.1. Moldes de injeção de termoplásticos

O processo de moldação por injeção é o processo mais usado atualmente para transformação de termoplásticos, devido à sua rapidez, à diversidade das peças que podem ser obtidas e à precisão dimensional.

O processo de moldação por injeção consiste em injetar, para dentro de um molde, material plástico aquecido a uma determinada temperatura, de modo a que este preencha um modelo oco da peça que se pretende obter.

A constituição dos moldes é determinada pela necessidade de realizar adequadamente as funções associadas à execução do ciclo de moldação. Nesta perspetiva, um molde pode ser considerado como uma estrutura (um conjunto de chapas) onde são montados/maquinados os sistemas funcionais que, como o próprio nome indica, são sistemas que permitem que o molde cumpra as suas funções. (Cunha, 2003)

Os materiais mais utilizados em moldes de injeção são os termoplásticos. Uma das principais vantagens na utilização de termoplásticos é que estes sofrem somente uma mudança estrutural, quer quando são aquecidos para serem injetados, quer quando arrefecem para formarem a forma final da peça. (Melo, 2019)

2.2. Gestão de Operações

As organizações mobilizam meios, sejam eles recursos humanos ou materiais, para produzirem bens ou prestarem serviços. O modo como esses recursos são conjugados vai determinar não só a eficiência da sua utilização, mas também, em muitos casos, a qualidade daquilo que se obtém. (Lopes *et al.*, 2020)

A gestão de operações tem como objetivo central assegurar que se obtém o maior volume possível de produção mobilizando a menor quantidade possível de recursos. (Lopes *et al.*, 2020)

As operações de uma empresa, independentemente do seu ramo, podem ser decompostas numa cadeia de processos. Quanto maior a eficácia de cada processo, melhor o resultado final, seja ele obtido a partir da percentagem de defeitos, desempenho por comparação ao *standard* ou nível de serviço. (Suzaki, 2013). A Figura 4 ilustra o processo de transformação num sistema produtivo.

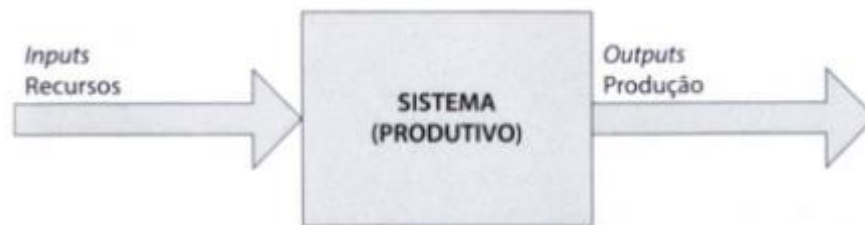
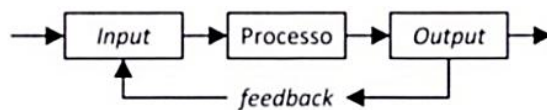


Figura 4 - Sistema Produtivo (Lopes *et al.*, 2020)

A ideia é que se não conseguirmos controlar os processos ou ignorarmos os princípios fundamentais da gestão do chão de fábrica, instala-se o caos.

Para tentarmos controlar um processo, é necessário desenvolver um sistema de *feedback*, como ilustrado na Figura 5. A premissa é que um *feedback* adequado permite-nos tomar ações corretivas melhorando, dessa forma, o nosso controlo sobre o processo. (Suzaki, 2013)



ou:

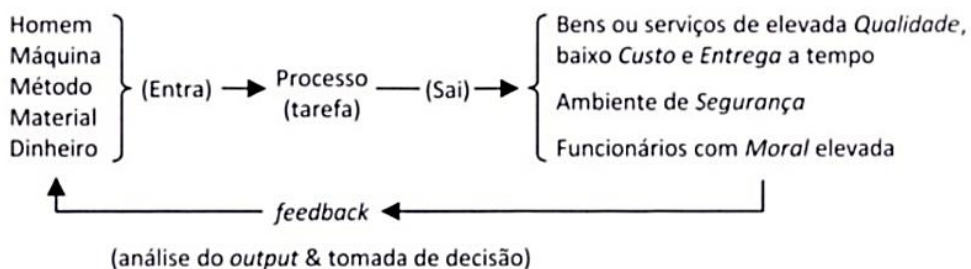


Figura 5 - Sistema de feedback para controlar o processo (Suzaki, 2013)

Temos de controlar estes *inputs*, designados de 5M's, para eliminar o desperdício e disponibilizar produtos de baixo custo e elevada qualidade no momento exigido pelo cliente e, ao mesmo tempo, elevar a moral dos colaboradores da nossa organização, oferecendo-lhes um ambiente seguro. (Suzaki, 2013)

2.2.1. Desperdício

Fujio Cho, da Toyota, define desperdício como “tudo o que está para além da mínima quantidade de equipamentos, materiais, peças, espaço e mão-de-obra, estritamente essenciais para acrescentar valor ao produto.

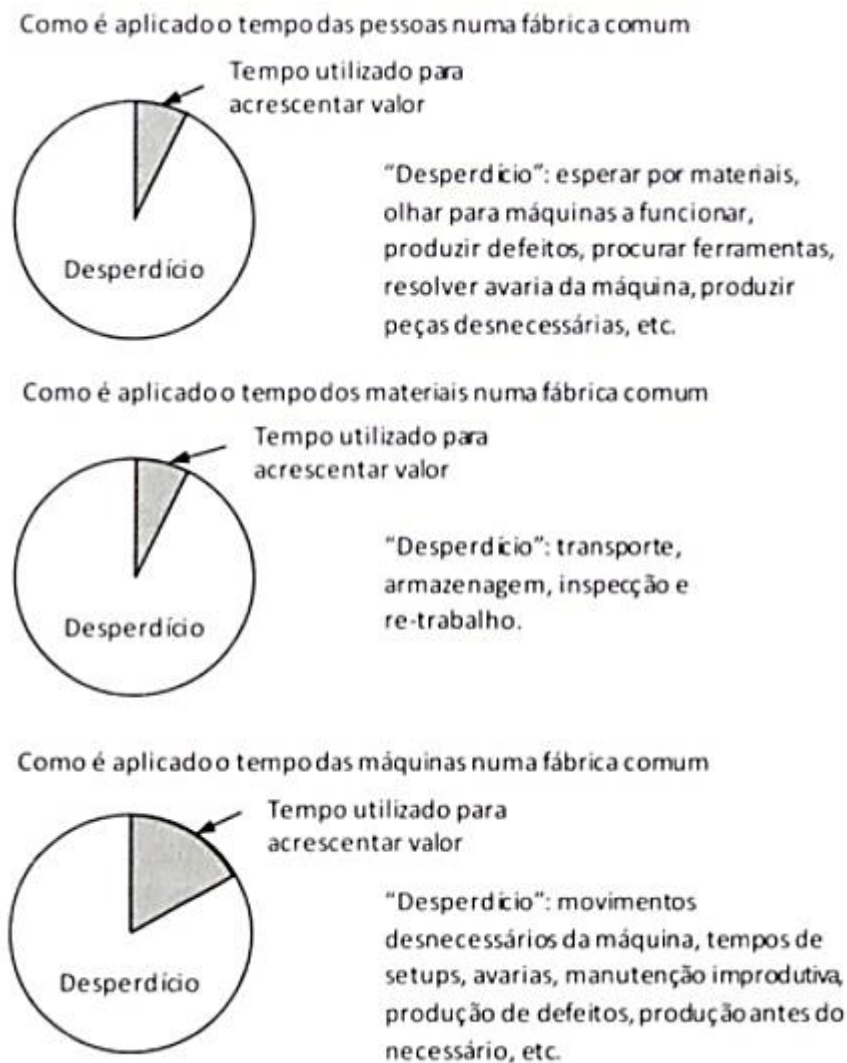


Figura 6 - Utilização dos tempos de homem, máquina e material na fábrica (SUZAKI, 1987)

Quando analisamos o tempo que as pessoas passam na fábrica, descobrimos, por exemplo, que mais de 95% do tempo de um operário não está a ser utilizado para acrescentar valor ao produto.

Em vez disso, está a acrescentar-lhe custo. (SUZAKI, 1987) A Figura 6 representa graficamente este problema.

2.2.1.1. Os sete desperdícios

A Toyota identificou os sete tipos de desperdícios, ilustrados na Figura 7, como sendo os mais proeminentes.

- | | |
|----|---------------|
| 1. | Sobreprodução |
| 2. | Espera |
| 3. | Transporte |
| 4. | Processo |
| 5. | Stock |
| 6. | Movimento |
| 7. | Defeitos |

Figura 7 - Os sete Desperdícios (SUZAKI, 1987)

É necessário introduzir práticas de melhoria de produção, em especial nos setores produtivos. Com base em metodologias adequadas é possível minimizar estes desperdícios.

2.3. Gestão de Stocks

Segundo (Reis , 2017) podemos definir *stock* como o conjunto de unidades de cada artigo que constitui determinada reserva aguardando satisfazer uma futura necessidade de consumo.

O excesso de *stocks* em armazém é uma das principais causas de desperdício para as empresas, uma vez que associados aos stocks podemos encontrar inúmeros outros desperdícios que devem ser eliminados. Os *stocks* sejam eles de matérias-primas, produtos em vias de fabrico ou produtos finais, contribuem para diminuir o poder competitivo da empresa, sobretudo pelo impacto que tem nos custos do produto.

A determinação das quantidades apropriadas de existências para manter em *stock* assume assim um aspeto muito importante e determinante na qualidade de serviço que se deseja dar ao cliente. Níveis de *stock* apropriados asseguram o abastecimento normal do processo produtivo e a entrega atempada do produto final aos consumidores, uma vez que evita tolerar variações e incertezas tanto na oferta como na procura. (Lisboa *et al.*, 2018).

Na Figura 8 podemos observar o fluxo de formação de *stocks*.

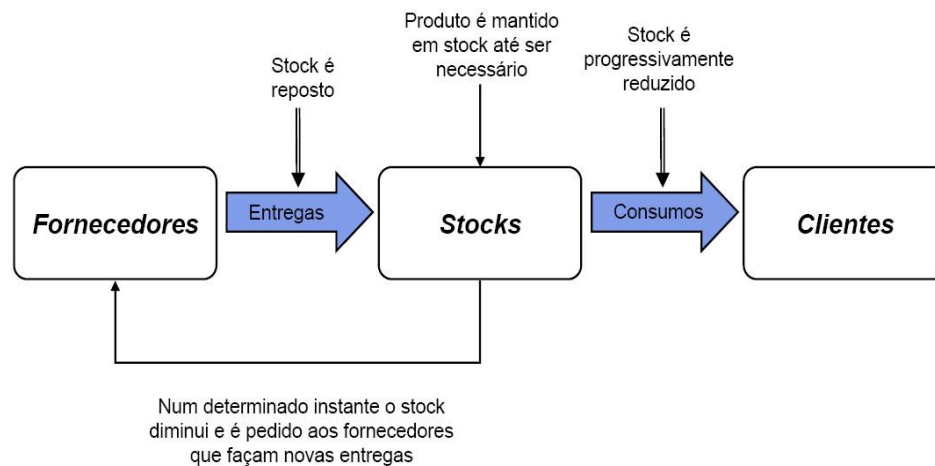


Figura 8 - Fluxo reposição de stocks (Domingues, 2018)

A gestão de *stocks* é um instrumento de gestão que tem como principal objetivo aumentar a segurança contra as variações da procura e criar segurança contra atrasos na entrega, constituindo uma interface permanente entre a programação e o planeamento agregado.

A gestão económica dos *stocks* define-se como um conjunto de operações que permite, após conhecer a evolução de *stocks* numa empresa, formular previsões da evolução destes e tomar decisões de quanto e quando encomendar com a finalidade de conseguir a melhor qualidade de serviço ao mínimo custo. (Reis, 2017)

Na Figura 9 estão representadas as principais causas para o aumento dos níveis de *stock*.



Figura 9 – Principais causas de níveis de stocks nas empresas (Domingues, 2018)¹

¹ (Domingues, D. (2018). Gestão de Stocks (PowerPoint de apoio à disciplina de Gestão da Produção, do Mestrado de Engenharia e Gestão Industrial, ISEC)

Pode dizer-se que o *stock* é útil porque nos defende da escassez, procurando providenciar as faltas que poderão ocorrer dos diferentes ritmos de necessidades de compra e de produção, nas fases de produção, de consumo ou vendas. (Reis , 2017) No entanto os custos associados são importantes e o total dos custos com a formação de *stocks* corresponde ao custo total de aprovisionamento. Tradicionalmente são os seguintes custos associados à gestão económica de *stocks*:

- Custos com a compra de produtos
- Custos com a posse dos *stocks* em armazém
- Custos com a efetivação das encomendas ou com o início do fabrico de um novo lote (*setup costs*)
- Custos de rutura de *stock*.

De forma a trazer uma gestão pela qualidade total é necessário recorrer a métodos científicos que ajudem a minimizar os custos de gestão de *stocks*, nomeadamente os de natureza económica ou financeira que são sem dúvida os que requerem maior atenção.

No entanto, para além destes custos temos ainda de considerar os custos não-financeiros que não são tão facilmente mensuráveis que têm a ver com a qualidade, a flexibilidade e o tempo de produção.

O objetivo da gestão de *stocks* é racionalizar as decisões tomadas adotando soluções de equilíbrio entre:

- Alternativas que levam à acumulação de grandes *stocks*, com os consequentes custos de posse elevados;
- Alternativas que conduzem sistematicamente a roturas de *stock* com as consequências negativas de prestação de um mau serviço ao cliente (e/ou pouca eficiência produtiva). (Domingues, 2018)

Uma boa gestão de armazenagem e *stocks* é essencial para garantir a entrega de um produto final ao cliente com um tempo de entrega reduzido e a um custo razoável.

2.3.1. Modelos de gestão de *stocks*

Segundo (Carvalho, 2010) existem diversos modelos de gestão de *stocks*, que respondem de forma diferente a estas questões: quando encomendar? Quanto encomendar? Para decidir qual o modelo de gestão de *stocks* a ser aplicado é necessário avaliar um ponto fundamental no comportamento da oferta e da procura: a existência ou não de aleatoriedade/incerteza.

Do lado da oferta, ou seja, do lado da empresa fornecedora de determinado artigo, se o prazo de entrega for fixo e sempre cumprido, e se as quantidades entregues corresponderem às quantidades encomendadas, então a oferta não tem aleatoriedade associada e, por isso, é considerada determinística (ou seja, é possível prever com exatidão qual irá ser o comportamento da mesma). Se, pelo contrário, o fornecedor tiver um prazo de entrega variável e não entregar sempre as quantidades encomendadas, a oferta tem um comportamento aleatório.

Do lado da procura, ou seja, do lado do cliente, do mercado, se as quantidades procuradas forem conhecidas, então pode-se afirmar que a procura é determinística. Caso a procura seja variável, incerta, então tem-se um cenário de procura aleatória.

Em síntese, os modelos de gestão de *stocks* podem ser divididos em dois grupos: modelos determinísticos e modelos estocásticos.

- Modelo determinístico – A procura e os prazos de entrega de encomendas têm variabilidade desprezável ou nula. Assumem como pressuposto o conhecimento da procura e do tempo de entrega (*lead time*), tratando-os como constantes. Adequa-se fundamentalmente a situações de procura independente.
- Modelo estocástico – A procura e/ou os prazos de entrega têm variabilidade significativa. Incluem incerteza e risco quer na previsão da procura quer no tempo de entrega, tratando estas variáveis como aleatórias.

Nos modelos estocásticos existem dois tipos fundamentais de sistemas de controlo de *stocks*: sistema de revisão contínua e sistema de revisão periódica. Os sistemas de revisão contínua verificam a quantidade disponível de cada produto, continuamente, enquanto os sistemas de revisão periódica verificam a quantidade disponível em determinados períodos.

Para (Carvalho, 2010), o sistema de revisão contínua corresponde a uma adaptação do modelo da quantidade económica de encomenda, com a diferença da existência de *stock* de segurança. Os níveis de *stocks* são monitorizados constantemente e, quando o *stock* atinge uma quantidade pré-definida (ponto de encomenda) é necessário lançar uma encomenda ao fornecedor. Neste sistema, a quantidade a encomendar é fixa, mas o período entre encomendas é variável.

A Figura 10 apresenta a representação gráfica do funcionamento do modelo de revisão contínua.

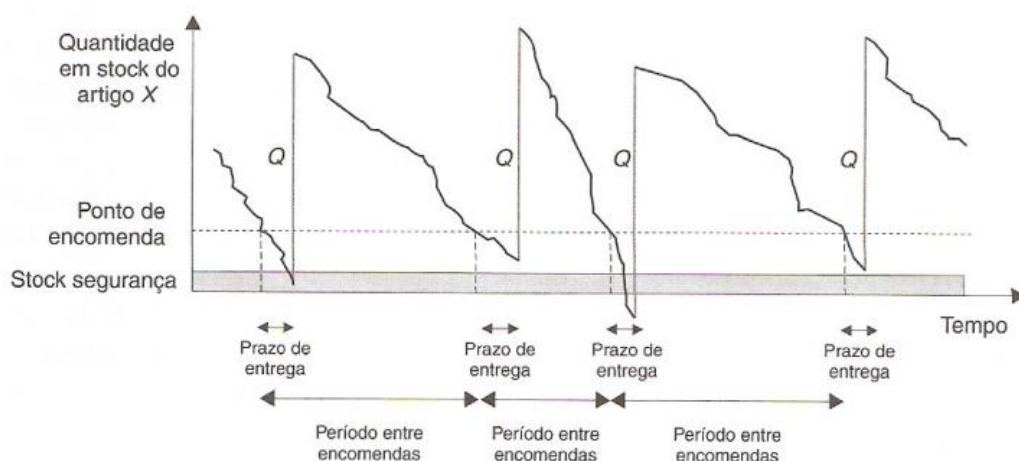


Figura 10 - Representação gráfica do funcionamento do modelo de revisão contínua (Carvalho, 2010)

Neste modelo a quantidade a encomendar é fixa (Q), mas o período entre encomendas é definido de forma a cobrir a procura prevista no tempo de aprovisionamento do *stock* de segurança, determinado pelo nível de segurança desejado.

O *stock* de segurança é a quantidade de materiais em *stock* suficiente para cobrir variações de consumo e do prazo de aprovisionamento e é calculado através da Equação 1.

$$SS = Z \sqrt{\sigma_D^2 * \overline{LT} + \sigma_{LT}^2 * \overline{D}^2} \quad (1)$$

Sendo,

Z o número de desvios padrão que é necessário adicionar à média da procura para se atingir o nível de serviço pretendido durante o prazo de entrega

σ_D o desvio padrão da procura

\overline{LT} o prazo de entrega

σ_{LT} o desvio padrão da procura durante o prazo de entrega

\overline{D} a procura média durante o prazo de entrega

O ponto de encomenda é quando o *stock* de um produto atinge um determinado nível (Pe), no qual se encomenda uma quantidade fixa (Q). Então, admitindo que há variabilidade na procura e no prazo de entrega, esta seguirá o comportamento da distribuição normal e, se for conhecida a média e o desvio padrão da procura durante o prazo de entrega, o ponto de encomenda será calculado segundo a Equação 2.

$$PE = \overline{D} * \overline{LT} + Z * \sqrt{\overline{LT} * \sigma_D^2 + \overline{D}^2 * \sigma_{LT}^2} \quad (2)$$

Sendo,

D a procura média

\overline{LT} o prazo de entrega

Z o nível de serviço

σ_D o desvio padrão da procura

σ_{LT} o desvio padrão da procura durante o prazo de entrega

A equação 3 permite-nos determinar a quantidade a encomendar que minimiza os custos totais com a encomenda, designando-se por quantidade económica de encomenda.

$$QEE = \sqrt{\frac{2 \cdot D \cdot S}{H}} \quad (3)$$

Sendo,

D é a procura

S é o custo de encomenda

H é o custo de posse

A política de gestão de *stocks* a escolher depende da relação entre o custo de encomenda unitário e o custo de posse de *stock* unitário. Segundo Carvalho (2010), “quanto maior for o rácio entre o custo de encomenda unitário e o custo de posse de *stock* unitário, maior será a quantidade a encomendar. Quanto maior o valor desse rácio maior é o peso do custo de encomenda no custo total, logo é necessário encomendar uma maior quantidade para se realizarem menos encomendas por ano. Quanto menor o valor desse referido rácio, menor será a propensão para a constituição de *stock*, pois o custo de posse do *stock* tem um peso elevado no custo total. Assim, a frequência de encomendas será maior ao longo do ano, encomendendo uma menor quantidade de cada vez, de forma a evitar a acumulação de *stocks*, cujo custo de posse unitário é elevado”.

2.3.2. Previsão da Procura

Para além dos *stocks* serem dimensionados através de um modelo de gestão, estes também são dimensionados com base na caracterização da procura/consumo, a qual é, normalmente, feita tirando partido da informação histórica disponível, sobre a qual são realizadas análises estatísticas e projeções para o futuro. Uma previsão dos consumos baseada em métodos analíticos, complementada pelo conhecimento e experiência do gestor de *stocks*, permite definir políticas de gestão de *stocks* mais fiáveis, traduzindo-se na manutenção do nível de *stock* correto e adequado, indo ao encontro das necessidades ao menor custo possível. Assim, a previsão da procura é uma ferramenta fundamental, sendo usada para fornecer uma base de trabalho para o planeamento dos níveis de *stocks*.

Existem diversos métodos de previsão, uns mais sofisticados e complexos do que outros. Podem ser usadas técnicas quantitativas e qualitativas. Os métodos aplicam-se mediante a análise da série temporal, que se identificam através das seguintes componentes: tendência, sazonalidade, cíclica ou simplesmente irregular (Incio, 2014):

- Procura independente - a procura de vários artigos não está relacionada entre eles e, por isso, as quantidades necessárias para cada um têm de ser determinadas separadamente;
- Procura dependente - a necessidade de qualquer artigo é resultado direto da necessidade de um outro artigo de nível superior, do qual faz parte.

2.3.3. A Classificação ABC

A gestão e o controlo das existências envolvem, na maioria das vezes, centenas ou mesmo milhares de produtos. Para que os responsáveis pela sua gestão possam executar com eficácia o seu trabalho, deverão concentrar a sua atenção naqueles produtos que mais a requerem e utilizar metodologias de controlo mais ligeiras para aqueles que são menos importantes. A análise ABC consiste precisamente em classificar os produtos consumidos pela empresa em função do seu valor e das quantidades anualmente utilizadas pela produção.

Tradicionalmente é costume classificar as existências em armazém em três categorias de acordo com o valor anual dos consumos. Este método é habitualmente denominado por "Análise ABC". A classe A agrega os produtos que absorvem entre 75% e 80% do valor total e que representam apenas 15% a 20% de todos os produtos; a classe B representa aqueles produtos que em valor não contribuem mais do que 10% a 15% para a totalidade dos consumos, mas que representam 20% a 25 % do conjunto dos produtos utilizados pela empresa; a classe C é composta por aqueles produtos que contribuem apenas com 5% a 10% para o valor total dos consumos, mas que representam 60% a 65% dos produtos utilizados.

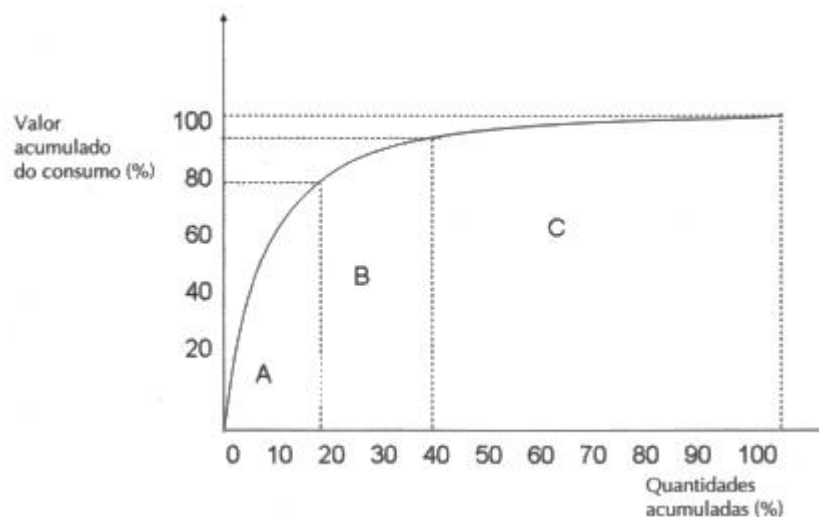


Figura 11 – Exemplo de uma curva típica ABC (Lisboa et al., 2018)

A análise ABC pode ser efetuada com base em dois critérios:

- O valor anual dos consumos das existências.
- O valor das existências em armazém num determinado momento.

A utilização simultânea destes dois critérios e a comparação dos respetivos resultados permitem realizar com maior rigor o controlo das existências. (Lisboa *et al.*, 2018)

Deveremos também levar em conta que não são só os critérios de natureza financeira que determinam os procedimentos a utilizar no controlo de um produto. Outras considerações poderão alterar drasticamente a sua classificação, como por exemplo:

- Haver dificuldades no seu abastecimento (períodos de reposição muito longos).
- Possuir uma procura com variações grandes e difíceis de prever;
- Ser facilmente deteriorável ou tornar-se obsoleto num período curto.
- Necessitar de um espaço de armazenamento muito grande.
- Ser indispensável à operacionalidade da fábrica.

Notemos também que a análise ABC não se aplica diretamente a sistemas de produção que utilizam sistemas MRP ou JIT. A sua utilização destina-se sobretudo àqueles produtos que possuem uma procura independente, ou seja, matérias-primas e produtos finais.

2.3.4. Indicadores de Desempenho

2.3.4.1. *Rotação de stocks*

A rotação de *stocks* indica-nos o número de vezes em que os stocks foram renovados ao longo de um ano. A partir da taxa de rotatividade de *stock* é possível encontrar o período médio de armazenagem, que nos indica quando os produtos armazenados serão repostos.

$$\text{Taxa de Rotação} = \frac{\text{Quant.consumida ao longo do ano}}{\text{Quant.em stock}} \quad (4)$$

A taxa de rotação deve ser calculada em referência a um determinado período de tempo (por exemplo: ano), sendo que o consumo também deve ser referido ao mesmo período de tempo, (Carvalho, 2014).

2.3.4.2. *Taxa de Cobertura*

A taxa de cobertura ou tempo médio de permanência do *stock* caracteriza-se por ser o tempo médio em que o stock poderá abastecer a procura sem ter de se recorrer a uma nova encomenda ao fornecedor. Este indicador pode determinar-se pelo inverso da taxa de rotação, (Carvalho, 2014).

$$Taxa\ de\ cobertura = \frac{quantidade\ em\ stock}{quantidade\ consumida\ ao\ longo\ do\ ano} \quad (5)$$

2.3.5. Planeamento das Necessidades de um Sistema Produtivo

O modelo Wilson é um modelo matemático, desenvolvido para controlar os *stocks* a montante (*stocks* de matérias primas e componentes adquiridos para serem incorporados no produto) e a jusante do sistema produtivo (*stocks* de produtos acabados). Assim, este tipo de conceitos que foram desenvolvidos com a introdução da gestão económica dos *stocks* podem ser introduzidos ao nível do planeamento das necessidades de materiais de um sistema produtivo. As necessidades quer de materiais quer de recursos produtivos são geridas pelos sistemas habitualmente referidos de planeamento e controlo da produção, (Cunha, 1999)

Na Figura 12 apresenta-se esquematicamente a interligação que poderá existir entre as várias atividades de Planeamento da Produção.

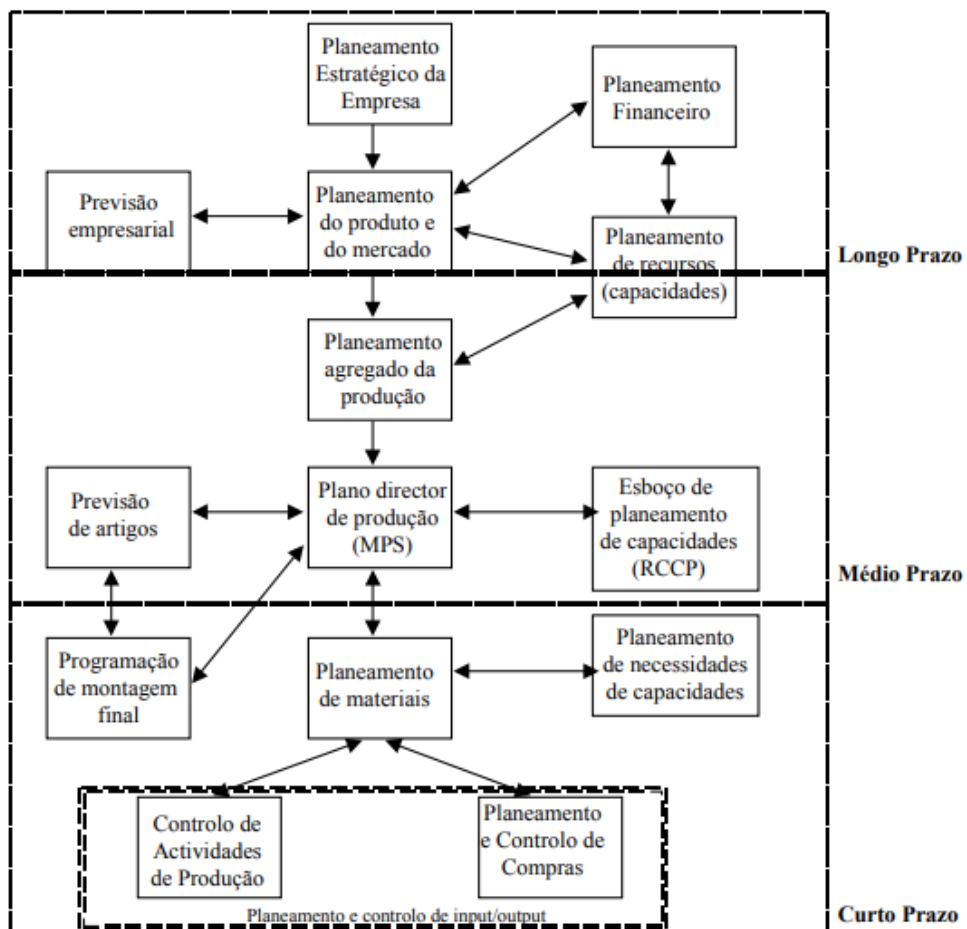


Figura 12 - Interligação entre atividades de Planeamento de Produção (Cunha, 1999)

O inventário que existe ao nível da produção, não pode ser tratado, como sendo constituinte por itens independentes, exceto os produtos acabados ou peças para serviços. A procura para um determinado componente é dependente da procura para as montagens da qual elas fazem parte.

Uma vez feita a programação para as necessidades a um nível superior, pode ser calculado um escalonamento (planeamento detalhado) em termos de tempo para todos os componentes.

2.3.6. Planeamento da Produção

O sistema de planeamento e controlo da produção é essencial para o bom desempenho de qualquer sistema produtivo. Este sistema tem a função de gerir eficientemente o fluxo dos materiais, utilizar eficientemente os recursos (pessoas e equipamentos), coordenar as atividades internas com os fornecedores e comunicar com os clientes sobre as necessidades do mercado.

O planeamento da produção, além de estabelecer os planos de produção a médio e longo prazo, também se preocupa com a preparação das necessidades onde se elaboram programas de produção e planos de utilização de capacidade produtiva. (Moreira, 2012)

2.3.6.1. Plano Diretor de Produção

O Plano Diretor de Produção (PDP) tem como objetivo determinar que produtos a empresa planeia produzir em termos de quantidade e calendário. Na Figura 13 podemos observar um exemplo de um PDP.

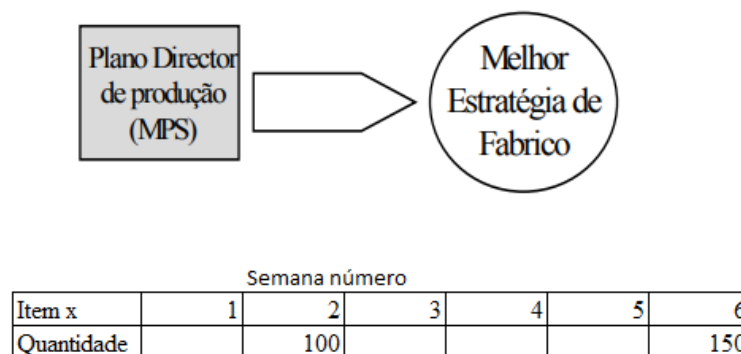


Figura 13 - Exemplo de um plano diretor de produção (Cunha, 1999)

O PDP é expresso em unidades do produto a ser processado em cada um dos períodos, durante um determinado horizonte do planeamento. A definição do plano diretor varia de acordo com o sistema produtivo, em função das encomendas existentes em carteira, das encomendas planeadas, da previsão da procura e dos planos de capacidade dos sistemas produtivos. Na

Figura 14 estão esquematizadas as variáveis de entrada e saída do plano diretor de produção, (Moreira, 2012).



Figura 14 - Entradas e Saídas do Plano diretor de produção (Moreira, 2012)

2.3.7. Planeamento das necessidades de Materiais-MRP

O MRP (*Materials Requirements Planning*) é baseado nos processos de procura de um dado item, a partir do qual se gera uma lista de componentes necessários para produzir o item final. Essa lista de componentes a produzir ou encomendar é definida em tempo e quantidade.

Assim, o MRP tem como objetivo melhorar o serviço ao cliente (entregando os materiais no momento exato), minimizando as existências e maximizando a eficiência da produção. A sua filosofia consiste em que os materiais devem ser entregues apenas quando a sua falta atrasa o programa global da produção. A estrutura que representa o MRP é apresentada na Figura 15.

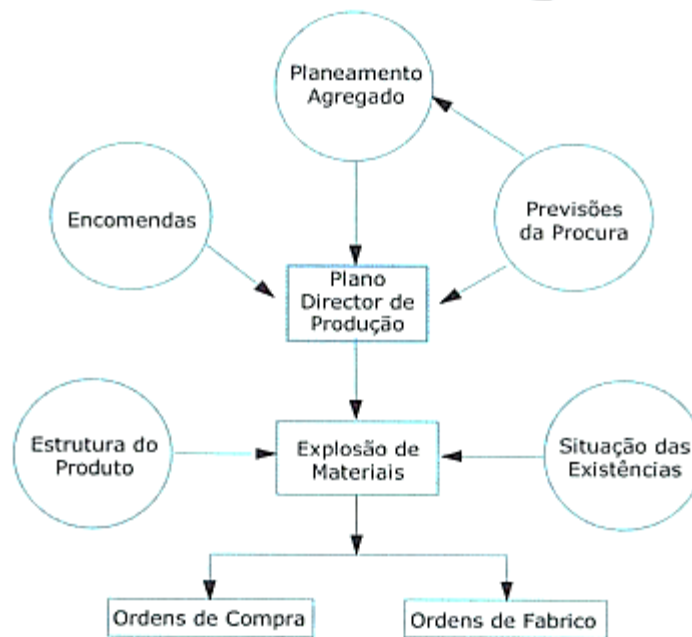


Figura 15 – Exemplo da estrutura do Modelo MRP (Lisboa et al., 2018)

O MRP inicia-se com o planeamento agregado e, a partir daí, com base nas previsões da procura nas encomendas existentes e no Plano Diretor induz a explosão, que consiste no cálculo das necessidades líquidas de cada componente tendo em conta os prazos de entrega. Assim, a explosão é realizada com base no plano diretor, na estrutura do produto e na situação das existências. A situação das existências é uma base de dados que contém os saldos de *stock* permanentemente atualizados, bem como os seus prazos de entrega e *stocks* de segurança. A estrutura do produto é uma base de dados que contém as gamas operatórias, as sequências de operação por produto, bem como os tempos de produção e os equipamentos onde são realizadas as operações.

O MRP assume que os materiais estão disponíveis exatamente quando são necessários, para o que se torna necessário desenvolver relações privilegiadas com fornecedores. Se não existe essa garantia, torna-se necessário dilatar o prazo de entrega (prazo de entrega de segurança) ou aumentar a capacidade (capacidade de segurança) ou ainda, o que não é recomendável na lógica do MRP, criar *stocks* de segurança. (Lisboa et al., 2018)

2.2.6.1. Objetivos do MRP

O principal objetivo de um sistema MRP consiste em controlar o nível de inventário, assinalando prioridades de fabrico para os vários itens, e em planear a capacidade de funcionamento do sistema de fabrico. Isto significa:

- Em termos de inventário: encomendar os itens certos, na quantidade certa e no tempo certo;

- Em termos de Prioridades: encomendar com a data certa em que vão ser necessários e mantendo essa data válida:
- Em termos de capacidade: planejar para uma carga completa e precisa, realizando o planeamento num período de tempo que permita visualizar as futuras cargas.

A gestão de *stocks* que é feita, utilizando um sistema de MRP, permitirá melhorar o serviço a clientes, minimizar os investimentos em *stocks* e maximizar a eficiência das operações de fabricação. (Cunha, 1999)

2.2.6.2. MRPII

O MRPII é basicamente uma expansão do MRP que inclui outras funções do sistema produtivo. Poder-se-á referir que um dos objetivos iniciais de um sistema deste tipo, consiste em planejar e controlar todos os recursos de uma empresa industrial, através de um sistema fechado capaz de gerar um conjunto de informação numérica.

Por outro lado, um sistema como o MRPII pretende simular o sistema de produção na sua globalidade, podendo planejar e testar estratégias a serem tomadas. A utilização deste sistema estende-se a áreas como compras, marketing, produção ou mesmo finanças.

2.4. Fresagem CNC

Uma fresadora CNC é uma máquina muito semelhante a uma convencional, o que a distingue é fundamentalmente estar dotada de um controlador CNC e a troca automática de ferramentas, embora existam muitas fresadoras que não fazem essa troca automática.

As fresadoras são máquinas de grandes recursos e são, juntamente com os tornos mecânicos, máquinas indispensáveis à realização de quase todos os trabalhos da indústria metalomecânica. A operação de fresagem é uma operação caracterizada por o arranque da peça ser realizado por ação de uma ferramenta animada de um movimento de rotação contínuo. A remoção do material é obtido por conjugação do movimento de rotação da ferramenta com o movimento de translação (avanço) da mesa onde está fixada a peça ou com o movimento de translação da própria ferramenta. Os movimentos de translação variam muito em função da tipologia da máquina, no entanto, e de uma forma geral, em máquinas de pequeno e médio porte, é o movimento da mesa que permite levar a peça até à ferramenta, já em máquinas de grande porte, a ferramenta para além do movimento de rotação, faz todos os movimentos de translação.

A fresagem é um processo de fabrico realizado por meio de uma ferramenta rotativa, de secção circular, munida de dentes com arestas cortantes repartidas uniformemente sobre a sua periferia. Esta ferramenta designa-se por fresa. Na Figura 16 pode observar-se a terminologia das arestas de corte.

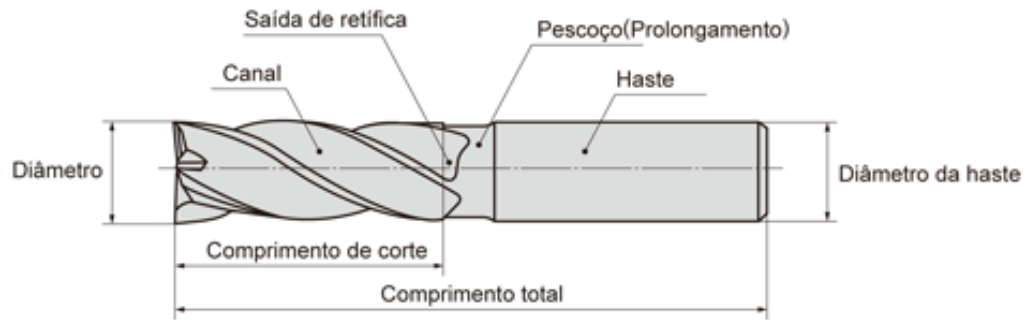


Figura 16 - Terminologia das arestas de corte

A operação de fresar é uma operação de corte com levantamento de aparas em que a ferramenta é animada de um movimento de rotação contra uma peça. Este movimento de rotação da ferramenta constitui o movimento principal de corte. (Rocha, 2016)

O tipo de aparas que se obtém depende de vários fatores, entre os quais a natureza dos metais da peça e da ferramenta, o ângulo de ataque da ferramenta, a velocidade de corte e o modo como se fazem o arrefecimento e a lubrificação da operação de corte. (Cunha, 1982)

2.4.1. Ferramenta de corte

A escolha da ferramenta de corte adequada é fundamental para o sucesso do processo de maquinação. Embora o seu custo inicial seja de 3 a 5% dos custos totais do processo, a seleção correta do material, da classe e geometria, bem como dos parâmetros de corte da ferramenta, permite uma otimização de recursos ao reduzir o tempo de maquinação, o tempo de máquina, os consumos energéticos, entre outros.

A escolha do material da ferramenta, da geometria e dos parâmetros de corte está associada ao tipo de material que vai ser maquinado, às características da operação a ser executada, aos objetivos que se quer atingir e em qual máquina-ferramenta será aplicado. A geometria da ferramenta e os parâmetros de corte influenciam na formação da aparas, nas forças de corte, no desgaste da ferramenta e na qualidade final do trabalho. (Immerman, 2021)

É possível selecionar a geometria da aresta de corte mais adequada para cada aplicação. Com isto, maiores eficiências de maquinação podem ser obtidas.

2.4.1.1. Aresta de Corte

A forma e as condições da aresta de corte são cruciais para as operações de maquinação. Durante o processo de corte, o elevado impacto térmico e mecânico na aresta de corte resulta

num desgaste elevado. Além disso, é a forma da aresta de corte que qualifica a qualidade da superfície maquinada.

A micro geometria da aresta de corte tem uma grande influência na força de corte, na integridade da superfície da peça (rugosidade e tensões residuais) e nas temperaturas desenvolvidas num processo de maquinação. Logo, o objetivo da preparação da aresta de corte é: aumentar a resistência da aresta, aumentar o tempo de vida útil da ferramenta, reduzir as tensões internas do revestimento, reduzir o risco de rachar da aresta de corte e definir a forma e tamanho da aresta e corte.

Uma adequada preparação da aresta de corte é de grande importância no desempenho da ferramenta, principalmente as que são constituídas por materiais frágeis como cermets, cerâmicos e PCBN, pois aumenta a resistência e protege a aresta de possíveis rachas e quebras. Portanto, deve ter-se em conta a preparação da aresta de corte, pois esta contribui para uma melhor maquinação. (Vechina, 2017)

2.4.1. Materiais das ferramentas de corte

A seleção do material e da classe da ferramenta de corte é um fator importante a ser considerado ao planear uma operação de maquinação.

Para selecionar a ferramenta de corte adequada é importante ter conhecimento dos tipos de materiais de cada ferramenta de corte e o seu desempenho.

Os materiais das ferramentas de corte têm diferentes combinações de dureza, tenacidade e resistência ao desgaste e estão divididas em várias classes com propriedades específicas. O material de corte adequado deve ser:

- Duro para resistir ao desgaste de flanco e deformação
- Tenaz para resistir à quebra
- Não reativo com o material da peça
- Quimicamente estável para resistir à oxidação e difusão
- Resistente a mudanças térmicas repentina.

2.4.2. Geometria de Corte

O mercado oferece uma grande variedade de perfis de ferramentas como plana, toroidal, fresas de topo, esféricas ou de barril. Além disso, existe uma ampla oferta de pastilhas de fresas intercambiáveis com diversos perfis de ferramentas. Este recurso determina a forma da geometria da apana não cortada, uma vez que o tipo de ferramenta influencia as condições de corte. Com base nisso, a forma do perfil da ferramenta é fundamental para prever as forças de corte com precisão em qualquer operação de maquinação. (Ojala-Ortega *et al.*, 2021)

Todas as ferramentas de corte compartilham quatro características de forma comuns – ângulo de saída, ângulo de posição, raio de ponta e ângulo de forma. Estas características são a base da geometria de uma ferramenta de corte.

2.4.3. Avarias e Desgaste de Ferramentas

As forças de corte, estado de tensão, elevada temperatura resultante do processo de corte conduzem a efeitos indesejáveis no corte por arranque de avara.

As avarias e o desgaste das ferramentas exigem monitorização, afiamentos periódicos e substituição quando se atinge um determinado desgaste ou completa inutilização por avaria súbita.

Normalmente todas as ferramentas de corte sofrem continuamente desgaste durante a maquinação até atingirem a sua vida útil.

O desgaste das ferramentas de corte pode ser avaliado por:

- Medição direta – inspeção visual feita com lupas ou ótica (microscópios e camaras)
- Medição indireta – observando o aumento das vibrações, do ruído, redução da qualidade, quebra de bordas ou aparecimento de rebarbas excessivas na peça, que levam à rejeição dimensional e ao aumento dos esforços de corte. (Barrios *et al.*, 2011)

Ao longo do processo de maquinação de uma peça, as ferramentas de corte estão sujeitas a um desgaste progressivo. Para o aumento da vida útil da ferramenta e conseqüente diminuição dos custos associados com a troca de ferramentas e com o retrabalho associado ao estado da superfície da peça, é necessário definir o tempo em que estas podem ser utilizadas sem perda das suas capacidades de corte.

De acordo com a ISO 8688-1 de 1989 as condições de corte no processo de facejamento podem dividir-se em duas categorias:

- Deterioração da ferramenta onde esta condição é resultante, predominantemente do desgaste da ferramenta;
- Deterioração da ferramenta resultante de outros fenómenos como a quebra da aresta ou deformação plástica.

Para garantir condições de corte controladas é necessário ter em conta a profundidade do corte, a velocidade de avanço e a velocidade de corte para analisar a estabilidade do processo.

2.4.4. Tipos de Desgaste das Ferramentas

Saber quando uma ferramenta deve ser trocada pode evitar muitos custos, relacionados com o retrabalho de peças que dimensionalmente apresentam desvios, assim como evita que o acabamento superficial das peças seja mau.

Durante a maquinação, a ação do corte altera a forma geométrica original da ferramenta, pois ao longo do tempo verificam-se desgastes contínuos e progressivos, normalmente em duas regiões adjacentes à aresta de corte, a face de ataque e a face de saída.

Existem três tipos de desgaste de ferramenta: desgaste de flanco, desgaste de cratera e desgaste de entalhe. Na Figura 17 estão representados esses danos.

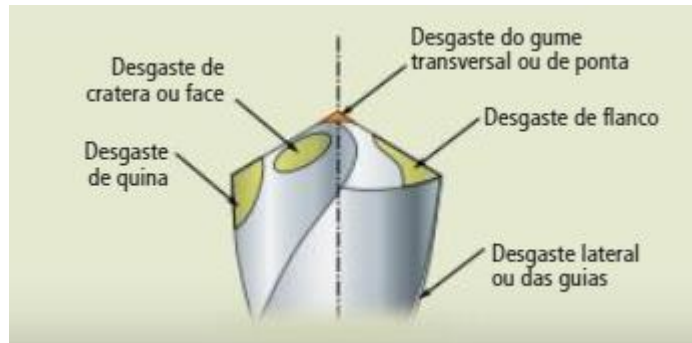


Figura 17 - Danos sofridos pelas ferramentas de corte

Para evitar que ocorra o colapso total da ferramenta é fundamental estipular limites para as avarias e para os desgastes de flanco e cratera (regulares e previsíveis).

2.4.4.1. Desgaste do flanco

O desgaste do flanco como se verifica na Figura 18 ocorre nas superfícies de folga, atingindo tanto a aresta principal de corte como a secundária. Quando atinge a aresta principal de corte, resulta num aumento das temperaturas e forças envolvidas no corte, podendo causar vibrações tanto na ferramenta como na peça. O desgaste do flanco ocorre devido à abrasão causada por elementos duros no material da peça.

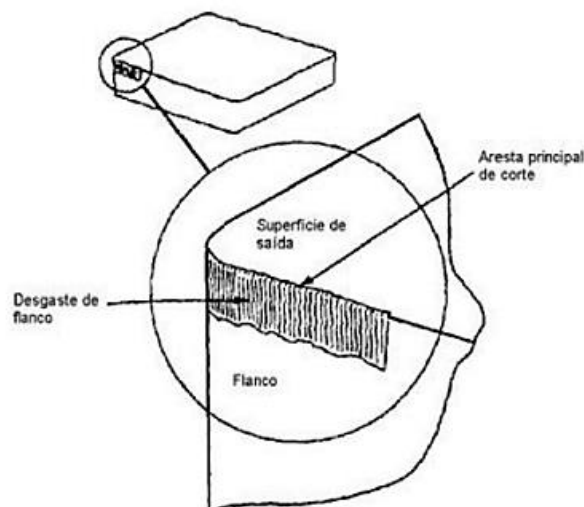


Figura 18 - Representação esquemática do desgaste do flanco (Martins T. , 2018)

Este é o tipo mais comum de desgaste da ferramenta de corte e é também o tipo de defeito preferido porque oferece vida útil da ferramenta previsível e estável.

2.4.4.2. Desgaste da Cratera

O desgaste da cratera é um defeito localizado na face de ataque da pastilha e ocorre devido a uma reação química entre o material da peça e a ferramenta de corte e pode ser ampliada pela velocidade de corte. Este desgaste quando acontece de forma excessiva enfraquece a aresta de corte e pode causar a quebra.

A Figura 19 representa o desgaste de cratera de uma ferramenta localizada na superfície de saída de uma ferramenta.

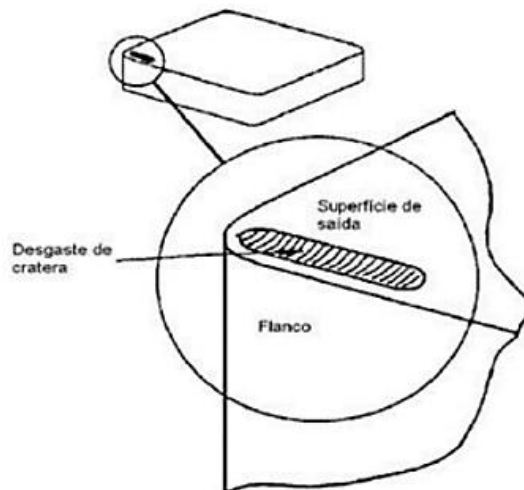


Figura 19 - Representação esquemática do desgaste de cratera (Martins T. , 2018)

2.4.4.3. Desgaste de entalhe

O desgaste de entalhe ocorre geralmente na maquinação de materiais resistentes a altas temperaturas e com alto grau de encruamento. É causado pela adesão (soldagem dos cavacos por pressão) e uma deformação na superfície endurecida. A Figura 20 representa o desgaste de entalhe de uma ferramenta.

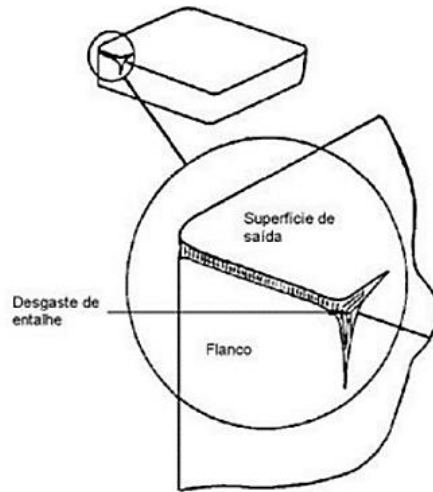


Figura 20 - Representação esquemática do desgaste de entalhe (Martins T. , 2018)

Nas regiões onde acontece este tipo de desgaste, as condições de escorregamento prevalecem e o mecanismo de desgaste, provavelmente, envolve abrasão e transferência de material, e são bastante influenciados por interações com a atmosfera. (Martins T. , 2018)

2.4.4.4. Evolução dos desgastes

O desgaste da cratera e o desgaste de flanco aumentam de forma progressiva com o decorrer do tempo de corte. Enquanto o desgaste de cratera apresenta uma evolução linear, o desgaste de flanco apresenta uma evolução não linear, podendo esta ser representada por uma curva padrão, a qual se encontra representada na Figura 21. (Morais, 2018)

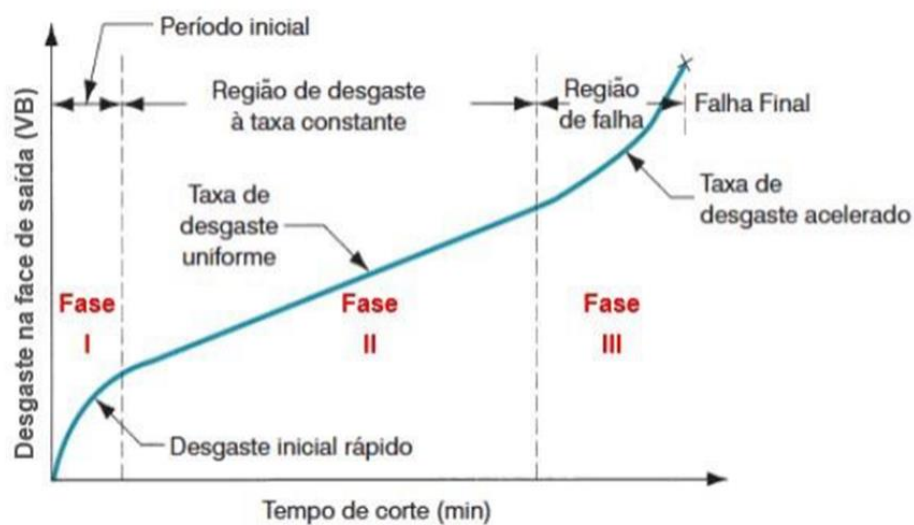


Figura 21 - Evolução do desgaste na face de saída (V_b) em função do tempo de corte (Morais, 2018)

O gráfico da Figura 21 tem uma curva que representa a evolução do desgaste de flanco em função do tempo de corte, apresentando este três fases distintas. A fase I, que corresponde ao início do corte usando uma ferramenta afiada, na qual o desgaste é acelerado até que a aresta fique arredondada, passando a apresentar uma taxa de desgaste decrescente com o passar do tempo. A fase II caracteriza-se por um aumento gradual, controlado e previsível do desgaste ao longo do tempo. A ferramenta já se encontra totalmente acomodada ao processo e os mecanismos de desgaste apresentam uma taxa constante até atingirem uma nova inflexão. Na fase III o desgaste volta a aumentar muito rapidamente num curto espaço de tempo, até à rutura completa da ferramenta, (Amaro, 2017).

2.4.5. Parâmetros e Grandezas de Corte

O comportamento dinâmico de uma operação de fresagem pode levar a uma condição de corte instável, que muitas vezes limita o potencial da máquina-ferramenta em termos de produtividade. Este comportamento dinâmico do processo de corte provoca uma modulação da espessura da apanha, conhecido como efeito regenerativo, e pode levar a uma alta amplitude das forças do processo. Como resultado a superfície maquinada terá má qualidade superficial. As forças induzidas podem danificar a ferramenta ou mesmo o fuso e a máquina. (Grabowski *et al.*, 2014)

2.4.3. Vida Útil das ferramentas

A vida útil da ferramenta refere-se à vida útil de uma máquina ferramenta e pode ser expresso pela quantidade de peças boas que determinada ferramenta é capaz de maquinar. Quando a ferramenta tem desgaste e as peças por esta maquinadas se encontram fora de especificação significa que a vida útil desta ferramenta termina e esta deve ser substituída.

Com o estudo da análise da vida útil da ferramenta podemos determinar quando uma troca de ferramenta deve ocorrer, prevenindo erros associados ao desgaste destas. Ao ser feito um planeamento adequado das ferramentas consoante o tipo de material que está a ser maquinado, a o tipo de corte, a velocidade e as taxas de avanço, poderemos conseguir otimizar a vida útil das ferramentas.

A complexidade da peça de trabalho, rugosidade da superfície, precisão de maquinação, requisitos de tolerância para a peça acabada e outras considerações são críticas. Conhecer a peça de trabalho e todos os parâmetros envolvidos no processo é fundamental para a seleção da ferramenta.

A manutenção preditiva é o método mais impactante disponível para melhorar a qualidade e reduzir custos. Com a implementação de práticas de manutenção preditiva é possível prever a falha das ferramentas e alertar equipas para corrigir o problema. (Immerman, 2021)

A norma ISO 3685:1993 define o critério mais usual para determinar o fim de vida das ferramentas de torneamento. Segundo esta norma podem ocorrer falhas catastróficas ou desgastes que evoluem ao longo do tempo, devendo adotar-se algumas recomendações.

2.4.4. Gestão de Ferramentas

A gestão de ferramentas requer uma atenção especial pelos responsáveis de produção, uma vez que, uma má gestão das mesmas pode resultar num aumento dos custos de fabrico e consequentemente na diminuição de produtividade.

A complexidade em fazer uma gestão otimizada dos *stocks* de ferramentas, está por vezes relacionada com a dinâmica nos consumos das mesmas e pela importância que há em ter ferramentas *Just In Time* de modo a manter a produção ativa. Este último pressuposto leva a que as empresas optem por ter *overstocks* de determinadas ferramentas, ou que se faça compras compulsivas quando se está na iminência de uma rotura.

A implementação de uma gestão de ferramentas requer algum investimento por parte das organizações, mas que depressa trará retorno. As ferramentas representam custos produtivos por vezes difíceis de contabilizar. A política de gestão de *stocks*, e otimização da vida da ferramenta fará diminuir o custo unitário por ferramenta, o que fará diminuir os custos produtivos, aumentando assim o lucro para a empresa.

Assim sendo, a aplicação de determinados conceitos de gestão, mesmo que sejam simples, tais como a definição de um ponto ótimo de encomenda ou um *stock* máximo, podem resultar em poupanças significativas.

A monitorização das ferramentas de apoio à produção visa garantir a disponibilidade das mesmas a fim de atingir objetivos de produção, contribuindo para um aumento de produtividade e eficiência. É necessário saber que ferramentas devem ser adquiridas e quando, quais as ferramentas com maior procura, quais as que requerem uma atenção especial e quais os níveis de *stock* adequados.

3. Desenvolvimento

3.1. Descrição do Problema

A gestão de ferramentas é um dos maiores desafios para os fabricantes de moldes para injeção de plásticos, e para a maioria das empresas metalomecânicas. Existem diversos fatores que devem ser geridos, desde a parte comercial, nomeadamente a escolha do fornecedor e a negociação do preço por ferramenta, a parte de gestão de *stocks* que, normalmente, é gerida entre o gestor técnico da secção e a secção de compras, e a parte técnica, que consiste na boa utilização da ferramenta que, normalmente, é trabalhada entre o gestor técnico e o operador.

De modo a obter bons resultados no campo da gestão de ferramentas, é importante analisar-se globalmente estas três vertentes da gestão: comercial; *stocks*; técnica.

Relativamente à parte comercial nem sempre é possível negociar o preço de todas as ferramentas, ou poderá ser difícil a curto prazo fazê-lo, portanto é importante definir prioridades sobre as que têm maior impacto nos custos da empresa de modo a reduzir o espectro de ferramentas a negociar.

No campo da gestão de *stocks*, o chefe de secção tem o dever de garantir que existem ferramentas em *stock*, capazes de responder às necessidades do dia-a-dia da empresa. Ter um *overstock* de ferramentas, apenas para garantir que não se atinge uma rotura de *stock* é, por vezes, uma abordagem adotada por algumas empresas; no entanto, esta abordagem acarreta custos de posse muito elevados, não sendo compatível com uma boa política de gestão de recursos. Também há situações em que não se aplica qualquer tipo de política de gestão de *stocks*, sendo as ferramentas pedidas consoante as necessidades, o que também não é desejável, pois aumenta a probabilidade de roturas de *stock* e, conseqüentemente, paragens de produção. Portanto, é evidente que a definição de *stocks* mínimos, pontos de encomenda e quantidades a encomendar são conceitos indispensáveis e que devem ser analisados em permanência.

Na área técnica existe um ponto ótimo onde a produtividade e a vida da ferramenta se alinham. Maximizar a vida útil da ferramenta fará com que a empresa poupe na aquisição de novas ferramentas. Os parâmetros de utilização da ferramenta devem ser ajustados e melhorados. Mais uma vez, comparativamente à vertente comercial, existem ferramentas com maior importância que outras, sendo o impacto nos custos da empresa diferentes.

3.2. Gestão de ferramentas na empresa DRT Moldes

A gestão de ferramentas é um dos custos que maior impacto tem no setor produtivo de moldes. As ferramentas necessárias para trabalhar os aços são caras, e por vezes, têm vidas úteis bastante curtas, o que torna ainda mais importante a sua boa gestão. Muitas vezes esta gestão é menosprezada, pois os custos são absorvidos pelo cliente, no valor do molde. No entanto, cada vez mais existe uma preocupação crescente no que toca a uma boa gestão dos recursos. O

mercado é competitivo e exige uma melhoria contínua, de modo a oferecer ao cliente a melhor solução.

A gestão de ferramentas é complexa e deve ser vista em função da realidade da organização. Fatores como otimização de parâmetros de maquinação, definição de *stocks* mínimos e pontos de encomenda e uma escolha de ferramenta adequada à operação são alguns dos pontos a ter em conta durante todo o processo da gestão de ferramentas.

A DRT tem uma gestão de ferramenta pouco desenvolvida, no que diz respeito aos pontos acima referidos. As necessidades de compra são despoletadas pelo operador, em função da sua necessidade, não existindo um *stock* mínimo nem um ponto de encomenda. Outro fator que merece atenção é o facto de não existir análise estatística relativamente aos consumos das ferramentas.

A gestão de ferramentas com foco nos pontos referidos poderá trazer um decréscimo dos custos que as mesmas acarretam à empresa, possibilitando assim uma maior competitividade no mercado em que a empresa está inserida. A poupança relacionada com a gestão de ferramentas poderá possibilitar um investimento na aquisição de novas máquinas, permitindo assim um crescimento mais acelerado para a empresa.

Assim sendo, a gestão de ferramentas ganha uma importância bastante grande e deve ser vista como uma prioridade.

3.2.1. Lista de ferramentas

A Tabela 1 é referente aos tipos de ferramentas que foram compradas ao longo do ano 2021. Mediante o tipo de operação e material a ser maquinado, existem diversas ferramentas que se adaptam às condições de trabalho pretendidas. Por vezes, de marca para marca diferem algumas características tais como revestimento da ferramenta, ou parâmetros de trabalho ideais. Como a oferta é vasta, cabe às organizações, através do seu *know how*, e com a ajuda de técnicos, explorar as ferramentas mais adequadas ao tipo de serviço que operam. O fator financeiro é também muito importante, pois as ferramentas são consumíveis de alto valor, que podem ter um impacto muito grande nas contas de uma empresa.

Tabela 1 - Lista com as famílias de ferramentas utilizadas na DRT

Família	Designação
EPDR	Fresa de topo com revestimento de diamante
EPDB	Fresa de topo de esfera profunda com revestimento de diamante EPDBE
EPDBE	Fresa de topo esférico com revestimento ATH
MD TR 4jjer	Fresa de topo raso
MD RETIFICAR	Fresa de topo raso
MD ESFERICA	Fresa esférica
EHHB	Fresa de topo esférico de quatro canais de alta dureza
HGOB	Fresa de ponta esférica HGOB-PN
DSGFL	Fresas de ponta esférica de carboneto sólido para grafite
V72223	Mini fresa rotativa de metal duro
DCR	Fresa de topo raso

3.3. Análise dos dados

Na Tabela 2 constam os custos e as quantidades por família de ferramentas adquiridas no ano 2021. Os custos totais com aquisições de ferramentas foram de 55 056,24€. O tipo de fresa com maior peso em termos de custo é a EPDR (ferramenta de topo raso com revestimento de diamante), totalizando um custo total de 12 696,35 €. No total foram adquiridas 1157 ferramentas.

Tabela 2 - Lista de fresas compradas em 2021

Tipo de ferramentas	Quantidade	Custo total
EPDR	200	12 696,35 €
EPDB	200	10 493,26 €
MD TR 4jjer	243	9 363,91 €
EPDBE	157	6 321,90 €
MD RETIFICAR	51	4 023,28 €
MD ESFERICA	120	3 200,82 €
DCR	24	2 994,30 €
EHHB	64	2 721,37 €
Outras	27	1 379,40 €
HGOB	28	1 178,88 €
DSGFL	10	400,12 €
V72223	30	129,96 €
Total		55 056,24€

O gráfico da Figura 22 evidencia as quantidades por família de ferramenta adquiridas em 2021. Existe já uma conclusão possível de retirar, analisando o gráfico da Figura 21 e os valores da Tabela 2.

O tipo de ferramenta mais requisitado não é o tipo de ferramenta que apresenta maiores custos para a empresa. Esta conclusão é importante, pois pode fazer diferir quanto à decisão a tomar, sendo que podem ser decididas abordagens comerciais, p.e. negociar o preço/uni, ou uma abordagem técnica, p.e. afinação de parâmetros, de modo a prolongar o ciclo de vida da ferramenta, ou mesmo, procurar uma nova solução em termos de ferramenta.

Podemos então concluir, a partir do gráfico da Figura 22, que as seguintes ferramentas são as mais requisitadas:

- MD TR 4jjcr
- EPDR
- EPDB

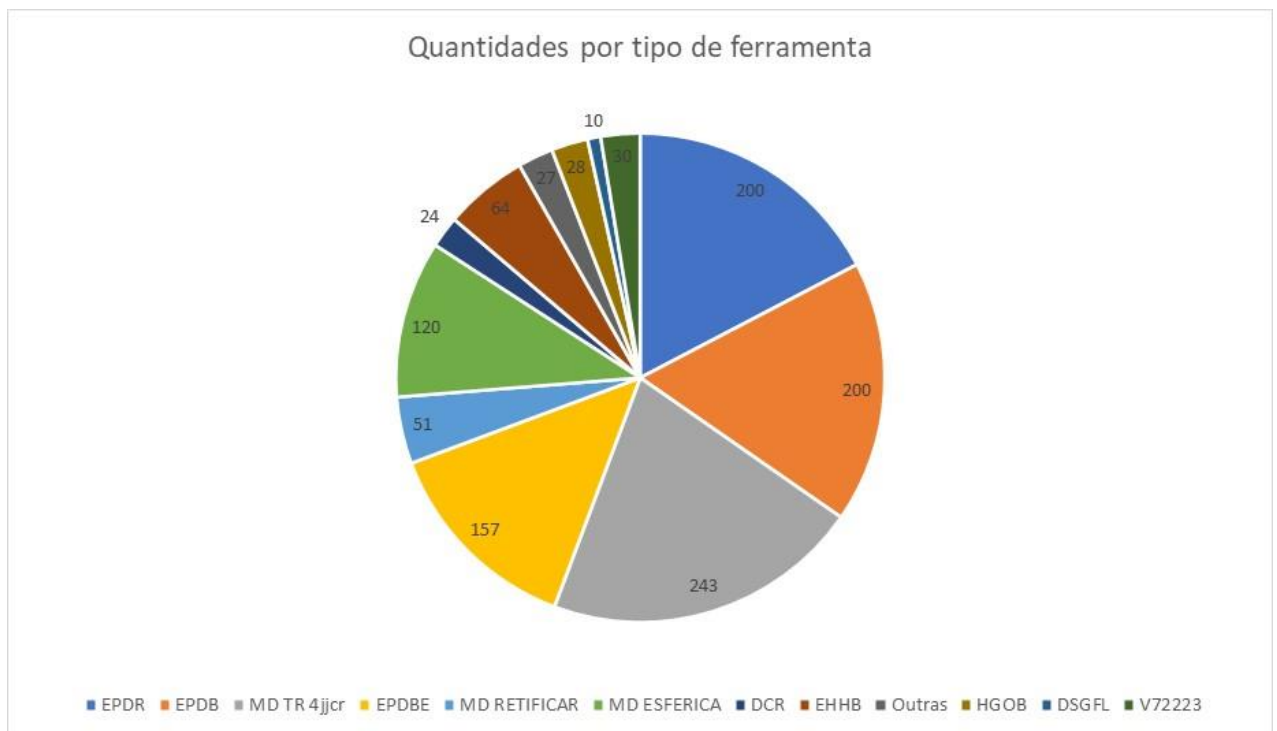


Figura 22 – Quantidades por tipo de ferramenta

A análise que se segue procura selecionar as ferramentas mais valiosas, e que por isso têm maior dificuldade em amortizar o seu custo. Pretende-se também selecionar as ferramentas que têm maior consumo uma vez que podem representar custos acrescidos à empresa a médio prazo, caso o seu consumo não seja controlado.

Após análise dos dados ilustrados no gráfico da Figura 23, verificou-se que o custo médio por unidade de ferramenta é de 53,76 €. A linha a verde no gráfico representa o custo médio.

No total de 72 referências, apenas 24 têm um custo superior ao médio.

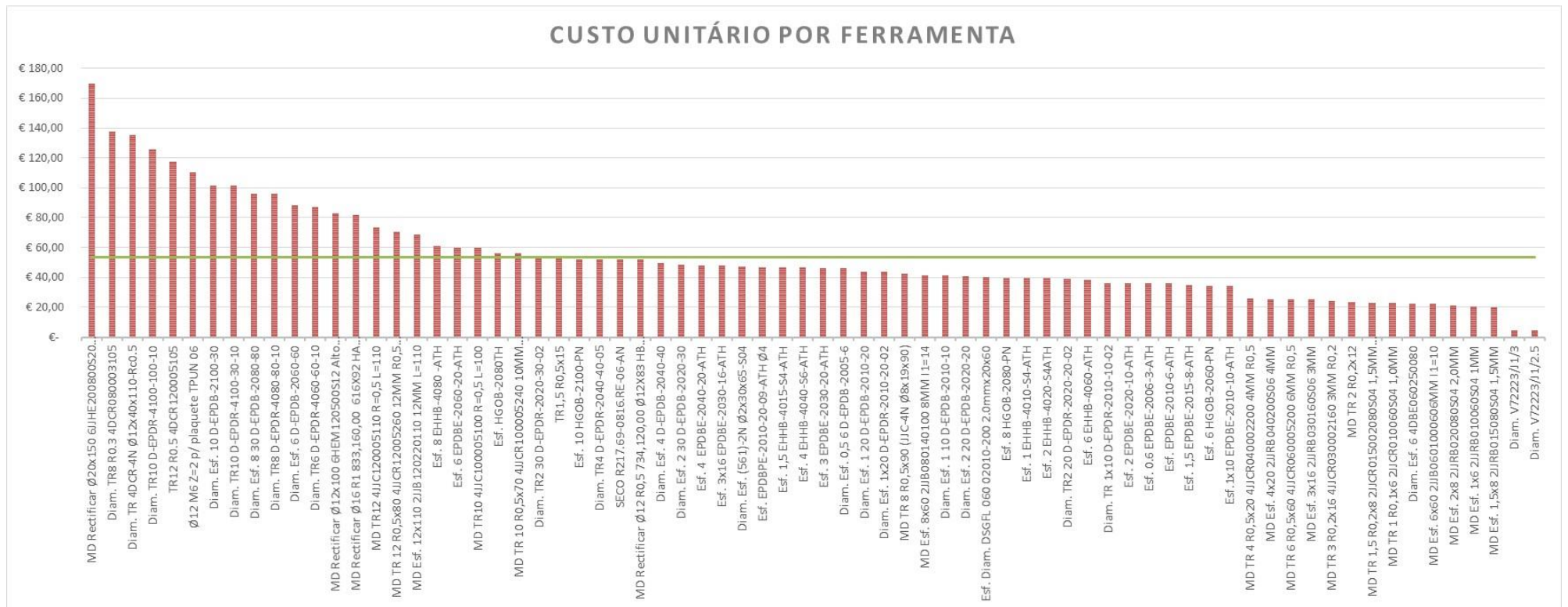


Figura 23- Custo unitário por ferramenta

Considerando todas as referências que têm preço unitário superior ao preço médio como ferramentas valiosas, foi feito o somatório dos custos que as mesmas representam para a empresa.

Dessas 24 referências, que correspondem a 33% do total das ferramentas, totalizam um custo de 24035,45€, ou seja 43,66% dos custos. Na Tabela 3 estão listadas as ferramentas cujo seu preço unitário é superior ao custo médio.

Tabela 3 - Lista de ferramentas com custo superior ao médio

Designação	Qtd	preço/uni	Custo
Diam. TR4 D-EPDR-2040-40-05	60	€ 52,03	3122,08
Diam. TR6 D-EPDR-4060-60-10	35	€ 87,18	3051,33
Diam. Esf. 2 20 D-EPDB-2020-20	70	€ 40,67	2846,86
Diam. Esf. 4 D-EPDB-2040-40	40	€ 49,46	1978,58
Diam. TR10 D-EPDR-4100-100-10	15	€ 125,67	1885,04
MD Rectificar Ø16 R1 833,160,00 616X92 HA L3 44Z4	22	€ 81,84	1800,37
Diam. Esf. 6 D-EPDB-2060-60	20	€ 88,33	1766,55
Diam. TR2 20 D-EPDR-2020-20-02	45	€ 39,01	1755,53
MD TR12 4JJC120005110 R=0,5 L=110	23	€ 73,43	1688,89
TR12 R0.5 4DCR120005105	14	€ 117,43	1644,02
MD TR 12 R0,5x80 4JJC12005260 12MM R0,5 L=80 RESP. 26	20	€ 70,65	1412,95
MD TR 6 R0,5x60 4JJC060005200 6MM R0,5	49	€ 25,29	1239,35
Diam. Esf. 1 10 D-EPDB-2010-10	30	€ 41,09	1232,55
Esf. 1 EHHB-4010-S4-ATH	28	€ 39,44	1104,32
Diam. Esf. 10 D-EPDB-2100-30	10	€ 101,22	1012,20
Diam. TR10 D-EPDR-4100-30-10	10	€ 101,22	1012,20
MD TR 10 R0,5x70 4JJC100005240 10MM R0,5 RESP. 24 Z=4	15	€ 56,01	840,15
MD TR10 4JJC100005100 R=0,5 L=100	14	€ 59,48	832,65
Diam. TR2 30 D-EPDR-2020-30-02	15	€ 53,91	808,62
Diam. TR8 R0.3 4DCR080003105	5	€ 137,48	687,38
MD Rectificar Ø20x150 6JJHE200800S20 20MM l1=80 L=150	4	€ 170,00	680,00
Diam. TR 4DCR-4N Ø12x40x110-Rc0.5	5	€ 135,03	675,14
MD Rectificar Ø12x100 6HEM120500S12 Alto Avanço 12MM	8	€ 82,85	662,76
Esf. 6 EPDBE-2060-20-ATH	11	€ 59,97	659,64
TR1,5 R0,5x15	12	€ 53,86	646,32
MD Esf. 12x110 2JJB120220110 12MM L=110	9	€ 68,81	619,29
Diam. Esf. 8 30 D-EPDB-2080-80	5	€ 96,08	480,41
Diam. TR8 D-EPDR-4080-80-10	5	€ 96,08	480,41
Esf. 8 EHHB-4080 -ATH	4	€ 61,21	244,82
Esf. HGOB-2080TH	4	€ 56,08	224,31
Ø12 M6 Z=2 p/ plaquete TPUN 06	2	€ 110,00	220,00
Total	609		37314,72

Posto isto, é necessário particularizar relativamente às referências que maior impacto tem em termos de custos para a empresa.

3.4. Análise ABC

Para analisar quais as ferramentas que têm um maior impacto para a empresa, independentemente do seu custo médio, recorreu-se a uma análise ABC.

No total existem 72 referências distintas de famílias de ferramentas utilizadas, que foram classificadas como A, B ou C. Esta análise consistiu em classificar as ferramentas adquiridas ao longo de um ano em função das quantidades compradas, e os custos que estas tiveram para a empresa. Os produtos pertencentes à classe A e B são os produtos mais importantes pelo seu valor monetário. Estes produtos podem ter um valor de consumo elevado através da combinação do custo baixo com o elevado consumo, ou um custo alto com um baixo consumo.

Na Tabela 4 podemos observar as quantidades de ferramentas de cada classe assim como os custos quantitativos e % de custo que cada classe tem em termos de despesas.

Tabela 4 - Classificação quantitativa de custo e quantidade por classe

Classe	Quantidade	%Quantidade	Custos	%Custos
A	16	22%	€ 28 552,82	52%
B	20	28%	€ 15 496,96	28%
C	36	50%	€ 11 006,46	20%

A lei de Pareto, como referenciado anteriormente, indica que 20% dos artigos, correspondem a 80% dos custos. No caso concreto da DRT, como pode ser verificado nos gráficos da Figura 24, 22% dos artigos (16 referencias), representam 52% dos custos.

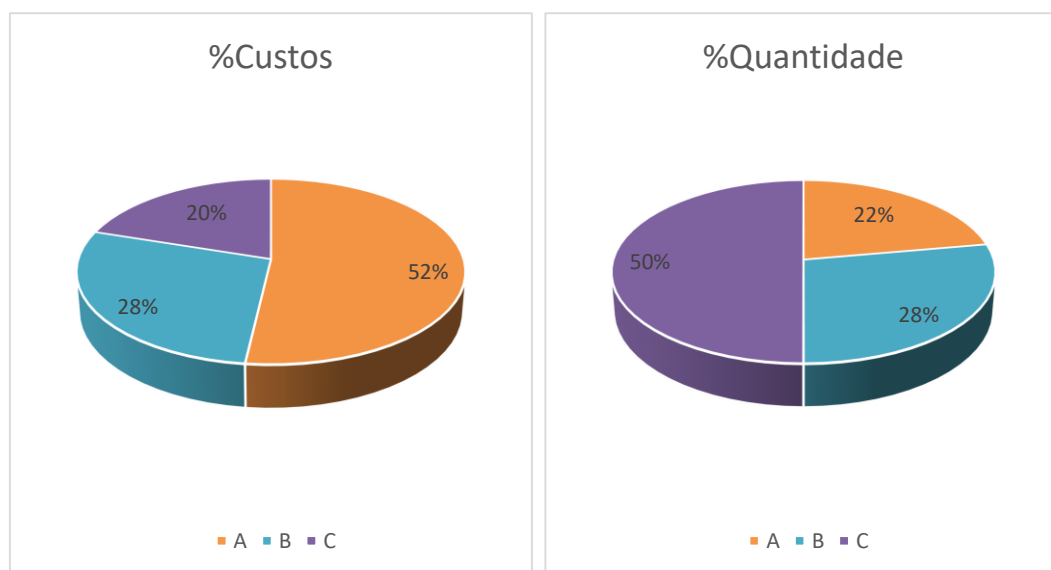


Figura 24 – Classificação gráfica quantitativa por custos e quantidades

Para cada classe os métodos de gestão podem variar. As referências classificadas como A, são as que representam um custo maior para a empresa. É, portanto, importante definir *stock* mínimo, ponto de encomenda e quantidade ótima a encomendar. Estas definições podem ajudar a reduzir significativamente os custos para a empresa.

Por norma são também estas as referências, classificadas como A, que em caso de rotura de *stocks* podem provocar uma paragem de produção com maior impacto.

Para os produtos classificados de classe B já poderão ser utilizadas metodologias mais espaçadas no tempo e quanto aos classificados como classe C o controlo anual dos seus consumos poderá ser suficiente.

No gráfico da Figura 25 é apresentada a curva ABC das ferramentas de corte classificadas de A, B e C do setor de fabricação da empresa DRT.

Este gráfico evidencia as conclusões relatadas anteriormente mostrando um acentuar da linha do acumulado à medida que transitamos entre as diferentes classes. Assim, na classe A, existe um declive bastante acentuado, que diminui na classe B e torna-se praticamente horizontal na classe C. Esta evidencia reflete as conclusões já retiradas relativamente ao facto de 22,22% das ferramentas refletirem 51,86% das despesas com ferramentas.

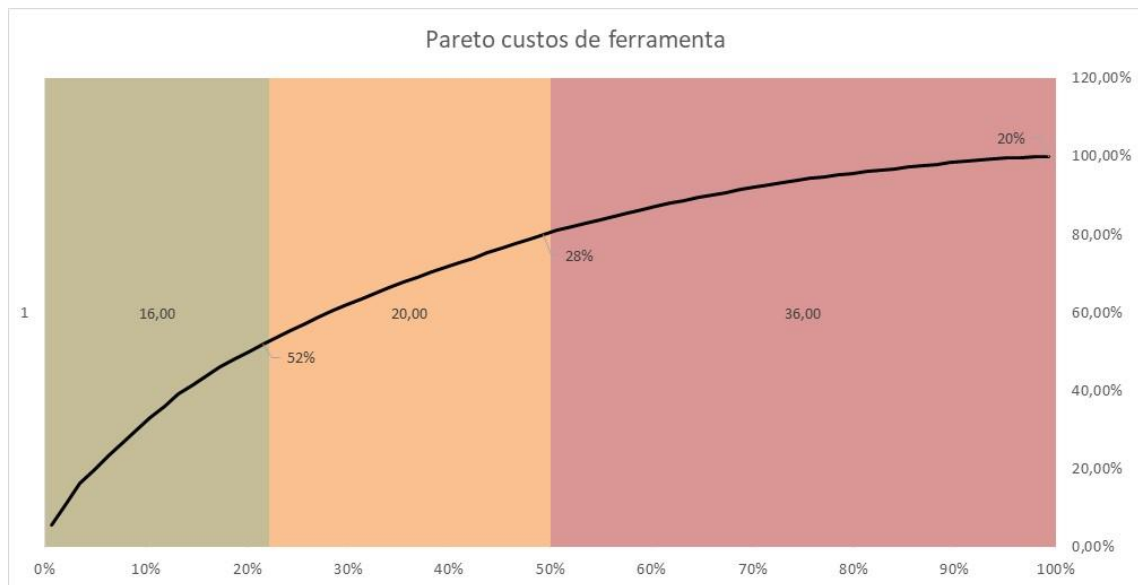


Figura 25- Gráfico de análise da classificação ABC

Esta classificação é uma mais-valia por nos ajudar a perceber quais as ferramentas com maior e menor impacto para a empresa, e ajudou a identificar uma oportunidade de melhoria relativamente às políticas de gestão de *stocks*.

No gráfico da Figura 26 é possível perceber o impacto que tem um ciclo de vida curto para uma ferramenta mais cara. Por exemplo, a ferramenta A custa o dobro da ferramenta B. Se ambas

falharem logo no 1º instante de utilização, o prejuízo da ferramenta A é o dobro do prejuízo da ferramenta B, e tem o valor do seu preço unitário. À medida que o tempo passa, esse custo é amortizado, ou seja, o custo da ferramenta é dissipado nas horas de trabalho da mesma. Quanto mais horas trabalhar, maior a sua rentabilidade, poupando custos à empresa na aquisição de ferramentas novas. Esta amortização tende para 0, mas nunca chega a 0. É este pressuposto que torna o ciclo de vida das ferramentas importante. Ainda relativamente à ferramenta A e B, a razão do valor da amortização entre ambas vai ser sempre o igual a 2, no entanto o importante a reter é que quanto maior for o ciclo de vida da ferramenta, mais próximo de 0 será o valor da amortização.

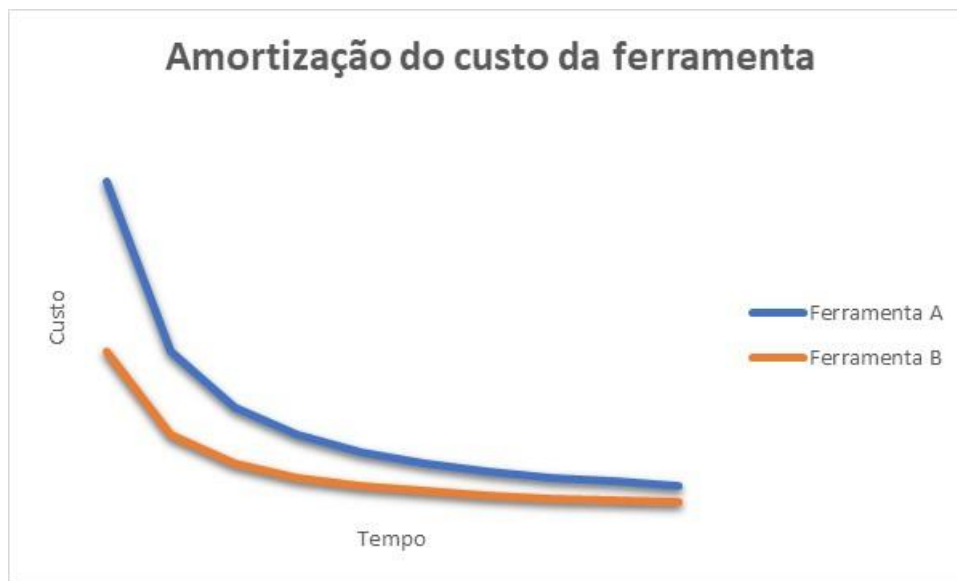


Figura 26- Amortização do custo da ferramenta

Outro ponto importante relaciona-se com as quantidades consumidas por cada referência. Uma referência com elevado consumo e com o seu ciclo de vida pouco otimizado pode ter custos para a empresa muito elevados. Estas referências devem ser analisadas de um ponto de vista técnico, de modo a prolongar ao máximo a sua vida.

3.5. Indicadores de Desempenho

Para se conseguir um melhor desempenho dos *stocks* é necessário avaliar o impacto das decisões tomadas. Como tal, para verificar a eficiência dos *stocks* recorreu-se à análise de dois indicadores, que são apresentados na seção 2.3.4.1. e 2.3.4.2 respetivamente.

3.5.1. Taxa de Cobertura

Na Figura 27 é apresentado o número de semanas de cobertura dos *stocks*, calculados pela equação 5, existentes no armazém nas diferentes classes.

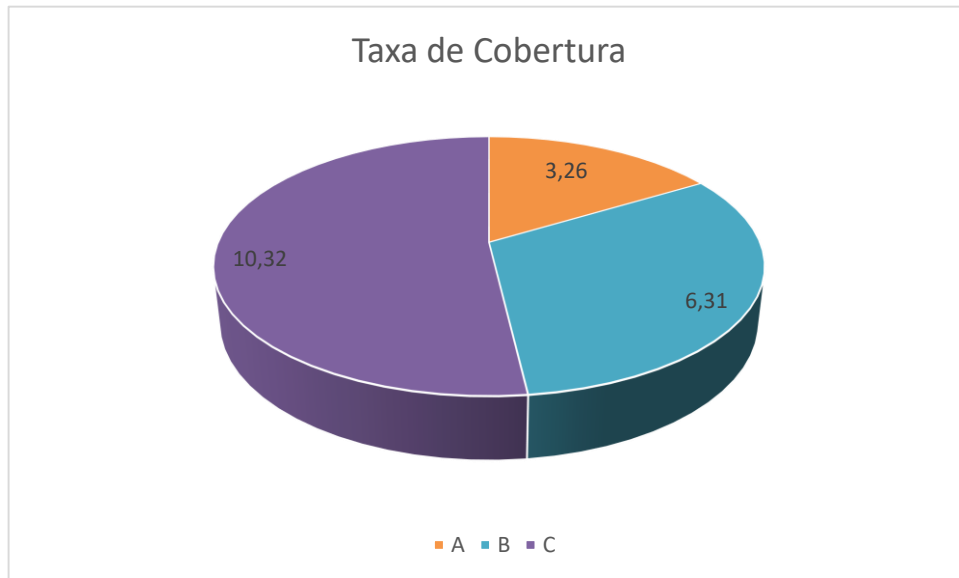


Figura 27 - Taxa de cobertura (semanas)

A classe C é a que apresenta uma taxa de cobertura superior às restantes, isto significa que, até às 10 semanas, a procura pode ser satisfeita sem recurso a novas encomendas.

No entanto, o *stock* mínimo de ferramentas de classe C é de uma a duas ferramentas, o que faz com que sempre que este *stock* acabe seja necessário realizar uma nova encomenda. No entanto é necessário ter em conta o prazo de entrega, uma vez que a falta de ferramentas pode causar paragens na produção.

Com esta análise podemos verificar que, ao realizar encomendas de 10 em 10 semanas, poderia trazer benefícios para a empresa, tais como descontos de quantidade e valores mais baixos nos transportes.

3.5.2. Taxa de rotação

A taxa de rotação média por classe de artigos é apresentada no gráfico da Figura 28. Com a análise do gráfico podemos concluir que os artigos com classificação A são os que apresentam uma taxa de rotação maior. O que significa que, ao realizar uma encomenda de uma elevada quantidade destes artigos, estes vão permanecer menos tempo em *stock*.

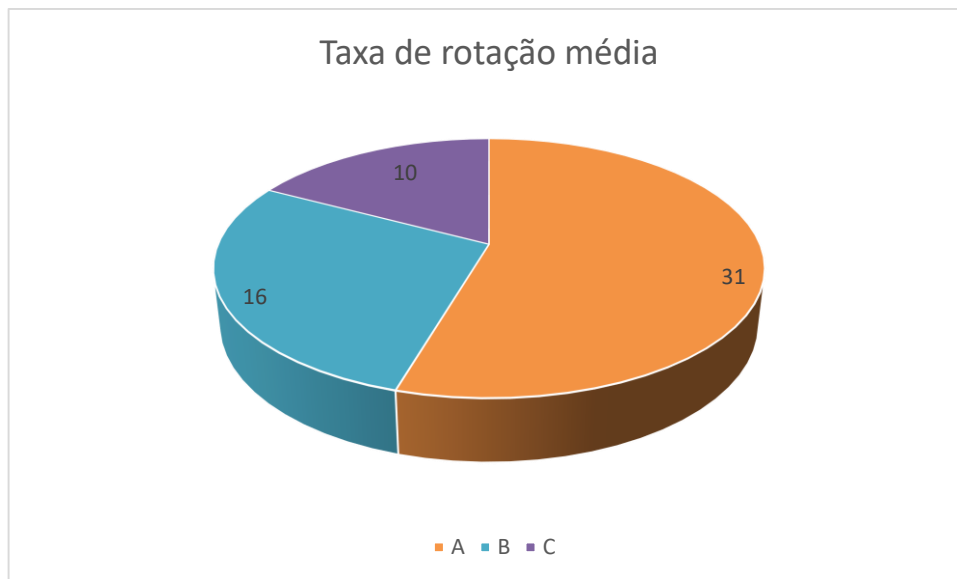


Figura 28 - Taxa de rotação média das ferramentas de corte

A análise destes indicadores permite-nos perceber que os artigos de classe A, como visto na análise ABC, são os mais valiosos para a empresa e são os mais requisitados por parte dos operadores. Com a análise da taxa de cobertura verifica-se que estes artigos têm uma disponibilidade mais baixa, sendo que permanecem menos tempo em armazém.

Já os artigos de classe C, considerados os menos valiosos pela análise ABC, são os que permanecem mais tempo em armazém, com uma disponibilidade superior, sendo os que são menos requisitados pelos operadores.

Podemos assim concluir, com a análise destes indicadores de desempenho, que a taxa de cobertura é inversamente proporcional à taxa de rotação. Os artigos que permanecem mais tempo parados em armazém, que têm uma taxa de cobertura maior, são os que têm uma taxa de rotação menor.

4. Modelos de Gestão de Stocks

Os modelos de gestão de *stocks* permitem controlar o nível de *stock* de forma a prevenir ruturas e definir encomendas com o objetivo de minimizar os custos e os riscos para a empresa.

O consumo de ferramentas de corte na DRT não segue um comportamento contínuo e uniforme ao longo do tempo, o que dificulta a utilização de novas abordagens na determinação da quantidade a encomendar visando a minimização dos custos de gestão de *stocks*. Existem diversos métodos para resolver o problema do aprovisionamento para procura irregulares.

O modelo de previsão adotado procura obter soluções ótimas para determinar o tamanho do lote a encomendar e, conseqüentemente, diminuir os custos associados.

4.1. Método de Wagner-Within

O método denominado como algoritmo de Wagner-Within permite obter a solução ótima para o problema da gestão económica dos *stocks* quando se enfrenta uma procura irregular para um horizonte de planeamento finito, assegurando ao mesmo tempo a satisfação atempada da procura em todos os períodos. É uma metodologia que faz recurso à programação dinâmica para a determinação da solução ótima e cujo algoritmo, composto por três fases, se passa de seguida a apresentar:

Fase 1 – São calculados para o horizonte de planeamento, os custos variáveis totais (custos de efetivação e custos de posse) de todas as alternativas possíveis. Defina-se uma variável Z_{pt} representativa dos custos variáveis totais do período p a t associados à efetivação de uma encomenda no período p e que satisfaz toda a procura compreendida entre os períodos p e t .

$$Z_{pt} = k + hc \sum_{i=p}^t (Q_{pt} - Q_{pi}) \quad \text{para } 1 \leq p \leq t \leq N, \quad (6)$$

$$Q_{pt} = \sum_{r=p}^t D_r \quad (7)$$

Onde:

k = custo com a efetivação de uma encomenda;

h = taxa de custo de posse por unidade do produto e por período;

c = custo unitário do produto;

D_r = Previsão da procura para o período r .

Fase 2 – Para cada período, todas as combinações de encomendas alternativas são comparadas com as estratégias suplementares. A melhor combinação, ou seja, a de

menor custo, é anotada como aquela que satisfaz, ao menor custo, a procura nos períodos de 1 a t . O algoritmo inicia-se com $f_0 = 0$ e calcula-se de forma sequencial $f_1, f_2, f_3, \dots, f_N$. O cálculo de f_t é efetuado por ordem ascendente utilizando a fórmula 8.

$$f_t = \text{Min}(Z_{pt} + f_{p-1}) \quad \text{para } p = 1, 2, \dots, t. \quad (8)$$

Para cada período, todas as combinações de encomendas alternativas são comparadas com as estratégias suplementares f_t . A melhor combinação, ou seja, a de menor custo, é aquela que satisfaz a procura nos períodos 1 a t ao menor custo. O valor de f_N traduz o custo mínimo associado a toda a sequência de encomendas.

Fase 3 – Para extrair, da solução ótima f_N obtida, a sequência das encomendas e as correspondentes quantidades a encomendar, procede-se da seguinte maneira:

$$f_N = Z_{wN} + f_{w-1} \quad (9)$$

Significa que a última encomenda é efetivada no período w e é suficiente para satisfazer a procura nos períodos w a N .

$$f_{w-1} = Z_{vw-1} + f_{v-1} \quad (10)$$

A penúltima encomenda é efetivada no período v e suficiente para satisfazer a procura de v a $w-1$.

$$f_{u-1} = Z_{1u-1} + f_0 \quad (11)$$

A primeira encomenda é efetivada no período 1 e é suficiente para satisfazer a procura de 1 a $u-1$. (Lisboa, 2018)

4.2. Aplicação do método de Wagner-Within

Pretende-se aplicar este modelo para se obter uma solução que corresponda a uma diminuição dos custos com a gestão de *stocks* de ferramentas de corte.

Para a previsão da procura prevista para os próximos nove meses, foram considerados os consumos de ferramentas que ocorreram para cada mês em 2021.

A ferramenta que serviu para a obtenção desta simulação, foi a ferramenta classificada como classe A, que teve mais consumos em 2021.

Assumindo a procura constante, na Tabela 5 é apresentado o plano de aprovisionamento deste produto para os próximos nove meses, utilizando para o efeito o algoritmo de Wagner-Within.

Tabela 5 – Procura prevista

Descrição	Procura								
	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.
Diam. Esf. 2 20 D-EPDB-2020-20	9	2	10	4	11	6	2	3	4

A ferramenta em estudo tem um custo unitário de 40.67€, um custo de posse de 10% por unidade armazenada durante um mês, sendo o custo de efetivação com a sua encomenda de 52€.

Na Tabela 6 estão apresentados os custos variáveis de todas as alternativas possíveis para efetuar encomendas de modo a satisfazer a procura para um planeamento de nove meses. Nos custos variáveis encontram-se incluídos os custos com a efetivação das encomendas e os custos de posse do *stock*.

Tabela 6 - Custos variáveis

		Consumo								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Compras	1	52	60,14	141,54	190,38	369,46	491,56	540,4	625,87	756,11
	2		52	92,7	92,7	227,01	324,69	365,39	438,65	552,61
	3			52	68,28	157,82	231,08	263,64	324,69	422,37
	4				52	96,77	145,61	170,03	218,87	300,27
	5					52	76,42	92,7	129,33	194,45
	6						52	60,14	84,56	133,4
	7							52	64,21	96,77
	8								52	68,28
	9									52

Seguidamente, na Tabela 7 são comparadas as combinações de encomendas alternativas a fim de encontrar a melhor solução, que permita que ao menor custo, a procura seja satisfeita. Os valores no final da tabela representam o custo mínimo associado a toda a sequência de encomendas.

Tabela 7 - Alternativas para custos variáveis

		Consumo								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Compras	1	52	60,14	141,54	190,38	369,46	491,56	540,4	625,87	756,11
	2		104	144,7	144,7	279,01	376,69	417,39	490,65	604,61
	3			112,14	128,42	217,96	291,22	323,78	384,83	482,51
	4				164,14	208,91	257,75	282,17	331,01	412,41
	5					180,42	204,84	221,12	257,75	322,87
	6						232,42	240,56	264,98	313,82
	7							256,84	269,05	301,61
	8								273,12	289,4
	9									309,75
		52	60,14	112,14	128,42	180,42	204,84	221,12	257,75	289,4

Por fim, na Tabela 8 pode-se verificar o plano de aprovisionamento ótimo e os custos variáveis totais acumulados a suportar.

Tabela 8 - Plano ótimo de aprovisionamento e respetivos custos

Período	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Procura	9	2	10	4	11	6	2	3	4
Encomenda	11	0	31	0	0	0	5	0	4

Obteve-se assim, com esta simulação, o plano ótimo de aprovisionamento para os próximos nove meses, da ferramenta de tipo A com mais consumo.

Conclui-se assim, que através de modelos de aprovisionamento com procura discreta, é possível obter um plano ótimo que permita atingir o objetivo da minimização de custos.

No entanto estes custos podem ainda ser minimizados se existir uma coordenação de datas de efetivação de encomendas, nos casos em que as ferramentas sejam provenientes do mesmo fornecedor ou que cheguem à empresa através de meios de transporte comuns.

5. Oportunidades de melhoria

Este capítulo vai debruçar-se com propostas de melhoria que devem incidir no processo de compras e logística da DRT Moldes.

Estas estão resumidos e apresentados na Tabela 9.

Tabela 9 - Oportunidades de melhoria identificadas

Oportunidades	Área de impacto	Diagnóstico
Sistema de gestão de <i>stocks</i>	Gestão de <i>stocks</i>	3.2
Classificação qualitativa de produtos (ABC)	Gestão de <i>stocks</i>	3.4
Indicadores de desempenho	Gestão de indicadores	3.5
Coordenação de encomendas	Gestão de Stocks	4.1

5.1. Gestão de *stocks* no armazém

A análise ABC que foi realizada na secção 3.4. permitiu dividir as ferramentas compradas em classes. Esta classificação permitiu-nos perceber quais as ferramentas com maior importância para a empresa e quais as que necessitam de um controlo mais rigoroso.

As referências que requerem um maior controlo são as classificadas por A e B, porque como descrito anteriormente, são as ferramentas com maiores custos para a empresa, e com uma taxa de rotação maior. Para estes produtos deve ser adotado um nível de serviço mais elevado e adotar-se um modelo de revisão contínua. Já os produtos de classe C, por serem os menos relevantes, devem ser adotados procedimentos simples de gestão de *stocks* e um modelo de revisão periódica.

Adotar uma política de gestão de *stocks* mais eficiente e reavaliar os níveis de *stocks* de segurança poderá minimizar os custos com a compra de ferramentas.

5.2. Política de gestão de *stocks*

O modelo de gestão de *stocks* é baseado no conhecimento da responsável de compras e pelo conhecimento técnico do responsável pela secção de fabricação CNC da empresa. Toda a gestão é feita de forma empírica, não recorrendo a cálculos.

Os pedidos de encomendas são lançados a partir do *software* integrado SAP que, neste momento, apenas é utilizado para a realização de compras. Cada ferramenta têm um *stock* mínimo de duas ferramentas por referência que, muitas vezes, não é respeitado, o que pode

causar quebras na produção. A quantidade encomendada é cerca de oito ferramentas por cada referência, independentemente da classificação (A, B ou C) de cada ferramenta, o que se pode traduzir em gastos desnecessários e custos de posse elevados.

A adoção de uma política de gestão de *stocks* de revisão contínua permitirá controlar as entradas e saídas de ferramentas, o stock de segurança das mesmas, o ponto de encomenda e que quantidades encomendar para cada referência.

Uma vez que até ao momento não é possível associar a procura dos artigos a um modelo de gestão no SAP optou-se por calcular os parâmetros necessários que, posteriormente, podem ser associados ao *software*.

Para a adoção deste modelo é necessário o cálculo dos parâmetros referentes ao ponto de encomenda, a quantidade a encomendar e o *stock* de segurança. O ponto de encomenda corresponde ao nível de *stock* que vai acionar a encomenda e a quantidade económica será a quantidade sugerida quando o ponto de encomenda é atingindo. Quanto ao *stock* de segurança corresponde à quantidade de artigos que deverá estar disponível para procuras inesperadas.

5.2.1. Cálculo de parâmetros

Com a importação da lista de artigos comprados, os cálculos serão feitos em *Excel*. Para a implementação destes cálculos, vão ser usadas as ferramentas de Classe A como analisado no capítulo 3.3, uma vez que são as que têm maior custo para a empresa. Estas ferramentas estão listadas na Tabela 10.

Tabela 10 - Ferramentas classificadas com classe A

Referencia	Quantidade	Custo unitário	Custo Total	Classe
Diam. Esf. 2 20 D-EPDB-2020-20	70	€ 40,67	2846,86	A
Diam. TR4 D-EPDR-2040-40-05	60	€ 52,03	3122,08	A
MD TR 6 R0,5x60 4JJCR060005200 6MM R0,5	49	€ 25,29	1239,35	A
Diam. TR2 20 D-EPDR-2020-20-02	45	€ 39,01	1755,53	A
Diam. Esf. 4 D-EPDB-2040-40	40	€ 49,46	1978,58	A
Diam. TR6 D-EPDR-4060-60-10	35	€ 87,18	3051,33	A
Diam. Esf. 1 10 D-EPDB-2010-10	30	€ 41,09	1232,55	A
Esf. 1 EHHB-4010-S4-ATH	28	€ 39,44	1104,32	A
MD TR12 4JJC120005110 R=0,5 L=110	23	€ 73,43	1688,89	A
MD Rectificar Ø16 R1 833,160,00 616X92 HA L3 44Z4	22	€ 81,84	1800,37	A
Diam. Esf. 6 D-EPDB-2060-60	20	€ 88,33	1766,55	A
MD TR 12 R0,5x80 4JJCR12005260 12MM R0,5 L=80 RESP	20	€ 70,65	1412,95	A
Diam. TR10 D-EPDR-4100-100-10	15	€ 125,67	1885,04	A
TR12 R0.5 4DCR120005105	14	€ 117,43	1644,02	A
Diam. Esf. 10 D-EPDB-2100-30	10	€ 101,22	1012,20	A
Diam. TR10 D-EPDR-4100-30-10	10	€ 101,22	1012,20	A

Numa primeira fase importaram-se do SAP as quantidades consumidas ao longo do ano e o custo total de cada referência com classificação A e calcularam-se os consumos mensais

médios, bem como o custo unitário de cada referência. Com estes dados obteve-se o desvio médio da procura.

O *lead time* de cada artigo só foi possível ser definido com a ajuda da responsável das compras, uma vez que esta tem acesso a estes dados. Com estes valores calculou-se o desvio padrão do *lead time*.

Com estes valores foi possível calcular o *stock* de segurança, o ponto de encomenda e a quantidade a encomendar, como se pode verificar na Tabela 11. Com a obtenção destes valores por referência, também podemos calcular o número de encomendas que teremos que efetuar em média por ano, que pode ser calculado através da Equação 12.

$$N = \frac{D}{QEE} \quad (12)$$

Sendo,

N – Número médio de encomendas por ano

Com estes parâmetros é possível ter uma perspetiva de quantas encomendas é necessário realizar por ano, de quanto em quanto tempo será despoletado o lançamento de uma encomenda e quais as quantidades a encomendar.

Os indicadores de desempenho, a taxa de cobertura e a taxa de rotação são calculadas para cada referência de artigo, permitindo-nos saber quais as referências que permanecem mais tempo em inventário e, conseqüentemente, que têm uma taxa de rotação baixa.

O nível de serviço corresponde à percentagem de pedidos satisfeitos em relação ao número de pedidos realizados. Consoante a classe a que pertence cada produto, a empresa deve definir níveis de serviço que pretenda trabalhar para os alcançar. Para os produtos de classe A ou B, uma vez que os seus valores são mais elevados para empresa, deverá ser adotado um nível de serviço elevado.

O fator de segurança (z) considerado depende do nível de serviço. Como estamos a avaliar as ferramentas classificadas com a classe A, que têm maior procura, pretende-se que o nível de serviço seja 95%. Como se está a adotar um modelo de revisão contínua o nível de serviço será frequentemente analisado. Assim considera-se que 95% das vezes que os artigos são pedidos, estes estão disponíveis. Assumindo que os consumos se aproximam da distribuição normal, o fator de segurança terá o valor de 1.645.

Planeamento e Gestão de Ferramentas de Apoio à Produção

Tabela 11 - Cálculo dos parâmetros para gestão de stocks

Referência	Consumo anual (total)	Consumo médio mensal	Desvio padrão D	Custo unitário	Custo total anual	Stock médio	Capital em stock	Tx de Rotação	Tx de Cobertura	Lead Time	Lead time máximo	LT médio	Desv. Padrão LT	Stock de segurança	NS =95%	Custo posse	Custo efetivação (transporte)	Quantidade a encomendar	Ponto de encomenda	Nº de encomendas
	D			c										SS	Z	H	k	Q*	Pe	N
Diam. Esf. 2 20 D-EPDB-2020-20	70	6	45	40,67 €	2 846,86 €	8	325,36 €	35	0,114	2	5	3,5	3	16	1,645	0,1	10	19	26,33	3,77
Diam. TR4 D-EPDR-2040-40-05	60	5	39	52,03 €	3 122,08 €	8	416,28 €	30	0,133	3	4	3,5	1	17	1,645	0,1	12	17	26,08	3,61
MD TR 6 R0,5x60 4JJCR060005200 6MM R0,5	49	4	32	25,29 €	1 239,35 €	8	202,34 €	24,5	0,163	2	3	2,5	1	11	1,645	0,1	10	20	15,69	2,49
Diam. TR2 20 D-EPDR-2020-20-02	45	4	29	39,01 €	1 755,53 €	8	312,09 €	22,5	0,178	2	3	2,5	1	10	1,645	0,2	8	10	14,22	4,68
Diam. Esf. 4 D-EPDB-2040-40	40	3	26	49,46 €	1 978,58 €	8	395,72 €	20	0,200	1	2	1,5	1	6	1,645	0,05	13	21	8,55	1,95
Diam. TR6 D-EPDR-4060-60-10	35	3	23	87,18 €	3 051,33 €	8	697,45 €	17,5	0,229	1	2	1,5	1	5	1,645	0,2	15	8	7,33	4,51
Diam. Esf. 1 10 D-EPDB-2010-10	30	3	19	41,09 €	1 232,55 €	8	328,68 €	15	0,267	2	3	2,5	1	6	1,645	0,1	10	12	8,71	2,48
Esf. 1 EHBB-4010-S4-ATH	28	2	18	39,44 €	1 104,32 €	8	315,52 €	14	0,286	2	3	2,5	1	5	1,645	0,2	15	10	7,97	2,71
MD TR12 4JJC120005110 R=0,5 L=110	23	2	15	73,43 €	1 688,89 €	8	587,44 €	11,5	0,348	1	3	2	2	3	1,645	0,2	15	7	4,90	3,36
MD Rectificar Ø16 R1 833,160,00 616X92 HA L3 44Z4	22	2	14	81,84 €	1 800,37 €	8	654,68 €	11	0,364	1	3	2	2	3	1,645	0,05	15	13	4,64	1,73
Diam. Esf. 6 D-EPDB-2060-60	20	2	13	88,33 €	1 766,55 €	8	706,62 €	10	0,400	3	5	4	2	7	1,645	0,1	7	6	9,88	3,55
MD TR 12 R0,5x80 4JJCR12005260 12MM R0,5 L=80 RESP. 26	20	2	13	70,65 €	1 412,95 €	8	565,18 €	10	0,400	3	4	3,5	1	7	1,645	0,1	15	9	9,47	2,17
Diam. TR10 D-EPDR-4100-100-10	15	1	10	125,67 €	1 885,04 €	8	1 005,35 €	7,5	0,533	2	4	3	2	3	1,645	0,1	10	5	5,25	3,07
TR12 R0,5 4DCR120005105	14	1	9	117,43 €	1 644,02 €	8	939,44 €	7	0,571	2	5	3,5	3	3	1,645	0,05	5	5	5,34	2,87
Diam. Esf. 10 D-EPDB-2100-30	10	1	6	101,22 €	1 012,20 €	8	809,76 €	5	0,800	1	2	1,5	1	1	1,645	0,1	10	4	1,65	2,25
Diam. TR10 D-EPDR-4100-30-10	10	1	6	101,22 €	1 012,20 €	8	809,76 €	5	0,800	2	5	3,5	3	3	1,645	0,1	10	4	4,48	2,25

5.3. Plano de Implementação

Depois de identificadas e analisadas as propostas de melhoria, é essencial definir um plano de implementação das ações. Uma vez que a empresa ainda não dispõe do módulo de gestão de MRP no SAP, mas prevê a sua aquisição, esta implementação será feita de forma progressiva.

Todos os artigos estão referenciados no SAP uma vez que as compras já são efetuadas neste *software*. Com a ajuda da responsável das compras verificou-se que todos os artigos apareciam como ZN, ou seja, “sem MRP c/ Verificação de disponibilidade”, por isso todos os parâmetros para a gestão com MRP terão que ser preenchidos em todos os artigos.

Como a empresa equaciona a aquisição deste módulo, é necessário que os dados de outros artigos sejam analisados e os parâmetros necessários à implementação do MRP sejam calculados.

Por isso é fundamental em primeiro lugar, classificar os produtos para dar a devida importância a cada um deles e assim definir as regras e os níveis de serviços associados por classes de produtos. Assim os produtos serão todos identificados por classificação quantitativa e qualitativa, mais concretamente pelo método ABC.

Como esta implementação será feita de forma gradual, prevê-se que até ao final do ano, sejam analisados e classificados todos os materiais de apoio à fabricação CNC, como brocas e pastilhas, e calculados os parâmetros necessários para posterior implementação do modelo MRP. Assim que for possível a utilização destes modelos no *software* SAP prevê-se também a existência de um período de testes, em que serão começar a realizar testes com estes produtos.

5.4. Indicadores de desempenho

Anteriormente foram aplicados dois indicadores de desempenho, que se consideraram ser os mais importantes na análise deste trabalho. Esses indicadores foram a taxa de rotação e a taxa de cobertura dos artigos em estudo.

Estes indicadores foram apresentados às pessoas envolvidas na gestão de armazéns e compras, e ficou definido que era importante implementar esta análise a outros artigos com procura elevada na empresa.

Assim, para garantir que esta análise será feita, foi disponibilizado um ficheiro *Excel* ao armazém de matérias-primas, com o cálculo destes dois indicadores, para ser utilizado mensalmente, para se perceber se se está a afastar ou a aproximar do objetivo, isto é, reduzir os dias de cobertura e aumentar as taxas de rotação.

Como é utilizado o *Software* integrado SAP na gestão de compras, basta extrair os consumos do sistema e substituir com as médias no *Excel*.

Tabela 12 - Valores da taxa de rotação média e taxa de cobertura semanal

Classe	Taxa de Cobertura (semanas)	Taxa de rotação média
Classe A	3.26	31
Classe B	6.31	16
Classe C	10.32	10

Após os dados serem atualizados no *Excel*, os gráficos circulares serão também atualizados para uma visualização mais fácil e perceptível.

Assim, sempre que necessário, tanto o responsável pelo armazém como os operadores, conseguem saber quais os artigos que requerem uma maior atenção.

6. CONCLUSÃO

As empresas, mais do que nunca, necessitam de encontrar soluções para se tornarem competitivas, numa altura em que a oferta é maior e as exigências dos clientes aumentam. Desse modo, a qualidade do produto versus o seu custo é preponderante para a afirmação das organizações no mercado. As organizações que apresentam os melhores índices de qualidade vs custo do seu produto são por norma as que apresentam maiores cotas de mercado. No entanto, não é uma relação direta para o sucesso da empresa. Uma empresa para ser viável tem de gerar lucro, e este calcula-se através da diferença entre os custos e a faturação. Se estes forem iguais, a empresa não gera lucro, e se os custos superarem a faturação a empresa pode mesmo dar prejuízo. Por vezes, o facto de se aumentar a faturação não significa que se aumente o lucro igualmente, pois os custos normalmente também aumentam.

É com este pressuposto que as empresas procuram diariamente otimizar os seus custos, de modo a gerarem lucro. É também esta a motivação para a realização do presente relatório.

Este projeto incide no departamento de compras e logística da empresa em estudo, e têm como objetivo fazer uma análise aos consumos das ferramentas de apoio á fabricação CNC e aos custos que estas imputam na empresa. Para isso foi necessário o envolvimento deste departamento, para a obtenção de alguns dados que foram estudados ao longo do projeto.

Numa primeira fase, foi feito um enquadramento teórico ao tema desenvolvido no presente projeto. Como a empresa se dedica à fabricação de moldes para a injeção de plástico, é feita uma pequena revisão ao tema. De seguida foram apresentados conceitos subjacentes à gestão de *stocks* e às ferramentas que posteriormente foram utilizadas no desenvolvimento para retirar conclusões relativamente aos dados em análise. Ainda no enquadramento teórico é feita uma revisão de conceitos técnicos relacionados com as ferramentas de corte.

Após a revisão de conceitos, pediu-se à responsável das compras que facultasse uma lista das ferramentas adquiridas no ano de 2021, os custos que estas tiveram e as quantidades compradas.

Estes dados foram compilados numa tabela e assim foi possível perceber os valores totais que a empresa pagou ao longo do ano pela compra de ferramentas de apoio à fabricação CNC. Consoante o custo de cada ferramenta foi possível chegar a um preço médio por ferramenta e verificar quais as que tinham um custo superior ao médio. Posto isto, partiu-se para a aplicação de vários métodos analíticos. A aplicação da lei de pareto, permitiu verificar que ferramentas eram as mais valiosas para a empresa, em relação ao seu custo e as quantidades compradas. As ferramentas foram classificadas com a classe A, B e C, identificando o impacto que cada ferramenta têm para a empresa. Após estarem classificadas, aplicaram-se dois indicadores de desempenho, a taxa de cobertura e a taxa de rotação, tendo esta aplicação ter sido feita por classe de ferramenta.

Todas estas análises ajudaram a interpretar os custos associados às ferramentas utilizadas pela fabricação CNC e permitiram identificar oportunidades de melhoria que serão implementadas no departamento de compras e logística, concretamente no armazém de materiais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amaro, P. (2017). *Maquinabilidade dos Aços Inoxidáveis: Estudo Experimental da Degradação da Ferramenta no corte do Aço Inoxidável Duplex*. Dissertação de Mestrado, Coimbra. Obtido em 17 de Janeiro de 2022, de <https://comum.rcaap.pt/bitstream/10400.26/18665/1/Paulo-Manuel-Almeida-Santos-Amaro.pdf>
- Ascensão, P. (2016). *Moldes / De Portugal para o Mundo, uma indústria sem fronteiras*. Obtido de Compete 2020: https://www.compete2020.gov.pt/noticias/detalhe/Setor_moldes
- Assis, R. (2014). *Apoio à Decisão em Manutenção na Gestão de Ativos Físicos* (2 ed.). Lidel. Obtido em 08 de Novembro de 2021, de <https://www.wook.pt/livro/apoio-a-decisao-em-manutencao-na-gestao-de-ativos-fisicos-rui-assis/16054124>
- Barrios, D., Pivetta, L., & Yoshikawa, N. (2011). *Métodos e Processos Industriais* (Vol. 5). São Paulo, Brasil. Obtido em 27 de 01 de 2022, de https://issuu.com/geeadcps/docs/mec_nica_vol._5_-_m_todos_e_proce
- Cabral, J. (2006). *Organização e Gestão da Manutenção: dos conceitos à prática* (6ª edição ed.). Lidel. Obtido em 23 de Outubro de 2021, de <https://biblioteca.wook.pt/reader/index.html>
- Carvalho, A. (2014). *Gestão de stocks como fator determinante para a melhoria do serviço ao cliente*. Dissertação de Mestrado, Universidade do Minho, Engenharia e Gestão Industrial, Braga. Obtido em 25 de Fevereiro de 2022, de http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/33388/1/Disserta%c3%a7%c3%a3o_Ana%20Sofia%20Carvalho_2014.pdf
- Carvalho, J. (2020). *Logística e Gestão da Cadeia de Abastecimento* (3 ed.). Lisboa: Edições Silabo. Obtido em 28 de Fevereiro de 2022, de <https://biblioteca.wook.pt/reader/index.html>
- Cunha, A. (2003). *Manual do Projetista para moldes de injeção de plásticos*. Marinha-Grande : Centimfe.
- Cunha, L. (1982). *Desenho Técnico*. Lisboa: A. Coelho Dias, Lda.
- Cunha, P. (2000). *Planeamento das necessidades de materiais e de recursos: MRP/MRP II*. Setúbal.
- Cunha, R. (2020). *Otimização de parâmetros de corte no processo de torneamento esférico CNC*. Dissertação de Mestrado, Instituto Politécnico de Bragança, Bragança. Obtido em 8 de Janeiro de 2022, de https://bibliotecadigital.ipb.pt/bitstream/10198/22986/1/Cunha_Rui.pdf
- Domingues, D. (2018). *Gestão de Stocks* [PowerPoint de apoio à disciplina de Gestão da Produção no ISEC. Coimbra.

- GIAGI. (2007). *Gestão da Manutenção e Disponibilidade dos Equipamentos - Manual Formando*. Aveiro: GIAGI – Consultores em Gestão Industrial, Lda. Obtido em 16 de Fevereiro de 2022, de <https://www.giagi.pt/data/fileBIB2010115144645.pdf>
- Grabowski, R., Denkena, B., & Köhler, J. (2014). Prediction of Process Forces and Stability of End Mills with Complex Geometries. *6th CIRP International Conference on High Performance Cutting, HPC2014*. Garbsen, Germany. Obtido em 19 de Janeiro de 2022, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827114002443>
- Immerman, G. (2021). *What is Tool Life? How to Optimize Tooling with Machine Data*. Obtido em 22 de 01 de 2022, de machinemetrics: <https://www.machinemetrics.com/blog/tool-life>
- Incio, J. (2014). *Otimização do Processo de Gestão de Compras e Stocks*. Porto.
- ISO. (1989). Tool life testing in milling - Part 1: Face milling. *ISO 8688-1:1989*.
- ISO. (1993). Tool-life testing with single-point turning tools. *ISO 3685:1993*, 2, 53.
- Lisboa, J. (2018). IV - Gestão de Stocks. Em J. Lisboa, & C. Gomes, *Gestão de Operações* (p. 672). Vida Económica.
- Lopes, J. D., Nunes, S., Soares, J. M., Pimentel, B. d., & Pinto, J. G. (2020). *Gestão da Produção e Operações - Teoria e casos práticos resolvidos*. Escolar Editora.
- Martins, C. (2017). *Análise Comparativa do Comportamento de um Inseto Provido de Diferentes Revestimentos na Maquinagem de Aço Inoxidável Duplex*. Porto.
- Martins, T. (2018). *Desgaste de Ferramenta de Corte - Processos de Usinagem*.
- Melo, N. (2019). *Planeamento e Melhoria da Produção na Indústria de Moldes*. Leiria.
- Morais, R. (2018). *Avaliação do Desgaste da Ferramenta e Outros Trabalhos de Maquinagem CNC*. Coimbra.
- Moreira, P. (2012). *Organização e Controlo da Produção numa Empresa de Manufatura Metalomecânica*. Guimarães.
- Oliveira, D. (2019). *COMO TER UMA MANUTENÇÃO PREDITIVA NA ERA 4.0?* Obtido de Primavera: <https://pt.primaverabss.com/pt/blog/a-manutencao-preditivo-na-era-4-0/>
- Otala-Ortega, H., Osoro, P. A., & Arriola, P. A. (2021). Uncut chip geometry determination for cutting forces prediction in orthogonal turn-milling operations considering the tool profile and eccentricity. *International Journal of Mechanical Sciences*, 219(structural mechanics, metal forming, behavior and application of advanced materials, impact mechanics, strain localization and other effects of nonlinearity, fluid mechanics, thermodynamics, and materials), 19.
- Pinheiro, V. (2016). *Indústria 4.0 a Quarta Revolução Industrial*. Obtido de Compete 2020: https://www.compete2020.gov.pt/destaques/detalhe/Industria_4ponto0
- Pinto, J. (2010). *Gestão de Operações na Indústria e nos Serviços* (3º ed.). Lidel.
- Ramos, M. (2016). *Indústria 4.0: a nova revolução industrial*. Obtido de PontoTGA: <https://pontotga.wordpress.com/2016/06/15/industria-4-0-a-nova-revolucao-industrial/>

- Ramos, P. (2012). *Organização e Gestão da Manutenção Industrial*. Covilhã.
- Reis , R. (2017). *Manual de Logística - Teoria e Prática*. Lisboa: Editorial Presença.
- Rocha, J. (2016). *Programação de CNC para Torno e Fresadora*. Lisboa: FCA - Editora de Informática, Lda. Obtido em 27 de 01 de 2022, de https://issuu.com/lidel/docs/9789727228430_programa_o_de_cnc_
- Saturno, M., Pertel , V., Deschamps , F., & Loures, E. (2018). Proposal for new Automation Architecture Solutions for Industry 4.0. *LogForum*, 185-195.
- Serrano, L., Alcobia, C., Mateus, M., & Silva , M. (2004). Sistemas de Aquisição, Processamento e Armazenamento de Dados. *Validação de Métodos de Medição e de Software nos Laboratórios*, (p. 15). Caparica.
- SUZAKI, K. (1987). *Gestão de Operações Lean - Metodologias Kaizen para a Melhoria Contínua*. LeanOp.
- Suzaki, K. (2013). *LEAN Gestão no Chão de Fábrica*. LeanOp.
- Vechina, M. (2017). *Estudo da geometria da aresta da ferramenta de corte durante a fresagem de aços com elevada dureza*. Dissertação , Universidade de Aveiro, Engenharia Mecânica .

ANEXOS

Anexo A – Classificação ABC

Anexo A

Código	Descrição	Qtd.	Custo uni.	Custo (TOTAL)	Classificação
FUFD0000	Fresas Diam. Esf. 2 20 D-EPDB-2020-20	70	€ 40,67	2846,86	53,76 € A
FUFD0000	Fresas Diam. TR4 D-EPDR-2040-40-05	60	€ 52,03	3122,08	53,76 € A
FUFD0000	Fresas MD TR 6 R0,5x60 4JJCR060005200 6MM R0,5	49	€ 25,29	1239,35	53,76 € A
FUFD0000	Fresas Diam. TR2 20 D-EPDR-2020-20-02	45	€ 39,01	1755,53	53,76 € A
FUFD0000	Fresas Diam. Esf. 4 D-EPDB-2040-40	40	€ 49,46	1978,58	53,76 € A
FUFD0000	Fresas Diam. TR6 D-EPDR-4060-60-10	35	€ 87,18	3051,33	53,76 € A
FUFD0000	Fresas Diam. Esf. 1 10 D-EPDB-2010-10	30	€ 41,09	1232,55	53,76 € A
FUFD0000	Fresas Esf. 1 EHNB-4010-S4-ATH	28	€ 39,44	1104,32	53,76 € A
FUFD0000	Fresas MD TR12 4JJC120005110 R=0,5 L=110	23	€ 73,43	1688,89	53,76 € A
FUFD0000	Fresas MD Rectificar Ø16 R1 833,160,00 616X92 HA L3 44Z4	22	€ 81,84	1800,37	53,76 € A
FUFD0000	Fresas Diam. Esf. 6 D-EPDB-2060-60	20	€ 88,33	1766,55	53,76 € A
FUFD0000	Fresas MD TR 12 R0,5x80 4JJCR12005260 12MM R0,5 L=80 RESP. 26	20	€ 70,65	1412,95	53,76 € A
FUFD0000	Fresas Diam. TR10 D-EPDR-4100-100-10	15	€ 125,67	1885,04	53,76 € A
FUFD0000	Fresas TR12 R0.5 4DCR120005105	14	€ 117,43	1644,02	53,76 € A
FUFD0000	Fresas Diam. Esf. 10 D-EPDB-2100-30	10	€ 101,22	1012,20	53,76 € A
FUFD0000	Fresas Diam. TR10 D-EPDR-4100-30-10	10	€ 101,22	1012,20	53,76 € A
FUFD0000	Fresas MD Esf. 1x6 2JJB010060504 1MM	33	€ 20,84	687,75	53,76 € B
FUFD0000	Fresas Esf. 0.6 EPDBE-2006-3-ATH	28	€ 35,81	1002,58	53,76 € B
FUFD0000	Fresas Esf. EPDBE-2010-6-ATH	28	€ 35,81	1002,58	53,76 € B
FUFD0000	Fresas MD TR 8 R0,5x90 (JJC-4N Ø8x19x90)	23	€ 42,38	974,68	53,76 € B
FUFD0000	Fresas Esf. 4 EPDBE-2040-20-ATH	20	€ 47,86	957,18	53,76 € B
FUFD0000	Fresas Esf. 1,5 EPDBE-2015-8-ATH	20	€ 35,10	701,93	53,76 € B
FUFD0000	Fresas Esf. 2 EPDBE-2020-10-ATH	19	€ 36,19	687,60	53,76 € B
FUFD0000	Fresas MD Rectificar Ø12 R0,5 734,120,00 Ø12X83 HB Z4 TIALN	17	€ 51,77	880,15	53,76 € B
FUFD0000	Fresas Esf. 3x16 EPDBE-2030-16-ATH	16	€ 47,69	763,09	53,76 € B
FUFD0000	Fresas MD TR 10 R0,5x70 4JJCR100005240 10MM R0,5 RESP. 24 Z=4	15	€ 56,01	840,15	53,76 € B
FUFD0000	Fresas Diam. TR2 30 D-EPDR-2020-30-02	15	€ 53,91	808,62	53,76 € B
FUFD0000	Fresas Diam. Esf. 2 30 D-EPDB-2020-30	15	€ 48,50	727,47	53,76 € B
FUFD0000	Fresas MD TR10 4JJC100005100 R=0,5 L=100	14	€ 59,48	832,65	53,76 € B
FUFD0000	Fresas TR1,5 R0,5x15	12	€ 53,86	646,32	53,76 € B
FUFD0000	Fresas Esf. 6 EPDBE-2060-20-ATH	11	€ 59,97	659,64	53,76 € B
FUFD0000	Fresas MD Esf. 12x110 2JJB120220110 12MM L=110	9	€ 68,81	619,29	53,76 € B
FUFD0000	Fresas MD Rectificar Ø12x100 6HEM120500S12 Alto Avanço 12MM	8	€ 82,85	662,76	53,76 € B
FUFD0000	Fresas Diam. TR8 R0.3 4DCR080003105	5	€ 137,48	687,38	53,76 € B
FUFD0000	Fresas Diam. TR 4DCR-4N Ø12x40x110-Rc0.5	5	€ 135,03	675,14	53,76 € B
FUFD0000	Fresas MD Rectificar Ø20x150 6JJHE200800S20 20MM I1=80 L=150	4	€ 170,00	680,00	53,76 € B
FUFD0000	Fresas MD TR 4 R0,5x20 4JJCR040002200 4MM R0,5	23	€ 26,01	598,15	53,76 € C
FUFD0000	Fresas MD TR 3 R0,2x16 4JJCR030002160 3MM R0,2	23	€ 24,01	552,30	53,76 € C
FUFD0000	Fresas MD Esf. 4x20 2JJB040200S06 4MM	20	€ 25,31	506,10	53,76 € C
FUFD0000	Fresas MD TR 2 R0,2x12	19	€ 23,63	448,91	53,76 € C
FUFD0000	Fresas MD TR 1,5 R0,2x8 2JJCR015002080S04 1,5MM R0,2	19	€ 22,82	433,58	53,76 € C
FUFD0000	Fresas MD Esf. 6x60 2JJB060100606MM I1=10	19	€ 22,11	420,00	53,76 € C
FUFM0000	Fresas MD TR 1 R0,1x6 2JJCR010060S04 1,0MM	15	€ 22,82	342,30	53,76 € C
FUFM0000	Fresas Diam. V72223/J1/3	15	€ 4,33	65,02	53,76 € C
FUFM0000	Fresas Diam. V72223/J1/2.5	15	€ 4,33	64,94	53,76 € C
FUFM0000	Fresas MD Esf. 3x16 2JJB030160S06 3MM	14	€ 25,17	352,38	53,76 € C
FUFM0000	Fresas Esf. 8 HGOB-2080-PN	12	€ 39,45	473,41	53,76 € C
FUFM0000	Fresas Esf. 1x10 EPDBE-2010-10-ATH	12	€ 34,01	408,17	53,76 € C
FUFM0000	Fresas Esf. Diam. DSGFL 060 02010-200 2.0mmx20x60	10	€ 40,01	400,12	53,76 € C
FUFM0000	Fresas Diam. TR 1x10 D-EPDR-2010-10-02	10	€ 36,26	362,64	53,76 € C
FUFM0000	Fresas MD Esf. 2x8 2JJB020080S04 2,0MM	10	€ 21,00	210,00	53,76 € C
FUFM0000	Fresas MD Esf. 1,5x8 2JJB015080S04 1,5MM	10	€ 19,95	199,50	53,76 € C
FUFM0000	Fresas Esf. 1,5 EHNB-4015-S4-ATH	8	€ 46,80	374,40	53,76 € C
FUFM0000	Fresas Esf. 4 EHNB-4040-S6-ATH	8	€ 46,74	373,92	53,76 € C
FUFM0000	Fresas Esf. 2 EHNB-4020-S4ATH	8	€ 39,44	315,52	53,76 € C
FUFM0000	Fresas Esf. 6 EHNB-4060-ATH	8	€ 38,55	308,39	53,76 € C
FUFM0000	Fresas Esf. 6 HGOB-2060-PN	8	€ 34,07	272,56	53,76 € C
FUFM0000	Fresas Diam. Esf. 8 30 D-EPDB-2080-80	5	€ 96,08	480,41	53,76 € C
FUFM0000	Fresas Diam. TR8 D-EPDR-4080-80-10	5	€ 96,08	480,41	53,76 € C
FUFM0000	Fresas SECO R217.69-0816.RE-06-AN	5	€ 52,00	260,00	53,76 € C
FUFM0000	Fresas Diam. Esf. 0,5 6 D-EPDB-2005-6	5	€ 46,03	230,14	53,76 € C
FUFM0000	Fresas Diam. Esf. 1 20 D-EPDB-2010-20	5	€ 43,70	218,50	53,76 € C
FUFM0000	Fresas Diam. Esf. 1x20 D-EPDR-2010-20-02	5	€ 43,70	218,50	53,76 € C
FUFM0000	Fresas MD Esf. 8x60 2JJB080140100 8MM I1=14	5	€ 41,16	205,80	53,76 € C
FUFM0000	Fresas Diam. Esf. 6 4DBE060250080	5	€ 22,40	112,00	53,76 € C
FUFM0000	Fresas Esf. 8 EHNB-4080-ATH	4	€ 61,21	244,82	53,76 € C
FUFM0000	Fresas Esf. HGOB-2080TH	4	€ 56,08	224,31	53,76 € C
FUFM0000	Fresas Esf. 10 HGOB-2100-PN	4	€ 52,15	208,60	53,76 € C
FUFM0000	Fresas Diam. Esf. (561)-2N Ø2x30x65-S04	3	€ 47,03	141,08	53,76 € C
FUFM0000	Fresas Esf. EPDBPE-2010-20-09-ATH Ø4	3	€ 46,82	140,45	53,76 € C
FUFM0000	Fresas Esf. 3 EPDBE-2030-20-ATH	3	€ 46,38	139,13	53,76 € C
FUFM0000	Fresas Ø12 M6 Z=2 p/ plaquete TPUN 06	2	€ 110,00	220,00	53,76 € C