



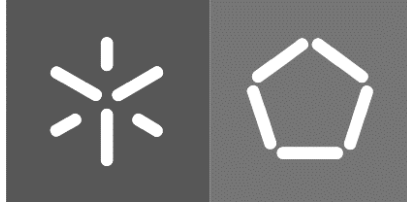
Universidade do Minho
Escola de Engenharia

**Otimização do Binómio Ferramenta-Setup Time Através de
uma Gestão Centralizada de Ferramentas de Corte**

Daniel Martins Oliveira

Daniel Martins Oliveira

**Otimização do Binómio Ferramenta-Setup
Time Através de uma Gestão Centralizada
de Ferramentas de Corte**



Universidade do Minho

Escola de Engenharia

Daniel Martins Oliveira

**Otimização do Binómio Ferramenta-Setup
Time Através de uma Gestão Centralizada
de Ferramentas de Corte**

Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia
Mecânica

Trabalho efetuado sob a orientação do
Professor Doutor João Pedro Mendonça

Outubro de 2022

DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.

Licença concedida aos utilizadores deste trabalho



Atribuição

CC BY

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho não seria possível sem todos aqueles que, de alguma maneira me ajudaram durante todo o meu percurso acadêmico. A todos, o meu muito obrigado.

Um agradecimento especial:

Aos meus pais, que por todo o apoio e amor incondicional que demonstraram ao longo da minha vida e por me proporcionarem sempre as melhores condições possíveis.

Aos meus avós, por serem uns segundos pais para mim e por todos os esforços que sempre fizeram.

Ao meu irmão, por todos os momentos que passamos juntos e toda ajuda que ele sempre demonstrou.

À minha namorada, por todo o companheirismo, preocupação, amor e paciência.

Aos meus amigos, que tornaram a minha vida acadêmica mais animada e com quem tive oportunidade de compartilhar momentos inesquecíveis.

Ao meu professor orientador João Pedro Mendonça por todo o auxílio prestado.

Ao Emanuel Carneiro por toda a ajuda e pelos conhecimentos que me transmitiu.

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

Universidade do Minho, trinta e um de outubro de dois mil e vinte e dois

RESUMO

O planeamento e controlo da produção é um aspeto crucial para qualquer empresa que preze o seu crescimento e o aumento da competitividade. O trabalho realizado na presente dissertação consiste no desenvolvimento de uma gestão centralizada de ferramentas de corte no pavilhão de maquinagem de uma empresa produtora de máquinas para a indústria têxtil visando a redução de tempos de preparação de ferramentas de corte e custos associados à mesma, dessa maneira, aumentando a produtividade e competitividade.

Há várias etapas essenciais na preparação de uma máquina CNC, estas etapas podem ser a montagem e medição das ferramentas de corte, a montagem do sistema de aperto da matéria-prima, a colocação do código G na máquina, entre outros. Todas estas etapas, que são necessárias, representam tempos mortos de produção que têm de ser mitigados ao máximo, de maneira a aumentar a eficiência da produção.

Posto isto, foi criado um espaço, localizado no chão-de-fábrica da empresa em questão, dedicado à organização de todos os itens necessários para a produção, denominado de ferramentaria. Este espaço além de realizar uma preparação prévia das ferramentas de corte mantém o controlo de *stocks* sempre atualizado assegurando que a produção funciona sem entraves. O operador da máquina deixa de ser responsável pela montagem das ferramentas e, essa tarefa passa a ser responsável pelo administrador da ferramentaria. Além disso, com a organização realizada, houve uma redução no tempo perdido à procura de ferramentas de corte e o aumento do controlo do *stock* das mesmas, prevenindo assim a falta de ferramentas de corte que, por vezes, param a produção.

Inicialmente, foi feito um levantamento de todas as ferramentas de corte presentes no chão-de-fábrica, seguido de uma triagem e organização das mesmas. Posteriormente, foi desenvolvida uma base de dados com todas as ferramentas de corte para permitir o controlo de *stock* das mesmas. Um controlo de localização em chão-de-fábrica das ferramentas de corte foi também implementado. Por fim, um método de trabalho foi elaborado para garantir um bom funcionamento entre todas as soluções implementadas.

PALAVRAS-CHAVE

Maquinagem CNC, Gestão centralizada de ferramentas de corte, Fabrico Automático, armazéns automáticos

ABSTRACT

The product and production control are crucial aspects for any company that values its growth and increased competitiveness. The work carried out in the present dissertation consists in the development of a centralized management of cutting tools in the machining floor of a company that produces machines for the textile industry, aiming to reduce the setup times of cutting tools and associated costs, in this way, increasing productivity and competitiveness

There are several essential steps in the preparation of a CNC machine, these steps can be the assembly and measurement of the cutting tools, the assembly of the raw material clamping system, uploading the G code into the machine, among others. All these steps, which are necessary, represent downtime in production that must be mitigated as much as possible, to increase production efficiency.

Therefore, a space was created, located on the factory floor of the company in question, dedicated to the organization of all the items necessary for the production, called tool shop. This space, in addition to carrying out a prior preparation of cutting tools, keeps stock control always up to date, ensuring that production runs smoothly. The machine operator is no longer responsible for assembling the tools, and this task becomes the responsibility of the tool shop administrator. In addition, with the organization completed, there was a reduction in the time lost looking for cutting tools and increased control of their stock, thus preventing the lack of cutting tools that sometimes stop production.

Initially, all the cutting tools present on the factory floor were collected, followed by their sorting and organization. Subsequently, a database was developed with all the cutting tools to allow their stock control. A factory floor location control of the cutting tools was also implemented. Finally, a working method was elaborated to guarantee a good functioning between all implemented solutions.

KEYWORDS

CNC Machining, Central tool management, Automatic manufacturing, Automatic warehouses

ÍNDICE

Agradecimentos	iii
Resumo.....	v
Abstract.....	vi
Índice.....	vii
Índice de Figuras.....	ix
Índice de Tabelas.....	xi
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos	xii
1. Introdução.....	1
1.1 Objetivos.....	2
1.2 Enquadramento do trabalho desenvolvido	3
1.3 Estrutura do trabalho.....	4
2. Maquinagem	5
2.1 Maquinagem CNC	5
2.1.1 Obtenção de uma peça recorrendo a maquinagem CNC	7
2.1.2 Tempos associados às etapas	10
3. Gestão de Ferramentas de Corte.....	11
3.1 Problemas associados à utilização ferramentas de corte.....	12
3.2 Objetivos da gestão de ferramentas.....	14
3.3 Planeamentos associados à gestão de ferramentas	15
3.3.1 Planeamento técnico.....	16
3.3.2 Planeamento logístico	16
3.3.3 Planeamento estratégico.....	17
3.4 Possíveis dificuldades associadas à implementação da gestão de ferramentas	18
3.5 Organização das ferramentas de corte	21
3.5.1 Armazenamento de ferramentas.....	23
3.5.2 Acondicionamento das ferramentas de corte	29
3.5.3 Sistemas de predefinição de ferramentas de corte.....	30
3.5.4 Transporte de ferramentas.....	33

3.6	Rastreamento de ferramentas de corte.....	36
3.7	Software de gestão de ferramentas de corte.....	37
3.8	Métodos para a organização segundo princípios <i>lean</i>	40
4.	Implementação da organização e gestão de ferramentas.....	44
4.1	Recolha das ferramentas dos armazenamentos das áreas de maquinagem.....	45
4.2	Recolha de ferramentas das bancadas.....	48
4.3	Armazenamento centralizado de ferramentas.....	50
4.3.1	Organização do espaço de trabalho.....	51
4.3.2	Organização do espaço da ferramentaria.....	53
4.3.3	Organização dos gabaris.....	58
4.3.4	Organização dos sistemas de fixação das ferramentas de corte.....	59
4.3.5	Organização de outros consumíveis.....	62
4.4	Software para a gestão das ferramentas de corte e outros consumíveis.....	63
4.5	Localização de ferramentas no chão-de-fábrica.....	68
4.6	Transporte das ferramentas de corte.....	70
4.7	Preparação de <i>setups</i> e controlo de <i>stocks</i>	71
4.8	Análise SWOT ao método utilizado.....	72
4.9	Dificuldades na implementação da gestão de ferramentas de corte.....	73
4.10	Reflexão acerca da solução aplicada.....	74
4.11	Resultados obtidos.....	75
5.	Conclusões.....	77
5.1	Trabalhos futuros.....	80
	Referências bibliográficas.....	83
	Apêndice 1 – Ferramentas de corte.....	88
	Apêndice 2 – Sistemas de fixação das ferramentas de corte nas fresadoras CNC.....	93
	Apêndice 3 – Folha de <i>setup</i>	97

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Comparação entre uma fresadora manual e uma fresadora CNC.....	5
Figura 2 – Exemplo de um código de uma furação de 10mm.....	6
Figura 3 – Simulação da rotina de corte de uma furação ao centro.....	7
Figura 4 – Folha de setup obtida a partir do software HSMWorks.....	8
Figura 5 – Medições necessárias para a realização de uma peça.....	9
Figura 6 – Simulação utilizando um gabari.	10
Figura 7 – Diferentes áreas que são importantes para a gestão de ferramentas de corte	19
Figura 8 – Exemplo de um armário com gavetas modulares para armazenamento de ferramentas de corte	23
Figura 9 – Aspeto interior dos armários verticais com elevadores	24
Figura 10 – Vending machine comercializada pela Autocrib.	25
Figura 11 – Armário para o armazenamento e gestão de ferramentas de corte da Kennametal	26
Figura 12 – Solução comercializada pela Matrix do grupo IMC	27
Figura 13 – Soluções de acondicionamento de ferramentas de corte.	29
Figura 14 – Esquema exemplificativo da realização da medição de altura da ferramenta, através de 3 maneiras diferentes	30
Figura 15 – Sonda OTS da Renishaw.....	31
Figura 16 – Máquina de Presetting da Haimer.....	32
Figura 17 – Estante para disposição de ferramentas	33
Figura 18 – Armários de transporte de ferramentas no chão-de-fábrica.....	34
Figura 19 – Solução robotizada de gestão centralizada de ferramentas de corte	35
Figura 20 – Etapas pertencentes à utilização da tecnologia RFID	36
Figura 21 – Modelo de um sistema integrado de ferramentas	38
Figura 22 – Folha de setup do software WinTool.....	39
Figura 23 – Esquema exemplificativo da aplicação da técnica dos 5S's	43
Figura 24 – Armário utilizado para armazenar as ferramentas no chão-de-fábrica.....	45
Figura 25 – Disposição das ferramentas dentro das gavetas.	46
Figura 26 – Acondicionamento das ferramentas de corte.....	47
Figura 27 – Ferramenta de corte de metal duro com elevado desgaste.....	48
Figura 28 – Brocas de HSS em bom estado que estavam armazenadas nas bancadas de trabalho....	48

Figura 29 – Ferramentas de metal duro em bom estado que estavam armazenadas nas bancadas de trabalho.	49
Figura 30 – Ferramentas de roscar em bom estado que estavam armazenadas nas bancadas de trabalho.	49
Figura 31 – Vista frontal da bancada de trabalho.....	51
Figura 32 – Vista superior da bancada de trabalho.....	52
Figura 33 – Disposição comum utilizada para a gaveta de pastilhas de roscar.....	55
Figura 34 – Separador utilizado nas gavetas modulares devidamente etiquetado.....	55
Figura 35 – Identificação dos armários.....	56
Figura 36 – Identificações utilizadas nos armários.....	57
Figura 37 – Armário com localização para o armazenamento dos gabaris.	58
Figura 38 – Aspeto de um cone SK40	59
Figura 39 – Aspeto e dimensões de uma pinça ER32.....	60
Figura 40 – Aspeto de uma pinça SC32 com diâmetro exterior da flange de 32mm	60
Figura 41 – Estante para o armazenamento das pinças.	61
Figura 42 – Armário para o armazenamento dos consumíveis.	62
Figura 43 - Aspeto do excel de controlo de stocks.....	64
Figura 44 – Formulário existente no Excel de controlo de stocks.	65
Figura 45 – Aspeto do registo de ferramentas de corte.....	66
Figura 46 – E-mail de aviso para encomenda de uma ferramenta de corte.	67
Figura 47 – Quadro principal de localização de ferramentas presente na ferramentaria.	69
Figura 48 – Quadro presente na zona dos tornos para especificar a localização.	69
Figura 49 – Carrinho de transporte utilizado.	70
Figura 50 - Diagrama do modo de funcionamento.	71
Figura 51 – Componentes presentes num cone de aperto por pinça.....	93
Figura 52 – Cones de aperto mais comuns.	93
Figura 53 – Cone de aperto para fresas de facejamento.....	94
Figura 54 – Fresa de facejamento montada num cone.....	94
Figura 55 – Vista frontal e lateral de um cone ISSO	95
Figura 56 – Tirante BT40.....	96
Figura 57 – Tirante SK50 com furação para refrigeração interna	96
Figura 58 – Aspeto da folha de setup proposta.....	97

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Ordenação escolhida para os diferentes tipos de ferramentas de corte.....	53
Tabela 2 – Tipos de ferramentas de corte mais comuns e a sua função.	89
Tabela 3 – Dimensões de um cone de aperto ISO.	95

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

C

CAD: Computer Aided Design, 37
CAM: Computer Aided Manufacturing, 6, 7, 37, 39, 79
CNC: Controlo Numérico Computarizado, v, vi, 3, 5, 7,
19, 31, 32, 35, 36, 45, 50, 66, 91

E

ERP: Enterprise Resource Planning/Planeamento de
Recursos Empresariais, 37; Planeamento de Recursos
Empresariais, 63, 64, 65, 78

H

HSS: High Speed Steel, 46, 48, 49, 51, 53, 86, 88

I

IMC: International Metalworking Companies, 26

O

OTS: optical transmission tool setter, 31

R

RFID: Radio Frequency Identification, 36, 37, 79

S

SWOT: Strengths, Weakness, Opportunities, Threats, 70

V

VBA: Visual Basic for Applications, 78
VCM: Vertical Carrousel Modules, 24
VLM: Vertical Lift Modules, 24

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a evolução tecnológica para uma era digital permitiu que a competitividade entre as empresas aumentasse devido à maior facilidade com que o conhecimento é obtido e aplicado. Esta competitividade refletiu-se na indústria da manufatura e, como tal, torna-se imperativo a aplicação de todos os conhecimentos, técnicas e novos conceitos que aumentem a eficiência numa empresa.

A globalização dos mercados incentivou a que as empresas alterassem a sua maneira usual de funcionar e adotassem medidas de gestão visando o aumento da produtividade através da redução de desperdícios.

Com isto, grande parte das empresas chegaram a um patamar em que conseguem produzir produtos com qualidade respeitando sempre as exigências do cliente. Posto isto, o cliente acaba por escolher a sua empresa mediante o preço que esta exerce e a rapidez com que é servido, e, para obter o melhor preço possível no mercado, não descurando a margem de lucro que está definida, a empresa tem de otimizar os custos em todas as áreas que sejam possíveis. Um desses custos, são os custos associados às ferramentas de corte.

A gestão de ferramentas de corte começou a ser estabelecida na indústria metalo-mecânica no início dos anos 80 [1]. Há quem reconheça que a falta de atenção atribuída à gestão de ferramentas de corte seja responsável pelo fraco desempenho de algumas fábricas [2]. Isto porque, a falta de controlo resulta na existência de ferramentas obsoletas, desgastadas, mal-acondicionadas, paragem de máquinas, elevados tempos de preparação, entre outros. Com isto, torna-se imperativo a implementação de um sistema de gestão de ferramentas de corte, de maneira a mitigar todos estes problemas associados e, desta maneira, elevar a competitividade das empresas.

1.1 Objetivos

O objetivo principal desta dissertação é incorporar os conceitos de uma gestão centralizada de ferramentas de corte no pavilhão de maquinaria duma empresa de referência da região, de maneira a reduzir os tempos de *setup*. Contudo, para a implementação deste objetivo principal é necessário cumprir com os seguintes objetivos:

- Separação e reorganização das ferramentas de corte mediante a sua prioridade e utilidade;
- Desenvolvimento de um sistema de gestão de ferramentas de corte com controlo de inventário e controlo de localização.
- Criação de um método de trabalho que seja capaz de garantir que as ferramentas de corte estejam sempre disponíveis quando são necessárias, na quantidade necessária;
- Elaboração de um sistema que permita a realizar a montagem das ferramentas de corte, visando a redução do tempo de *setup*;
- Possibilitar o controlo em tempo real das ferramentas de corte e do inventário.

1.2 Enquadramento do trabalho desenvolvido

Este trabalho foi desenvolvido em ambiente empresarial numa empresa com experiência em desenvolvimento de máquinas para a indústria têxtil, nomeadamente na serigrafia convencional e digital e equipamentos complementares de secagem, embalagem e dobragem.

Esta empresa composta por vários pavilhões cada um com uma área de trabalho respetiva, tais como, o pavilhão da maquinagem, pavilhão da montagem, pavilhão da serralharia, entre outros. A atenção será conduzida apenas para o pavilhão da maquinagem, pois é neste em que a presente dissertação foi desenvolvida.

Atualmente, o pavilhão da maquinagem encontra-se dividido em 5 áreas principais, primeiramente, a área relativa à maquinagem CNC que corresponde às fresadoras CNC e tornos CNC, uma zona com o armazenamento de matéria-prima (veios, tubos, perfis quadrados, entre outros), serrotes (corte da matéria-prima), uma zona para oxidação de peças e por fim, uma zona de montagem. Além disso, há ainda a área de controlo de qualidade que realiza as medições necessárias para garantir que os processos de fabrico estão a decorrer como esperado.

O interesse em aumentar a produtividade e reduzir custo levou a que fosse necessário a implementação da gestão de ferramentas de corte, e para isso, a ferramentaria foi desenvolvida. Anteriormente, cada área tinha as suas ferramentas perto das máquinas num armário em que as condições de armazenamento não eram as melhores, visto que as ferramentas estavam mais propícias a ficarem sujas e o controlo sobre as mesmas era inexistente. Com a construção do espaço da ferramentaria foi necessário reorganizar todas as ferramentas dentro desse espaço. Sendo assim, todas as ferramentas do pavilhão passaram a ser colocadas nessa ferramentaria, revelando a necessidade da realização deste trabalho.

A empresa possui um software de ERP (Enterprise Resource Planning/Planeamento de Recursos Empresariais) este software permite gerir a produção, controlar o inventário da empresa e incrementar a produtividade da mesma, através do planeamento prévio das necessidades que a empresa vai ter. A encomenda de material é, também, feita através deste *software* e, portanto, cada objeto, seja ele uma ferramenta, uma peça produzida na empresa, matéria-prima, tem um código de artigo associado e uma descrição para serem diferenciados e facilmente encontrados dentro do *software*.

1.3 Estrutura do trabalho

O presente trabalho encontra-se dividido em 6 principais capítulos e ainda, as referências bibliográficas e os apêndices:

- Capítulo I: Introdução e enquadramento do trabalho em que são expostos os objetivos e as razões que levaram ao desenvolvimento do presente trabalho
- Capítulo II: Introdução teórica à maquinagem CNC e a maneira como esta tecnologia é usada e a influência que as ferramentas de corte têm neste processo.
- Capítulo III: Realização de um estudo acerca da gestão de ferramentas e corte. Que tipo de estratégias são utilizadas e as soluções que estão presentes no mercado para esse efeito.
- Capítulo IV: Abordagem ao processo de organização que foi realizado na empresa, com a apresentação das soluções utilizadas e discussão da solução implementada.
- Capítulo V: Discussão dos resultados que foram obtidos pela implementação da solução proposta no capítulo anterior.
- Capítulo VI: Conclusões retiradas acerca do trabalho realizado e apresentação de ideias que possam ser implementadas para melhorar a solução implementada.
- Referências Bibliográficas: Referências bibliográficas usadas para a realização da dissertação.
- Apêndices: Material relevante para ajudar na compreensão do presente trabalho.

2. MAQUINAGEM

A maquinagem é o processo que envolve a alteração de uma geometria de uma matéria-prima de maneira a produzir uma peça desejada, a geometria desejada é obtida a partir do arranque de material [3].

Para obter a peça final, o operador da máquina-ferramenta terá de definir vários parâmetros, tais como, as ferramentas que irá utilizar, a trajetória de corte, os parâmetros de corte e a maneira como o stock será fixado para poder ser maquinado.

Uma correta definição destes aspetos é crucial, de maneira a cumprir com as tolerâncias desejadas e, também, aumentar a produtividade. Em acréscimo, a vida útil da ferramenta será aumentada, reduzindo os custos associados à mesma.

2.1 Maquinagem CNC

O avanço tecnológico permitiu a computadorização das máquinas-ferramentas, com isto, o paradigma foi mudado. O operador deixa de manusear a máquina manualmente e passa controlar a mesma através de um controlo numérico. Para isso, este código tem de ser previamente fornecido e, com isto, torna-se necessário uma programação antecipada.



a) Fresadora Manual Sharp [4].



b) Fresadora CNC da DN Solutions [5].

Figura 1 – Comparação entre uma fresadora manual e uma fresadora CNC.

Esta programação é baseada num conjunto de códigos numéricos e ou alfanuméricos, vulgarmente conhecido como código G. Este é composto por comandos G responsáveis pelos movimentos das ferramentas (iniciar um corte, por exemplo) e comandos M responsáveis pelas ações da máquina (ligar o fluido de corte, por exemplo). Com a junção de diferentes tipologias de código, é possível comandar a máquina de maneira que produza a peça desejada.

Este código pode ser obtido manualmente, isto é, programado diretamente na máquina ou recorrendo a um *software* CAM (*Computer Aided Manufacturing*), aliado a um pós-processador compatível com a máquina-ferramenta em causa. Com o recurso ao *software*, o código pode, geralmente, ser obtido mais facilmente, principalmente, quando se refere a peças com diferentes tipos de operações e que exijam operações de corte mais detalhadas.

```
1 %
2 O00001 (EXEMPLO)
3 (Using G0 which travels along dogleg path.)
4 (T108 D=10. CR=0. TAPER=140deg - ZMIN=-22. - drill)
5 N10 G90 G94 G17
6 N15 G21
7 N20 M31
8 N25 G28 G91 Z0.
9 N30 G90
10
11 (Furacao Broca 10mm)
12 N35 T108 M6
13 N40 S2022 M3
14 N45 G54
15 N50 M8
16 N55 G0 X25. Y25.
17 N60 G43 Z15. H108
18 N65 G0 Z5.
19 N70 G98 G81 X25. Y25. Z-22. R5. F303.
20 N75 G80
21 N80 G0 Z15.
22
23 N85 M5
24 N90 M9
25 N95 G28 G91 Z0.
26 N100 G90
27 N105 G0 X25.
28 N110 G53 G0 Y0.
29 N115 M30
30
31 %
```

Figura 2 – Exemplo de um código de uma furação de 10mm.

No que concerne aos operadores das máquinas, excetuando os programadores, estes passaram a ter uma influência muito menor, visto que o movimento da máquina já não depende diretamente deles.

Além disto, com a introdução desta tecnologia, houve um incremento na complexidade das peças obtidas, com redução dos erros e tempos de produção associadas às mesmas, e ainda uma melhor qualidade de fabrico.

2.1.1 Obtenção de uma peça recorrendo a maquinagem CNC

O primeiro passo, passa-se à definição das operações de corte da peça. Esta tarefa é da responsabilidade do programador e, este, tem de garantir que o toleranciamento, tanto geométrico como dimensional, é respeitado. Como anteriormente foi referido, é possível programar diretamente na máquina, ou recorrendo a um *software* CAM, como por exemplo o *HSMWorks*.

No desenvolvimento das operações de corte, serão definidos vários aspetos importantes para a obtenção da peça final, as ferramentas que serão utilizadas, a maneira como essas ferramentas se irão comportar (trajetória de corte), os parâmetros de corte de cada ferramenta e, por fim, a maneira como o aperto da ferramenta irá ser feito. É inclusive possível simular a máquina em que a peça será maquinada.

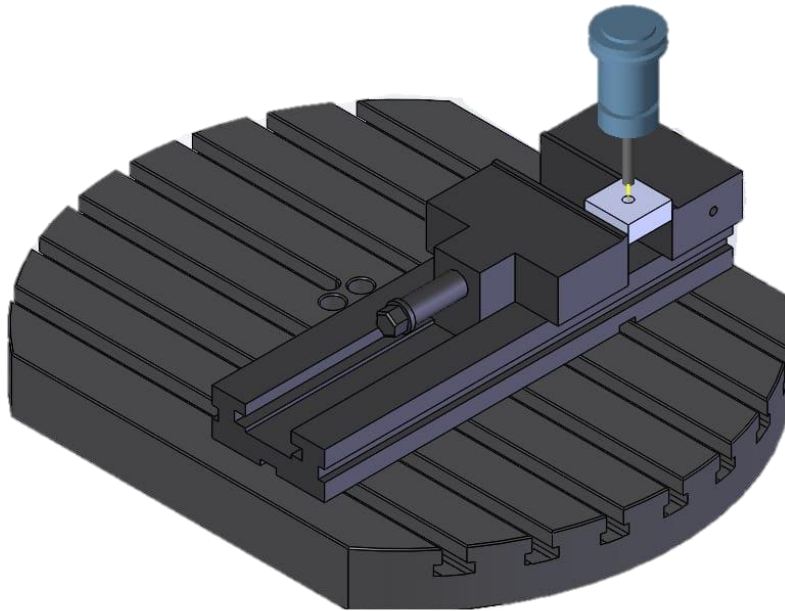
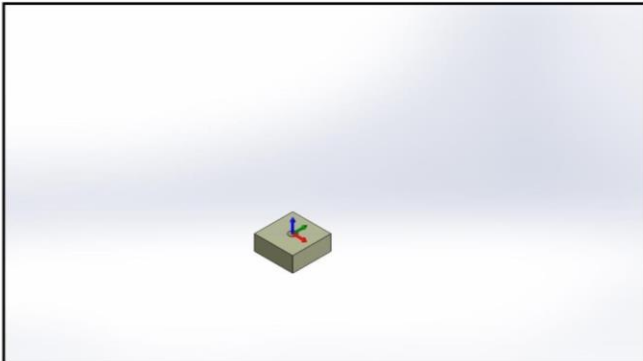


Figura 3 – Simulação da rotina de corte de uma furação ao centro.

As informações acima referidas têm depois de ser transmitidas para o operador da máquina e, para isso, existe uma folha de *setup* (preparação) que é previamente preenchida e tem discriminado as várias operações, ferramentas e o aperto para cada operação. Esta folha de *setup* é muito importante pois tem indicações cruciais para o operador da máquina seguir, a fim de obter a peça desejada.

Relatório de Obra: Exemplo

Setup	
<p>WCS: #0</p> <p>STOCK:</p> <p>DX: 50mm</p> <p>DY: 50mm</p> <p>DZ: 20mm</p> <p>PEÇA:</p> <p>DX: 50mm</p> <p>DY: 50mm</p> <p>DZ: 20mm</p> <p>STOCK LOWER IN WCS #0:</p> <p>X: -25mm</p> <p>Y: -25mm</p> <p>Z: -20mm</p> <p>STOCK UPPER IN WCS #0:</p> <p>X: 25mm</p> <p>Y: 25mm</p> <p>Z: 0mm</p>	

Total
<p>TOTAL DE OPERAÇÕES: 1</p> <p>TOTAL DE FERRAMENTAS: 1</p> <p>FERRAMENTAS: T108</p> <p>Z MÁXIMO: 15mm</p> <p>Z MÍNIMO: -22mm</p> <p>AVANÇO MÁXIMO: 420mm/min</p> <p>ROTAÇÃO MÁXIMA: 2225rpm</p> <p>DISTÂNCIA PERCORRIDA EM AVANÇO DE CORTE: 27mm</p> <p>RAPID DISTANCE: 47mm</p> <p>TEMPO ESTIMADO DE CICLO: 19s</p>

Ferramentas		
<p>T108 D108 L108</p> <p>TIPO: drill</p> <p>DIÂMETRO: 10mm</p> <p>ÂNGULO DA PONTA: 140°</p> <p>COMPRIMENTO: 59mm</p> <p>NAVALHAS: 2</p> <p>VENDEDOR: Guhring</p> <p>PRODUCT: 5572</p>	<p>Z MÍNIMO: -22mm</p> <p>AVANÇO MÁXIMO: 420mm/min</p> <p>ROTAÇÃO MÁXIMA: 2225rpm</p> <p>DISTÂNCIA PERCORRIDA EM AVANÇO DE CORTE: 27mm</p> <p>RAPID DISTANCE: 47mm</p> <p>TEMPO ESTIMADO DE CICLO: 4s</p>	<p>SUORTE: SK40-ER32 (2-20)</p> <p>COMENTÁRIO: 50 - L187</p> <p>VENDEDOR:</p> <p>PRODUCT:</p>



Operações		
<p>Operação 1/1</p> <p>DESCRIÇÃO: Furação 10mm</p> <p>OPERAÇÃO: Furação</p> <p>WCS: #0</p> <p>TOLERÂNCIA: 0.01mm</p>	<p>Z MÁXIMO: 15mm</p> <p>Z MÍNIMO: -22mm</p> <p>ROTAÇÃO MÁXIMA: 2225rpm</p> <p>AVANÇO MÁXIMO: 420mm/min</p> <p>DISTÂNCIA PERCORRIDA EM AVANÇO DE CORTE: 27mm</p> <p>RAPID DISTANCE: 47mm</p> <p>TEMPO ESTIMADO DE CICLO: 4s</p> <p>REFRIGERAÇÃO: Água</p>	<p>T108 D108 L108</p> <p>TIPO: drill</p> <p>DIÂMETRO: 10mm</p> <p>ÂNGULO DA PONTA: 140°</p> <p>COMPRIMENTO: 59mm</p> <p>NAVALHAS: 2</p> <p>VENDEDOR:</p> <p>PRODUCT:</p>



Figura 4 – Folha de setup obtida a partir do software HSMWorks.

De seguida, é necessário haver uma preparação prévia das ferramentas em que estas são montadas nos cones de aperto e colocadas na máquina. Com isto, é medida a altura da ferramenta para realizar a compensação da mesma, de maneira à máquina-ferramenta saber até onde se estende a ferramenta de corte.

O sistema de aperto da matéria-prima é colocado na máquina e devidamente ajustado e, de seguida o *stock* pode ser apertado, permitindo assim a realização do zero-peça. Este “zero” é uma coordenada em X,Y,Z em relação ao zero-máquina (origem dos eixos) que tem como finalidade localizar no espaço o *stock* da peça a maquinar. Este ponto pode ser arbitrado pelo operador/programador da máquina orientando a máquina no espaço. Findando estas etapas, é possível começar a maquinação da peça.

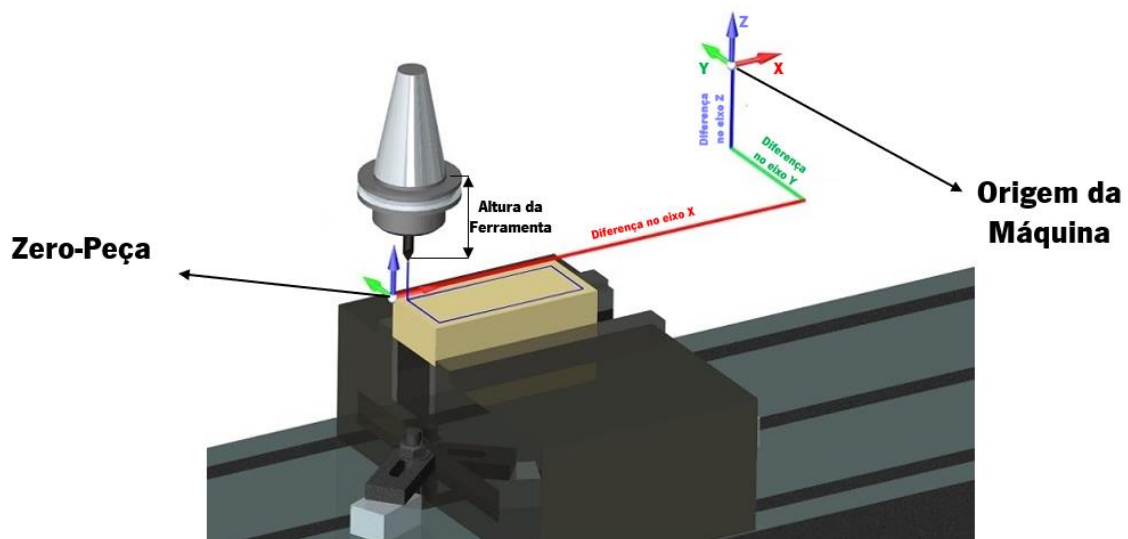


Figura 5 – Medições necessárias para a realização de uma peça (adaptado de [6]).

Há ainda algumas etapas adicionais que não são obrigatórias, mas costumam ser usadas, tais como a adição de um batente no sistema de aperto para garantir a repetibilidade através da simplificação do aperto das próximas peças, entre outros.

2.1.2 Tempos associados às etapas

Na maquinagem, o tempo que a peça demora a ser produzida é um dos fatores mais importantes do preço final que esta terá. Tendo em conta que é uma indústria muito competitiva, quem praticar o melhor preço é quem irá produzir as peças, logo é muito importante procurar reduzir sempre os tempos associados à produção.

No que concerne à programação, a escolha da melhor estratégia de corte é fundamental para reduzir o tempo, assim como o sistema de fixação, isto porque, uma boa fixação aumenta a estabilidade e com isso, é possível aumentar os parâmetros de corte e melhorar o tempo de vida útil das ferramentas utilizadas.

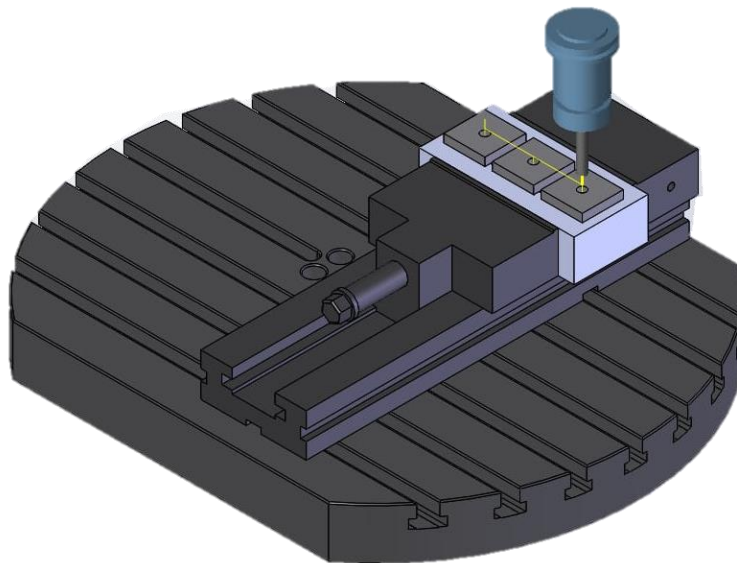


Figura 6 – Simulação utilizando um gabari.

Apesar disso, há mais maneiras de reduzir tempos e que geralmente são descurados pelas empresas. Uma dessas maneiras é com uma preparação prévia das ferramentas. Isto é, privar o operador da máquina de realizar essa tarefa e colocar uma terceira pessoa a preparar as ferramentas para ele, de maneira que o operador apenas tenha de preparar a máquina e durante esse tempo as ferramentas ficam prontas a ser colocadas na mesma. Dependendo da organização que a ferramentaria tenha e também a quantidade das ferramentas necessárias, a preparação feita por um operador pode ser, por vezes, muito demorada e propícia a erros, com isto, há perdas de tempo na produção que podem ser mitigadas.

Um dos intuitos do tema de estudo nesta dissertação é atuar dentro destes tempos associados à preparação das ferramentas e tentar reduzi-los ao máximo.

3. GESTÃO DE FERRAMENTAS DE CORTE

A gestão de ferramentas de corte é definida como uma estratégia que pretende ser a solução para os problemas que envolvem o uso de ferramentas de corte. Estes problemas podem ser originados nas várias fases de vida de uma ferramenta de corte, a compra, o armazenamento, seleção, preparação, troca, controlo do desgaste, controlo do inventário, entre outros. Posto isto, é, resumidamente, um método que visa garantir as ferramentas disponíveis para concretizar os objetivos pré-definidos da produção, contribuindo assim para o bom funcionamento e produção da empresa [7], [8].

Implementar uma correta gestão de ferramentas de corte não é propriamente fácil visto que, é composta por várias atividades complexas. Qualquer falha numa destas atividades, pode resultar na paragem da produção. Dentro destas atividades, é possível identificar algumas, tais como, a preparação e montagem das ferramentas, gestão de stocks de ferramentas, planeamento das ferramentas em conjunto com o que se pretende produzir, e o uso eficiente das ferramentas para aumentar o seu tempo de vida [2].

Nos dias de hoje, as empresas necessitam de manter a sua competitividade, e, como tal, a redução de custo é imperativa pois tem uma grande influência no custo final do produto produzido. Uma correta gestão de ferramentas permite o aumento da produtividade, a redução dos desperdícios e o aumento da qualidade, graças à drástica redução de interrupções do fluxo normal da produção. Estas interrupções são de diversas naturezas, tais como o desgaste prematuro de uma ferramenta, a rotura de *stock* uma ferramenta, quebras repentinas de ferramentas, entre outros [9], [10].

Posto isto, a gestão de ferramentas procura maximizar a eficiência das máquinas e das ferramentas de corte, diminuir os custos diretos e indiretos associados ao seu uso e minimizar as interrupções do fluxo normal de produção. Para tal, há uma busca na redução dos stocks de ferramentas, resultando num menor custo financeiro de stock e a obsolescência de materiais e a eliminação das faltas de ferramentas.

A gestão de ferramentas ajuda na tomada de decisões, de maneira a fornecer ferramentas na quantidade necessária, no local e no momento desejado e em boa qualidade [11].

Os gastos com as ferramentas de corte usualmente representam 3% a 5% do custo total do processo de fabricação de uma peça. Contudo, esta percentagem apenas se refere ao custo de compra da ferramenta, não tendo em conta os restantes fatores a esta associados. O super ou subdimensionamento do stock, ou seja, a quantidade e variedade de stock de ferramentas existentes, a obsolescência do stock, e a falta de gestão de ordens de compra, que podem gerar falta de ferramenta,

compras urgentes ou erradas são fatores que contribuem para o aumento da influência da gestão das ferramentas no custo final do produto.

Com isto, o impacto total das ferramentas no custo final de produção ronda os 30%, muito acima dos 3 a 5% inicialmente propostos [12], [13].

A estes dados acima apresentados, é ainda possível numerar algumas estatísticas que reforçam a importância das ferramentas [14]:

- 16% do tempo de produção é desperdiçado por indisponibilidade de ferramentas de corte;
- Até 30% do inventário de uma empresa é composto por ferramentas “perdidas”, foram colocadas a uso, mas não foram contabilizadas

Considerando estes fatores, é compreensível que uma gestão eficiente e detalhada das ferramentas de corte seja essencial numa empresa.

3.1 Problemas associados à utilização ferramentas de corte

A evolução tecnológica nas ferramentas de corte trouxe o desenvolvimento de uma extensa variedade de ferramentas de corte, tornando-as cada vez mais versáteis e eficientes, isto resultou num aumento do custo com ferramentas. Como referido anteriormente, o custo final da produção pode rondar os 30% e dentro deste valor está presente o consumo normal de ferramentas, mas também alguns problemas que conseguem ser diminuídos através de uma gestão de ferramentas de corte [12], [15], [16]:

- Perdas por uso indevido ou inadequado;
- Perdas devido ao uso de ferramentas obsoletas ou improdutivas;
- Gastos com o acondicionamento de ferramentas;
- *Stocks* mal dimensionados;
- Gastos com armazenamento e transporte;
- Perda de tempo na localização de ferramentas;
- Gastos adicionais com a compra urgente de ferramentas.

Além disso, há quem seja mais específico na caracterização dos problemas que levam à falta de ferramentas de corte e, por sua vez, ao aumento dos custos associados, sendo que estes problemas estão divididos por várias categorias [17]:

- **Gestão de informação:** Concerne à falta de monitorização das ferramentas de corte durante o seu uso e a falta de informação para a sua correta utilização, como por exemplo, não ter um sistema de controlo da localização em tempo real das ferramentas de corte.
- **Disposição:** Refere-se à maneira como as ferramentas estão armazenadas e como são coordenadas entre a produção e o fluxo das mesmas. A falta de uma solução viável para o armazenamento das ferramentas é um dos exemplos.
- **Preparação e acondicionamento:** Elevados tempos associados à preparação e/ou acondicionamento de ferramentas de corte causado, por exemplo, pela falta de um sistema de transporte eficiente.
- **Planeamento a curto prazo e Planeamento a longo prazo:** Está relacionado com preparação/viabilidade de uma solução ou planeamento para o futuro. Ou seja, se a decisão em questão é viável caso aconteça alguma alteração impactante. Por exemplo, caso uma empresa muda-se a sua área de negócio, será que as ferramentas podiam ser as mesmas ou teriam de ser alteradas.
- **Uso:** Neste caso, o uso incorreto que leve ao desgaste prematuro e à quebra de ferramentas.

3.2 Objetivos da gestão de ferramentas

O maior objetivo da gestão de ferramentas é suportar as necessidades da produção, e com uma gestão bem feita, a eficiência das operações de produção, o aumento da qualidade dos produtos finais e a minimização de custo é garantido [2].

Os objetivos da gestão de ferramentas podem ser divididos em dois tipos, os objetivos principais e os objetivos específicos que são necessários concretizar para satisfazer os objetivos principais [2], [11].

Como objetivos principais, tem-se:

- Minimização dos distúrbios no processo de produção;
- Maximização da utilização de recursos;
- Redução do número de refugos;
- Redução dos custos gerais com ferramentas através da standardização e racionalização das mesmas.

De modo a atingir estes objetivos principais, é necessário respeitar os seguintes objetivos específicos:

- Redução de stocks e obsolescência dos mesmos;
- Standardização de ferramentas utilizadas;
- Eliminar a falta de ferramentas;
- Aumentar a produtividade;
- Reduzir o custo das ferramentas;
- Controlar a localização e as movimentações de ferramentas no chão de fábrica;
- Garantir especificações claras na montagem das ferramentas;
- Reduzir os tempos de preparação;
- Reduzir as quebras de ferramentas;
- Garantir a disponibilidade de informação precisa e atualizada;
- Fortalecer o relacionamento com fornecedores;
- Garantir a qualidade dos serviços de afiação e preparação de ferramentas;
- Garantir a qualidade do produto produzido;
- Garantir atualização tecnológica;
- Garantir o uso ecologicamente correto das ferramentas;
- Garantir que todo o sistema não é comprometido por uma falha única.

Resumidamente, a gestão das ferramentas permite reduzir os tempos não produtivos, aumentando a produção, uma melhor seleção de ferramentas, redução da variedade e da quantidade de ferramentas, a otimização das compras das ferramentas e o fornecimento *just in time* de ferramentas para as máquinas.

3.3 Planeamentos associados à gestão de ferramentas

A gestão de ferramentas deve ser estruturada em três áreas diferentes, o planeamento estratégico, o planeamento logístico e o planeamento técnico, a falta de um planeamento apropriado impede o fluxo contínuo da produção, originando problemas, como os que já foram anteriormente referidos [18].

O planeamento técnico está relacionado com a seleção e tratamento das ferramentas, isto é, seleção, otimização e resolução de problemas associados ao uso das ferramentas. No que concerne ao planeamento logístico, este está responsável pelo fornecimento *just in time*. Por fim, o planeamento estratégico está relativo à standardização das ferramentas, a compra, e a otimização do stock e do consumo das mesmas [11].

Contudo, há estudos que defendem que a gestão de ferramentas de corte deveria ser composta por três estratégias, o planeamento, que assegurava que as ferramentas estavam disponíveis na altura certa e na quantidade certa, o controlo, que coordenava o movimento das ferramentas no chão-de-fábrica e, por fim, uma estratégia de controlo que prevenia qualquer imprevisto que possa ocorrer [19], [20].

Nos próximos capítulos, será abordado em mais detalhe os objetivos dos três planeamentos inicialmente referidos.

3.3.1 Planeamento técnico

Como referido anteriormente, o planeamento técnico é responsável pela seleção e o uso das ferramentas.

Dentro da seleção e do uso das ferramentas, é possível identificar diferentes atividades, tais como:

- Minimização dos distúrbios no processo de produção;
- Maximização da utilização de recursos;
- Minimização de refugos;
- Redução dos custos gerais;
- Controlo da localização e do fluxo de ferramentas;
- Redução dos tempos de preparação das máquinas;
- Redução de quebras de ferramentas;
- Disponibilização de informação atualizada e precisa;
- Garantia da qualidade do produto final.

As atividades referidas acabam por se complementar umas às outras, isto é, com a correta seleção e preparação das ferramentas, aliada à localização das ferramentas, os tempos de preparação serão reduzidos. A informação atualizada irá permitir uma correta definição dos parâmetros de corte, que irá aumentar a vida útil da ferramenta, minimizando a quebras aleatórias e o desgaste. Isto, por consequência, irá refletir uma diminuição de custos e uma garantia de qualidade no produto final [11], [15].

3.3.2 Planeamento logístico

O planeamento logístico é responsável pela gestão e controlo do fluxo das ferramentas. A disponibilização *just in time* das ferramentas, a sua correta reposição, quando esta chega ao seu fim de vida, a sua troca para acondicionamento, é parte deste planeamento e tem de ser feito de modo que não afete o processo produtivo [11], [21].

Esta gestão pode ser controlada com a ajuda de software para o efeito, como será abordado nos próximos capítulos.

Para isto, e tal como no planeamento logístico, há uma série de atividades que necessitam de ser realizadas:

- Controlo de stock das ferramentas;

- Definição de stocks de segurança das ferramentas;
- Controlo da localização das ferramentas (tanto no sítio onde estas são guardadas como no chão-de-fábrica);
- Controlo da operação em que a ferramenta está a ser usada;
- Controlo da disponibilidade da ferramenta;
- Controlo do envio das ferramentas para serviços externos (afiação).

3.3.3 Planeamento estratégico

A standardização, a redução das variedades e as compras das ferramentas é responsabilidade do planeamento estratégico.

Este planeamento é importante, pois com a padronização das ferramentas é possível reduzir o número de ferramentas e, conseqüentemente, o espaço necessário para as armazenar. Isto permite um maior controlo das ferramentas existentes, mas também, a otimização dos processos de fabrico. A diminuição dos stocks e redução dos custos são também uma consequência deste planeamento [11].

Portanto, estão definidas algumas atividades referentes a este planeamento, tais como:

- Definição de indicadores de desempenho e definição de metas a cumprir;
- Padronização das ferramentas;
- Aumento da relação com os fornecedores de ferramentas.

3.4 Possíveis dificuldades associadas à implementação da gestão de ferramentas

A implementação de uma correta gestão de ferramentas é algo muito difícil de atingir, devido a uma variedade de fatores. Existem alguns fatores que influenciam negativamente a gestão de ferramentas. Primeiramente, antes de executar alguma ordem de fabrico é necessário garantir que todos os recursos necessários estão disponíveis para utilização, estes recursos abrangem a disponibilidade do material, da mão de obra, da máquina e das ferramentas de corte.

Por vezes, as mesmas ferramentas são armazenadas em sítios diferentes, isto dificulta a sua gestão, principalmente a gestão do stock. Com isto, deve-se procurar armazenar as mesmas ferramentas no mesmo local, isto ajuda a que estejam sempre na quantidade certa e prontas a ser utilizadas aquando da sua necessidade [12].

Adicionalmente, o fator humano também muito importante na gestão de ferramentas, isto é, é necessária uma relação de entreajuda entre o operador da máquina e o gestor da ferramentaria, nomeadamente, a ter o cuidado de devolver a ferramenta quando esta não é necessária, ter o cuidado a manusear a ferramenta, trocar a ferramenta apenas quando esta está mesmo em fim de vida, entre outros.

Por fim, é crucial o entendimento, a cooperação e o compartilhamento de metas e informações entre todas os departamentos que influenciam a gestão de ferramentas numa empresa, para isto, uma estratégia interdepartamental deve ser definida [22].

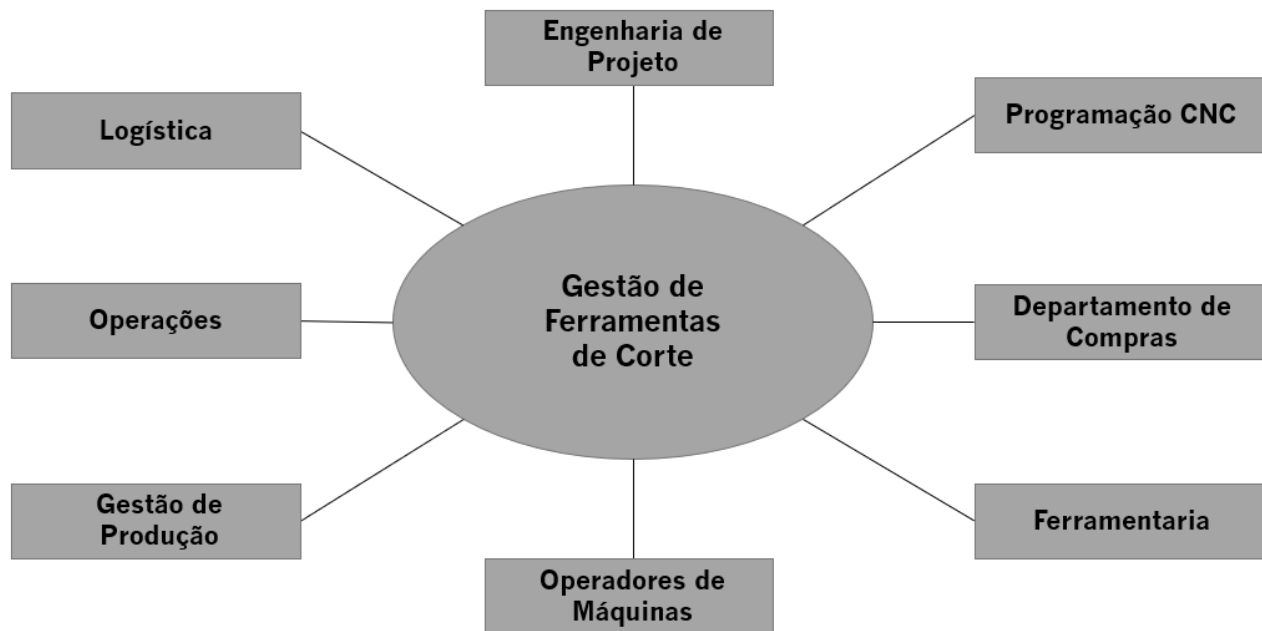


Figura 7 – Diferentes áreas que são importantes para a gestão de ferramentas de corte (adaptado de [1]).

Cada área representada no esquema da Figura 7, representa um papel importante que tem elevada influência na gestão de ferramentas de corte.

Primeiramente, a engenharia de projeto deverá de conhecer as diferentes ferramentas, dispositivos de fixação, entre outros elementos, de forma não elaborar um projeto que possua detalhes que impliquem a aquisição de novas ferramentas, a não ser que seja mesmo necessário.

A programação CNC, por sua vez, deverá ter acesso ao maior número de informação pertinente possível acerca das ferramentas de corte, além disso, as rotinas de corte deverão ser otimizadas com o intuito de aumentar o tempo de vida útil das ferramentas. Em adição, deverá ser disponibilizada os dados de cada ferramenta utilizada em cada peça, principalmente para a equipa de preparação de ferramentas (ferramentaria).

A gestão de produção tem como principal atividade a elaboração de documentos destinados à seleção das ferramentas e máquinas-ferramentas adequados à peça que irá ser maquinada. Estes têm de conhecer em detalhe as ferramentas existentes, de maneira a selecionar aquelas com maior disponibilidade e menor custo.

A ferramentaria é responsável pela pré-preparação dos *setups*, controlo de stocks, localização de ferramentas em chão-de-fábrica e, por fim, a organização com identificação de locais de

armazenamento de maneira a reduzir os tempos de procura. Isto tudo é mais facilmente aplicado com a ajuda de um sistema computadorizado [1].

Os operadores de máquina têm de ter o cuidado no manuseamento das ferramentas, de forma a não danificar nenhuma ferramenta desnecessariamente.

O departamento de compras estará encarregue de adquirir as ferramentas de corte mediante a necessidade demonstrada pela ferramentaria. A redução de ferramentas e a standardização aliados ao controlo de stock, evitará compras urgentes facilitando as atividades deste departamento visto que as compras serão mais sistematizadas permitindo a seleção de fornecedores com maior rigor [12].

3.5 Organização das ferramentas de corte

Uma boa organização das ferramentas de corte é o primeiro passo para implementar uma correta gestão de ferramentas. Para isso, as ferramentas têm de estar devidamente acondicionadas e identificadas. Isto permite uma fácil localização, juntamente com a prevenção de um desgaste prematuro devido a más condições de armazenamento.

Há algumas recomendações básicas que têm de ser garantidas aquando do armazenamento das ferramentas [12], [23].

- Preparação para o uso posterior;
- Realizar a troca ou reafiação da ferramenta, caso seja necessário;
- No caso de se desconhecer a próxima peça a realizar, desmontar as ferramentas;
- Limpar as ferramentas antes de guardar, evitando assim a corrosão;
- Armazenamento das ferramentas mediante o tamanho, aplicação e frequência de uso;
- Armazenar as ferramentas de forma que tenham um fácil acesso;
- Descartar as ferramentas que estão danificadas permanentemente;
- Estabelecer regras para a gestão de ferramentas e, confirmar que todos os funcionários as cumprem.

Em adição a estas recomendações é, também, necessário avaliar qual é a melhor solução que se aplica para a empresa, visto que essa escolha depende de fatores como o volume da empresa, quantidade de produção, quantidade de ferramentas a ser armazenada e quantidade de ferramentas necessárias.

Posto isto, há algumas questões a ser colocadas para ajudar nessa escolha:

- Qual é o nível de segurança pretendido?
- Qual é o tamanho e forma dos itens que serão guardados?
- Irão ser armazenados itens consumíveis e/ou não consumíveis?
- Qual é a quantidade de itens e armários necessários?
- Irá ser uma organização centralizada ou descentralizada?

Geralmente, há uma acumulação de ferramentas, tais como pastilhas e fresas nas bancadas de trabalho provocada pelos operadores das máquinas para prevenir uma eventual rotura de stock que lhes impeça de realizar o trabalho que a eles foi delegado. Apesar disso, esta acumulação gera um problema de fornecimento e *stocks* subdimensionados. Para resolver este problema, as empresas restringem o acesso às ferramentas e aumentam o controlo sobre as mesmas, sendo que os armazéns acabam por se tornar um cofre.

A organização da gestão das ferramentas de corte tem de prevenir este problema, mas também precaver outras aspetos tais como [12], [13]:

- Quando a ferramentaria central é longe da máquina;
- Quando não existe um responsável pelas ferramentas;
- Quando é necessário limitar o consumo diário de ferramentas;
- Quando à movimentação de ferramentas de corte.

3.5.1 Armazenamento de ferramentas

Para o armazenamento, há uma panóplia de soluções que têm os seus pontos fortes e, claramente, os seus pontos fracos e têm de se aplicar mediante as necessidades da empresa em questão.

Uma das soluções mais simples é a organização em armários com gavetas modulares, em que a gaveta é facilmente customizável para o tamanho das ferramentas. Após isso é necessário a identificação dos lugares utilizando, por exemplo, etiquetas. É uma solução relativamente económica e fácil de aplicar, porém o controlo de stocks e o espaço que ocupam não é o mais otimizado. Como irá ser possível ver mais à frente, há soluções que aproveitam o espaço mais eficientemente e, em adição, conseguem controlar o fluxo de ferramentas.



Figura 8 – Exemplo de um armário com gavetas modulares para armazenamento de ferramentas de corte [24].

Outra opção é a utilização de armários com elevadores verticais, que permitem ter várias gavetas dispostas verticalmente ocupando apenas espaço em altura. Isto é mais vantajoso em relação aos armários com gavetas modulares, visto que estas ocupam mais espaço para uma quantidade menor de gavetas [25].

Estes armários podem ser de dois tipos, VLM (*Vertical Lift Modules*) e VCM (*Vertical Carousel Modules*) e têm a mesma função, porém o VLM consegue ser mais rápido e mais compacto visto que funciona com um elevador a ir buscar a prateleira pretendida enquanto o VCM tem um sistema de correia que vai se movendo até chegar à prateleira pretendida.



Figura 9 – Aspeto interior dos armários verticais com elevadores [26].

Estes armários podem ser configurados de maneira a virem equipados com scanner de códigos de barra permitindo assim um controlo aquando do movimento das ferramentas quando estas são tiradas ou colocadas no seu lugar, mas também permitem controlar a quantidade de ferramentas presentes. Além disso, é possível adicionar robôs que vão buscar a ferramenta pretendida automaticamente. Com isto, há uma redução significativa de espaço aliado a um maior controlo de fluxo. [26] Em comparação com um sistema convencional de armazenamento, esta solução reduz em 75% o tempo desperdiçado na procura de ferramentas armazenadas [1].

A *Autocrib*, é uma empresa americana, que desenvolveu umas *vending machines* direcionadas para a área da indústria metalomecânica, que são totalmente configuráveis em termos de espaços. Estas máquinas vêm equipadas com um ecrã que permitem obter a ferramenta pretendida rapidamente. A máquina pode ter até 2574 itens diferentes, dependendo do modelo em questão, e apresenta algumas vantagens que são relevantes para a gestão de ferramentas, tais como [27]:

- Controlo de stocks
- Encomendas automáticas tendo em conta os tempos de entrega
- Prioriza o uso de ferramentas já utilizadas
- Controlo de quem coloca ou retira uma ferramenta de corte



Figura 10 – Vending machine comercializada pela Autocrib. [27]

As soluções para já apresentadas são muito polivalentes, isto é, não foram concebidas especificamente para o armazenamento de ferramentas de corte, apesar disso, não deixam de ser uma boa opção. Contudo, algumas empresas que fabricam ferramentas de corte já desenvolveram soluções especificamente para o armazenamento das ferramentas de corte.

A *Kennametal*, uma das maiores produtoras de ferramentas de cortes no mundo, desenvolveu um sistema de máquinas de venda automáticas do qual intitulou de *ToolBoss*. Tal como a *Kennametal*, a IMC (International Metalworking Companies) e a *Sandvik* têm soluções semelhantes, a *Matrix* e a *CoroPlus ToolSupply*, respetivamente [28], [29].

Segundo a *Kennametal*, com a implementação desta solução são esperadas as seguintes vantagens:

- Redução do inventário entre 30 a 75%
- Redução do consumo de ferramentas entre 10 a 30%
- Corte de até 90% das despesas indiretas com a reposição manual de stocks
- Reduções significativas do extravio, perda ou mau armazenamento das ferramentas
- Tempos mortos das máquinas são reduzidos entre 10% a 60%
- A disponibilidade de ferramentas é sempre garantida

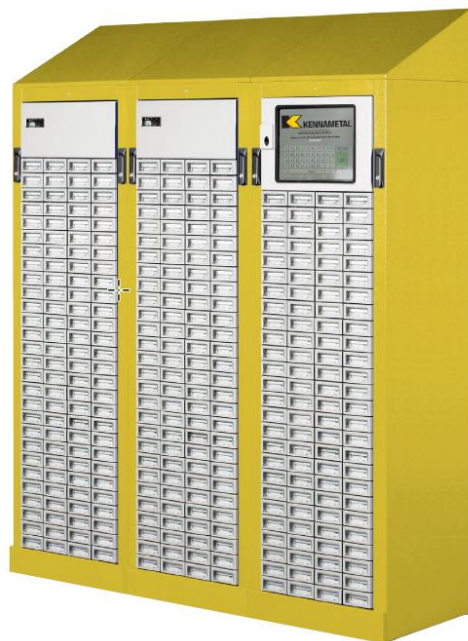


Figura 11 – Armário para o armazenamento e gestão de ferramentas de corte da Kennametal [30].

Estes armários são comercializados em diferentes módulos mediante o tipo de ferramentas que necessitam de ser guardadas. Caso tenham gavetas, estas também são modulares permitindo uma expansão caso seja necessário. Os compartimentos destes armários estão bloqueados e para ter acesso aos mesmos, é necessário uma identificação e permissões, e a apenas abre o compartimento referente à ferramenta necessária. Estes compartimentos são unicamente dedicados a uma ferramenta, ou seja, caso seja necessário ter em *stock* três ferramentas idênticas, essas ferramentas teriam de ter um espaço diferente para cada uma.



(a) Módulo Principal do Matrix



(b) Compartimento para cada ferramenta

Figura 12 – Solução comercializada pela Matrix do grupo IMC [31].

Para gerir estas especificações todas, estes armários vêm com um *software* que trata da gestão e emite avisos para a realização de encomendas das ferramentas. Este software também permite a pesquisa rápida das ferramentas para facilitar a sua localização.

O *ToolBoss* também pode ser utilizada para outros itens que não sejam apenas ferramentas de corte [30].

Estas empresas, geralmente, oferecem três planos de utilização para os armários:

- **Compra dos armários:** É comprado um módulo principal, aquele que possui o computador e os módulos secundários mediante as necessidades da empresa. O utilizador pode guardar qualquer tipo de itens desde que estes caibam no espaço disponível.
- **Aluguer dos armários:** A empresa paga uma certa quantia por mês mediante os módulos necessários. Pode guardar qualquer tipo de itens, porém tem de gastar uma certa quantidade de ferramentas mínimas do fornecedor em questão.
- **Sem pagamento:** Os armários são disponibilizados à empresa gratuitamente, porém as ferramentas utilizadas são apenas da marca em questão.

3.5.2 Acondicionamento das ferramentas de corte

Todas as soluções acima apresentadas, são referentes a ofertas presentes no mercado para armazenar ferramentas de corte, porém não abordam o acondicionamento que as ferramentas necessitam.

Possuir o espaço devidamente organizado e identificado para a ferramenta de corte não basta para um correto armazenamento. Tendo em conta que as ferramentas de corte apresentam arestas de corte, estas têm de ser protegidas para não danificar a ferramenta e comprometer o seu tempo de vida útil. Para isto, há algumas soluções que podem optar:

- Colocar a ferramenta numa caixa, preferencialmente a caixa em que veio no momento de compra
- Proteger a aresta de corte com um material protetor, como por exemplo uma camisa plástica;
- Colocar as ferramentas num material absorvente de choques com a silhueta da ferramenta
- Colocar as ferramentas num suporte vertical e devidamente espaçadas.



(a) Ferramenta colocada em caixa



(b) Ferramenta com as arestas de corte protegidas

Figura 13 – Soluções de acondicionamento de ferramentas de corte.

3.5.3 Sistemas de predefinição de ferramentas de corte

Já foi abordado que é possível obter uma significativa redução de tempos com uma organização das ferramentas de corte, porém é possível também reduzir tempos na preparação dessas ferramentas para o operador de máquina.

A montagem das ferramentas de corte nos cones de aperto indicados não significa que estas estejam prontas a ser colocadas na máquina e começar o ciclo de corte, é necessário realizar a definição das dimensões reais da ferramenta que é geralmente chamada de compensação.

Para compensar a ferramenta em altura tem de se determinar a distância entre a extremidade inferior da ferramenta até ao *spindle* (eixo rotativo da máquina) da máquina, como apresentado na Figura 14,.

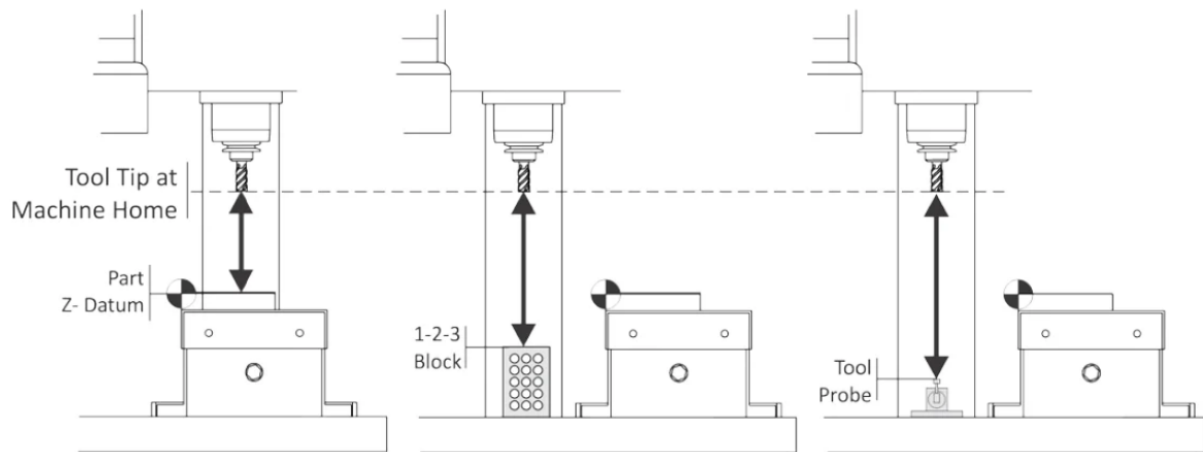


Figura 14 – Esquema exemplificativo da realização da medição de altura da ferramenta, através de 3 maneiras diferentes [32].

Quando realizado por um operador numa máquina CNC, pode ser feito através da descida da ferramenta até a um ponto de referência, geralmente o stock da peça, um bloco padrão ou através de uma sonda OTS (*optical transmission tool setter*). A sonda OTS encontra-se, usualmente, montada num canto da mesa da máquina e permite obter as dimensões acima referidas através do toque da ponta da ferramenta no apalpador. É ainda possível medir o diâmetro real da ferramenta (o desgaste provoca alteração desse diâmetro) através do toque lateral da ferramenta no apalpador.

Este último método é o que permite obter as medidas mais corretas e mais rapidamente, por consequência, é o método mais fiável.

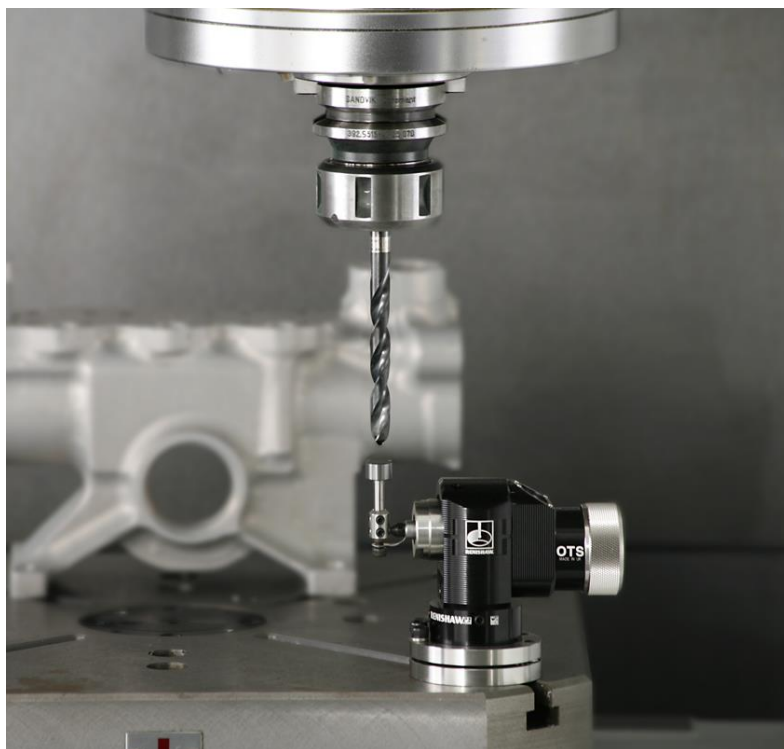


Figura 15 – Sonda OTS da Renishaw [33].

O processo acima descrito independentemente do método utilizado demora sempre algum tempo. Como é óbvio, o tempo que demora depende da quantidade de ferramentas que estão associadas às operações de corte. Quantas mais ferramentas mais compensações serão necessárias de fazer e mais tempo irá demorar o processo.

Contudo, há também maneira de privar o operador da máquina de realizar esta etapa e reduzir este tempo recorrendo a sistemas de medição externos ao equipamento CNC (*Tool Presetters*). Estas máquinas permitem retirar todas as medidas necessárias, após isto, guardam a informação diretamente no código G ou numa etiqueta para poder ser transmitida para a máquina CNC. Desta maneira, as medições já não necessitam de ser feitos na máquina CNC, e o trabalho pode começar mais rapidamente.



Figura 16 – Máquina de Presetting da Haimer [34].

3.5.4 Transporte de ferramentas

Nos dias de hoje, há uma vasta oferta de soluções que englobam o armazenamento e o transporte de ferramentas.

Na seguinte figura, é possível ver uma estante que tem duas zonas separadas por cores, verde e vermelha. As ferramentas colocadas na zona verde estão prontas para uso nas máquinas, e as ferramentas na zona vermelha já foram usadas, e têm de ser inspecionadas e armazenadas/recondicionadas. Esta estante é uma boa solução para a disposição de ferramentas no chão de fábrica [12].



Figura 17 – Estante para disposição de ferramentas [12].

Em adição, torna-se necessário um meio de transporte das ferramentas entre a zona de armazenamento e a estante acima mencionada, posto isso, na Figura 18 é possível ver vários carrinhos de transporte para esse efeito.



Figura 18 – Armários de transporte de ferramentas no chão-de-fábrica [12].

Estes carrinhos têm na mesma as zonas verdes e vermelhas, para ajudar na separação das ferramentas que são necessárias, evitando erros na hora de disposição e de armazenamento.

A *Fastems* desenvolveu solução automatizada, que consegue realizar o transporte de ferramentas para as máquinas através de um robô. As ferramentas são guardadas num armário centralizada montadas e prontas a utilizar.

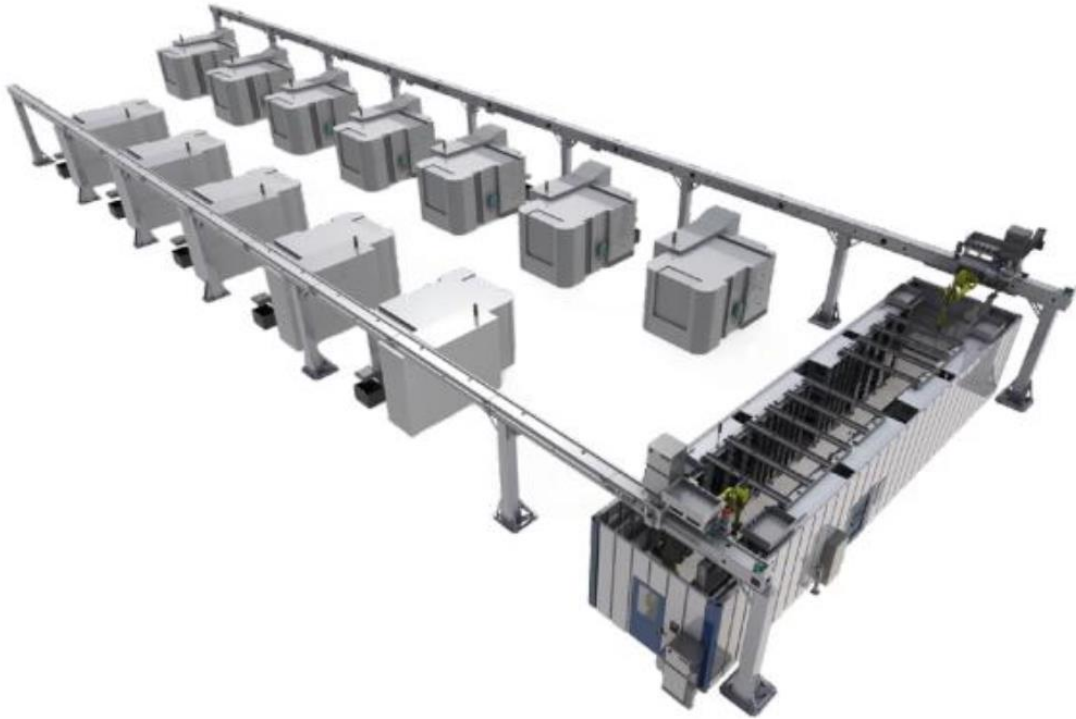


Figura 19 – Solução robotizada de gestão centralizada de ferramentas de corte [35].

Esta solução facilita a partilha de ferramentas entre máquinas, reduzindo a quantidade de *stock* necessária. Esta partilha pode ser feita apenas quando a máquina necessita mesmo da ferramenta, isto é, a ferramenta só é disponibilizada na máquina quando o programa CNC está perto de a necessitar não sendo colocada logo no início do programa. Para isto, há também uma análise do tempo de vida da ferramenta e informação em tempo real da mesma. A necessidade de recondicionamento das ferramentas é, também, controlada pelo sistema [35].

3.6 Rastreamento de ferramentas de corte

Os sistemas de localização de ferramentas presentes no mercado baseiam-se em dois tipos de tecnologias diferentes RFID (*Radio Frequency Identification*) e a tecnologia de código de barras, que é comumente utilizada em produtos de supermercado.

A *Caron Engineering*, é uma empresa americana que possui uma solução de gestão de ferramentas de corte chamada de *ToolConnect*. Estes sistemas são capazes de localizar as ferramentas em chão-de-fábrica e, também, têm a capacidade de transmitir informação entre o a máquina de *presetting* e a máquina CNC e controlar o tempo de vida da ferramenta.

A instalação destes sistemas envolve a adaptação das máquinas-ferramentas para suportar todas as funcionalidades. No que toca à tecnologia RFID, é necessário a instalação de *chips* nos cones de apertos e leitores compatíveis com os controladores para a leitura dos chips. Ao invés da tecnologia RFID é possível a utilização de códigos de barras, porém, envolve a instalação de leitores de códigos de barras e uma impressora para a impressão das etiquetas. Como é claro, ambas soluções precisam de um software que coordena todos estes itens [36].

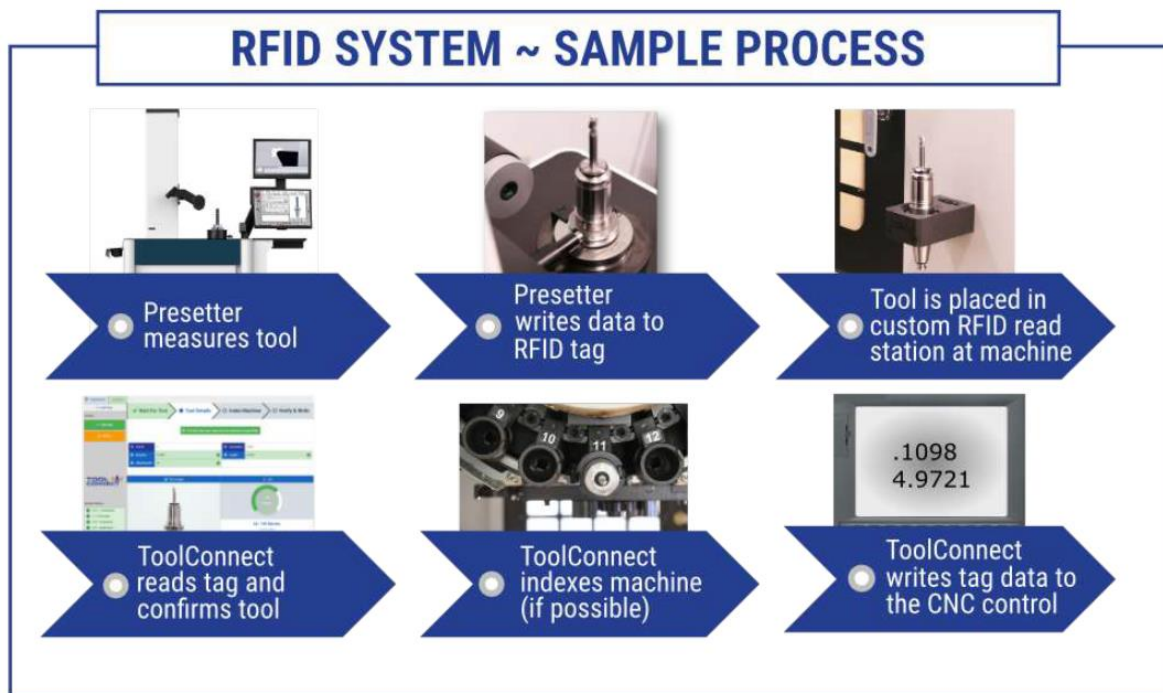


Figura 20 – Etapas pertencentes à utilização da tecnologia RFID [36].

Na figura acima é possível consultar as etapas envolvidas na utilização da tecnologia RFID, começando pelo *presetting*, a transferência dos dados para o *chip*, a leitura do *chip*, o *software* a reconhecer a ferramenta, a colocação da ferramenta na máquina e o *upload* automático dos dados da ferramenta no código G.

3.7 Software de gestão de ferramentas de corte

No capítulo anterior foram abordadas as soluções para o armazenamento, preparação e rastreamento das ferramentas de corte, e neste capítulo serão abordadas as soluções para a gestão, mas propriamente na parte de controlo de fluxo e reposição de stocks.

Estes softwares têm de ser providos de uma base de dados atuais acerca das ferramentas de corte para evitar uma falha de informação que provoque faltas de ferramentas, inventários excessivos, entre outros. Além disso, caso se pretenda uma melhoria contínua na gestão de ferramentas, é necessária uma base sólida que contenha essa informação, pelo que essa base de dados se torna muito importante [7].

Os softwares que existem são capazes de comunicar com as máquinas de *presetting*, com os sistemas CAD/CAM, os sistemas ERP, catálogos eletrónicos, códigos de barras, controlos logísticos via chip eletrónico de reconhecimento e sistemas de armazenamento automático.

A troca informações em tempo real do sistema de gestão de ferramentas, o sistema CAM e o catálogo eletrónico das ferramentas de corte permitem uma melhor definição dos parâmetros de corte da ferramenta em comparação com uma base de dados presente num sistema CAM.

Grande parte das soluções apresentadas anteriormente vêm já incluídas com um software que ajuda na gestão, visto que controla os stocks em tempo real e ajuda na realização de encomendas através da análise dos gastos.

Além disso, através da localização das ferramentas no chão-de-fábrica recorrendo a tecnologias como o RFID é possível saber onde se encontram as ferramentas. Isto ajuda tanto nos controlos de stock, como na redução de perdas e/ou extravios de ferramentas.

Com a implementação e correta utilização de um software de gestão de ferramentas é são esperados os seguintes benefícios [12]:

- Redução de custos com ferramentas;
- Aumento da produtividade devido à redução dos tempos de preparação
- Aumento da qualidade dos produtos;
- Redução das ferramentas de corte, visto que uma reorganização física permite a retirada de ferramentas desnecessárias;
- Informação em tempo real acerca das ferramentas de corte, tais como quantidade em stock, parâmetros de corte, entre outros;
- A reorganização também permite a verificação do estado das ferramentas de corte;
- Aumento da fiabilidade nas montagens de ferramentas;
- Maior controlo do uso e das quebras das ferramentas;
- Eliminação de compras urgentes;
- Difusão de conhecimentos técnicos e administrativos relativamente às ferramentas para mais pessoas.

É esperado então que o *software* utilizado seja capaz de assumir o papel de intermediário na comunicação entre todos os restantes *softwares* que estejam diretamente envolvidos nos movimentos das ferramentas de corte. No esquema abaixo apresentado, é possível consultar um modelo de um sistema integrado de ferramentas e os diferentes sistemas ao qual tem de estar ligado.

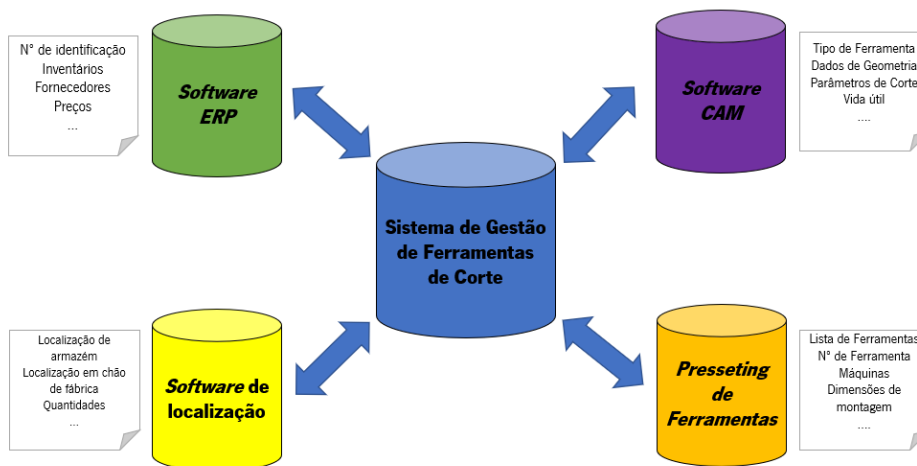



Figura 21 – Modelo de um sistema integrado de ferramentas (adaptado de [1]).

O *WinTool* é um exemplo de um software independente que permite a gestão integrada de ferramentas de corte através da correspondência de várias etapas que são necessárias para a produção de uma peça. É dotado de uma biblioteca de ferramentas que por sua vez é associada ao ficheiro CAM que permite realizar uma folha de *setup* em que contenha as ferramentas necessárias e as suas localizações. Através disto, ao montar o *setup* é possível dar baixa das ferramentas utilizadas e retorná-las quando a utilização da mesma acaba. Desta maneira, consegue controlar o fluxo de ferramentas. Com este controlo consegue, por sua vez, gerir os stocks e realizar as encomendas quando estas são necessárias [37].


Presetting list

Sorted by position in WinTool list




A2B2 123 456
Mazak (SK40)

O-Number
Description A2B2 Co-0aa
Target date
Reference
Remark

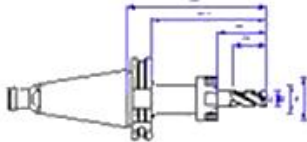


Work material
S21 - Cast steel stainless - ferritic / martensitic
SctNr 1 4107
DIN G-X 8 CrNi 12
AFNOR

616169 end mill HSS 12mm 222
T 1 type NRF, uncoated
 HSS Co8

 6 1 6 1 6 9

D 1
H 1
X1 12
Z1 109











	Dia.	Radius	C Length	Angle	Storage location
 1	0,00	0	0	0	 2 0 5 5
 1	34,00	5	20	0	 2 0 5 4
 1	11,00	0	12	0	 2 0 5 9
 1	12,00	0	26	0	 2 0 6 0

Figura 22 – Folha de setup do software WinTool [38].

3.8 Métodos para a organização segundo princípios *lean*

A utilização de técnicas de trabalho e filosofias de gestão é imperativa na implementação de uma gestão de ferramentas de corte. Estas filosofias têm como objetivo a redução nos custos de produção, a melhoria da qualidade e o aumento da produtividade através da redução de desperdícios e otimização da utilização dos recursos. Posto isto, estão presentes algumas destas filosofias no trabalho desenvolvido para esta dissertação, como é possível confirmar no capítulo 4 – Implementação da organização e gestão de ferramentas.

Gestão *Lean*, mais conhecido como “*Lean Management*”, é uma filosofia de melhoria contínua que foi introduzida nas empresas do setor automóvel japonês após a segunda guerra mundial, devido à falta de recursos. Esta filosofia de trabalho, inicialmente denominada de “*Toyota Production System*”, visa maximizar os recursos através da minimização de desperdícios.

O *Lean Management* pretende atingir altos níveis de qualidade e segurança e aumentar a moral dos trabalhadores e, também, reduzir os custos e os tempos de produção.

Com isto, os pontos chave desta filosofia são:

- Garantir a satisfação do cliente;
- Encontrar a perfeição, ou seja, ir em busca de zero defeitos;
- Mapeamento dos fluxos de materiais e informações necessárias para coordenar as operações de processos de fabrico, fornecedores e distribuídos para entregar o produto aos clientes;
- Fluidez no processo de fabrico, garantindo que não há interrupções desde o planeamento, à produção até ao cliente;
- Processos "pull", de maneira que se garanta que nada começa sem haver um interesse da parte do cliente.

Visto que os objetivos desta filosofia são alcançados através da redução dos desperdícios, primeiramente, é necessário identificar todos esses desperdícios e categorizá-los dependendo da causa desperdício [39].

Inicialmente, foram identificados 3 grandes inimigos da filosofia lean, geralmente conhecidos como 3M's. Estes M's correspondem à palavra original (língua japonesa) e são o *Mura*, inconsistência, *Muri*, excesso e, por fim, o *Muda*, desperdício. Este último foi dividido em 7 tipos como será abordado mais adiante.

O *mura*, refere-se à inconsistência e pode estar presente em várias situações, tais como, um horário de trabalho irregular, qualidade inconsistente de recursos, demanda desequilibrada do cliente,

entre outros. Já o *muri*, refere-se ao excesso e, está presente em situações, como por exemplo, colocar pessoas a trabalhar em demasia para cumprir com prazos, horas-extra para compensar tempo perdido em atividades que não deveriam ter esse tipo de desperdício, sobrecarregar máquinas que leva ao adiamento de manutenções. Por fim, o *muda* refere-se ao desperdício, ou seja, qualquer atividade que não acrescenta valor ao produto final. Estes desperdícios foram divididos em 7 tipos, dependendo da sua causa, sendo que são caracterizados da seguinte maneira [40]:

- **Produção Excessiva (“Overproduction”)**: Quando a produção de um certo produto é maior que a demanda do produto. Desta maneira, há desperdício de tempo, dinheiro e matéria-prima a produzir algo desnecessário.
- **Tempo de Espera (“Waiting”)**: Refere a todos os desperdícios de tempo que influenciem negativamente a fluidez da produção. Por exemplo, esperar que um processo acabe para iniciar outro.
- **Transporte (“Transportation”)**: Movimento desnecessário de recursos, que além haver perda de tempo, há, também, desperdício de dinheiro.
- **Processamento Excessivo (“Overprocessing”)**: São operações adicionais e desnecessárias para atingir os requisitos dos clientes. Estas operações fazem com que haja desperdícios de tempo e recursos.
- **Inventário (“Inventory”)**: O inventário em demasia também é um desperdício, pois revela que houve investimento de recursos sem necessidade, isto aplica-se a ferramentas, produtos acabados, entre outros. Além disso, inventário em demasia também esconde problemas, visto que há problemas que são colmatados pela grande quantidade de recursos disponíveis e esses problemas acabam por ser ocultados.
- **Defeitos (“Defects”)**: Produção de produtos que não vão de encontro com os requisitos do cliente, resultam em material sucata sem necessidade, ou num cenário mais preocupante, que peças com defeito acabem no mercado. Desta maneira, é necessário eliminar todo o tipo de defeitos.
- **Movimentos desnecessários (“Unnecessary Motion”)**: Movimento desnecessário de pessoas ou equipamento que não adiciona valor ao produto final. Por exemplo, esticar o braço para ir buscar uma ferramenta muito regularmente utilizada numa prateleira elevada.

Para estabelecer a filosofia *lean* há algumas técnicas que são regularmente usadas, porém irá ser destacado apenas as técnicas que são mais oportunas para o trabalho desenvolvido nesta dissertação.

Um das técnicas é a gestão visual que pretende fornecer informação ao utilizador através do uso de sinalizações, permitindo que as decisões sejam tomadas mais rapidamente e com maior sucesso.

A estandardização dos processos é, também, uma técnica utilizada pois garante que não há variações indesejadas no decorrer de um processo, mantendo a uniformidade.

Em adição, a técnica dos 5S's é uma das técnicas mais populares e permite obter um ambiente de trabalho limpo, organizado e produtivo. Tal como nos 3M's, cada S's tem o seu significado, porém é necessário seguir uma ordem lógica para aplicar este método.

- **Separação (“Sort”):** Separar os itens utilizados dos não utilizados, descartando os que não são utilizados;
- **Ordenação (“Set in Order”):** Ordenar os itens que não foram descartados, colocando no devido lugar;
- **Limpeza (“Shine”):** Manter o local de trabalho sempre limpo e cuidado;
- **Estandarização (“Standardize”):** Criar normas a serem seguidas para não gerar uma nova desorganização;
- **Disciplina (“Sustain”):** Manter a disciplina em todos os colaboradores e incentivar a melhoria contínua.

Por último, a filosofia “*Just-in-Time*”, traduzido em português para “na hora certa”, pretende que seja produzido apenas o que é estritamente necessário, quando é necessário e na quantidade que é necessária, evitando assim desperdícios [39].



Figura 23 – Esquema exemplificativo da aplicação da técnica dos 5S's [41].

4. IMPLEMENTAÇÃO DA ORGANIZAÇÃO E GESTÃO DE FERRAMENTAS

Neste capítulo será feita uma explicação de como foi realizada a organização e gestão das ferramentas de corte no pavilhão de maquinagem.

Este processo, como referido anteriormente, tem como objetivo a redução dos tempos de *setup*. É esperado que as ferramentas necessárias para ordens de fabrico planeadas para o dia estejam montadas antes de serem necessárias e, assim, o operador não precisa de perder tempo na montagem das mesmas, podendo começar a produzir.

A metodologia será simples, porém a sua aplicação é um pouco mais complexa devido à quantidade de ferramentas, gabaris, calibres, entre outros, que existem no pavilhão. Espera-se que cada ferramenta esteja devidamente localizada com coordenadas que estão associadas a uma gaveta para serem facilmente encontradas.

O controlo de stock das ferramentas será feito através de um ficheiro *excel*, visto que o *software* ERP apresenta algumas limitações que serão abordadas mais adiante. Este *excel* tem de ser atualizado sempre que uma ferramenta é retirada e, emite um aviso quando o *stock* de segurança for atingido para realizar a encomenda da ferramenta, evitando que a mesma entre em rutura de stock e possa afetar a produção.

4.1 Recolha das ferramentas dos armazenamentos das áreas de maquinagem

O primeiro passo foi a recolha das ferramentas dos armários presentes em cada área da maquinagem, nomeadamente a área das fresadoras CNC e dos tornos CNC.

Cada área tinha um armário, e, como grande parte das ferramentas utilizadas eram comuns estes armários acabavam por ser semelhantes excetuando algumas ferramentas que eram específicas para cada área, principalmente as fresas de forma¹.

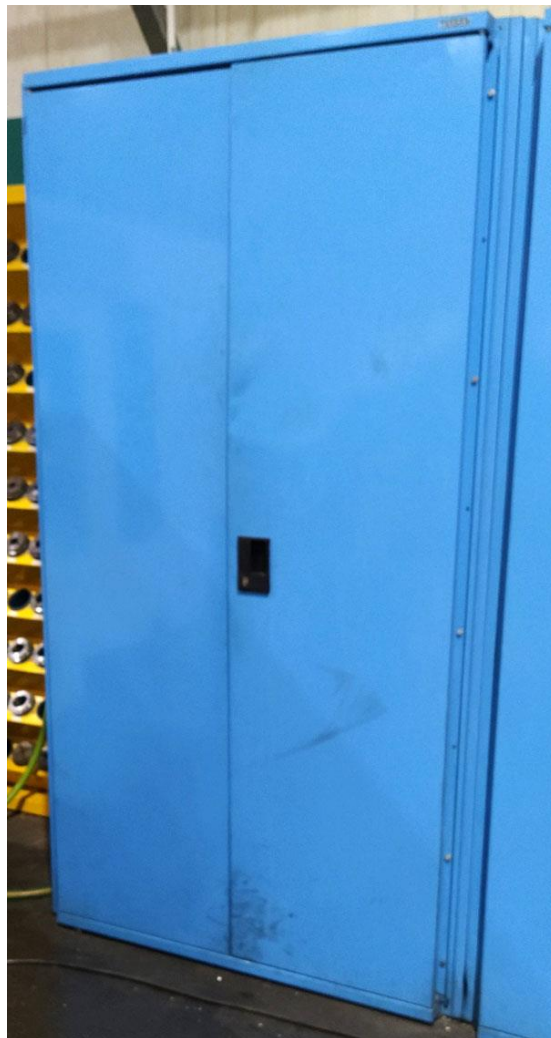


Figura 24 – Armário utilizado para armazenar as ferramentas no chão-de-fábrica.

¹ Fresas com uma forma específica que geralmente são utilizadas para maquinar um perfil específico

Dentro destes armários, as ferramentas estavam armazenadas em gavetas modulares, e organizadas por material da ferramenta HSS (*High Speed Steel*) ou Carboneto, conhecido comumente por metal duro, pelo seu diâmetro e operação utilizada, desbaste ou acabamento, sendo que as ferramentas em melhor estado são utilizadas para o acabamento.

Tendo em conta a variedade de ferramentas presente na empresa estes dois critérios são muito ambíguos.

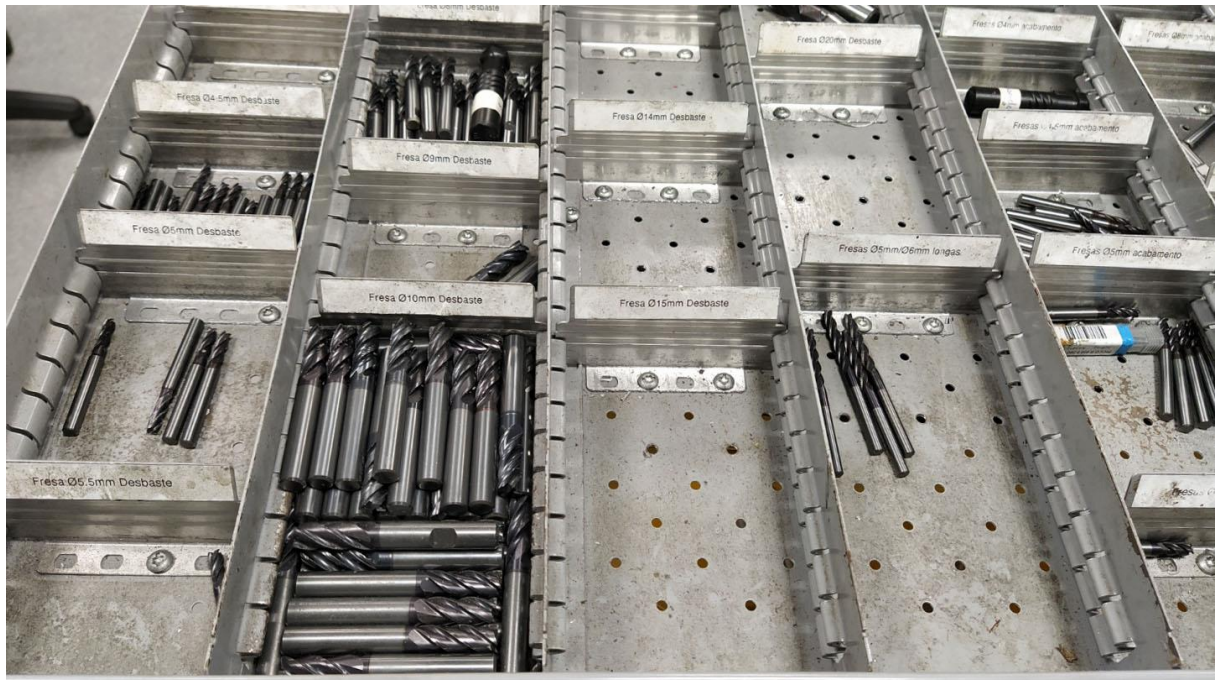


Figura 25 – Disposição das ferramentas dentro das gavetas.

Como se pode observar na Figura 26, o estado de armazenamento não é o indicado, as ferramentas estão acumuladas num espaço muito reduzido sem ter qualquer tipo de proteção não sendo benéfico para o tempo de vida útil da mesma, além disso, a sujidade presente na gaveta não permite uma correta avaliação do estado da ferramenta.

Isto faz com que as ferramentas se desgastem prematuramente, não havendo um aproveitamento eficiente das mesmas.



Figura 26 – Acondicionamento das ferramentas de corte.

Este tipo de armazenamento, como referido anteriormente, proporciona o desgaste prematuro e pode levar à quebra das ferramentas dentro da gaveta. Em adição, o armazenamento sem uma inspeção prévia do estado em que se encontra a ferramenta faz com que se guarde ferramentas em mau estado e que em condições controladas deveriam ir para sucatar, e serem devidamente recicladas.

Na figura abaixo exposta, é possível ver uma ferramenta, nomeadamente uma fresa de metal duro com 4 lâminas e 10mm de diâmetro que se encontrava armazenada nestes armários, sem qualquer

tipo de utilidade. As lâminas nesta fresa estão cheias de “picadas” que poderão ter sido causadas pela sua utilização (cenário mais provável) mas também podem ter sido causadas pelo armazenamento incorreto.



Figura 27 – Ferramenta de corte de metal duro com elevado desgaste.

4.2 Recolha de ferramentas das bancadas

O segundo passo na implementação da gestão de ferramentas foi a recolha e armazenamento de todas as ferramentas presentes no chão de fábrica. Cada máquina tem uma bancada de trabalho associada e, como a desmontagem de ferramentas estava, anteriormente, associada aos operadores das máquinas, gerou-se uma acumulação de ferramentas nas gavetas dessas bancadas.

Estas acumulações surgiam devido à falta de vontade de armazenar no sítio correto, à necessidade periódica, e à garantia que teriam a ferramenta em questão quando precisassem dela.

Posto isto, este passo foi importante para saber quantas ferramentas estão presentes e como se encontram.



Figura 28 – Brocas de HSS em bom estado que estavam armazenadas nas bancadas de trabalho.



Figura 29 – Ferramentas de metal duro em bom estado que estavam armazenadas nas bancadas de trabalho.



Figura 30 – Ferramentas de rosca em bom estado que estavam armazenadas nas bancadas de trabalho.

As fotos acima expostas, apresentam apenas a quantidade de ferramentas em bom estado que foram retiradas das gavetas, ou seja, a quantidade retirada era muito maior que a exposta nas fotografias.

Este armazenamento desnecessário leva ao aumento dos *stocks* e à compra desnecessária de ferramentas iguais, já que como estão guardadas nas gavetas e não no sítio indicado, o responsável pela reposição de stocks irá ser induzido em erro e irá encomendar sem qualquer necessidade.

4.3 Armazenamento centralizado de ferramentas

Com as ferramentas todas recolhidas, foi necessário reorganizá-las no espaço da ferramentaria.

Neste espaço, estão guardados todos os itens necessários para o bom funcionamento da produção, desde as ferramentas de corte até aos equipamentos de proteção individual necessários para garantir a segurança de todos os funcionários.

Este espaço é localizado no meio do pavilhão, logo está perto de todos as zonas do mesmo, principalmente das zonas mais críticas, isto é, que dependem mais da ferramentaria, que são as zonas dos tornos CNC e das fresadoras CNC. Esta proximidade, faz com que se evitem caminhar grandes distâncias para ir buscar o que quer que seja, reduzindo assim os tempos mortos.

A implementação de um espaço de organização como este traz variadas vantagens para a empresa, tais como, a possibilidade de usar a mesma ferramenta para diferentes linhas de produção, deixa de ser necessário de haver espaço no chão-de-fabrica para armazenar ferramentas, excetuando ferramentas que sejam propícias a isso, ou seja, ferramentas que são muito utilizadas evitando assim viagens frequentes à ferramentaria. Além de tudo, a grande variedade de ferramentas que são utilizadas para maquinar alguns componentes tornam a tarefa de selecionar corretamente as ferramentas demasiado complicada para um operador de máquina. Caso a seleção de ferramentas seja deixada para o operador, a máquina ficará parada durante esse tempo, mas também, pode haver posteriores paragens pela incorreta seleção de ferramenta ou até mesmo a indisponibilidade da mesma. Tendo em conta o custo elevado das ferramentas de corte, é economicamente irresponsável guardar ferramentas individualmente nas máquinas-ferramenta quando estas não estão em uso [18], [42].

Nos próximos capítulos, irá ser feito um detalhe de como foi realizada a organização de cada item na ferramentaria.

4.3.1 Organização do espaço de trabalho

A organização do espaço de trabalho é um aspeto fundamental em qualquer ferramentaria. Para se realizar a montagem das ferramentas de corte são necessárias várias ferramentas que precisam de estar facilmente acessíveis ao operador da ferramentaria.

Posto isto, foi construída uma bancada de trabalho que contemplava os seguintes elementos:

- **Base de apoio para cones SK40/BT40 e uma base para cones SK50:** Para realizar em segurança as trocas de ferramentas;
- **Gaveta com ferramentas diversas:** Para armazenar as ferramentas que são precisas para montar e desmontar os cones de aperto;
- **Caixas para a reciclagem de pastilhas de corte, metal duro e HSS:** Para separar mediante o material e facilitar uma posterior reciclagem das ferramentas em fim de vida;
- **Caixa para colocar ferramentas para serem recondicionadas:** Para separar as ferramentas em fim de vida daquelas que ainda podem ser recondicionadas;
- **Caixa para armazenar as caixas de ferramentas novas:** Reaproveitar as caixas protetoras das ferramentas para colocar em ferramentas usadas de maneira a proteger as mesmas.

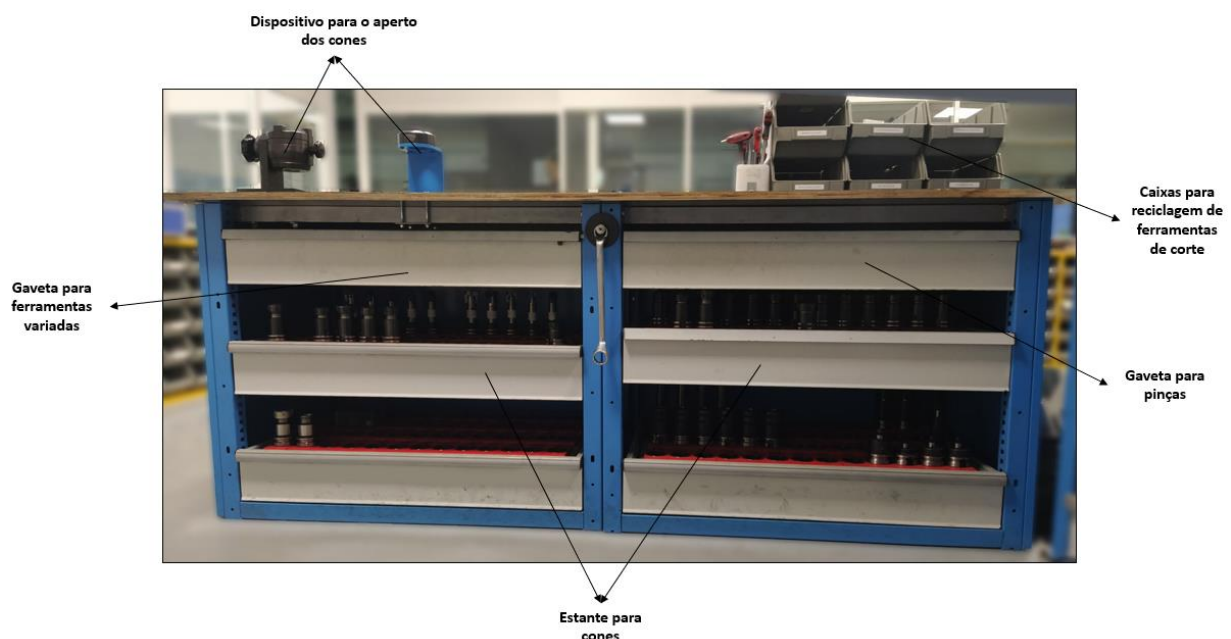


Figura 31 – Vista frontal da bancada de trabalho.

Por fim, realizou-se também a divisão do espaço da bancada em três áreas, sendo que as duas áreas a verde estão destinadas à colocação de *setups* já preparados para, posteriormente, serem

transportados para o chão de fábrica e a zona vermelha destinada às ferramentas que têm de ser armazenadas ou desmontadas.

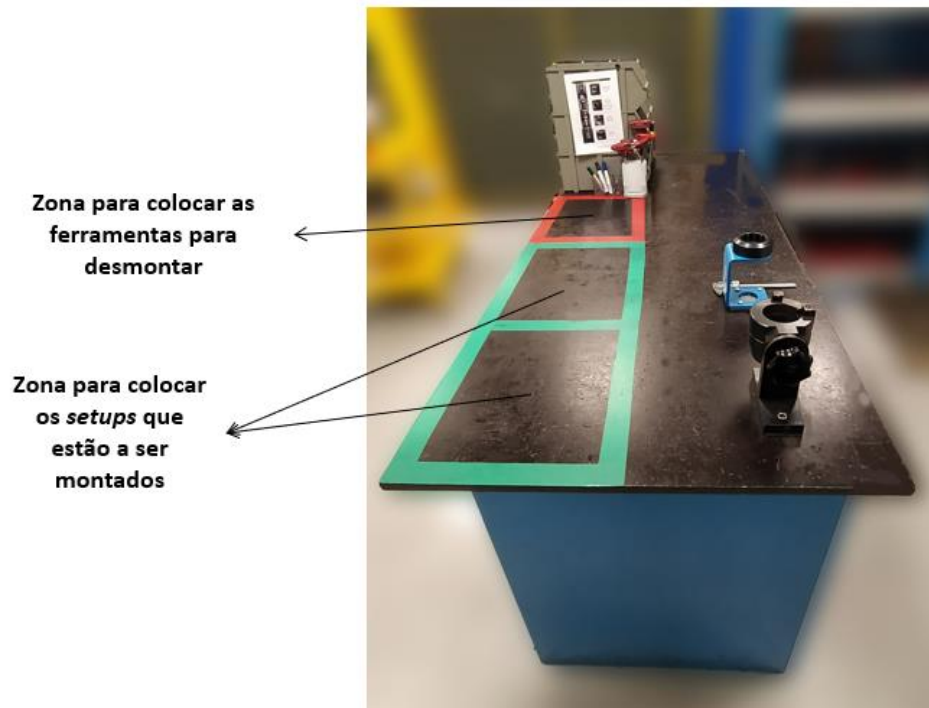


Figura 32 – Vista superior da bancada de trabalho.

4.3.2 Organização do espaço da ferramentaria

A organização das ferramentas passou, inicialmente, pela sua colocação das mesmas em gavetas destinadas aquele tipo de ferramenta.



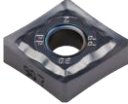


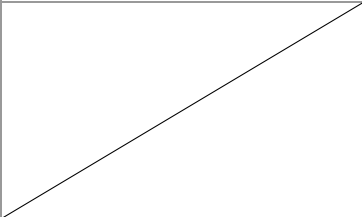
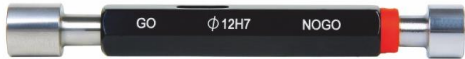
Por exemplo, uma fresa de 4 lâminas de metal duro irá ser colocada numa gaveta em que apenas de encontram ferramentas da mesma categoria (pode haver algumas exceções). Após isso, as fresas dentro da gaveta foram organizadas por diâmetro e pela referência que estão associadas na marca. Para uma melhor compreensão do aspeto e da função de cada ferramenta de corte é recomendado a consulta do Apêndice 1 – Ferramentas de corte.

Como é de esperar, há vários tipos de ferramentas e como tal, nem todas podem ser organizadas da mesma maneira que o exemplo acima dado. Posto isto, a Tabela 1 apresenta uma síntese da organização utilizada para cada tipo de ferramenta.

Tabela 1 – Ordenação escolhida para os diferentes tipos de ferramentas de corte.

Tipo de Ferramenta	Diferentes Categorias/Gavetas	Ordenação dentro da Gaveta
<p>Fresas</p> 	<p>Número de Lâminas Material da Fresa Tipo de Fresa (Curta, Longa, Forma)</p>	<p>Ordenação por referência e diâmetro</p>
<p>Brocas</p> 	<p>Tipo de Material (HSS ou Carboneto) Tipo de Broca (3xD², 5xD)</p>	<p>Ordenação por diâmetro</p>
<p>Mandris</p> 		<p>Ordenação por Diâmetro</p>
<p>Escareadores</p> 		<p>Ordenação por Diâmetro</p>

² 3xD : Refere-se ao comprimento da broca “3 vezes o diâmetro”

<p>Ferros de Torneiar</p> 	<p>Função do Ferro (Desbaste, Acabamento, entre outros)</p>	<p>Ordenação por tamanho do encabadouro e referência</p>
<p>Ferros de Torneiar Substituíveis</p> 	<p>Função do Ferro (Torneamento Interior, Roscar, entre outros)</p>	<p>Ordenação por tamanho do encabadouro</p>
<p>Pastilhas de corte</p> 	<p>Função da Pastilha (Desbaste, Acabamento, entre outros)</p>	<p>Ordenado pelo tamanho do raio e altura da pastilha</p>
<p>Serras Circulares</p> 	<p>Classificado mediante o material que irá cortar</p>	<p>Ordenado por diâmetro da serra</p>
<p>Fresas de Módulo</p> 		<p>Ordenado pelo passo e pelo módulo</p>
<p>Calibres</p> 		<p>Tipo de Calibre (Furo/Rosca)</p>

As gavetas em questão são modulares, e com isto, são altamente configuráveis para as necessidades em questão. Neste caso, as gavetas, salvando algumas exceções devido ao tamanho das ferramentas, têm sempre 9 colunas, essas colunas eram depois divididas em vários espaços dependendo da dimensão que a ferramenta ocupava.



Figura 33 – Disposição comum utilizada para a gaveta de pastilhas de roscar.

Os espaços ocupados por cada ferramenta na gaveta, foram devidamente nomeados com uma placa com um autocolante, que especificava o tipo de ferramenta, a categoria, e a sua dimensão, caso fosse aplicável.



Figura 34 – Separador utilizado nas gavetas modulares devidamente etiquetado.

Com a organização de todas as ferramentas feita, o próximo passo foi associar coordenadas aos armários e à localização das ferramentas dentro da gaveta. Ou seja, recorrendo ao exemplo anterior, uma fresa de 4 lâminas de metal duro com 16 mm de diâmetro tem uma coordenada associada, A-1-1, isto é, está localizada no armário A, na primeira coluna e no primeiro espaço dessa coluna. Como é de esperar, esta localização irá permitir que qualquer ferramenta seja facilmente encontrada e, também, terão a sua localização associada na folha de *setup*. Estas coordenadas foram associadas a um ficheiro *Excel*, que será abordado mais em frente. O espaço correspondente a estas coordenadas está devidamente etiquetado como se pode ver nas figuras Figura 36 e Figura 37.



Figura 35 – Identificação dos armários.

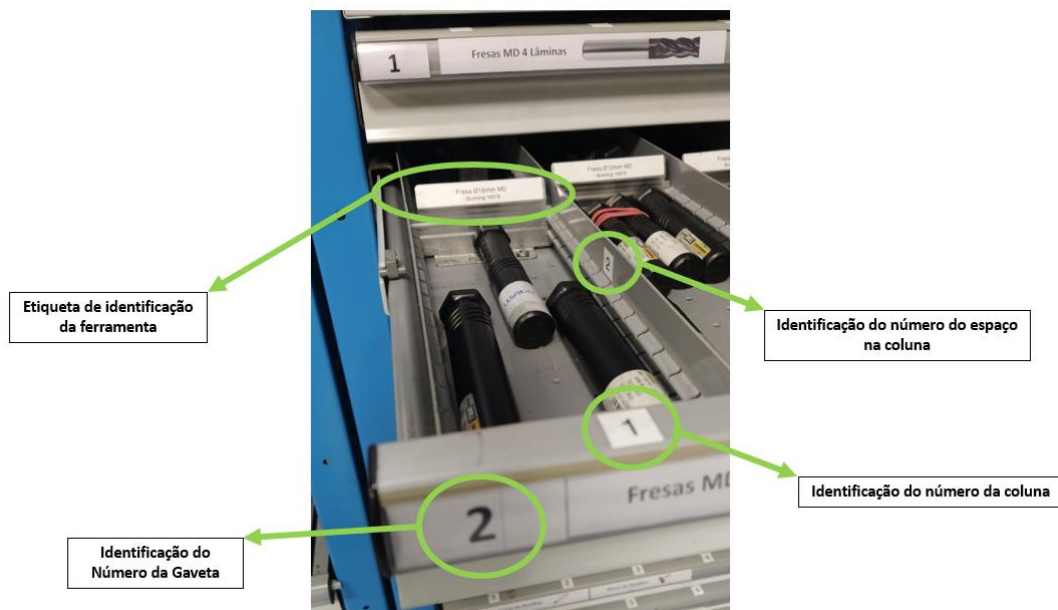


Figura 36 – Identificações utilizadas nos armários.

4.3.3 Organização dos gabaris

A organização dos gabaris dependeu da sua dimensão, sendo que os gabaris de dimensões médias e baixas foram guardados em caixas empilháveis devidamente localizadas dentro da ferramentaria numa estante para o efeito, e os gabaris maiores com uma localização associada, porém fora do espaço da ferramentaria.

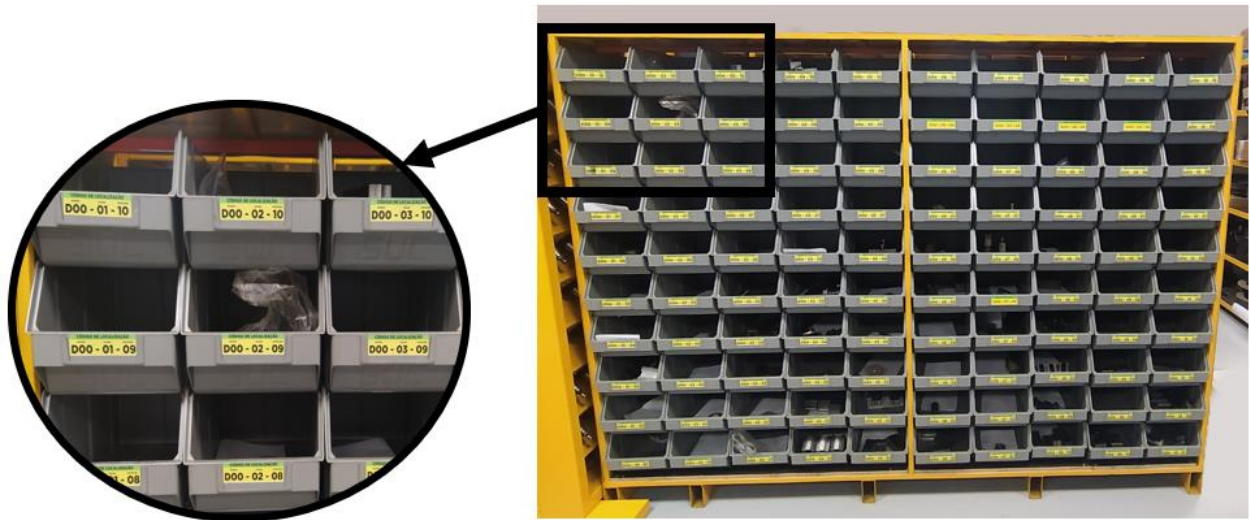


Figura 37 – Armário com localização para o armazenamento dos gabaris.

Posteriormente, esta localização foi associada à folha de *setup* da peça que utiliza o gabari, permitindo assim que este seja, também, facilmente encontrado.

4.3.4 Organização dos sistemas de fixação das ferramentas de corte

Os sistemas de fixação são compostos por 3 partes, o cone, o tirante e a pinça, caso se aplique. Os cones são a parte estrutural do sistema de aperto, estes podem ser classificados pelo seu tipo de aperto. Os mais comuns são o aperto por pinça, por pernos, aperto hidráulico e por aperto térmico (contração metálica), mas também, podem ser classificados pelas suas dimensões. No Apêndice 2 – Sistemas de fixação das ferramentas de corte nas fresadoras CNC estão em mais detalhe estes diferentes componentes.

Na empresa em questão, são apenas usados cones da norma BT40, SK40 e HSK50, que diz respeito às dimensões dos cones. Os cones HSK50 são apenas comuns a uma máquina, logo encontram-se armazenados no porta-ferramentas da mesma. Os outros dois tipos de cones são armazenados em duas prateleiras diferentes.



Figura 38 – Aspeto de um cone SK40 [43].

Tendo em conta que as máquinas presentes utilizam tirantes diferentes, foi desenvolvido uma instrução de trabalho para evitar que os tirantes sejam colocados erradamente. Os tirantes são facilmente trocados nos cones, bastando desapertar o mesmo. Foram armazenados mediante o seu tipo.

O sistema de fixação mais utilizado é o aperto por pinça, são utilizados sete tipos de pinças diferentes na empresa, SC32, SC25, ER40, ER32, ER25, ER16, ER11, estas denominações referem-se à forma da pinça e às dimensões exteriores que a pinça apresenta.



Figura 39 – Aspeto e dimensões de uma pinça ER32 [44].



Figura 40 – Aspeto de uma pinça SC32 com diâmetro exterior da flange de 32mm [45].

Para armazenar as pinças foi concebida um expositor em que as diferentes pinças são ordenadas, primeiramente, pelo seu tipo e, posteriormente, pelo diâmetro interior. Este expositor tem mais espaço para pinças ER32 pois são as mais utilizadas na empresa.

Apesar de haver outros tipos de aperto, como por exemplo cones especiais para certos tipos de ferramentas, estes cones encontram-se destinados para uma única ferramenta e acabam por ser colocados na prateleira com a mesma.

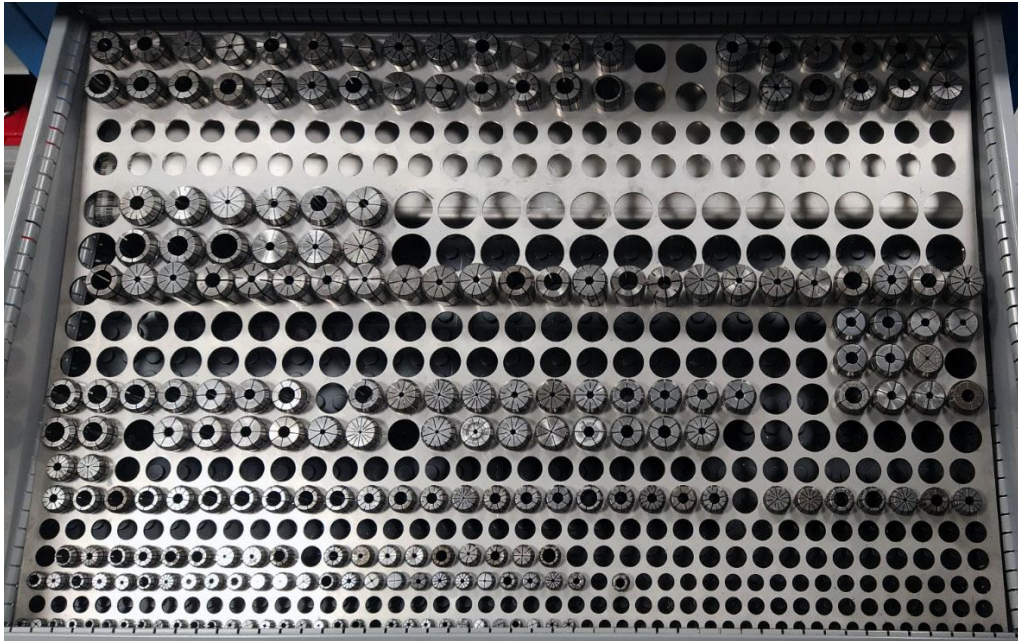


Figura 41 – Estante para o armazenamento das pinças.

4.3.5 Organização de outros consumíveis

Como é de esperar, uma ferramentaria não armazena apenas ferramentas de corte, e como tal, há outros itens que são necessários para a realização do trabalho. Sendo assim, alguns itens tais como instrumentos de medição, luvas, óculos de proteção, lixas, ferramentas, foram armazenados em prateleiras e devidamente identificados com etiquetas.

Os stocks destes consumíveis também são controlados, porém não têm localização associada.



Figura 42 – Armário para o armazenamento dos consumíveis.

4.4 Software para a gestão das ferramentas de corte e outros consumíveis

O inventário é um recurso muito caro que pode ser substituído por algo mais barato, a informação. Posto isto, é imperativo a utilização de um software que realize controlo dos stocks das mesmas, mas também possua informação precisa e em tempo real [46].

Para isto, foi desenvolvido um ficheiro *Excel* com o aspeto presente na Figura 43.

O ficheiro de *Excel* contém várias informações importantes para a gestão do stock das ferramentas e estão separadas por várias colunas:

- **Código de Artigo da ferramenta:** Código que identifica a ferramenta no *software* de ERP;
- **Descrição do Artigo:** Descrição do Artigo no *software* de ERP;
- **Descrição da Gaveta:** Descrição colocada na etiqueta da gaveta;
- **Localização das Gavetas:** Localização da gaveta em forma de coordenada, como por exemplo A-01-01-01 (Armário – Gaveta – Coluna da gaveta – Espaço na coluna);
- **Stock Ferramentas Novas:** Quantidade de ferramentas novas em stock
- **Stock Mínimo:** Stock de segurança das ferramentas novas
- **Stock de Ferramentas Usadas:** Quantidade de ferramentas usadas em chão-de-fábrica
- **Estado:** Controlo Visual do stock de ferramentas novas, possuindo 3 estados “Ok”, “NãoOk” e “Limite Mínimo Atingindo”, refere-se quando o stock está acima do stock mínimo, abaixo do stock mínimo ou igual ao stock mínimo, respetivamente;
- **Nº de Limites Mínimos Atingidos:** Contador para controlar quantas vezes a ferramenta chegou ao limite;
- **Informações Relevantes:** Informações que possam ser oportunas para a ferramenta em questão.

Controlo de Stock Ferramentaria

Código de Artigo	Descrição do Perfil	Descrição Da Gaveta	Localização	Stock	Stock Mínimo	Stock Ferramentas Usadas	Estado	NP de Limites Mínimos	Informações Relevantes
FRE8388520	Fresa Ø20mm MD Marca A 83885 - Ultimate Speed DIN 6527L	Fresa Ø20mm MD Marca A 83885	A-01-01-01	2	2	5	Limite Mínimo 2	1	
FRE8388516	Fresa Ø16mm MD Marca A 83885 - Ultimate Speed DIN 6527L	Fresa Ø16mm MD Marca A 83885	A-01-02-01	10	4	3	Limite Mínimo 4		
FRE8388514	Fresa Ø14mm MD Marca A 83885 - Ultimate Speed DIN 6527L	Fresa Ø14mm MD Marca A 83885	A-01-02-02	2	2	6	Limite Mínimo 2		
FRE8388512	Fresa Ø12mm MD Marca A 83885 - Ultimate Speed DIN 6527L	Fresa Ø12mm MD Marca A 83885	A-01-03-01	4	10	4	Alto OK		
FRE8388510	Fresa Ø10mm MD Marca A 83885 - Ultimate Speed DIN 6527L	Fresa Ø10mm MD Marca A 83885	A-01-03-02	6	4	2	Limite Mínimo 4		
FRE8388509	Fresa Ø9mm MD Marca A 83885 - Ultimate Speed DIN 6527L	Fresa Ø9mm MD Marca A 83885	A-01-04-01	8	6	1	Alto OK		
FRE8388508	Fresa Ø8mm MD Marca A 83885 - Ultimate Speed DIN 6527L	Fresa Ø8mm MD Marca A 83885	A-01-04-02	16	6	3	Limite Mínimo 6		
FRE8388507	Fresa Ø7mm MD Marca A 83885 - Ultimate Speed DIN 6527L	Fresa Ø7mm MD Marca A 83885	A-01-05-01	6	2	4	Limite Mínimo 2		
FRE8388506	Fresa Ø6,5mm MD Marca A 83885 - Ultimate Speed DIN 6527L	Fresa Ø6,5mm MD Marca A 83885	A-01-05-02	9	6	8	Limite Mínimo 6		
FRE8388505	Fresa Ø6mm MD Marca A 83885 - Ultimate Speed DIN 6527L	Fresa Ø6mm MD Marca A 83885	A-01-06-01	14	4	0	Limite Mínimo 4		
FRE8388504	Fresa Ø5,5mm MD Marca A 83885 - Ultimate Speed DIN 6527L	Fresa Ø5,5mm MD Marca A 83885	A-01-06-02	12	4	4	Limite Mínimo 4		
FRE8388503	Fresa Ø4,5mm MD Marca A 83885 - Ultimate Speed DIN 6527L	Fresa Ø4,5mm MD Marca A 83885	A-01-07-01	14	6	3	Limite Mínimo 6	1	
FRE8388502	Fresa Ø3mm MD Marca B 17668 - Ultimate Speed DIN 6527L	Fresa Ø3mm MD Marca B 17668	A-01-07-02	4	4	2	Limite Mínimo 4		
FRE8388501	Fresa Ø3mm MD Marca A 83885 - Ultimate Speed DIN 6527L	Fresa Ø3mm MD Marca A 83885	A-01-07-03	8	4	5	Limite Mínimo 4		
FRE8388500	Fresa Ø2mm MD Marca A 83885 - Ultimate Speed DIN 6527L	Fresa Ø2mm MD Marca A 83885	A-01-07-04	0	2	5	Alto OK	1	
FRE8388499	Fresa Ø18mm MD Marca A 6737 - Basic Grade DIN 6590	Fresa Ø18mm MD Marca A 6737	A-01-07-05	10	4	9	Limite Mínimo 4		
FRE8388498	Fresa Ø18mm MD Marca C 42424 DIN 6535HB - Premium Edition	Fresa Ø18mm MD Marca C 42424	A-01-08-01	1	1	1	Limite Mínimo 1		
FRE8388497	Fresa Ø16mm MD Marca C 42424 DIN 6535HB - Premium Edition	Fresa Ø16mm MD Marca C 42424	A-01-08-02	1	1	1	Limite Mínimo 1		
FRE8388496	Fresa Ø15mm MD Marca C 42424 DIN 6535HB - Premium Edition	Fresa Ø15mm MD Marca C 42424	A-01-08-03	1	1	1	Limite Mínimo 1		
FRE8388495	Fresa Ø14mm MD Marca C 42424 DIN 6535HB - Premium Edition	Fresa Ø14mm MD Marca C 42424	A-01-08-04	1	1	1	Limite Mínimo 1		
FRE8388494	Fresa Ø12mm MD Marca C 42424 DIN 6535HB - Premium Edition	Fresa Ø12mm MD Marca C 42424	A-01-08-04	2	3	1	Alto OK	1	

Figura 43 - Aspeto do excel de controlo de stocks

O *modus operandi* deste ficheiro é muito simples, qualquer alteração do número de *stock* das ferramentas novas ou usadas irá provocar o aparecimento de um questionário para ser preenchido, estes valores são os únicos que necessitam de ser alterados num uso regular do ficheiro. Esse questionário ao ser preenchido permite ter um registo de entrada/saída destas ferramentas, presente na Figura 45. No que concerne às ferramentas novas, a entrada acontece quando chega uma encomenda/reposição de *stock*, e a saída quando é necessário utilizar uma ferramenta nova. A saída de uma ferramenta nova irá fazer com que o *stock* de ferramentas usadas aumente, visto que se considera que a ferramenta nova mal entre em uso passa a ser usada. Quanto às ferramentas usadas, estas terão entradas automáticas na utilização de uma ferramenta nova ou quando se der o acondicionamento de uma ferramenta já usada (afiação). No que toca às saídas, irá ser registada a baixa das ferramentas no seu final de vida e também quando estas vão para acondicionamento, já que este não é feito dentro da fábrica.

Formulário de Movimentos ×

Descrição Gaveta

Estado

Data

Quantidade

Observações


Logo da Empresa 

Figura 44 – Formulário existente no Excel de controlo de stocks.

Descrição Gaveta	Estado	Data	Quantidade	Observações
Fresa Ø12mm MD Marca A 83885	Saída	06/07/2022	1	Funcionário 6636
Fresa Ø10mm MD Marca A 83885	Saída	06/07/2022	1	Funcionário 6637
Fresa Ø9mm MD Marca A 83885	Saída	06/07/2022	1	Funcionário 6638
Fresa Ø8mm MD Marca A 83885	Saída	06/07/2022	1	Funcionário 6639
Fresa Ø7mm MD Marca A 83885	Saída	06/07/2022	1	Funcionário 6640
Fresa Ø6,5mm MD Marca A 83885	Saída	07/06/2022	1	Funcionário 6641
Fresa Ø3mm MD Marca A 83885	Entrada	07/06/2022	4	Funcionário 6642
Fresa Ø3mm MD Marca B 17668	Saída	07/06/2022	1	Funcionário 6643
Fresa Ø2mm MD Marca A 83885	Saída	07/06/2022	1	Funcionário 6644
Fresa Ø6mm MD Marca A 9967	Saída	07/07/2022	1	Funcionário 6645
Fresa Ø18mm MD Marca C 42424	Entrada	07/07/2022	4	Funcionário 6646
Fresa Ø16mm MD Marca C 42424	Saída	07/07/2022	1	Funcionário 6647
Fresa Ø14mm MD Marca C 42424	Entrada	07/07/2022	4	Funcionário 6648
Fresa Ø12mm MD Marca C 42424	Saída	07/07/2022	1	Funcionário 6649
	Saída	07/07/2022	2	Funcionário 6650

Figura 45 – Aspeto do registo de ferramentas de corte.

Quando o *stock* de ferramentas novas é igual ao *stock* mínimo um e-mail de notificação é automaticamente enviado para o gestor da ferramentaria para este realizar uma encomenda no portal da empresa.



Figura 46 – E-mail de aviso para encomenda de uma ferramenta de corte.

Com esta informação associada, este ficheiro permite que haja um controlo de stock das ferramentas todas presentes na ferramentaria e, também, saber em que lugar é que se encontram. Apesar do *software* de ERP presente na empresa ter a possibilidade de fazer este controlo, torna-se necessário a utilização do *Excel* devido às ferramentas afiadas. Tomando como exemplo uma broca que necessita de ser afiada, a esta será cortada a ponta em mau estado e uma nova ponta será afiada. Mediante os estragos que a broca apresente, o corte pode ser mais curto ou mais comprido, posto isto, uma broca afiada nunca terá um comprimento fixo associado às várias afiações. Pode haver casos em que a broca consiga ser afiada 3 vezes, como casos em que a broca do mesmo diâmetro consiga ser afiada apenas uma vez. Com isto, é impossível associar um valor económico às ferramentas afiadas, já que o resultado do afiamento é imprevisível e o seu tempo de vida também. Isto suscita um problema no *software* de ERP que necessita de ter um valor realista associado à ferramenta afiada.

No *Excel* utilizado, os valores económicos não são importantes para o bom funcionamento do mesmo conseguindo assim, colmatar o problema do *software* ERP.

4.5 Localização de ferramentas no chão-de-fábrica

Um dos aspetos mais importantes na gestão de ferramentas de corte é saber onde estão presentes as ferramentas quando estas estão a ser utilizadas. Isto evita certas situações que são danosas para um correto controlo das quantidades de ferramentas existentes. Essas situações podem ser:

- Perda e extravios de ferramentas
- Utilização de ferramentas novas quando ainda há usadas em bom estado
- Redução no tempo de procura numa ferramenta específica
- Controlo da utilização de uma ferramenta de corte

Por outro lado, possibilita também a partilha de ferramentas de corte entre máquinas e a troca de ferramentas de corte apenas quando estas se encontram em fim de vida [47].

Posto isto, uma solução foi pensada e aplicada na ferramentaria de maneira a saber quantas ferramentas e quais ferramentas estão colocadas nas máquinas em tempo real.

A localização em tempo real será controlada através de um quadro que tem exposto todas as máquinas que estão presentes no chão-de-fábrica. O preenchimento do quadro é feito quando as ferramentas são entregues para o operador, ou seja, quando este dirige-se à ferramentaria para levantar um *setup* que necessita para a ordem de fabrico em questão, ou quando há uma entrega de ferramentas por parte do operador.

Irão ser dispostos dois quadros, um na ferramentaria e outro na zona dos tornos. Isto acontece porque a montagem de *setups* na ferramentaria será, inicialmente, apenas feita para as fresadoras. Para mais, a zona dos tornos terá sempre um “kit” de ferramentas em cada máquina composta pelas ferramentas mais utilizadas, como por exemplo, um ferro de desbaste, um ferro de acabamento. Logo, as ferramentas “adicionais” serão as únicas que serão necessárias manter um rastreamento.

Posto isto, o quadro da ferramentaria irá localizar as ferramentas presentes em cada fresadora e na zona dos tornos. O quadro na zona dos tornos irá precisar em que torno CNC estão presentes as ferramentas.

4.6 Transporte das ferramentas de corte

Com a preparação dos *setups* e o devido rastreamento, o próximo passo é transportar as ferramentas de corte da ferramentaria ao chão de fábrica. Para isso, foram desenvolvidos uns carrinhos de transporte para o efeito.

Posto isto, é esperado que no fim da montagem de um *setup*, o operador da ferramentaria leve as ferramentas preparadas à máquina a que estas estão destinadas e retorne com as ferramentas de corte que já não são necessárias naquela máquina.

Desta forma, evita-se a acumulação desnecessária de ferramentas nos porta-ferramentas das máquinas que além de provocarem a montagem desnecessária de ferramentas de corte, também ocupam recursos de maneira desnecessária. Em adição, o rastreamento das ferramentas de corte através dos quadros torna-se mais fácil de executar.



Figura 49 – Carrinho de transporte utilizado.

4.7 Preparação de *setups* e controlo de *stocks*

Para facilitar a compreensão do modo de funcionamento de ferramentaria, nomeadamente como as diferentes soluções aplicadas se relacionam entre si, foi desenvolvido um diagrama, presente na Figura 50.

O diagrama pretende esclarecer como será o funcionamento da ferramentaria e como será feito o registo das saídas e entradas das ferramentas de corte neste espaço.

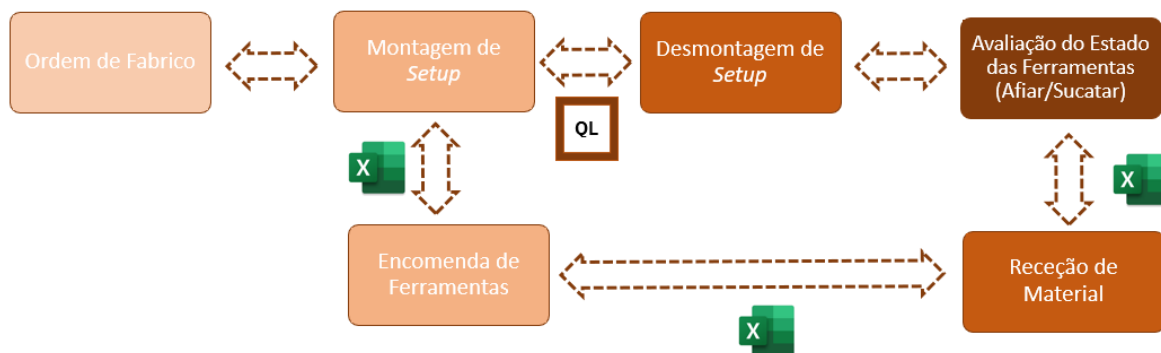


Figura 50 - Diagrama do modo de funcionamento.

No fundo, todo este processo é iniciado com a receção de uma ordem de fabrico que irá provocar a montagem de um *setup*. A montagem deste *setup* irá causar a desmontagem de um outro que está localizado na máquina CNC e será substituído pelo *setup* que está a ser montado. Quando se dá esta troca de *setups* dá-se, também, a atualização dos quadros de localização, representados no diagrama pelo “QL”.

No que concerne ao *excel*, este é atualizado quando se dá a montagem de uma ferramenta nova (durante a montagem de um *setup*) que poderá levar à necessidade de realizar a encomenda ferramentas de corte caso os *stocks* atinjam o limite mínimo, mas também aquando da desmontagem de um *setup*, podendo ser necessário sucatar ferramentas de corte ou enviar algumas para afiar (recondicionamento) e realizar o registo de saída das mesmas. Por fim, a receção de material (ferramentas novas e/ou ferramentas recondicionadas) promove a atualização dos *stocks*.

Com isto, o presente diagrama pretende demonstrar que o normal funcionamento da ferramentaria provoca a atualização das bases de dados utilizadas para controlar os fluxos de ferramentas de corte na ferramentaria.

4.8 Análise SWOT ao método utilizado

A análise SWOT (*Strengths, Weakness, Opportunities, Threats*) tal como o nome indica, permite analisar as forças, fraquezas, oportunidades e ameaças relacionadas a um projeto que foi desenvolvido ou irá ser desenvolvido. As forças estão relacionadas com as vantagens que a empresa retira na utilização do método em questão em relação a outras empresas e as fraquezas são as desvantagens que a empresa pode suportar pela utilização. As oportunidades e as ameaças referem-se ao potencial de fazer crescer ou comprometer a vantagem competitiva da empresa.



4.9 Dificuldades na implementação da gestão de ferramentas de corte

Como abordado anteriormente, há algumas dificuldades na implementação da gestão de ferramentas de corte, já que geralmente envolve várias mudanças que alteram a maneira normal de funcionamento de uma empresa.

Ao longo decorrer do trabalho aqui apresentado foram sentidas algumas dessas dificuldades que, tendo em conta a sua natureza, já era esperado que acontecessem.

Primeiramente, o levantamento inicial de todas as ferramentas existentes no chão-de-fábrica não conseguiu cobrir realmente todas as essas ferramentas, sendo que ocasionalmente apareciam novas ferramentas e, por vezes, a reorganização das gavetas teria que sofrer alterações. Este entrave é totalmente normal acontecer, já que muitas dessas ferramentas que não apareceram à primeira encontravam-se guardadas em bancas nas máquinas, perdidas dentro de armários ou até mesmo guardadas em sítios errados.

Foram também encontradas várias ferramentas em fim de vida que ainda estavam colocadas para ser utilizadas, por isso, foi necessário realizar uma vistoria a todas as ferramentas e descartar as que estavam sem qualquer utilidade e recondicionar as que compensassem.

O espaço foi e irá continuar a ser um problema, já que a elevada quantidade de ferramentas diferentes ocupa de tal maneira as gavetas que o espaço se tornou cada vez mais escasso. A solução passa por colocar mais gavetas.

Por fim, a cooperação entre os operadores das máquinas e o modo de funcionamento da ferramentaria foi também uma das dificuldades sentidas. Isto já era esperado, uma vez que as mudanças provocam sempre a necessidade de uma adaptação à nova realidade. Certas tarefas que os operadores estavam habituados a fazer, tal como a montagem de todas as ferramentas, foi retirada. Além disso, o posicionamento de certos itens foi alterado com a reorganização e, todo o processo que às vezes se torna mecanizado pela habituação, tem de ser novamente aprendido.

4.10 Reflexão acerca da solução aplicada

Tal como foi possível ver na análise SWOT, a solução aplicada não é a mais indicada para a empresa, tendo em conta que a elevada dependência da existência de um erro humano e a falta de espaço num possível crescimento da ferramentaria são as causas mais comprometedoras desta solução. Contudo, as soluções apresentadas no estado de arte não iam de encontro com os interesses da empresa.

As soluções de armazéns automáticos acima apresentadas não são viáveis por diferentes razões. Primeiramente, todas as soluções envolvem um investimento económico avultado. Por exemplo, um único módulo de um armário inteligente comercializado pela IMC pode custar em torno dos 30000 euros, este preço pode vir a aumentar já que um único módulo iria ser insuficiente para a quantidade de ferramentas presente na empresa.

Centrando a atenção nos armazéns verticais e na *vending machine* apresentada anteriormente, o controlo de saídas incluído no *software* destas máquinas apesar de ser eficiente tem uma certa dependência do fator humano, sendo que pode ser facilmente defraudado.

No que toca aos armazéns automáticos comercializados pelas empresas de ferramentas de corte, o único plano de compra com interesse para a empresa seria a compra total dos módulos permitindo, assim, que sejam arrumadas as ferramentas independentemente da sua marca. Apesar disso, com a quantidade de ferramentas existentes as quantidades de módulos necessários seriam de tal maneira grande que o investimento seria exorbitante e o espaço ocupado também.

O transporte das ferramentas através de um robô com apresentado na Figura 19, iria implicar uma reestruturação do chão de fábrica e adaptação das máquinas existentes para esse mecanismo. Isto não vai de todo em encontro dos interesses da empresa.

A solução implementada não recorreu à compra de nenhum armazém visto que as gavetas modulares foram aproveitadas dos armários presentes no chão de fábrica. O único investimento foi nas estantes para os cones e para os consumíveis, mas que também foram desenvolvidos na empresa.

Posto isto, a solução implementada, apesar de não resolver todos os problemas foi a melhor tendo em conta o investimento feito e o retorno do mesmo em comparação com as soluções aqui apresentadas.

4.11 Resultados obtidos

Como referido anteriormente, a gestão de ferramentas é assente em quatro objetivos principais, a minimização dos distúrbios na produção, a maximização dos recursos, a redução dos refugos e a redução dos custos gerais.

Os distúrbios na produção foram significativamente reduzidos, a organização das ferramentas permitiu que houvesse uma diminuição nos erros cometidos na montagem das mesmas. Ademais, o controlo de *stocks* foi imperativo para reduzir as ruturas inesperadas de *stock* que têm a capacidade de parar uma linha de produção. A aplicação das metodologias *lean* e a definição de métodos de trabalho originou um aumento da fluidez do trabalho que reduziu significativamente os movimentos desnecessários, nomeadamente, a procura de ferramentas de corte.

A redução do tempo de *setup* e a atribuição da tarefa a uma terceira pessoa possibilita que o operador da máquina tenha mais tempo para trabalhar nela. Com isto, os recursos da empresa são maximizados. Além disso, o recurso à folha de *excel* para controlo de *stocks* além de garantir que não há rutura dos mesmos, consegue também ajudar nesse aspeto pois consegue ter o controlo das ferramentas e/ou consumíveis que se possam estar a gastar em demasia e, por vezes, é devido ao uso incorreto dos mesmos.

A reorganização das ferramentas facilitou a identificação de todos os materiais que já não tinham uso e que se encontravam simplesmente a ocupar um espaço desnecessário, desta maneira, realizou-se uma triagem a todos os itens presentes na ferramentaria sobrando apenas os que são realmente necessários. Em adição, a existência destes itens necessários, principalmente ferramentas de cortes aumenta a probabilidade de erros devido a parecenças que possam existir entre os itens que realmente são essenciais.

Com o rastreamento de ferramentas, reduziu-se a quantidade de ferramentas perdidas ou extraviadas, montadas desnecessariamente que, por vezes, implicam a realização de encomendas dispensáveis. A definição de *stocks* mínimos e pontos de encomenda além de ajudar neste último aspeto referido uniformiza as encomendas feitas e evita que se realizem encomendas urgentes. Todos estes aspetos em junção viabilizam a redução dos custos gerais com ferramentas. Contudo, os custos associados aumentaram inicialmente no mês em que se implementou o *software* de controlo, este aumento era esperado visto que se realizou uma grande encomenda de ferramentas como consequência a definição de *stocks* mínimos.

Após a estabilização das encomendas, foi realizada uma análise prévia do *software* ERP presente na empresa em que foi possível consultar uma redução de 13% de custos associados a ferramentas de corte em relação aos gastos médios mensais com ferramentas de corte e o aumento de 18% da produção da empresa, no mês seguinte à implementação da solução, é importante realçar que durante este período o custo das ferramentas aumentou por volta de 7%, fazendo com que a redução de custos seja ainda maior. Estes valores são ainda muito prematuros pois é necessário realizar uma análise mais detalhada para concluir realmente quais foram os fatores que mais contribuíram para estes resultados. Contudo, estes resultados eram já esperados, porque efetivamente os tempos mortos da produção tinham sido reduzidos com a extensiva reorganização e o controlo das ferramentas aumentou a fluidez de trabalho da empresa. Todavia, as percentagens aqui demonstradas têm previsão para estabilizar no futuro, visto que os *stocks* mínimos serão ajustados e a produção irá também estabilizar.

5. CONCLUSÕES

A organização é a chave para o crescimento e aumento da produtividade de todas as empresas, independentemente do seu setor. Canalizando a atenção para o setor da maquinaria, o aumento da competitividade das empresas presentes no mesmo revelou a necessidade de implementar todas as medidas disponíveis que possam aumentar a produção e reduzir custos mantendo sempre a qualidade de fabrico. O presente trabalho foi desenvolvido nesse âmbito através da análise do processo de fabrico utilizado no pavilhão de maquinaria numa empresa que produz máquinas para o setor têxtil.

Um dos temas mais importantes do presente trabalho, foi a gestão de ferramentas de corte através do desenvolvimento de uma gestão centralizada das mesmas. As ferramentas de corte são um dos recursos mais importantes numa linha de produção, sem a disponibilidade das mesmas não há maneira de seguir com a produção. Em adição, os custos que estas representam no preço final de uma peça despertam o interesse em geri-las visando a redução de desperdícios e custos associados às mesmas.

O elevado volume de produção da empresa exige que esta possua um elevado número de ferramentas de corte, que são instrumentos de trabalho dispendiosos. Estas ferramentas de corte não possuíam qualquer controlo ou planeamento revelando, previamente, que o trabalho desenvolvido seria uma mais-valia para a empresa. A título de exemplo, a escassez deste controlo fazia com que muitas vezes as ferramentas não estivessem disponíveis devido à falta de *stock* parando a produção ou que as ferramentas fossem erradamente montadas devido à variedade das mesmas.

Para colmatar estes problemas, uma das soluções desempenhadas foi a organização centralizada das ferramentas de corte. Um espaço unicamente desenvolvido para o armazenamento de todos os utensílios que fossem importantes para a fluidez da linha de produção, como por exemplo, ferramentas de corte, gabaris, sistemas de aperto. Este espaço permite um armazenamento organizado e limpo, evitando que estes itens se encontrem perdidos ou em falta por ausência de controlo. Além disso, a preparação das ferramentas iria ser realizada neste espaço, privando os operadores das máquinas de as fazer como até à altura acontecia. Isto permite com que os tempos de preparação de máquina sejam reduzidos e possam ser convertidos em tempos de produção.

O desenvolvimento da gestão centralizada começou pelo levantamento de todas as ferramentas de corte presentes no chão de fábrica um processo que foi dificultado pois a produção não poderia ser parada para realizar o levantamento. Este processo expôs a acumulação desmensurada de ferramentas de corte em bom e mau estado presentes nas bancadas de trabalho sem qualquer tipo de armazenamento devido. Posteriormente, foi realizada uma triagem às ferramentas de corte para avaliar

as que estão em bom estado para serem utilizadas e reciclar as que estão em mau estado. Ademais, a triagem também se estendeu ao tipo de ferramenta em questão, já que tendo em conta a variedade de ferramentas existentes algumas já se encontravam obsoletas e substituídas por uma com um a mesma função, mas mais moderna. A utilização de metodologias *lean* foi extraordinariamente importante nesta etapa, nomeadamente a utilização da técnica dos 5S's.

A organização foi o processo mais demoroso devido à quantidade de ferramentas existentes. Os armários modulares permitiram a organização das ferramentas de corte e todos os outros componentes necessários para a montagem das ferramentas. À medida que estas ferramentas iam sendo organizadas, foi associado, ao espaço de cada ferramenta, uma coordenada presente numa base de dados em *excel* que facilita a procura da ferramenta reduzindo os tempos perdidos que por vezes essa tarefa demora. Do mesmo modo, as informações relativas à ferramenta de corte foram também apontadas nessa base de dados.

O espaço da ferramentaria conta também com uma bancada de trabalho que permite a montagem dos *setups*, e um quadro de localização que permite manter um controlo espacial das ferramentas de corte. Este quadro foi especialmente importante para localizar as ferramentas de corte em chão-de-fábrica e impedir que sejam montadas ferramentas desnecessariamente.

Posteriormente, a base de dados de *excel* sofreu uma melhoria de maneira a conseguir realizar o controlo de *stocks* das ferramentas em questão. Este processo contou com a definição de *stocks* mínimos, contagem de todas as ferramentas presentes e aviso para encomenda quando as ferramentas de corte atingiam o limite mínimo. Com isto, o processo de encomenda de ferramentas de corte tornou-se mais facilitado as faltas de ferramentas por escassez foram mitigadas em conjunto com a realização de encomendas urgentes.

A maior dificuldade deste trabalho foi a mudança de paradigma no que concerne à maneira de trabalho, os operadores que outrora estavam habituados a escolher e preparar as suas ferramentas de corte, passaram a ser impedidos de o fazer e sofreram um aumento do controlo durante o seu trabalho, visto que o controlo das ferramentas está diretamente ligado com o trabalho que desempenham.

Apesar de tudo, todas as medidas foram implementadas visando a redução de custos com ferramentas de corte e o tempo utilizada na montagem das mesmas e isso foi efetivamente conseguido. A produção aumentou em 18% e os custos com ferramentas de corte reduziram em torno dos 13% (sem ter em conta que o custo das ferramentas aumentou em 7% durante o período). Estes resultados foram obtidos através da análise do *software* ERP presente na empresa, sendo que é necessário realizar uma análise em mais detalhe para concluir os fatores que mais contribuíram para estes valores. Contudo,

estes resultados prévios são extremamente satisfatórios que vincam a necessidade de implementar medidas da mesma natureza em empresas do setor que até ao momento não tenham.

Em suma, concluiu-se deste trabalho que metodologias de simples de organização permitem obter elevados retornos no que toca à produção de uma empresa. Os objetivos propostos no início do trabalho foram cumpridos, a produtividade aumentou, os custos reduziram e a maneira de trabalho no chão-de-fábrica foi melhorado, contribuindo para o crescimento da empresa. Contudo, a solução implementada ainda tem espaço para melhorias e aplicação das mesmas faria com que os resultados obtidos fossem ainda mais significativos.

5.1 Trabalhos futuros

A solução que foi implementada para a ferramentaria tem ainda muito espaço para melhorias, porém os 5 meses que decorreram neste projeto não foram suficientes para aplicar todas as ideias. Posto isto, neste capítulo serão apresentadas algumas das ideias que ficaram por ser aplicadas, mas que num futuro próximo poderão vir a ser.

1. Redução de papel utilizado

Presentemente, a utilização de papel na empresa é muito elevada, visto que as folhas de preparação e ordens de fabrico são constantemente impressas. As informações que são consultadas podem ser feitas de outra maneira, visando a redução do consumo de papel.

Posto isto, seria necessário a implementação de dispositivos eletrónicos individuais, tais como computadores e tablets que permitissem a consulta dessas informações eletronicamente.

2. Desenvolvimento de um software mais detalhado

A utilização do *Excel* e a linguagem VBA (*Visual Basic for Applications*) não se revela como o software mais prático para o controlo de stocks. Apesar de cumprir com o objetivo e o *Excel* ser um software que já existe há muito tempo e é compatível com a maioria dos computadores, há certas funções que seriam interessantes implementar, mas no *Excel* é demasiado complexo e, quanto mais complexo for mais propício a problemas se torna.

O desenvolvimento de um software numa linguagem de programação diferente que permita a introdução de certos parâmetros como:

- Gráficos de consumo ao longo do tempo para ajudar numa análise;
- Registo automático dos movimentos das ferramentas de corte evitando a utilização do formulário;
- Encomenda automática das ferramentas de corte quando atingem o limite mínimo com uma quantidade padrão de encomenda definida;
- Ajuste automático dos limites mínimos tendo em conta o número de limites mínimos atingidos;
- Base de dados com os parâmetros de corte das ferramentas mediante os valores presentes em catálogos;
- Interação com o software de ERP de maneira a ajustar a produção ou as encomendas de ferramentas mediante a necessidade que a produção vai provocar.

3. Melhoramento da Folha de Setup

A folha de *setup* utilizada pela empresa contém toda a informação necessária para a produção da peça, contudo tem algumas melhorias que poderiam ser feitas:

- Adicionar automaticamente a localização das ferramentas de corte através da comunicação entre o software CAM e o software de gestão de ferramentas de corte;
- Adição de um esquema das gavetas para ajudar na procura das ferramentas;
- Códigos de barras provenientes das máquinas de pré-preparação com as dimensões das ferramentas de corte já preparadas;
- Adição da descrição de cada operação a ser realizada.

Uma folha de *setup* para exemplo está presente para consulta no Apêndice 3 – Folha de *setup*.

4. Colocação de um equipamento para a pesquisa e aumento da segurança dos armários modulares

Um equipamento eletrónico, como por exemplo, computador ou *tablet* em constante comunicação com a base de dados de ferramentas de corte colocado próximo dos armários para facilitar a pesquisa e a consulta das características das ferramentas de corte.

Em adição, este equipamento seria dotado com a capacidade de controlar a segurança das gavetas, através da introdução de níveis de acesso para restringir o acesso a certo tipo de ferramentas. Por fim, o registo de movimentos de ferramenta podia também ser registado nesse equipamento.

5. Implementação de um sistema automatizado de localização

A implementação da tecnologia RFID ou de código de barras seria uma melhoria a aplicar no que concerne à localização de ferramentas em chão-de-fábrica, tornando o processo automatizado, ao invés dos quadros de localização desenvolvidos. Contudo, esta solução implicaria um elevado investimento em *hardware* necessária para a utilização desta tecnologia. No exemplo da tecnologia RFID, os cones de aperto teriam de ser adaptados com chips de localização, o chão-de-fábrica teria de ter instalado leitores de RFID em cada máquina, entre outros requerimentos, como por exemplo o *software* necessário para controlar todo este mecanismo [48].

6. Desenvolvimento de um “kit de ferramentas” para cada máquina

Algumas ferramentas de corte são muito utilizadas e costumam ser compatíveis com várias peças. Posto isto, seria feito uma análise à regularidade do uso das ferramentas de corte, de maneira a avaliar as que são mais utilizadas. As ferramentas mais utilizadas fariam parte de um “*kit*” e estariam sempre montadas no porta-ferramentas das máquinas-ferramentas. Com isto, a desmontagens de ferramentas desnecessárias seriam reduzidas, evitando, por exemplo, a desmontagem de uma ferramenta que passado umas horas teria de ser novamente montada para a mesma máquina. As ferramentas encontrar-se-iam sempre prontas a utilizar e apenas seriam substituídas quando estivessem desgastadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] A. Zonta Junior, L. Boehs, and P. Ricardo Amarante de Castro, “MODELO PARA APLICAÇÃO DO GERENCIAMENTO INTEGRADO DE FERRAMENTAS DE CORTE,” Minas Gerais, 2009.
- [2] S. P. Frechette and C. R. Mclean, “System Requirements Analysis for the US. Army Rock Island Arsenal Tool Management System,” 1990.
- [3] Milton C. Shaw, *METAL CUTTING PRINCIPLES*, 2nd ed. Oxford: OXFORD UNIVERSITY PRESS, 2005.
- [4] “LMV-Series | Sharp Industries Inc.” <https://sharp-industries.com/product/lmv-series/> (accessed Aug. 18, 2022).
- [5] “Vertical 5-Axis Machining Centers | DN Solutions.” https://www.dn-solutions.com/en/product/series/D217_89/view.do (accessed Aug. 18, 2022).
- [6] Alex Rayner, “Machine Position and Offsets - Operating a CNC Machining Center.” <https://sites.google.com/site/operatingacncmachiningcenter/machine-position-and-offsets> (accessed Oct. 30, 2022).
- [7] P. H. G. Ávila, “GERENCIAMENTO DE FERRAMENTAS EM AMBIENTE DE LABORATÓRIO DE MANUFATURA EM UMA UNIVERSIDADE PÚBLICA,” Natal, 2018.
- [8] M. H. J. R. Tap, “Improving Productivity Through Tool Tracking,” *International Journal For Manufacturing Science & Technology*, vol. 2, 2000.
- [9] E. Carneiro, “Procedimentos para Fabrico de Componentes por CNC: Organização, Processos e Controlo,” 2012.
- [10] C. Wagner, “CLAUDIANE WAGNER REDUÇÃO DE CUSTOS ATRAVÉS DA AFIAÇÃO DE FERRAMENTAS DE CORTE: O CASO DE UMA EMPRESA DO SETOR METAL-MECÂNICO,” Joinville, 2008.
- [11] A. Souto Favaretto, P. Deivid Valle, and O. Cancigliieri Junior, “O gerenciamento de ferramentas de corte na indústria automotiva: um estudo de casos na região metropolitana de Curitiba,” 2009.
- [12] A. Z. Junior, “GERENCIAMENTO DE FERRAMENTAS: ESTUDOS DE CASO EM EMPRESAS DO SETOR METAL-MECÂNICO BRASILEIRO,” Florianópolis, 2007.
- [13] P. R. A. CASTRO, “O que é exatamente o gerenciamento de ferramentas.,” *Máquinas e Metais*, Mar. 2005.

- [14] B. Anumolu and J. P. Shewchuk, "Design of a tooling database implementation for an existing facility," *Comput Ind*, vol. 42, no. 2–3, pp. 221–229, Jun. 2000, doi: 10.1016/S0166-3615(99)00072-X.
- [15] R. M. Boogert, "Tool management in computer aided process planning," Universiteit Twente, Enschede, 1994.
- [16] F. MASON, "Gerenciamento por Computador: Mais Benefícios que Custos.," *Máquinas e Metais - Aranda Editora*, São Paulo, Feb. 1993.
- [17] E. Bosch and J. Metternich, "Understanding and assessing complexity in cutting tool management," in *Procedia CIRP*, 2018, vol. 72, pp. 1499–1504. doi: 10.1016/j.procir.2018.03.108.
- [18] J. L. Nogueira and M. v. Ribeiro, "SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE FERRAMENTAS DE CORTE ASSISTIDO POR COMPUTADOR," Curitiba, 2001.
- [19] D. Veeramani, D. M. Upton, and M. M. Barash, "Cutting-Tool Management in Computer-Integrated Manufacturing," 1992.
- [20] A. E. ; S. A. Kuchinic, "Tool management in automated manufacturing: operational issues and mathematical models," *International Industrial Engineering Conference Proceedings*, 1988.
- [21] I. G. JAIMES, "Uma Abordagem dos Aspectos Logísticos no Gerenciamento de Ferramentas de Usinagem," Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1995.
- [22] A. S. Favaretto, "ESTUDO DO GERENCIAMENTO DE FERRAMENTAS DE CORTE NA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA DE CURITIBA E REGIÃO METROPOLITANA," Curitiba, 2005.
- [23] K. KARINO, *Trouble Shooting for Cutting: Prediction Information to Improve Production Techniques*. Mitsubishi Materials, 1996.
- [24] "Amazon.com: 1-9/16" tapa laminada de plástico grueso para 2 gabinetes de cajones modulares LISTA: Industrial y Científico." <https://www.amazon.com/Plastic-Laminate-Modular-Drawer-Cabinets/dp/B00THS8P26> (accessed Aug. 16, 2022).
- [25] P. Vanhauwermeiren, M. Juwet, and E. Demeester, "Pick capacity model for cutting machine tools stored in a next generation Vertical Storage Machine," in *Procedia Manufacturing*, 2021, vol. 55, no. C, pp. 479–486. doi: 10.1016/j.promfg.2021.10.065.
- [26] Kardex, "Vertical Carousel vs. Vertical Lift Modules Buyer's Guide."
- [27] AutoCrib, "The RoboCrib ® LX2000." Accessed: Jul. 16, 2022. [Online]. Available: www.autocrib.com

- [28] “CoroPlus® Tool Supply.” <https://www.sandvik.coromant.com/pt-pt/products/coroplus-tool-supply/pages/default.aspx> (accessed Jul. 16, 2022).
- [29] “MATRIX Cabinets Portugal – CTMS – IMC Vending and Tool Management Services.” <https://www.ctms-imc.com/index.php/pt/matrix-cabinets-portugal/> (accessed Jul. 16, 2022).
- [30] Kennametal, “Metalworking Services Catalog.” Catalogue, 2018.
- [31] Iscar Metalworking Companies, “Catálogo Matrix 2012.” 2012.
- [32] Autodesk, “Fundamentals of CNC Machining,” 2014.
- [33] “OTS 3D touch-trigger tool setter.” <https://www.renishaw.com/en/ots-3d-touch-trigger-tool-setter-6783> (accessed Aug. 12, 2022).
- [34] “Gesamtkatalog-DE-EN.” <https://www.haimer.de/2021-interaktiver-katalog-de-en/html5.html?lang=de#584> (accessed Aug. 12, 2022).
- [35] “Fastems | Tool automation for maximized machine tool utilization.” <https://www.fastems.com/product/toolautomation/> (accessed Mar. 15, 2022).
- [36] Caron Engineering, “ToolConnect Brochure.” 2021. Accessed: Aug. 17, 2022. [Online]. Available: <https://www.caroneng.com/wp-content/uploads/ToolConnect-Brochure-V06.2021.pdf>
- [37] WinTool, “The process-oriented tool-management.”
- [38] WinToolAG, “WinTool ESPRIT-Interface.” 2014. Accessed: Aug. 16, 2022. [Online]. Available: https://www.youtube.com/watch?v=HJf0cDUrsRE&ab_channel=WinToolAG
- [39] N. Kumar, S. Shahzeb Hasan, K. Srivastava, R. Akhtar, R. Kumar Yadav, and V. K. Choubey, “Lean manufacturing techniques and its implementation: A review,” *Mater Today Proc*, Jan. 2022, doi: 10.1016/j.matpr.2022.03.481.
- [40] “The Toyota 3M model: Muda, Mura, Muri | MudaMasters.” <https://www.mudamasters.com/en/lean-production-theory/toyota-3m-model-muda-mura-muri> (accessed Aug. 06, 2022).
- [41] “What is 5S? 5S System is explained including tips on getting a 5S program started.” <https://www.5stoday.com/what-is-5s/> (accessed Sep. 16, 2022).
- [42] E. Schaupp, E. Abele, and J. Metternich, “Evaluating Relevant Factors for Developing an Optimal Tool Storage Strategy,” *Procedia CIRP*, vol. 55, pp. 23–28, 2016, doi: 10.1016/j.procir.2016.08.047.
- [43] “Item 9043180160400 (4318 16.040) - ISO taper collet holders - GUHRING.” <https://www.guhring.com/ProductsServices/SizeDetails?EDP=9043180160400&fromResults=True> (accessed Sep. 16, 2022).

- [44] “ER Collet and ER Collet sizes: amastone®.” <https://amastone.com/shop/er-collet/> (accessed Sep. 16, 2022).
- [45] “(SC32-16) Straight Collet from SHOWA TOOL | MISUMI.” <https://uk.misumi-ec.com/vona2/detail/223000296464/?HissuCode=SC32-16#> (accessed Sep. 17, 2022).
- [46] A. Mangarulkar, R. Thete, and U. Dabade, “New tool planning and introduction system for manufacturing of engine components,” in *Applied Mechanics and Materials*, 2012, vol. 197, pp. 327–331. doi: 10.4028/www.scientific.net/AMM.197.327.
- [47] M. Tap, J. R. Hewit, and S. Meeran, “An active tool-tracking system for increased productivity,” *Int J Prod Res*, vol. 38, no. 16, pp. 3889–3898, Nov. 2000, doi: 10.1080/00207540050176067.
- [48] H. Turck GmbH, “Your Global Automation Partner Overview RFID UHF Readers.”
- [49] “How to Setup an ER32 CNC Tool Holder — Portland CNC.” <https://portlandcnc.com/blog/2021/5/how-to-setup-an-er32-cnc-tool-holder> (accessed Sep. 17, 2022).
- [50] H. Puga, “Maquinagem Aplicada,” 2020.
- [51] “Sandvik Coromant - CAT50 Taper Face Mill Holder & Adapter - 54732581 - MSC Industrial Supply.” <https://www.mscdirect.com/product/details/54732581> (accessed Sep. 17, 2022).
- [52] “Nova fresadora facial bt40, 4 lâminas de diâmetro 50mm l85mm para sistema de usinagem cnc, centro de usinagem|cutter milling tool|tooling system - AliExpress.” <https://pt.aliexpress.com/item/32827444868.html?gatewayAdapt=glo2bra> (accessed Sep. 17, 2022).
- [53] “Din 2080 Tool Holder Manufacturers - ISO 50 DIN 2080.” <https://www.falcontoolings.com/din-2080-shank-detail.php> (accessed Sep. 17, 2022).
- [54] “Haas BT40 Pull Stud/Retention Knob, Standard - 1 Each.” https://www.haascnc.com/haas-tooling/mill_toolholding/pull_studs/04-0296.html (accessed Sep. 16, 2022).
- [55] “SK40 Pull Stud Retention knob ISO 7388 A - igstool.” <https://igstool.com/cnc/sk40-pull-stud-retention-knob-iso-7388-a/> (accessed Sep. 24, 2022).

Apêndices

APÊNDICE 1 – FERRAMENTAS DE CORTE

Como já foi referido, a maquinagem é um processo que envolve a alteração de uma geometria de um material de maneira a produzir uma peça desejada através do arranque de material.

Para se realizar essa remoção são necessárias ferramentas de corte, que precisam de ter uma dureza maior que o material a ser cortado, além disso precisa de ser aguentar as elevadas temperaturas e forças de corte. Os materiais mais comuns em ferramentas de corte são:

- Aço Rápido (HSS – *High Speed Steel*)
- Carboneto de tungstênio
- Cerâmica

Em adição, o material das ferramentas pode ser ainda revestido para melhorar as propriedades destes materiais e incrementar as qualidades da ferramenta de corte.


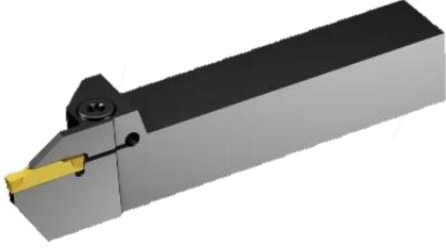
Cada ferramenta é desenvolvida para uma função específica, e neste anexo serão apresentadas as mais comuns e a sua utilidade.

Tabela 2 – Tipos de ferramentas de corte mais comuns e a sua função.

Ferramenta	Função
<p>Fresas de facejamento</p> 	<p>As fresas de facejamento são utilizadas em maquinagem para desbaste ou acabamento de superfícies planas . Estas são geralmente compostas pelo corpo da ferramenta e pastilhas de corte nas suas extremidades.</p>
<p>Fresas de topo</p> 	<p>As fresas de topo contém arestas de corte ao longo da sua extensão, excetuando apenas o seu encabadouro. Estas ferramentas são utilizadas para variadas operações de corte mais principalmente a realização de contornos, ranhuras, mas também furações, facejamentos, entre outros.</p>
<p>Fresas de esféricas</p> 	<p>Estas fresas como o nome indica têm uma extremidade esférica, são utilizadas para acabamento superficial.</p>
<p>Fresas de forma</p> 	<p>As fresas de forma são parecidas às fresas de topo, contudo as suas arestas de corte são desenvolvidas de maneira a atribuir uma forma específica à peça a ser cortada que dificilmente seria realizada por qualquer outra ferramenta de corte.</p>

<p>Fresas de disco</p> 	<p>Estas fresas são utilizadas para realizar o corte ou abertura de canais. São compostas por pastilhas de corte na sua extremidade.</p>
<p>Brocas</p> 	<p>As brocas são das ferramentas de corte mais conhecidas são utilizadas para abrir furações. Estas são geralmente helicoidais feitas em HSS ou carboneto com um comprimento de 3 ou 5 vezes o diâmetro. Existem também brocas de pastilhas em que na sua extremidade é colocada uma pastilha de corte.</p>
<p>Machos</p> 	<p>Os machos são utilizados para realizar roscas dentro de furações previamente feitas por brocas.</p>

<p style="text-align: center;">Mandris</p> 	<p>São ferramentas utilizadas para alargar furações previamente feitas quando estas possuem tolerâncias mais apertadas.</p>
<p style="text-align: center;">Pastilhas de corte</p> 	<p>As pastilhas de corte são as arestas de corte substituíveis presente nas ferramentas de corte que as utilizam. Podem ser para desbaste, furação, abertura de rosca, entre outros.</p> <p>Geralmente são feitas em carboneto de tungstênio</p>
<p style="text-align: center;">Ferro de desbaste</p> 	<p>Um ferro de desbaste é um ferro utilizado para retirar elevadas quantidades de material da peça. A pastilha utilizada no mesmo costuma ser mais robusta para esse efeito. Estes ferros podem ser classificados por exterior ou interior e ainda por ser direitos ou esquerdos mediante a disposição da pastilha de corte.</p>
<p style="text-align: center;">Ferro de acabamento</p> 	<p>É utilizado para dar acabamento à peça, estes podem ser classificados da mesma maneira que os ferro de desbaste.</p>

<p>Ferro de roscar</p> 	<p>O ferro de roscar é utilizado para abrir roscas nas peças. Podem também ser interior ou exterior.</p>
<p>Ferro de sangrar</p> 	<p>Um ferro de sangrar é geralmente utilizado para sangrar a peça do seu <i>stock</i> inicial, contudo pode ser também utilizado para abrir canais na peça.</p>

APÊNDICE 2 – SISTEMAS DE FIXAÇÃO DAS FERRAMENTAS DE CORTE NAS FRESADORAS CNC

Para a realização das operações de maquinagem é importante que a ferramenta se encontra bem apertada para garantir a estabilidade do corte e a segurança do utilizador da máquina. Os sistemas são, geralmente compostos por vários componentes, como é possível consultar na seguinte figura.

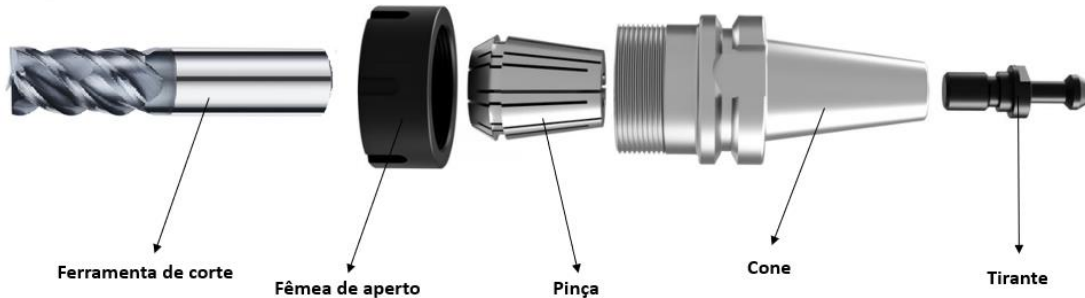


Figura 51 – Componentes presentes num cone de aperto por pinça (adaptado de [49]).

Os cones são a parte estrutural do sistema de aperto, estes podem ser classificados pelo seu tipo de aperto. Os mais comuns são o aperto por pinça, por pernos, aperto hidráulico e por aperto térmico (contração metálica). Cada um tem a suas vantagens de, sendo que a solução aperto por pinça revela-se como a mais versátil e em termos económicos mais vantajosa, acabando, também, por ser a mais utilizada.



Figura 52 – Cones de aperto mais comuns.[50]

Contudo, há ainda cones que são desenvolvidos para ferramentas únicas e o seu aperto nada tem a ver com estes que foram apresentados. Na seguinte figura é possível ver um cone especificamente feito para apertar fresas de facejamento.



Figura 53 – Cone de aperto para fresas de facejamento [51].



Figura 54 – Fresa de facejamento montada num cone [52].

Os cones podem ainda ser classificados pela sua forma principalmente na flange do cone, mas também pela sua dimensão ISO40 e ISO50 que apesar de serem muito semelhantes diferem nas suas dimensões.

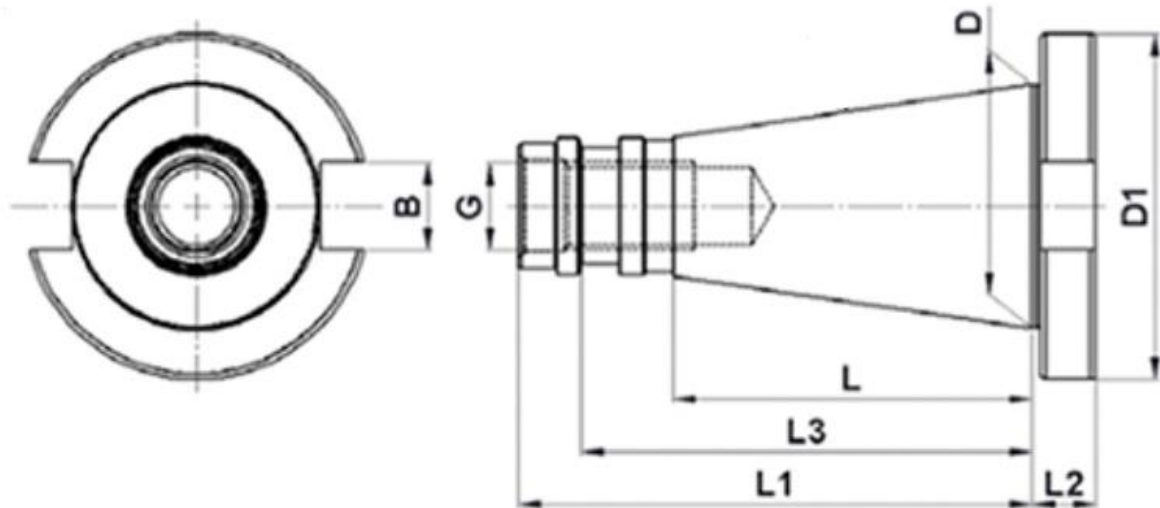


Figura 55 – Vista frontal e lateral de um cone ISSO [53].

Tabela 3 – Dimensões de um cone de aperto ISO [53].

Norma	Dimensões (mm)							
	D	D1	L	L1	L2	L3	B	G
ISO40	44,45	63	65,4	93,4	11,6	82	16,1	M16
ISO50	69,85	97,5	102	126,8	15,2	115	25,7	M24

Os tirantes são as peças que estão localizadas na extremidade superior do cone, são responsáveis pela conexão do cone à árvore da máquina e garantem que o cone não se desprende no momento da maquinação. Estes variam mediante a máquina e o cone em utilização. Podem conter uma furação interna ao centro que permite a passagem de óleo de corte para ferramentas de refrigeração interna.




Figura 56 – Tirante BT40 [54].



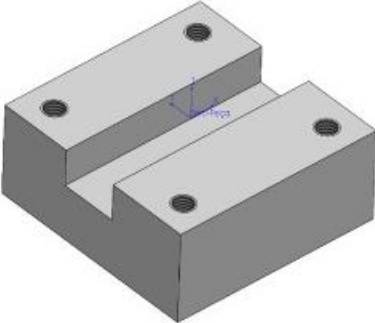
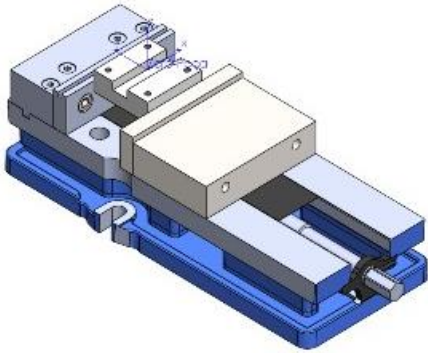
Figura 57 – Tirante SK50 com furação para refrigeração interna [55].

APÊNDICE 3 – FOLHA DE *SETUP*

No presente anexo está exposto o aspeto proposto para a folha de *setup* da empresa.

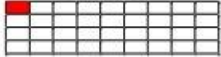


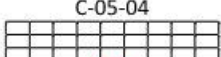






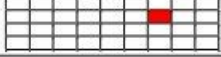


LOGO DA EMPRESA 	Folha de Preparação XK151658A	Página 1/1
Nº Ordem de Fabrico: OF171819	Material da Peça: Aço S235JR	
Código de Artigo: XK151658	Quantidade Total: 100,0	
Versão: A	Peso Unitário: 1 kg / Peso Total: 100 kg	
Localização do Stock: AS-04-10	Localização Sistema de Aperto: SP-12-01	

Pré-visualização da Zero-Peça e Aperto

Zero-Peça: Eixo X e Eixo Y ao centro e Eixo Z na face superior

Ferramentas de Corte

Localização	Descrição	Posição	Operação	Dimensões
A-01-01 	Fresa de Pastilhas Ø63mm Sandvik R245-063Q22-12H 	T1	Facejamento da parte superior da peça	
C-05-04 	Pastilhas: R245-12 T3 E-ML 1025			
B-02-03 	Fresa Ø12mm Iscar EC- H4M-CF-E 	T2	Desbaste do rasgo da peça	
B-09-03 	Broca Ø6,8mm Guhring 2463 	T3	Furação de Ø6,8mm para roscar M8 (x4)	
\C-07-02 	Macho M8 Furo Passante Guhring 4415 	T4	Roscar M8 (x4)	

Emitido Por: Funcionário 83885	Data: 01/01/22 às 09:00h
--------------------------------	--------------------------

Figura 58 – Aspeto da folha de *setup* proposta.