



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Ana Rita Cunha Silva Pereira

**Melhoria de desempenho de uma área produtiva
numa empresa multinacional de ferramentas de
corte**

Dissertação de Mestrado

Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial

Trabalho efetuado sob a orientação do

Professor Doutor José Dinis Araújo Carvalho

Outubro de 2019

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-NãoComercial-SemDerivações

CC BY-NC-ND

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

AGRADECIMENTOS

Estas notas de agradecimento vão para todos aqueles que estiveram comigo e nunca me deixaram querer menos do que o melhor.

À FMT e a todos os que a integram por me receberam de braços abertos e pela partilha de conhecimento. À Susana, ao Luís e ao João por estarem sempre lá e me permitirem trabalhar com um grupo de amigos. Ao Carlos, Nelson, João, Sérgio, André, Peixoto, Marco, Paulo, Simão, Diogo, Rui, Cerqueira e Tedim pelas dores de cabeça que só me fizeram crescer, pela paciência, pelo apoio mútuo e por me mostrarem que uma empresa é essencialmente feita das pessoas que a formam. Por fim, ao Engenheiro Diogo pelo exemplo, pela incansável motivação e exigência e por me ensinar desde o dia 1 que “o engenheiro é formado pelo chão de fábrica”.

Ao meu orientador, Professor Doutor Dinis Carvalho, pela disponibilidade, sugestões e conhecimento que transmitiu.

Aos meus amigos por acompanharem o ritmo acelerado e por estarem lá nas horas em que precisava de me isolar, mas também em todas aquelas em que precisava deles e em que as noites foram mais longas que os dias.

Por fim, à mãe, ao pai e aos manos, aos quais irei agradecer eternamente pelo amor desmedido e pela oportunidade de escrever esta dissertação. Por me deixarem voar e por fazerem valer a pena o voltar.

“Estes anos são viagem...E esta foi a melhor viagem da minha vida!”

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.

RESUMO

A presente dissertação é o resultado final de um projeto individual em contexto empresarial no âmbito do quinto ano do Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial. O foco do projeto foi a melhoria de desempenho e da qualidade na área de metal duro aplicando ferramentas de produção *lean* e de *Total Quality Management* (TQM) numa empresa de ferramentas de corte.

A metodologia utilizada ao longo do projeto foi a de *action-research* guiada pelas cinco fases de análise crítica da situação atual, planeamento das ações de melhoria, implementação das mesmas, avaliação e discussão de resultados e conclusões finais. Deste modo, a dissertação inicia-se com a revisão bibliográfica nas temáticas de ferramentas de corte, organização de sistemas de produção, produção *lean* e TQM.

Paralelamente, foi realizada uma análise da situação atual da empresa. Com base na procura dos dois anos anteriores, no panorama atual e nas previsões de crescimento do mercado, foram escolhidas as famílias de produtos, a equipa e a área produtiva a estudar. De seguida, a análise crítica da situação atual levantou problemas de recursos humanos, comunicação, fluxo produtivo, processos, qualidade e taxa de utilização dos equipamentos.

Finda a análise dos problemas, foram elaboradas propostas de melhoria no sentido de reduzir ou eliminar os problemas identificados. Através das propostas, foram feitas alterações aos processos e fluxos produtivos, foi introduzido o trabalho normalizado, estratégias de gestão visual e melhorias na comunicação da equipa, entre outros. Todas as ações de melhoria foram implementadas com o envolvimento dos operadores.

No final, os resultados para a empresa foram positivos, a nomear para os diferentes centros: diminuição da produção não conforme em 78%, aumento da produtividade em 16%, aumento da produção em 88%, aumento dos valores de disponibilidade de equipamentos em 44%, entre outros. Os ganhos em termos monetários registados até à data de fim do projeto de dissertação são na ordem das 45.896 UM.

PALAVRAS-CHAVE

Ferramentas de corte, Melhoria Contínua, Produção *lean*, Produtividade, Qualidade

ABSTRACT

This dissertation is the result of an individual project in a business context within the fifth year of the Integrated Master in Industrial Engineering and Management. The project is focused on improving the performance and quality on the solid carbide area by applying lean production and Total Quality Management (TQM) tools to a cutting tools company.

The methodology used throughout the project was the action-research approach guided by the five phases of critical analysis of the current situation, planning of improvement actions, their implementation, evaluation and discussion of results and final conclusions. Thus, the dissertation begins with the literature review on the themes of cutting tools, production systems organization, lean production and TQM.

Concurrently, an analysis of the current situation of the company was performed. Based on the demand from the previous two years, the current scenario and the market growth forecasts, the product families, the team and the productive area to study were chosen. Then, the critical analysis of the current situation raised problems of human scope, communication, productive flow, processes, quality and availability of the equipment.

After the problem analysis, improvement proposals were elaborated to reduce or eliminate the identified problems. With that goal, changes were made to production processes and flows, standardized work and visual management strategies were introduced and improvements in team communication were made, among others. All improvement actions were implemented within the operators' engagement.

Conclusively, the results for the company were positive for the different centres, namely: decrease in nonconforming production by 78%, increase in productivity by 16%, increase in production by 88%, increase in equipment availability values by 44 %, among others. The monetary gains recorded until the dissertation project's end date are in the order of 45,896 MU.

KEYWORDS

Continuous Improvement, Cutting Tools, Lean Production, Productivity, Quality

ÍNDICE

Agradecimentos.....	iii
Resumo.....	v
Abstract.....	vii
Índice.....	ix
Índice de Figuras.....	xv
Índice de Tabelas.....	xix
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos.....	xxi
1. Introdução.....	1
1.1. Enquadramento.....	1
1.2. Objetivos.....	2
1.3. Metodologias de investigação.....	3
1.4. Estrutura da dissertação.....	4
2. Revisão bibliográfica.....	5
2.1. Ferramentas de corte.....	5
2.1.1. Definição.....	5
2.1.2. Estrutura e geometria.....	5
2.1.3. Propriedades.....	6
2.1.4. Matérias primas.....	6
2.2. Paradigmas e organização de sistemas de produção.....	7
2.2.1. Estratégias de resposta à procura.....	7
2.2.2. Paradigmas de produção.....	8
2.2.3. Abordagens organizacionais.....	8
2.2.4. Configurações genéricas de sistemas de produção.....	9
2.3. Produção <i>Lean</i>	9
2.3.1. A origem.....	9
2.3.2. Princípios da produção <i>Lean</i>	11
2.3.3. Tipos de desperdício.....	11
2.3.4. Ferramentas <i>Lean</i>	13

2.4.	<i>Total Quality Management (TQM)</i>	16
2.4.1.	Análise de Pareto.....	17
2.4.2.	Diagrama de Ishikawa	17
2.4.3.	Análise dos 5-Whys.....	18
2.5.	A sinergia entre a filosofia <i>Lean</i> e o TQM	19
3.	Apresentação da empresa.....	20
3.1.	Identificação e localização	20
3.2.	História e evolução da FMT	21
3.3.	Matérias primas e produtos finais.....	21
3.4.	Descrição do sistema de produção	22
3.4.1.	Projeto e Desenho	22
3.4.2.	Logística.....	22
3.4.3.	Produção.....	23
3.4.4.	Montagem e Inspeção	23
4.	Descrição e análise crítica da situação atual.....	25
4.1.	Descrição da área do metal duro da FMT.....	25
4.1.1.	Descrição do produto.....	26
4.1.2.	Fluxo produtivo por família.....	28
4.1.3.	Fluxo interno por centro.....	29
4.1.4.	KPI's atuais	33
4.2.	Análise crítica e identificação de problemas	33
4.2.1.	Retificação.....	34
4.2.2.	Fresagem HM.....	39
4.2.3.	Fresagem PCD	45
4.2.4.	Problemas associados à gestão	49
4.2.5.	Síntese dos problemas identificados.....	51
5.	Apresentação e implementação de propostas de melhoria.....	53
5.1.	Retificação	54
5.1.1.	Criação de tabela técnica de velocidades de corte	55

5.1.2.	Criação de fluxograma de métodos de fabrico	56
5.1.3.	Elaboração de nova matriz de polivalências e formação dos operadores	56
5.1.4.	Criação de procedimentos operativos.....	57
5.1.5.	Instalação de sistema <i>andon</i>	58
5.1.6.	Criação de sistema de duas caixas adaptado para mós	58
5.2.	Fresagem HM	59
5.2.1.	Atualização das tabelas técnicas existentes	59
5.2.2.	Corte dos cortantes de metal duro a laser	59
5.2.3.	Medição automática da família HM	60
5.2.4.	Criação de novos kits de mós	61
5.3.	Fresagem PCD.....	63
5.3.1.	Melhoria do fluxo produtivo	63
5.3.2.	Produção de dispositivo de controlo de processo.....	64
5.4.	Gestão	64
5.4.1.	Medição de novo KPI	64
5.4.2.	Dinamização da Kaizen Meeting mensal e da reunião operacional diária.....	65
5.4.3.	Criação de Lições Singulares	66
5.4.4.	Aumento da eficiência da passagem de turno	66
5.4.5.	Otimização da reunião de métodos	67
5.4.6.	Aplicação da metodologia 5S e estratégias de gestão visual.....	67
6.	Discussão e avaliação dos resultados.....	69
6.1.	Retificação	69
6.1.1.	Redução das não conformidades	69
6.1.2.	Aumento da polivalência dos operadores.....	70
6.1.3.	Aumentos dos valores de disponibilidade das máquinas.....	70
6.2.	Fresagem HM	71
6.2.1.	Redução do tempo de ciclo e do <i>lead time</i>	71
6.2.2.	Aumento dos valores de disponibilidade das máquinas.....	71
6.3.	Fresagem PCD.....	72

6.3.1.	Redução do tempo de ciclo e aumento da taxa de produção.....	72
6.4.	Gestão	72
6.4.1.	Aumento da motivação e do envolvimento dos operadores	72
6.4.2.	Maior seguimento da produção.....	73
6.4.3.	Otimização da reunião de métodos e redução de tempos produtivos	74
6.4.4.	Redução de movimentações e esperas.....	74
6.4.	Síntese dos resultados	74
7.	Conclusão	75
7.1.	Conclusões finais	75
7.2.	Trabalho futuro	76
	Referências Bibliográficas	78
	Apêndices	82
	Apêndice I – Fluxo produtivo geral	83
	Apêndice II – Medição de tempos não produtivos – Máquina 17 da Retificação	84
	Apêndice III – Medição de tempos não produtivos – Máquina 21 da Fresagem HM	85
	Apêndice IV – Levantamento das árvores existentes na Fresagem HM.....	86
	Apêndice V – Levantamento das árvores existentes na Fresagem PCD	91
	Apêndice VI – Produção na máquina 3 do centro de fresagem PCD: Situação Atual.....	95
	Apêndice VII – Produção na máquina 4 do centro de fresagem PCD: Situação atual	97
	Apêndice VIII – Tabela técnica de velocidades de corte para a Retificação	99
	Apêndice IX – Fluxograma de métodos de fabrico para o centro de retificação.....	100
	Apêndice X – Matriz de polivalências do centro de retificação	101
	Apêndice XI – PO1. representação em AutoCad de uma redução ao diâmetro na Retificação.....	102
	Apêndice XII – PO2. Introdução de steps e ponta de retificação cilíndrica no <i>software</i> NumRoto	107
	Apêndice XIII – PO3. Introdução e manipulação de parâmetros no <i>software</i> NumRoto	112
	Apêndice XIV – Tabela técnica para a família HM para brocas de dois cortantes e canais retos com aplicação em alumínio e ferro fundido.....	115
	Apêndice XV – Produção na máquina 3 do centro de fresagem PCD: Situação Proposta	116
	Apêndice XVI – Produção na máquina 4 do centro de fresagem PCD: Situação Proposta	119
	Apêndice XVII – Exemplo de <i>Kaizen meeting</i> – centro produtivo de retificação	121
	Apêndice XVIII – Aplicação da metodologia 5S e de estratégias de gestão visual	123

Apêndice XIX – Resumo das alterações feitas na reunião de métodos..... 124

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Fases da metodologia de investigação-ação	3
Figura 2 – Ferramenta de corte - broca helicoidal.....	5
Figura 3 - Ponto de colocação de encomenda	8
Figura 4 - A casa do TPS, adaptada de Liker (2004).....	10
Figura 5 - Os três Mus	13
Figura 6 - Exemplo de sistema de duas caixas.....	15
Figura 7 - As seis grandes perdas e as categorias do OEE	16
Figura 8 - Exemplo de diagrama de Ishikawa.....	18
Figura 9 - Unidades Estratégicas de Negócio do Grupo Frezite.....	20
Figura 10 - Entrada principal da FMT em Portugal, retirada de https://www.fmttooling.com/en/about-us/company-identification	20
Figura 11 - Ferramentas de corte a) cartuxo em aço com cortante em metal duro b) fresa em metal duro com cortante em PCD c) broca em metal duro.....	22
Figura 12 - Esquema geral do sistema de produção da FMT.....	23
Figura 13 - Gráfico referente à procura na área de metal duro nos anos de 2017 e 2018.....	25
Figura 14 - Layout geral da área do metal duro	26
Figura 15 - Ferramentas produzidas na área do metal duro a) broca b) fresa c) mandril	26
Figura 16 - Ferramentas de corte das famílias a) HM b) PCD c) AÇO.....	27
Figura 17 - Geometria geral das ferramentas de corte	27
Figura 18 - Fluxo produtivo da área do metal duro.....	28
Figura 19 - Fluxo interno do centro de Retificação	30
Figura 21 - Trabalho de mó em máquina CNC	31
Figura 20 - Máquina CNC com 5 eixos.....	31
Figura 22 - Fluxo de operações no centro de Fresagem HM–Família HM	31
Figura 23 - Fluxo de operações no centro de Fresagem HM – Família AÇO.....	32
Figura 24 - Fluxo de operações no centro de Fresagem PCD	33
Figura 25 - Exemplo do sistema de registo de não conformidades	34
Figura 26 - Diagrama de Ishikawa da não conformidade "Diâmetro fora de especificação".....	35
Figura 27 - Aplicação da ferramenta 5-Whys no problema "Introdução de parâmetros de corte incorretos"	36

Figura 28 - Matriz de polivalência atual do centro de Retificação.....	37
Figura 29 - Gráfico representativo dos tempos não produtivos do centro de retificação.....	38
Figura 30 - Gráfico da disponibilidade dos equipamentos do centro de retificação.....	39
Figura 31 - Fluxo produtivo da família AÇO.....	40
Figura 32 - Ferramenta da família AÇO após o processo de a) Soldadura b) Fresagem HM.....	41
Figura 33 - Gráfico representativo dos tempos não produtivos do centro de Fresagem HM.....	42
Figura 34 - Exemplo do processo de medição	42
Figura 35 - Exemplos de mós.....	43
Figura 36 - Árvore para mós	43
Figura 37 - Exemplos de kits de mós para a) perfilagem b) topo, step e gashing.....	43
Figura 38 - Relação entre as máquinas do centro e as suas operações.....	45
Figura 39 - Furação de lubrificação	48
Figura 40 - Desobstrução do furo central.....	48
Figura 41 - Simulação a 3 dimensões	51
Figura 42 - Projeção a 2 dimensões	50
Figura 43 - Tabela técnica afixada nas máquinas	55
Figura 44 - Fluxograma parcial de métodos de fabrico.....	56
Figura 45 - Matriz de polivalência parcial do centro de Retificação.....	57
Figura 46 - Local de afixação dos procedimentos operativos do centro de retificação	58
Figura 47 - Sistema de duas caixas adaptado para a retificação de mós	59
Figura 48 - Processo atual de corte dos cortantes de metal duro	60
Figura 49 - Processo sugerido de corte dos cortantes de metal duro.....	60
Figura 50 - Fluxo produtivo proposto	64
Figura 51 - Dispositivo de controlo de processo proposto.....	64
Figura 52 - Quadro de equipa parte I	65
Figura 53 - Quadro de equipa parte II.....	66
Figura 54 - Exemplo de LS e o seu local de exposição no quadro de equipa.....	66
Figura 55 - Exemplo de uma folha de passagem de turno junto a uma das máquinas.....	67
Figura 56 - Evolução das NCs no centro de retificação entre janeiro e junho de 2019	69
Figura 57 - Evolução da disponibilidade dos equipamentos no centro de retificação entre fevereiro e julho de 2019	70

Figura 58 - Evolução da disponibilidade dos equipamentos no centro de fresagem HM entre fevereiro e julho de 2019.....	71
Figura 59 - Evolução na disponibilidade dos equipamentos em fevereiro e março de 2018	73
Figura 60 - Fluxo atual	77
Figura 61 - Fluxo proposto	77
Figura 62 - Fluxo produtivo geral	83
Figura 63 - Tabela técnica de velocidades de corte	99
Figura 64 - Fluxograma de métodos de fabrico	100
Figura 65 - Matriz de polivalência para o centro de retificação	101
Figura 66 - Apresentação Kaizen Meeting de abril para a retificação - slide 1	121
Figura 67 - Apresentação Kaizen Meeting de abril para a retificação - slide 2	121
Figura 68 - Apresentação Kaizen Meeting de abril para a retificação - slide 3	122
Figura 69 - Apresentação Kaizen Meeting de abril para a retificação - slide 4	122

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Marcos importantes na história da FMT	21
Tabela 2 - Famílias de produtos da área do metal duro	27
Tabela 3 - Não conformidades do centro de retificação no ano de 2018	34
Tabela 4 - Não conformidades do centro de fresagem HM no ano de 2018	40
Tabela 5 - Relação entre as máquinas de cada centro e os apertos	43
Tabela 6 - Relação entre os apertos e a quantidade de árvores em cada centro	44
Tabela 7 - Relação entre as máquinas e os diâmetros admissíveis pelo seu aperto	46
Tabela 8 - Produção de um mês dividida por diâmetros.....	46
Tabela 9 - Média dos tempos produtivos por operação em cada máquina.....	47
Tabela 10 - Tabela síntese dos problemas identificados.....	52
Tabela 11 - Plano de ações de melhoria.....	53
Tabela 12 - Tabela técnica parcial para valores de velocidade de corte	55
Tabela 13 - Níveis de conhecimento para a matriz de polivalência	56
Tabela 14 - Relação entre as máquinas de cada centro e os apertos (repetição da Tabela 5)	61
Tabela 15 - Relação entre os apertos e a quantidade de árvores em cada centro (repetição da Tabela 6)	61
Tabela 16 - Média de árvores por máquina para cada tipo de aperto na situação atual	61
Tabela 17 - Média de árvores por máquina para cada tipo de aperto na situação proposta	62
Tabela 18 - Orçamentação para árvores de mós	62
Tabela 19 - Média dos tempos produtivos por operação em cada máquina (repetição da Tabela 9) ...	63
Tabela 20 – Ganho na percentagem de produção não conforme na retificação.....	69
Tabela 21 - Ganho na disponibilidade dos equipamentos na retificação	70
Tabela 22 - Ganhos na família AÇO.....	71
Tabela 23 - Quantidade produzida da família AÇO em 2018 e 2019.....	Erro! Marcador não definido.
Tabela 24 - Ganho monetário em termos do aumento da produção na fresagem HM.....	Erro! Marcador não definido.
Tabela 25 - Ganhos de disponibilidade dos equipamentos no centro de Fresagem HM	72
Tabela 26 - Ganho na família PCD	72
Tabela 27 - Ganho monetário em termos do aumento da produção na fresagem PC.....	Erro! Marcador não definido.

Tabela 28 - Sumário dos resultados obtidos	74
Tabela 29 - Esquema dos cash flows para 3 dias	Erro! Marcador não definido.
Tabela 30 - Tabela descritiva dos tempos não produtivos na máquina 17 da retificação (Parte I e II)..	84
Tabela 31 - Tabela descritiva dos tempos não produtivos na máquina 21 da fresagem HM (Parte I e II)	85
Tabela 32 - Inventário das árvores existentes na fresagem HM	86
Tabela 33 - Inventário das árvores existentes na fresagem PCD.....	91
Tabela 34 - Registo da produção na máquina 3 na situação atual.....	95
Tabela 35 - Registo da produção na máquina 4 na situação atual.....	97
Tabela 36 - Registo da produção na máquina 3 na situação proposta	116
Tabela 37 - Registo da produção na máquina 4 na situação proposta	119
Tabela 38 - Exemplos de aplicação da metodologia 5S e de estratégias de gestão visual.....	123
Tabela 39 - Sumário das alterações realizadas na reunião de métodos.....	124

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

ATO	<i>Assembly To Order</i>
CNC	Comando Numérico Computadorizado
ETO	<i>Engineer To Order</i>
FMT	Frezite <i>Metal Tooling</i>
FPS	<i>Frezite Production System</i>
HM	<i>Hard Metal</i>
JIT	<i>Just In Time</i>
KPI	<i>Key Performance Indicator</i>
LS	Lição Singular
MD	Metal Duro
MTD	<i>Make To Demand</i>
MTO	<i>Make To Order</i>
MTS	<i>Make To Stock</i>
NC	Não Conformidade
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>
PCD	Diamante Policristalino
SPOF	Sistema de Produção Orientado à Função
SPOP	Sistema de Produção Orientado ao Produto
TPS	<i>Toyota Production System</i>
TQM	<i>Total Quality Management</i>
UEN	Unidades Estratégicas de Negócio
UM	Unidade Monetária
WIP	<i>Work In Progress</i>

1. INTRODUÇÃO

Este capítulo apresenta um enquadramento do tema da dissertação, expondo os seus principais objetivos, a metodologia de investigação aplicada, assim como a estrutura do presente documento.

1.1. Enquadramento

Atualmente, as empresas enfrentam um aumento da concorrência e o desafio da expansão do mercado, resultando num incremento gradual da expectativa do cliente. Tudo isto exerce uma pressão acrescida para a redução de custos, tempos de produção e inventário, a diversificação na escolha do produto e a sua inovação, os prazos de entrega fidedignos, a melhoria do nível de serviço e da qualidade e a coordenação eficiente entre a procura, o abastecimento e a produção. É, portanto, imperativo que as organizações sigam o caminho da melhoria contínua de forma a poderem impor-se no mercado (Aguado, Alvarez, & Domingo, 2013).

A forma, aparentemente simples e de comprovada eficácia, é a de olhar para a linha do tempo entre o momento em que o cliente faz a encomenda até ao momento em que a empresa recebe o pagamento pela mesma e eliminar todas as atividades que não acrescentam valor (Ohno, 1988).

Neste âmbito, surge a filosofia *lean*, baseada no Toyota *Production System* (TPS), que é um sistema orientado para a produção num fluxo contínuo com a consciência de que apenas uma reduzida fração do tempo total e do esforço exercido no processamento do produto constitui valor para o cliente. O *lean* descreve-se como uma nova forma não só de produzir, mas de pensar, que requer apenas metade do esforço humano, metade do espaço de produção, metade do investimento e metade das horas de engenharia gastas no desenvolvimento de um novo produto em metade do tempo (Melton, 2005).

O novo foco passa a ser o cliente e a sua definição de valor e qualidade. O termo qualidade tem vindo a ser definido ao longo dos anos por várias pessoas e organizações. Se, por um lado, o termo *qualidade* é definido como o desempenho face ao *standard* expectável pelo cliente (Gomes, 1996), por outro, W. Edwards Deming (1986), pioneiro no tema, defende que esta possui diferentes critérios que mudam e se adaptam continuamente consoante o sujeito que os define.

Neste âmbito, surge a abordagem *Total Quality Management* (TQM) que consiste na melhoria contínua das pessoas, processos, produtos/serviços e ambientes no sentido da excelência organizacional e da competitividade global (Goetsch & Davis, 2014). O *lean* é uma das filosofias que podem ser aplicadas

no TQM sendo que considera que um investimento em algum processo ou ação que não crie valor para o cliente é puro desperdício (Dubey, 2014).

O Grupo Frezite pretende vincar no mercado do fabrico de ferramentas de corte garantindo a excelência dos seus produtos ao preço mais baixo. Reconhecendo a importância de um sistema de melhoria contínua e da adoção de uma cultura *lean*, a Unidade de Metal da Frezite (FMT) implementou recentemente o *Frezite Production System* (FPS), um sistema de melhoria contínua talhado para as necessidades da empresa e que vai de encontro aos princípios intrínsecos de 40 anos de produção. Este sistema foi desenvolvido com o intuito de ser um programa de melhoria contínua e sistemática com uma visão a longo prazo, garantindo a estabilidade da rede produtiva e do ambiente envolvente das fábricas, através de métodos estruturados e da implementação de diversas técnicas reconhecidas na indústria (Costa, 2018)

Numa abordagem *engineer to order* (ETO), num panorama de produção em pequenas séries de um produto altamente personalizável em oficinas de produção e envolvido naquilo que é o *Frezite Production System*, este projeto passará pela aplicação de ferramentas *lean* e TQM a uma área de trabalho constituída por três centros produtivos.

1.2. Objetivos

O principal objetivo do projeto de dissertação é a implementação de ferramentas *lean* e TQM numa área produtiva de forma a aumentar a produtividade e reduzir as não conformidades.

Em particular, este projeto visa:

- Identificar os desperdícios existentes na área;
- Normalizar o trabalho;
- Melhorar os fluxos e os processos produtivos;
- Monitorizar os indicadores de desempenho (KPI).

Alcançando os objetivos estipulados, é expectável a melhoria das seguintes medidas de desempenho:

- Redução da produção não conforme;
- Aumento da produtividade da área;
- Minimização das movimentações e esperas por parte dos operadores;
- Redução do *lead time*;
- Redução do tempo de inatividade dos equipamentos.

1.3. Metodologias de investigação

Durante o trabalho de investigação, será adotada uma filosofia de investigação pragmática que se focará naquilo que é considerado valor, integrando diferentes perspetivas na interpretação de dados para responder eficazmente à pergunta de investigação. O paradigma de investigação estará entre o funcionalista - orientado ao problema de forma a oferecer soluções práticas – e o interpretativo – interessando na compreensão e explicação do que acontece – com uma abordagem dedutiva de iterações cíclicas de hipóteses ajustadas com base nos resultados. Os métodos utilizados serão tanto quantitativos como qualitativos (*mixed-methods*), aplicados ao longo de um espaço de tempo restrito de forma a perceber a mudança no ambiente em questão (Saunders, Lewis, & Thornhill, 2009).

Num contexto organizacional, a estratégia escolhida é a de investigação-ação (*action-research*) por permitir a combinação da criação de conhecimento crítico com a mudança no panorama social de forma direta pelo investigador (Saunders et al., 2009). O processo cíclico da investigação-ação inclui cinco fases, segundo Susman & Evered (1978), como pode ser observado na Figura 1, adaptada de O'Brien (1998).

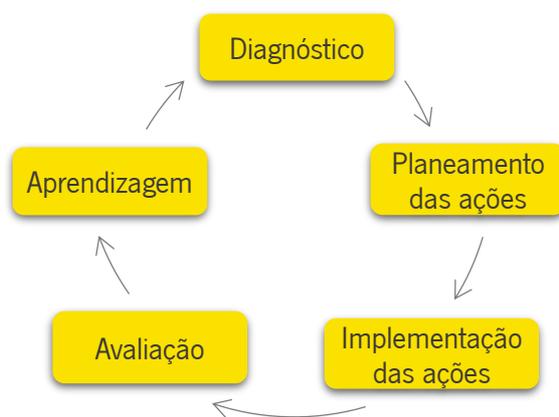


Figura 1 - Fases da metodologia de investigação-ação

De forma relacional, adaptadas à realidade, as fases da investigação serão, portanto:

1. Análise crítica da situação atual e revisão de literatura sobre os tópicos da dissertação;
2. Plano de ações com propostas de melhoria;
3. Implementação das melhorias apresentadas;
4. Avaliação e discussão dos resultados;
5. Conclusões finais.

Embora o processo de investigação-ação seja um processo cíclico, devido à restrição temporal imposta, apenas será permitido ao investigador completar um ciclo.

1.4. Estrutura da dissertação

A presente dissertação está dividida em sete capítulos. No primeiro capítulo é feita uma introdução ao projeto com um breve enquadramento do tema, incluindo os principais objetivos e a metodologia de investigação aplicada.

Seguidamente, no segundo capítulo, é elaborada a revisão bibliográfica dos temas e conceitos importantes no domínio do projeto de investigação com referência às principais contribuições científicas nesse âmbito.

No capítulo terceiro é feita a apresentação e descrição da empresa onde foi realizado o projeto de dissertação, com foco na sua evolução, principais matérias primas e produtos finais, bem como o seu sistema produtivo geral.

De seguida, o capítulo quarto descreve a situação atual, analisando-a de forma crítica a fim de identificar os problemas existentes na área produtiva.

O capítulo quinto faz alusão às propostas de melhoria que visam reduzir ou eliminar os problemas anteriormente expostos. Os resultados alcançados com a implementação das melhorias são apresentados no capítulo sexto, juntamente com uma breve discussão sobre os mesmos.

Por fim, no capítulo sétimo são apresentadas as principais conclusões do projeto de dissertação e uma perspetiva de trabalho futuro na ótica da continuidade do projeto.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo apresenta a revisão bibliográfica de temáticas e conceitos que serão abordados durante a dissertação. Inicia -se com a definição e estrutura de ferramentas de corte, bem como as suas propriedades e principais matérias primas. Depois, são abordados os paradigmas e a organização de sistemas de produção e as diferentes estratégias de resposta à procura. Seguidamente, é descrita a produção *lean*, a sua origem e evolução, os princípios do *lean thinking* e os diferentes tipos de desperdícios. São ainda mencionadas algumas ferramentas como a normalização de trabalho e a metodologia 5S. Por fim, é explicada a TQM e algumas das suas ferramentas, assim como a sinergia entre esta metodologia e o *lean*.

2.1. Ferramentas de corte

2.1.1. Definição

Segundo a norma ISO/TS 13399-3 (2007), uma ferramenta de corte define-se como um instrumento de remoção de material de uma peça de trabalho através de uma ação de cisalhamento nas arestas de corte.

Uma peça de trabalho metálica submetida à ação de uma ferramenta de corte está sob um estado de força mecânica intensa que se traduz em elevadas concentrações de tensão, altas taxas de deformação e valores de temperatura significativos. O cisalhamento localizado na parte da frente da ferramenta - na aresta de corte – é o principal esforço representativo do processo de formação de aparta (Black, 1989).

2.1.2. Estrutura e geometria

De uma forma simplificada, a geometria das ferramentas de corte produzidas é composta por uma hélice, uma parte cortante e uma ponta, conforme a Figura 2, adaptada de Black (1989).

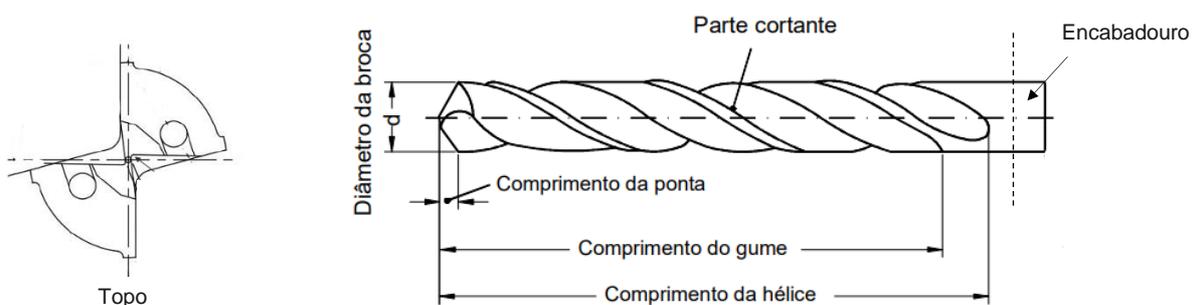


Figura 2 – Ferramenta de corte - broca helicoidal

Como é possível ver pela Figura 2, denomina-se de encabadouro a parte da ferramenta de corte que será encaixada no aperto da máquina e pode ser reta ou cônica, consoante o tipo de aperto escolhido. O corpo da ferramenta é constituído pela hélice que ajuda ao corte, enrola a aparas para mais fácil remoção e facilita a lubrificação; a guia que direciona corretamente o corte, alinhando a ferramenta; e as saídas ao longo do corpo, com diâmetro inferior ao da guia, que reduzem o atrito entre a ferramenta de corte e as paredes do material a ser cortado.

A ponta tem um formato cônico e é o principal responsável pelo poder de corte da ferramenta através dos cortantes - de número igual ao número de hélices - e das suas respetivas saídas.

Além da geometria em si, que envolve diferentes ângulos, diâmetros e formatos, existem ainda outras variáveis que influenciam o processo de corte, tais como o tipo de material da ferramenta de corte e o do material a ser cortado ou os parâmetros de corte inseridos. Todas estas características irão afetar as forças de corte e a temperatura gerada no mesmo, determinando a vida útil da ferramenta.

2.1.3. Propriedades

Aquando da maquinação das ferramentas de corte é possível que ocorram variações na sua forma ou posicionamento, levando a erros de ovalização, conicidade ou excentricidade em relação ao eixo. Além destes desvios, por vezes não é possível determinar com precisão qual o verdadeiro eixo de revolução da ferramenta, levando de novo ao erro. Este erro está relacionado com o batimento que representa a variação da posição de um elemento geométrico durante a rotação do mesmo em torno de um eixo de referência. O batimento pode ser:

- radial, que conjuga a coaxialidade e a cilindridade;
- axial, que soma a perpendicularidade e a planeza da face medida.

No seu conjunto, traduzem-se no batimento global cujo valor tem de estar dentro do intervalo de tolerâncias admitidas (Drake, 1999).

2.1.4. Matérias primas

De forma geral, as ferramentas de corte operam sob condições extremas de temperatura e atrito, havendo, portanto, a necessidade da sua produção com materiais altamente resistentes a estas condições.

2.1.4.1. Metal Duro (MD)

O metal duro é um material comumente utilizado na indústria da produção de ferramentas de corte. Este material combina a dureza à temperatura ambiente e a quente, a resistência ao desgaste, a tenacidade e a plasticidade. O metal duro é obtido a partir de um ligante metálico dúctil, habitualmente cobalto ou níquel, e de carbonetos (W, Ti, Ta e Nb) embutidos no ligante através da metalurgia em pó (König & Klocke, 2008).

2.1.4.2. Diamante policristalino (PCD)

O PCD é um composto de partículas de diamante que são consolidadas a altas temperatura e pressão na presença de catalisadores de ferro, níquel e/ou cobalto. O diamante policristalino, sendo o mais duro de todos os materiais, apresenta uma excelente resistência ao desgaste, gera pouco atrito no corte, fornece uma grande resistência à fratura e possui uma boa condutividade térmica (Stephenson & Agapiou, 2016).

2.2. Paradigmas e organização de sistemas de produção

A projeção de um sistema de produção deverá ser feita com base na previsibilidade da procura. Assim, é imperativo caracterizar a procura de forma a encontrar o sistema de produção mais adequado.

2.2.1. Estratégias de resposta à procura

As estratégias de resposta à procura podem ser agrupadas em: Produção para stock (MTS – *Make to Stock*), Montagem por encomenda (ATO – *Assembly to Order*), Produção por procura (MTD – *Make to Demand*), Produção por Encomenda (MTO – *Make to Order*) e Engenharia por Encomenda (ETO – *Engineer to Order*) (Silva, 2016). A Figura 3, adaptada de Higgins (1996), ilustra o ponto de colocação de encomenda para as diferentes estratégias de resposta à procura.

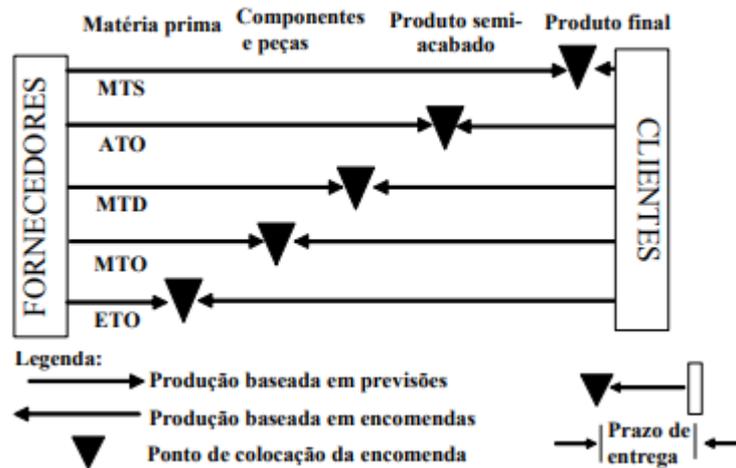


Figura 3 - Ponto de colocação de encomenda

A estratégia da Engenharia por Encomenda (ETO) é uma estratégia cujo ponto de desacoplamento – ponto em que a produção passa a ser personalizada a pedido do cliente – está localizado na fase de design do produto (Gosling & Naim, 2009). O facto deste modelo englobar a produção desde a sua projeção até à sua distribuição, faz com que este seja o mais complexo e com um maior nível de customização.

2.2.2. Paradigmas de produção

Com base na previsibilidade da procura, é possível classificar os três grandes paradigmas de produção: produção em massa, produção repetitiva e produção não repetitiva.

O paradigma da produção não repetitiva está relacionado com a imprevisibilidade da procura do mercado para produtos únicos e diferentes dos produzidos anteriormente, isto é, produtos que se diferenciam em requisitos de produção e manuseamento. Este tipo de produção está intrinsecamente relacionado com a personalização dos produtos implicando um forte envolvimento do cliente na sua especificação (Alves, 2007). Muitas vezes, esta abordagem produtiva é também designada de customização em massa. Segundo F. Piller (2005), a customização em massa refere-se a um processo de *co-design* de produtos e serviços de forma a responder aos requisitos de cada cliente individualmente. Todas as operações são executadas num espaço fixo caracterizado por processos estáveis, ainda que flexíveis e responsivos.

2.2.3. Abordagens organizacionais

Cada paradigma de produção está relacionado com uma ou mais formas organizacionais de produção, sendo que cada uma respeita um conjunto de características focadas num tipo específico de mercado.

Na abordagem de produção unitária ou em pequenas séries, os sistemas são desenhados para o paradigma de produção não repetitiva, ou seja, uma elevada quantidade de produtos diferentes a ser produzida num mesmo sistema. O sistema caracteriza-se pela flexibilidade e pelo fluxo de produtos em secções funcionais de acordo com os seus requisitos de produção. (Alves, 2007)

2.2.4. Configurações genéricas de sistemas de produção

Olhando apenas para o arranjo ou para a forma organizacional, os sistemas de produção podem ainda caracterizar-se como Sistemas de Produção Orientados à Função (SPOF) ou Sistemas de Produção Orientados ao Produto (SPOP) (Alves, 2007).

Quando existe uma grande variedade de artigos que requerem uma sequência operatória diferente, é comum a utilização de equipamentos versáteis e universais que se organizam em secções produtivas, chamadas de oficinas de produção, de forma a que seja possível o tratamento da diversidade, complexidade e variedade dos produtos. Nos SPOF, a produção é organizada em pequenos lotes que vão de oficina produtiva em oficina produtiva numa rede complexa de fluxos (Alves, 2007).

2.3. Produção *Lean*

O conceito de Produção *Lean* teve a sua origem no Japão entre 1940 e 1950 aquando da criação do *Toyota Production System* (Melton, 2005), sendo amplamente divulgado no livro "*The machine that changed the world*" de Womack *et al.* (1990). Segundo o livro, a Toyota queria combater os efeitos da segunda guerra mundial, como a escassez de recursos materiais, humanos e financeiros, entrando rapidamente na indústria automóvel. Para tal, a empresa japonesa desenvolveu o TPS, apoiando-se na ideia de que apenas uma parte do tempo e esforço totais de um processo acrescentam valor para o cliente final (Melton, 2005).

Segundo Liker (2004), o *Lean* é uma filosofia empresarial que se baseia na colaboração de todos os envolvidos numa organização para a eliminação de desperdício e para a criação de valor, tendo por base a melhoria contínua. Um ano mais tarde, Melton (2005) definiu a filosofia *Lean* como uma forma de produzir e pensar que requer metade do esforço humano, metade do espaço de produção e metade do investimento em metade do tempo. De uma forma geral, a visão é a de "fazer mais com menos", fator preponderante no que toca aos níveis de competitividade entre as empresas (J. P. Womack et al., 1990)

2.3.1. A origem

O TPS surge da necessidade de criação de um sistema produtivo orientado à melhoria do processo com foco na eliminação dos desperdícios, aumentando a produtividade e a receita (Monden, 2011). Este novo sistema de produção com fluxo peça-a-peça de tal forma flexível que consegue dar uma resposta eficiente às variações da procura, é representado por uma casa (Liker, 2004), como ilustrado na Figura 4.

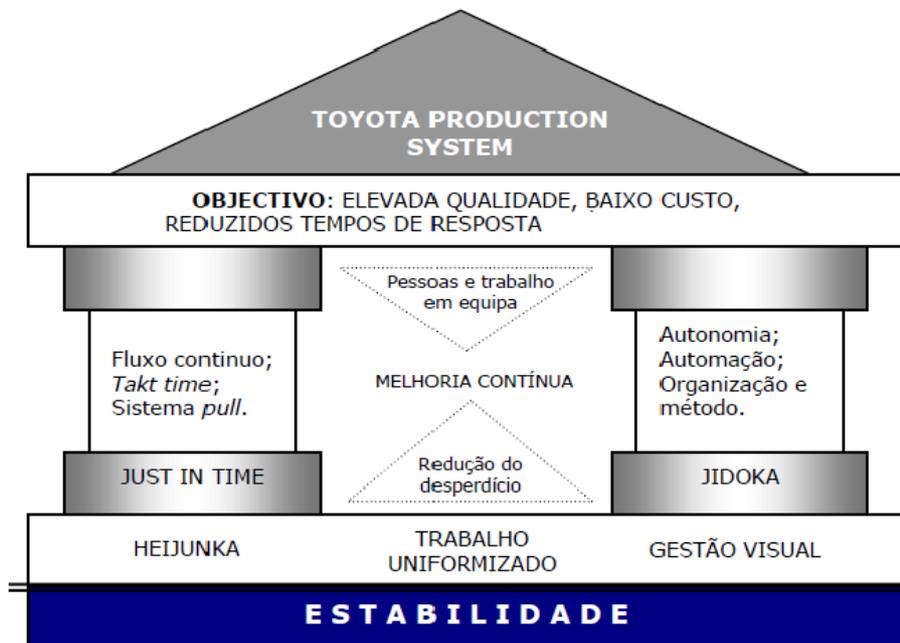


Figura 4 - A casa do TPS, adaptada de Liker (2004)

A construção da casa do TPS segue a lógica da construção de qualquer casa, ou seja, é elaborada da base para o topo tendo como suporte os seus pilares, sendo apenas estável caso cada elemento seja devidamente respeitado de forma a sustentar a filosofia enunciada (Ohno, 1988).

As bases da casa do TPS são a estabilidade, a produção nivelada (*Heijunka*), o trabalho uniformizado e a gestão visual. Só depois de um modo de fabrico balanceado e normalizado e da integração destes elementos nos métodos de fabrico, é possível obter processos robustos e estáveis.

Um dos seus pilares é o *Just in time* (JIT), descrito por Ohno (1988) como um fluxo de processos em que os componentes corretos chegam ao local correto na hora certa e na quantidade exata, de forma a reduzir o inventário e impulsionar o fluxo contínuo. O segundo pilar é o *Jidoka*, a palavra japonesa para *automation*, que é dar à máquina ou ao operador a autonomia de parar o processo sempre que for detetada uma anormalidade (Ghinato, 2006).

No centro da casa aparece a melhoria contínua que procura a redução do desperdício através das pessoas e do trabalho em equipa como um compromisso para a melhoria geral da organização. No

telhado encontram-se os principais objetivos do TPS, sendo eles a melhoria da qualidade, a redução de custos e a redução dos tempos de entrega.

O TPS foi evoluindo, dando lugar ao *Lean Production*, termo pelo qual é conhecido atualmente, conseguindo vincar em inúmeras empresas que adaptaram este conceito à sua cultura empresarial (Pinto, 2008).

2.3.2. Princípios da produção *Lean*

De forma geral, o novo foco passa então a ser o cliente e a sua definição de valor. Para tal, existe um processo de cinco etapas, formalizado por Womack & Jones (1997) no livro "*Lean Thinking: banish waste and create wealth in your corporation*", que se rege pelo seguinte:

1. Especificação do valor: É necessário definir aquilo que, para o cliente, constitui valor para um determinado produto com características específicas a um determinado preço;
2. Identificação da cadeia de valor: A cadeia de valor é constituída por todos os processos desde que a encomenda é processada pelo cliente, até que é entregue ao mesmo. Nesta fase, devem ser identificadas as atividades que acrescentam valor, as que não acrescentam mas são necessárias e as que não acrescentam valor e não são necessárias, consideradas desperdício;
3. Criação de fluxo contínuo: Conceção de um sistema de fluxo contínuo apenas com as atividades que agregam valor ao produto final;
4. Implementação da produção puxada: O cliente é que "puxa" a produção e recebe a quantidade requerida na altura pretendida;
5. Perfeição: Procura constante pela perfeição através da melhoria contínua e da eliminação contínua de desperdícios.

2.3.3. Tipos de desperdício

Nas palavras de Russell & Taylor (1999), o desperdício é definido como qualquer coisa para além das quantidades mínimas de equipamento, materiais, peças, espaço e tempo que são essenciais para agregar valor ao produto. Ohno (1988) identificou sete tipos diferentes de desperdícios:

- Sobreprodução: produção em maior quantidade do que a requerida pelo cliente ou mais cedo do que o pretendido, originando aumentos de stock e *lead-times* longos (Russell & Taylor, 1999);
- Esperas: acontecem quando os materiais, recursos ou informações não estão disponíveis no momento necessário e ocorrem devido a incumprimento de prazos, não conformidades, avarias de equipamentos, rutura de material, *setup*, entre outros (Liker, 2004);

Melhoria de desempenho de uma área produtiva numa multinacional de ferramentas de corte

- Transportes: deslocações excessivas de matérias primas ou produto acabado, causadas por um *layout* ineficiente e sistemas de produção empurrada (Arunagiri & Gnanavelbabu, 2014);
- Movimentações: movimentos realizados pelos operadores que não acrescentam valor ao produto final, provocados por uma má organização dos postos de trabalho, falta de procedimentos de trabalho e disposição incorreta dos equipamentos e ferramentas (Ohno, 1988);
- Inventário: excesso de matéria-prima, produtos intermédios e produtos finais ao longo de todo o sistema produtivo, causado por desequilíbrios na produção, incumprimento de prazos, erros de previsão e compras em grandes lotes (Melton, 2005);
- Sobreprocessamento ou processamento incorreto: execução de um processo com mais operações do que as necessárias ou de forma errada e que não acrescentam valor ao produto, provocado por inexistência de procedimentos normalizados, falta de formação dos colaboradores, uso inadequado das ferramentas de trabalho e imputação de mais qualidade ao produto do que a requerida pelo cliente (Hines & Rich, 1997);
- Defeitos: não conformidades num produto que pode virar sucata ou ser retrabalhado, resultando para ambos os casos num consumo adicional de recursos, tempo e mão-de-obra.

Segundo Liker (2004) e Womack & Jones (1997), existe ainda um oitavo desperdício referente ao não aproveitamento do potencial humano devido à falta de comunicação entre os operadores e a gestão. Quando os operadores não são envolvidos, a gestão irá carecer de ideias e melhorias por parte dos mesmos, pondo um entrave à melhoria contínua.

Para além dos oito desperdícios identificados, que podemos resumir com a palavra japonesa *muda*, é também importante eliminar a variação (*mura*) e a sobrecarga (*muri*) que representam, igualmente, desperdício. Estes três conceitos japoneses, explicados na Figura 5, adaptada de SlideModel (n.d.), podem ser referidos como os três MUs, e podem ser descritos, segundo Imai (2005), como:

- *Muda* (desperdício): qualquer atividade que não acrescente valor;
- *Mura* (variação): ocorre sempre que um fluxo contínuo de trabalho é interrompido, resultando em picos de trabalho intensos e depois momentos de espera;
- *Muri* (sobrecarga): acontece quando os operadores, equipamentos ou processos estão sobrecarregados.

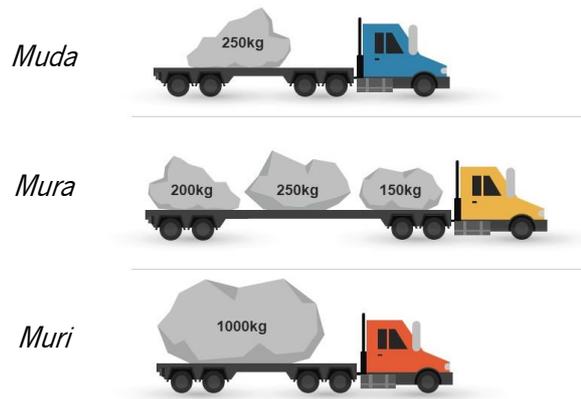


Figura 5 - Os três Mus

2.3.4. Ferramentas *Lean*

Para uma implementação bem sucedida da filosofia *Lean*, é necessária a aplicação de ferramentas e metodologias adequadas aos problemas existentes de forma a criar valor para o cliente, eliminando desperdícios e melhorando os processos produtivos (Maia, Alves, & Leão, 2011).

De seguida, são apresentadas as ferramentas mais relevantes no contexto da presente dissertação.

2.3.4.1. Normalização de trabalho

Segundo Míkva, Prajová, Yakimovich, Korshunov, & Tyurin (2016), a normalização do trabalho é a soma de ações e medidas inter-condicionais que levam a uma unificação racional de soluções recorrentes. De uma forma mais simples, o trabalho normalizado é definido como um conjunto de procedimentos de trabalho que estabelecem os melhores métodos e sequências para cada processo (Productivity Press Development Team, 2002). Este método é utilizado para facilitar os processos produtivos tornando-os eficientes e seguros (Kasul & Motwani, 1997).

De acordo com Monden (2011), os três principais elementos do trabalho normalizado são:

- Tempo de ciclo normalizado: tempo necessário para a produção completa de um produto com a finalidade de responder à procura do cliente;
- Sequência de trabalho normalizada: melhor sequência de trabalho pela qual as tarefas devem ser realizadas;
- *Work-in-progress* (WIP) normalizado: quantidade mínima de stock necessária para a execução do trabalho

Estes três componentes permitem a documentação de processos, a redução da variabilidade, a facilidade na formação de novos operadores, uma possível redução dos acidentes de trabalho e, acima de tudo, uma base para a prática dos princípios associados à melhoria contínua (Míkva et al., 2016).

Dentro do trabalho normalizado, é possível também encontrar as Lições Singulares (LS) que são utilizadas para comunicar aos operadores simples métodos ou padrões de trabalhos revistos ou novos que não exigem um procedimento operativo completo.

2.3.4.2. Metodologia 5S

A metodologia 5S surgiu na Toyota e visa a organização do local de trabalho e a gestão visual através da incorporação dos valores de utilização, organização, limpeza, padronização e disciplina (Bayo-Moriones, Bello-Pintado, & Merino-Díaz de Cerio, 2010). Segundo Pinto (2009), a ferramenta 5S consiste num conjunto de práticas com o objetivo de melhoria dos processos e das pessoas por meio da organização e arrumação dos postos de trabalho mantendo apenas o necessário no local certo e nas quantidades fundamentais.

A sigla 5S tem a sua origem em cinco palavras japonesas descritas por Michalska & Szewieczek (2007):

- *Seiri* (Separar): Separar o que é desnecessário do que é essencial e remover os materiais que não são utilizados;
- *Seiton* (Organizar): Identificar e organizar os materiais de forma a diminuir o tempo de procura dos mesmos e facilitar o trabalho;
- *Seiso* (Limpar): Manter o local de trabalho limpo e arrumado de modo a aumentar a segurança dos operadores e a qualidade dos produtos;
- *Seiketsu* (Normalizar): Depois das três etapas anteriores estarem concluídas, desenvolver regras e procedimentos de limpeza e organização de forma a monitorizar os passos anteriores;
- *Shitsuke* (Compromisso e autodisciplina): Fazer a manutenção das etapas anteriores e implementar a disciplina numa busca pela melhoria contínua

A metodologia 5S é tipicamente a primeira ferramenta *lean* a ser implementada já que as rotinas de organização e ordem são essenciais para um fluxo de atividades mais eficientes (Bayo-Moriones et al., 2010)

2.3.4.3. Gestão visual

De acordo com Pinto (2009), a gestão visual é uma ferramenta de fácil implementação de exposição de dados e informações para o apoio aos colaboradores nas suas operações, permitindo o aumento da eficiência e eficácia das mesmas tornando o panorama produtivo intuitivo e de maior visibilidade.

A gestão visual prende-se com tornar a informação disponível de fácil compreensão de forma a que todas as partes envolvidas nos processos consigam gerir, melhorar, controlar e corrigir os processos produtivos (Bevilacqua, Ciarapica, Mazzuto, & Paciarotti, 2013). Exemplos de gestão visual são as folhas de trabalho padronizado, quadros informativos dos KPI, delimitação de espaços e sistemas *andon* (Shingo, 1982). Os sistemas *andon* são indicadores luminosos colocados nos equipamentos para controlo produtivo. De forma geral, os sistemas *andon* funcionam com duas ou três cores. A cor verde indica que o equipamento está a efetuar as operações de forma regularizada, a cor amarela alerta para a necessidade de um pequeno ajuste e a cor vermelha aparece se o equipamento estiver parado.

Um exemplo de um sistema de gestão visual, amplamente aplicado na área de gestão de *stocks*, é o sistema de duas caixas que é essencialmente um conceito *just-in-time*. Quando os produtos da primeira caixa são retirados, é feito um pedido de reabastecimento. Até o novo produto chegar, a segunda caixa já possui itens iguais aos requeridos prontos para utilização, como ilustrado na Figura 6, retirada de Latest Quality (2018).



Figura 6 - Exemplo de sistema de duas caixas

2.3.4.4. Overall Equipment Effectiveness (OEE)

O OEE ou, em português a eficiência global de um equipamento, é utilizado como indicador de eficiência dos equipamentos em funcionamento no sistema produtivo (Productivity Press Development Team, 1999).

De acordo com Nakajima (1988), o OEE compreende seis grandes perdas categorizadas em disponibilidade, eficiência e qualidade, assim como a afetação das mesmas no tempo produtivo disponível, como é passível de ser observado na Figura 7, retirada de Nakajima (1988).

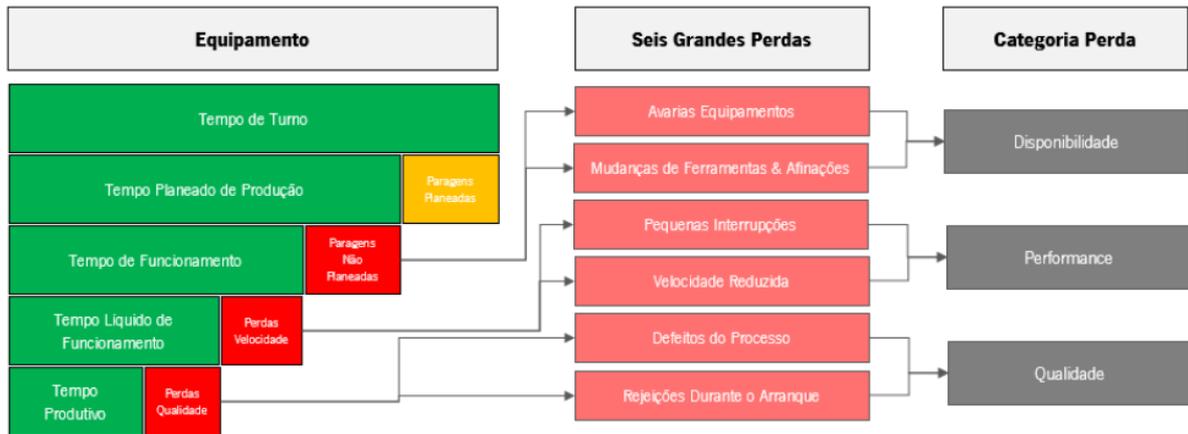


Figura 7 - As seis grandes perdas e as categorias do OEE

O OEE é calculado através da multiplicação dos três fatores, disponibilidade, eficiência e qualidade, reproduzido nas três equações 1, 2 e 3, respetivamente. Da sua definição são excluídas as paragens planeadas, pausas obrigatórias, manutenções planeadas e períodos não produtivos presentes no plano de produção (Andersson & Bellgran, 2015).

$$\text{Disponibilidade (D)} = \frac{\text{Tempo de funcionamento}}{\text{Tempo planeado de produção}} \quad [1]$$

$$\text{Eficiência (P)} = \frac{\text{Produção real}}{\text{Produção teórica}} \quad [2]$$

$$\text{Qualidade (Q)} = \frac{\text{Produção conforme}}{\text{Produção total produzida}} \quad [3]$$

2.4. Total Quality Management (TQM)

O termo “qualidade” é definido de várias formas por um variado número de pessoas e organizações. Fred Smith, CEO da *Federal Express* define a qualidade como o desempenho face ao *standard* expectável pelo cliente (Gomes, 1996). O Departamento de Defesa dos Estados Unidos descreve a qualidade como fazer a coisa certa da primeira vez sempre com vista na satisfação do cliente e na melhoria contínua (Keller & Awakening, 1989). Um dos pioneiros da qualidade, W. Edwards Deming (1986), afirma que a qualidade pode ser apenas definida em termos do sujeito. Na mente do operador de produção, este produz qualidade se puder orgulhar-se do seu trabalho. O conceito de má qualidade, para o operador, significa a perda de negócios ou do seu próprio emprego. Já para a gerência, a qualidade espelha-se na obtenção de números e na satisfação das especificações do cliente. No geral, a qualidade possui diferentes critérios e estes mudam continuamente, dependendo também do sujeito que a define.

As organizações sobrevivem e prosperam num mercado globalmente competitivo fornecendo valor para os seus clientes. A TQM é uma abordagem abrangente que consiste na melhoria contínua das pessoas,

processos, produtos/serviços e ambientes. Nesta abordagem, tudo o que afeta a qualidade é alvo da melhoria contínua e, quando aplicada de forma eficaz, poderá resultar na excelência organizacional, no valor superior e na competitividade global (Goetsch & Davis, 2014).

No campo da TQM podem aplicar-se diferentes ferramentas que contribuem para a melhoria contínua dos processos, produtos e pessoas.

2.4.1. Análise de Pareto

O princípio de Pareto é conhecido nos círculos da qualidade como a regra dos 80/20. Esta regra é utilizada para sustentar que 80% dos problemas de qualidade de uma organização são causados por 20% das fontes de problema. As organizações devem concentrar grande parte dos seus esforços de melhoria na identificação e eliminação das fontes críticas dos problemas (Goetsch & Davis, 2014)

De acordo com Juran (1954), numa série de elementos que precisam de ser controlados, uma pequena fração em termos de número de elementos irá ser sempre responsável por uma grande fração em termos de efeito.

2.4.2. Diagrama de Ishikawa

O diagrama de Ishikawa é também conhecido como “diagrama espinha-de-peixe” dada a sua forma. A “cabeça do peixe” representa o problema principal e as principais causas para o problema integram a “espinha do peixe” (Wong, 2011).

Este diagrama, ilustrado na Figura 8, retirada de Stonner (2017), pode ser elaborado através dos seguintes passos:

- Definição do problema a ser estudado;
- Registo das possíveis causas no diagrama;
- Agrupamento das causas utilizando quando possível a técnica dos 6M, dividindo-as em mão-de-obra, método, matéria prima, medição, meio ambiente e máquina;
- Análise do diagrama selecionando as causas mais importantes;
- Criação de ações corretivas para o problema.

Melhoria de desempenho de uma área produtiva numa multinacional de ferramentas de corte

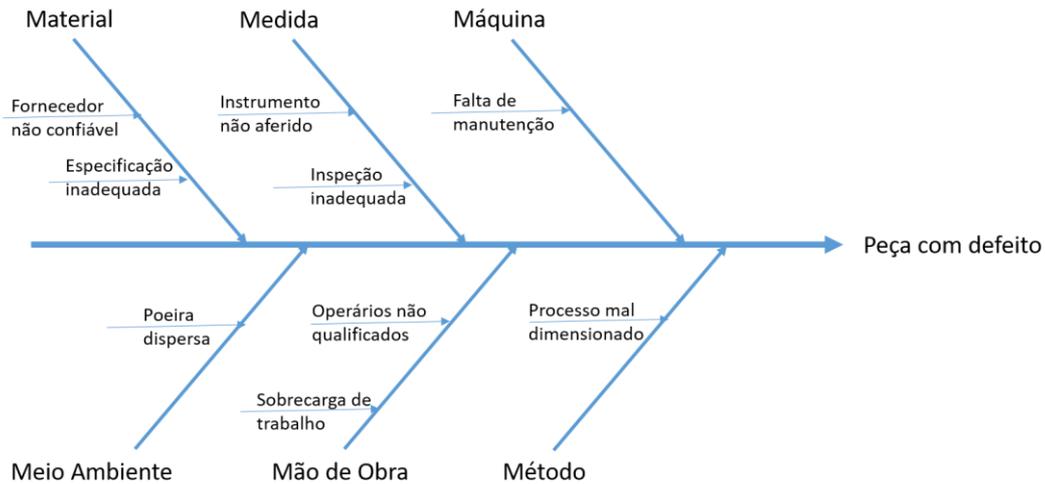


Figura 8 - Exemplo de diagrama de Ishikawa

2.4.3. Análise dos 5-Whys

A análise dos 5-Whys, em português “análise dos cinco porquês”, surgiu da observação da produção da Toyota por parte de Taiichi Ohno. Sempre que existiam erros no ambiente produtivo, os operadores culpavam sempre o colega de trabalho. Ohno percebeu que os erros são inevitáveis e que a melhor forma de os reduzir é a de identificar a sua causa raiz e atuar nesse sentido (Ohno, 1988). A melhor ferramenta, segundo este, para os problemas no sistema de produção é a análise dos 5-Whys. O exemplo dado por Ohno (1988) é o seguinte:

Why 1: Porque é que o robot parou?

O circuito estava sobrecarregado, queimando o fusível.

Why 2: Porque é que o circuito estava sobrecarregado?

Não existia lubrificação suficiente nos rolamentos provocando o seu bloqueio.

Why 3: Porque é que não existia lubrificação suficiente?

A bomba de injeção de óleo não estava a funcionar corretamente.

Why 4: Porque é que a bomba não estava a funcionar corretamente?

O orifício de entrada da bomba está obstruído com lascas de metal.

Why 5: Porque é que o orifício está obstruído com lascas de metal?

A bomba não possui um filtro.

A solução para este caso prático seria a da instalação de um filtro no orifício de entrada da bomba de injeção de óleo, eliminando, neste caso, uma das causas raiz do problema de paragem do robot.

2.5. A sinergia entre a filosofia *Lean* e o TQM

O *lean* impulsiona o TQM. O TQM defende que a qualidade dos produtos e processos é da responsabilidade de todos os envolvidos na criação ou consumo do produto ou serviço. Estes produtos ou serviços produzidos na organização requerem o envolvimento da gestão, mão-de-obra e fornecedores para responder às expectativas do cliente final. A filosofia *lean* é uma das ferramentas que podem ser aplicadas para chegar à excelência organizacional do TQM, sendo que considera que qualquer investimento de recursos em algo que não a criação de valor para o cliente é puro desperdício. No *lean*, o valor é definido como qualquer ação ou processo pelo qual o cliente esteja disposto a pagar (Dubey, 2014).

3. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

Neste capítulo é apresentada a empresa onde foi realizado o presente projeto de dissertação através da descrição breve da sua história e evolução, das principais matérias primas e produtos finais, assim como do sistema produtivo.

3.1. Identificação e localização

O Grupo Frezite, local onde o projeto de dissertação foi desenvolvido, tem sede na Trofa, região do Porto, e foi fundado em 1978, dedicando-se desde aí à engenharia de soluções para ferramentas de corte com aplicação nas indústrias de transformação da madeira, plásticos, compósitos e metais. Inserido no competitivo mercado profissional, o Grupo Frezite tem pautado o seu crescimento pela solidez e sustentabilidade estando presente em mais de 60 países distribuídos pelo mundo inteiro.

Atualmente, o Grupo Frezite dedica-se a quatro Unidades Estratégicas de Negócio (UEN), representadas na Figura 9.

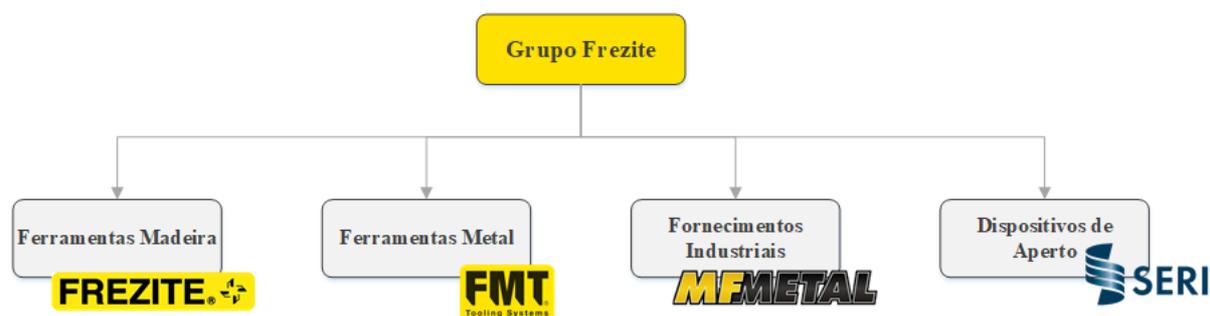


Figura 9 - Unidades Estratégicas de Negócio do Grupo Frezite

O presente projeto de dissertação foi desenvolvido na FMT, Frezite Metal Tooling (Figura 10), unidade de negócio dedicada a ferramentas especiais para aplicação no metal. Criada em 2005, a FMT surgiu das necessidades específicas dos mercados automóvel e aeroespacial.



Figura 10 - Entrada principal da FMT em Portugal, retirada de <https://www.fmttooling.com/en/about-us/company-identification>

3.2. História e evolução da FMT

As oportunidades impulsionadas pelo rápido crescimento dos setores automóvel e aeroespacial, a par dos mais de 30 anos de experiência da Frezite, conduziram à criação da FMT no ano de 2005 e à inauguração de instalações próprias no ano seguinte. Desde a sua fundação e através de uma forte estratégia de internacionalização, a FMT tem crescido exponencialmente contando já com uma marca consolidada no mercado internacional com unidades produtivas na Alemanha, Brasil, Espanha, México, Reino Unido, República Checa e Polónia.

Atualmente, a empresa emprega cerca de 80 colaboradores devidamente distribuídos pelas diversas áreas e departamentos existentes. Incorporando uma filosofia de inovação, a FMT dispõe também de um centro de desenvolvimento e investigação que aposta num serviço cada vez mais próximo do cliente, de forma a oferecer soluções adequadas às suas necessidades. A Tabela 1 apresenta os principais marcos na história da FMT.

Tabela 1 - Marcos importantes na história da FMT



3.3. Matérias primas e produtos finais

As principais matérias primas utilizadas para as ferramentas de corte para metal são o metal duro, o aço e o diamante policristalino (PCD). Para a produção destas, são indispensáveis também as mós - objetos abrasivos de formato variável constituídos por um material compósito que agrega partículas ligadas por uma matriz de cimentação.

Os produtos desenvolvidos na empresa são produtos especiais adaptados à exigência de aplicação de cada cliente, e podem ser brocas, fresas, pastilhas, cartuchos, discos, escareadores, mandris ou machos. O corpo da ferramenta poderá ser em metal duro ou aço, podendo ter cortantes em PCD ou metal duro. Alguns exemplos são apresentados na Figura 11.



Figura 11 - Ferramentas de corte a) cartuxo em aço com cortante em metal duro b) fresa em metal duro com cortante em PCD c) broca em metal duro

Estes produtos altamente customizáveis são vendidos a clientes como Renault, Volkswagen, Airbus e Boeing.

3.4. Descrição do sistema de produção

O sistema de produção da empresa está dividido em: Projeto e Desenho, Logística, Produção, Montagem e Inspeção. É apresentada de seguida uma breve descrição de cada uma das áreas onde as várias etapas do processo produtivo são desenvolvidas.

3.4.1. Projeto e Desenho

O sistema produtivo é iniciado na área do projeto e desenho. Aqui, são elaborados os projetos de acordo com os requisitos indicados pelo cliente que, depois de aprovados, são transformados em desenhos técnicos padronizados para leitura na área da Produção. Paralelamente são criadas as ordens de fabrico que incluem a rota, a quantidade de cada lote e as matérias primas necessárias.

3.4.2. Logística

A logística é a área de receção e de expedição. As matérias primas chegam a esta área e são analisadas para que seja garantida a qualidade do produto recebido. Como parte integrante da logística, é no serrote que são cortadas todas as matérias primas necessárias aos centros produtivos para serem posteriormente distribuídas em caixas (representativas dos lotes) e serem enviadas para os respetivos

Melhoria de desempenho de uma área produtiva numa multinacional de ferramentas de corte

centros produtivos com a devida ordem de fabrico anexada. No final do processo, a logística trata também da expedição do produto final.

3.4.3. Produção

A unidade de produção pode ser dividida de forma macro em “Aço”, “Metal Duro” e “Diamante”.

A área do aço é iniciada nos tornos, onde são torneadas as barras de aço, seguindo para a fresagem.

Na área do metal duro, a matéria prima é primeiramente transformada na retificação passando depois para a fresagem.

A área referente ao diamante inicia-se na soldadura, onde são soldados os cortantes de diamante aos corpos em aço ou em metal duro, para depois serem fresados e, por fim, retificados.

3.4.4. Montagem e Inspeção

A área da montagem recebe todas as ferramentas da unidade produtiva. Aqui, as ferramentas são limpas, devidamente gravadas com o logótipo e código interno da empresa e embaladas, seguindo para a inspeção. Nesta área, as ferramentas são inspecionadas através do controlo visual, medição de cotas e verificação de batimento. No final, todas as ferramentas são enviadas para a logística para serem expedidas.

O *layout* geral do sistema de produção é ilustrado na Figura 12.

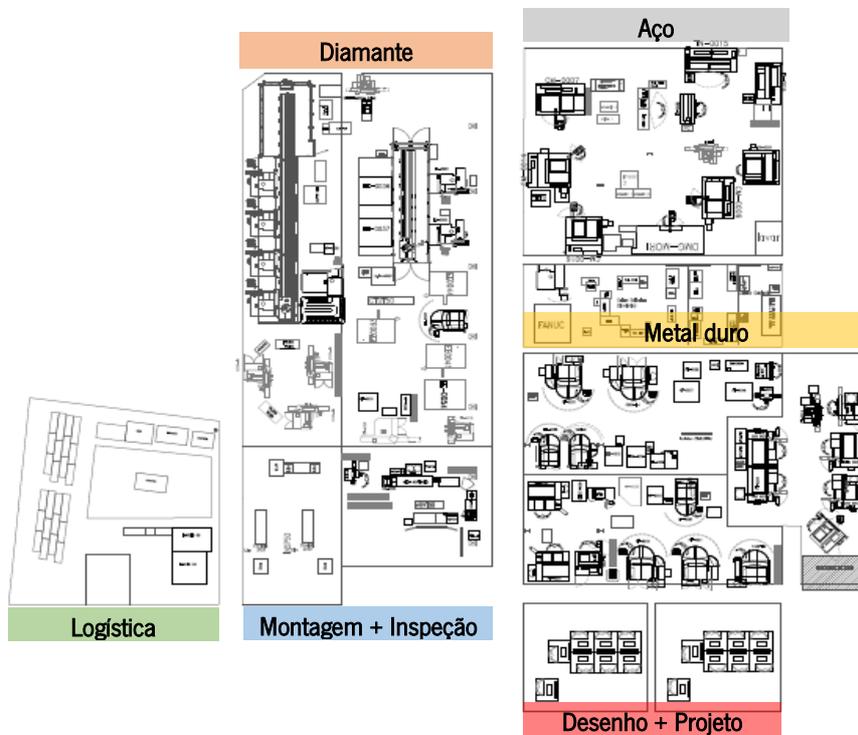


Figura 12 – Layout geral do sistema de produção da FMT

4. DESCRIÇÃO E ANÁLISE CRÍTICA DA SITUAÇÃO ATUAL

Este capítulo apresenta a descrição e análise crítica da situação atual da área do metal duro onde o presente projeto foi desenvolvido.

4.1. Descrição da área do metal duro da FMT

O mercado automóvel – maior mercado da FMT no panorama atual - tem vindo a enfrentar uma necessidade crescente de reestruturação e renovação de necessidades, provocando um efeito em cadeia nos seus fornecedores dando prioridade competitiva àqueles que apresentam uma maior flexibilidade. Nesta ótica, é crucial a entrega de produtos com a máxima qualidade no menor tempo possível. Com um aumento da procura nos anos de 2017 e 2018 na área do metal duro (Figura 13) e uma perspetiva de crescimento para o ano de 2019, tornou-se imprescindível o foco na cadeia de valor.

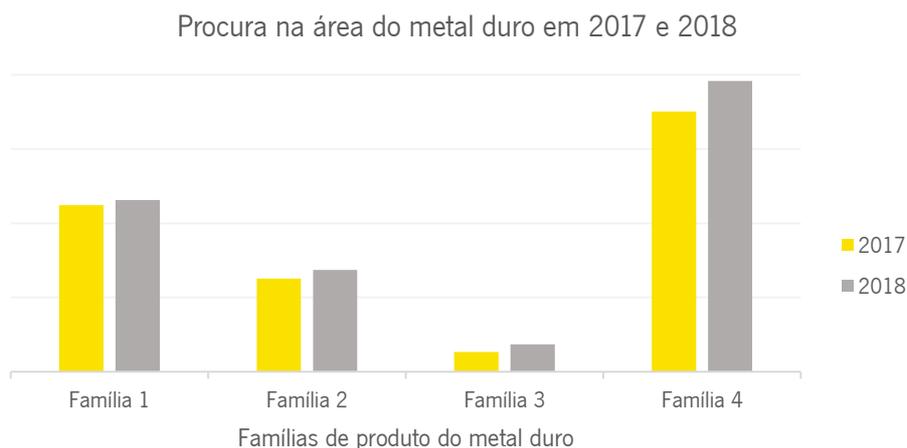


Figura 13 - Gráfico referente à procura na área de metal duro nos anos de 2017 e 2018

Ademais, a área escolhida é a área produtiva com menor desenvolvimento dos recursos humanos e tecnológicos na empresa, sendo evidente a necessidade de ação nestes dois âmbitos. A área produtiva em análise é composta pelos centros de Retificação, Fresagem MD e Fresagem PCD, devidamente ilustrados na Figura 14.

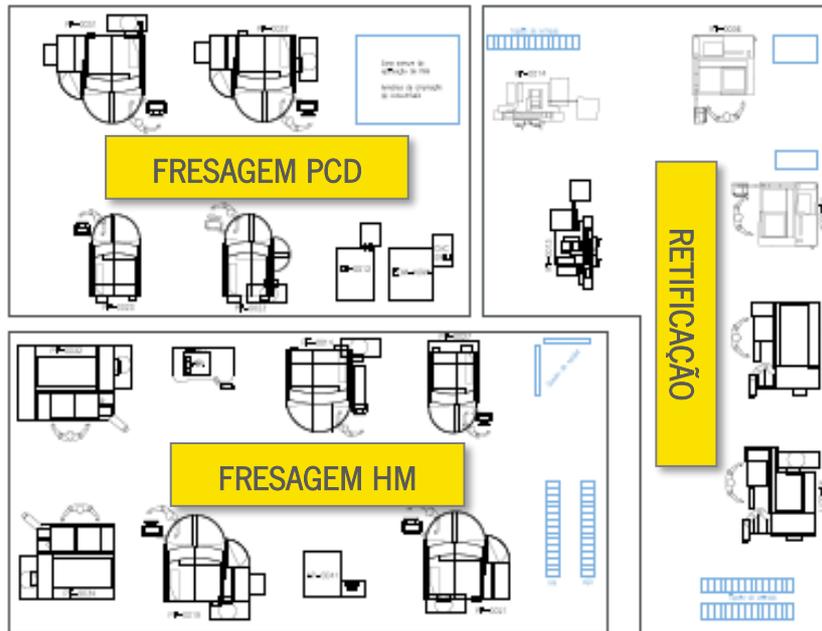


Figura 14 - Layout geral da área do metal duro

4.1.1. Descrição do produto

As ferramentas de corte desenvolvidas pela FMT na área do metal duro podem ser divididas em brocas, fresas e mandris. As brocas (Figura 15a) são utilizadas para fazer furos cilíndricos através da rotação, enquanto que as fresas (Figura 15b) são usadas para a remoção de material em todas as direções deixando a peça com a forma e dimensões desejadas. Os mandris (Figura 15c) são ferramentas que permitem apenas alargar furos previamente executados, permitindo uma boa precisão e acabamento do furo.

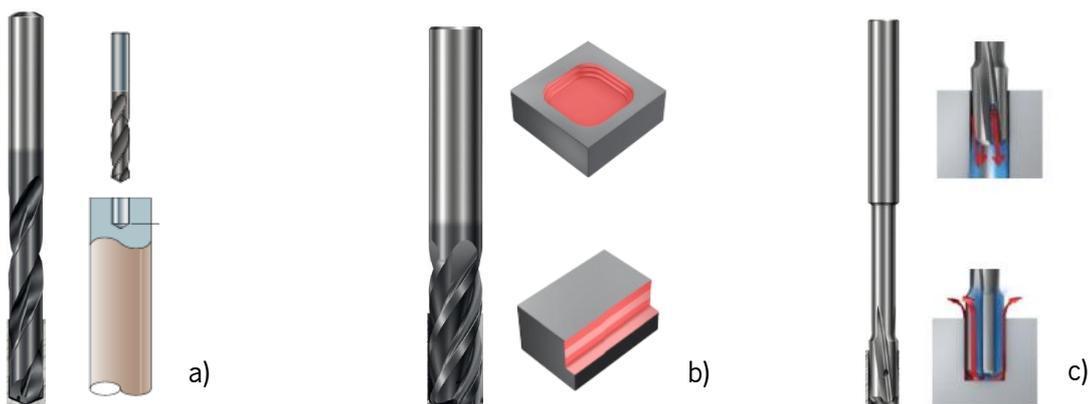


Figura 15 - Ferramentas produzidas na área do metal duro a) broca b) fresa c) mandril

Atendendo às similaridades no fluxo e no processo produtivos, foram criadas famílias de produtos. Na área do metal duro estão incluídas as famílias descritas na Tabela 2 e ilustradas na Figura 16.

Tabela 2 - Famílias de produtos da área do metal duro

Nomenclatura da família	Descrição / Composição
HM	Corpo em metal duro
PCD	Corpo em metal duro + cortantes PCD (diamante)
AÇO	Corpo em aço + cortantes em metal duro



Figura 16 - Ferramentas de corte das famílias a) HM b) PCD c) AÇO

Numa mesma família, os produtos diferem apenas na sua geometria (Figura 17)

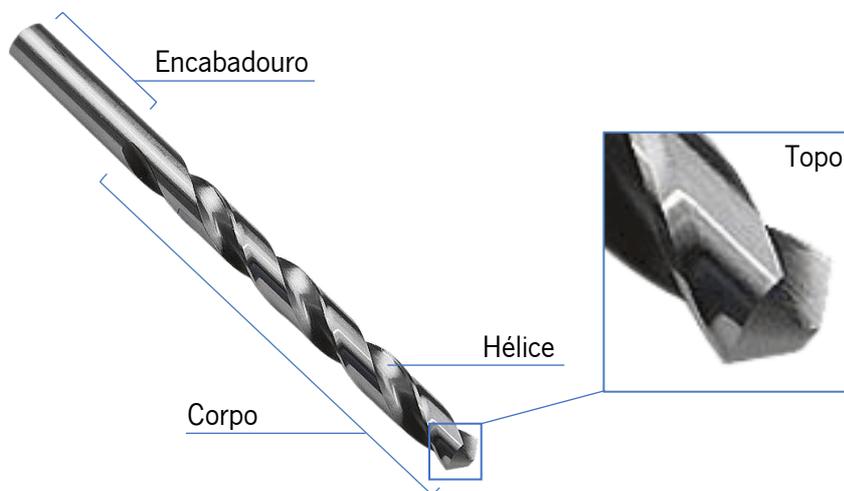


Figura 17 - Geometria geral das ferramentas de corte

De uma forma macro, os produtos poderão diferenciar-se na hélice, topo, número de cortantes e dimensões. De uma forma micro, podem ainda distinguir-se em diferentes ângulos de corte, quantidade de diâmetros diferentes (*steps*), ângulos de hélice e de topo, entre outros, numa infinidade de combinações.

4.1.2. Fluxo produtivo por família

O fluxo produtivo focalizado na área do metal duro para as famílias em estudo está representado na Figura 18. O fluxo completo poderá ser consultado no Apêndice I.

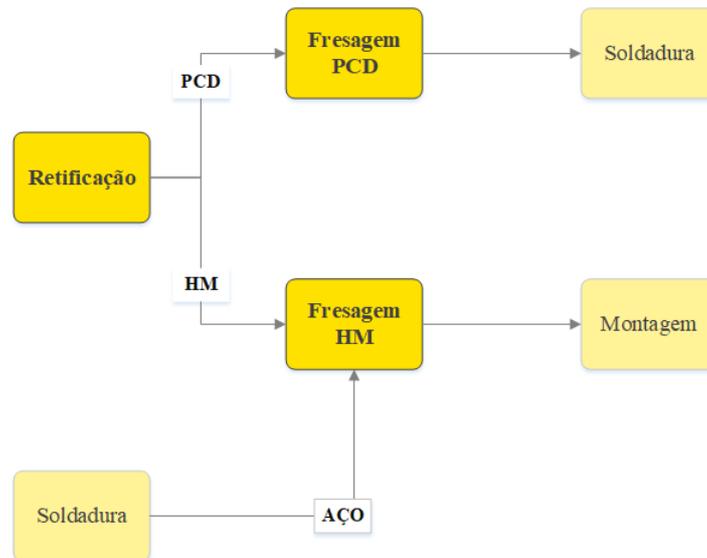


Figura 18 - Fluxo produtivo da área do metal duro

O centro de “Retificação” é o centro responsável pela retificação de barras de metal duro. Trabalhando apenas com a parte cilíndrica da peça, é neste centro que são realizadas as reduções ao diâmetro pretendidas para cada ferramenta. Daqui, saem barras retificadas que alimentarão os centros de “Fresagem PCD” e “Fresagem HM”. Ambos os centros executam a fresagem das barras de metal duro previamente retificadas, diferindo apenas no tipo de família auferida pelos mesmos.

O centro de “Fresagem HM” fabrica o produto final (Família HM) que é a ferramenta em metal duro integral, seguindo para a “Montagem”. O centro de “Fresagem PCD”, embora realize praticamente o mesmo trabalho operativo que o centro de “Fresagem HM” fornece apenas um produto intermédio (Família PCD) – ferramenta em metal duro onde irão ser soldados cortantes de PCD – que seguirá para a “Soldadura”.

Ainda no centro de “Fresagem HM”, é realizada a fresagem aos cortantes de metal duro nas ferramentas constituídas por um corpo em aço e cortantes em metal duro (Família AÇO). Mais uma vez, este é já o produto final que seguirá diretamente para a “Montagem”.

4.1.3. Fluxo interno por centro

Retificação

A matéria prima poderá chegar ao centro de “Retificação” de três formas: barra em bruto, barra polida e barra entre pontos. A barra designa-se por um objeto cilíndrico em metal duro.

A barra em bruto (Figura 19-1) tem um aspeto visualmente rugoso e é utilizada nos casos em que não existe barra polida no diâmetro requerido para a ferramenta. Nesta condição, a matéria prima terá de ser transformada de barra em bruto para barra polida, com o apoio das máquinas de polimento (Figura 19-A) para, posteriormente, ser devidamente retificada de acordo com o solicitado pelo cliente.

A barra polida (Figura 19-2) possui um aspeto brilhante e é suave ao toque, tendo o acabamento adequado ao produto final do centro de “Retificação”. Através das máquinas retificadoras (Figura 19-B), é realizada a redução ao diâmetro (retificação) transformando-as em barras retificadas e prontas para os centros seguintes.

A barra entre pontos (Figura 19-3) é uma barra polida com furos interiores nas extremidades. É comumente utilizada no caso de barras com comprimentos geralmente superiores a 150mm. Devido ao aperto exigido por estas barras, estas podem ser apenas retificadas em máquinas retificadoras manuais (Figura 19-C).

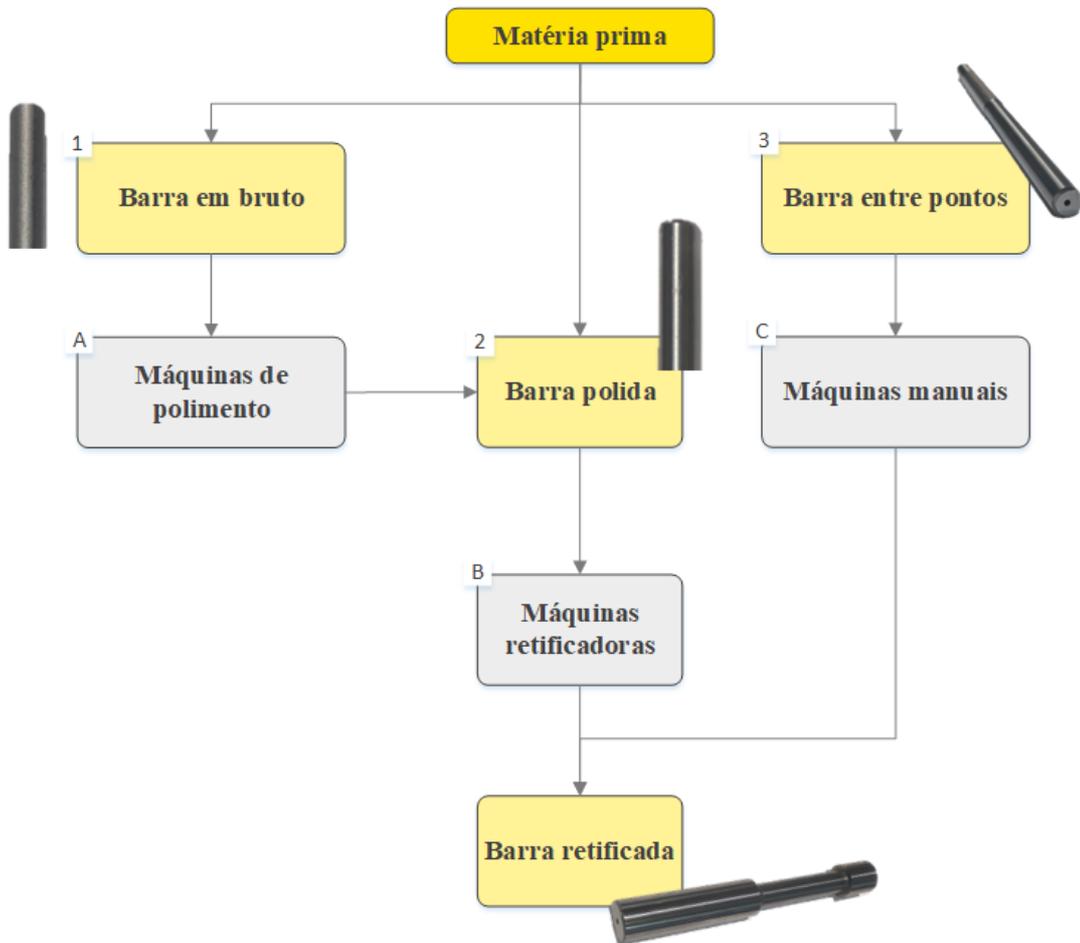


Figura 19 - Fluxo interno do centro de Retificação

Fresagem HM – Família HM

O centro de “Fresagem HM” para a família HM recebe as barras retificadas em metal duro, procede à fresagem dessas barras e transporta-as para o centro de “Montagem”, onde irão ser embaladas e posteriormente enviadas para inspeção e logística.

O processo de fresagem é a alteração da forma da barra através da remoção de material desnecessário até à obtenção da geometria pretendida. É executado em máquinas de comando numérico computadorizado (CNC) com 5 eixos que permitem uma precisão equivalente à milésima parte do milímetro (Figura 21). Os consumíveis utilizados nestas máquinas para a fresagem são designados por mós (Figura 20).

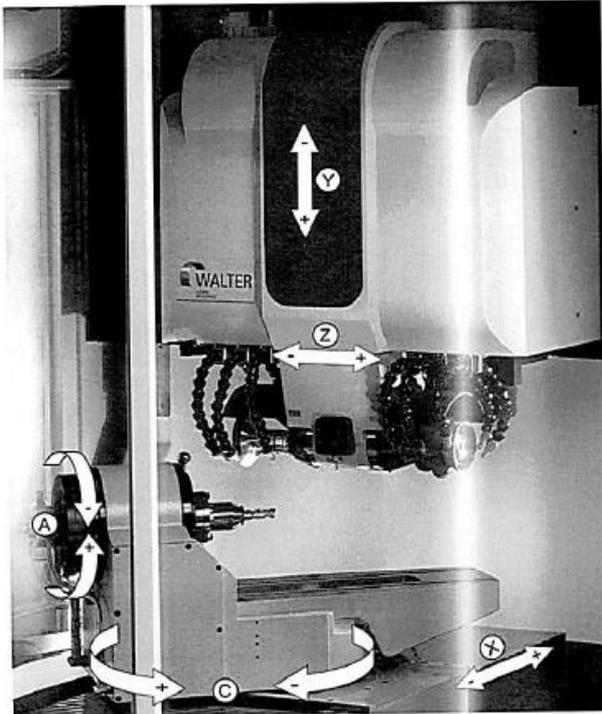


Figura 21 - Máquina CNC com 5 eixos



Figura 20 - Trabalho de mó em máquina CNC

Em termos operacionais, a fresagem é constituída pelas operações executadas no corpo da ferramenta (Figura 22-1), maioritariamente relacionadas com a hélice, e pelas operações no topo (Figura 22-2). No seu conjunto, irão conferir à ferramenta propriedades de corte e de escoamento da apara (material retirado aquando da utilização da ferramenta de corte pelo cliente).

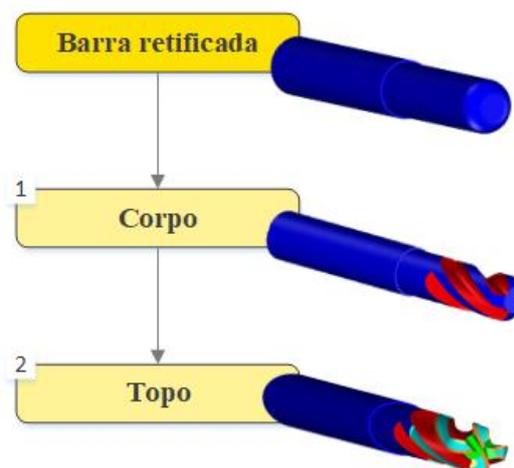


Figura 22 - Fluxo de operações no centro de Fresagem HM-Família HM

Fresagem HM – Família AÇO

O centro de “Fresagem HM” para a família AÇO recebe as ferramentas compostas por aço (corpo) e metal duro (cortantes) maquinando apenas a parte em metal duro. Os cortantes irão passar então pelas operações de facejamento (Figura 23-1) e perfilagem (Figura 23-2).

O facejamento do cortante é realizado na face do mesmo, no plano frontal, e consiste na remoção de uma mínima quantidade de material deixando um acabamento liso, brilhante e suave ao toque no cortante. A perfilagem é a operação de fresagem do cortante de forma a obter o perfil pretendido no plano sagital. É realizada da mesma forma que a fresagem na família HM e daqui sai o produto final que é enviado para o centro de “Montagem”, onde irão ser embaladas e posteriormente enviadas para a inspeção e logística.



Figura 23 - Fluxo de operações no centro de Fresagem HM – Família AÇO

Fresagem PCD

O centro de “Fresagem de PCD” funciona praticamente da mesma forma que o centro “Fresagem HM” para a família HM, acrescentando apenas a operação de encaixe (Figura 24-3). O encaixe é uma zona rebaixada com o formato do cortante onde irá ser soldado o cortante de PCD no centro de “Soldadura”. Depois deste centro, a ferramenta segue para a fresagem dos cortantes de PCD e posteriormente para a Montagem, Inspeção e Logística.

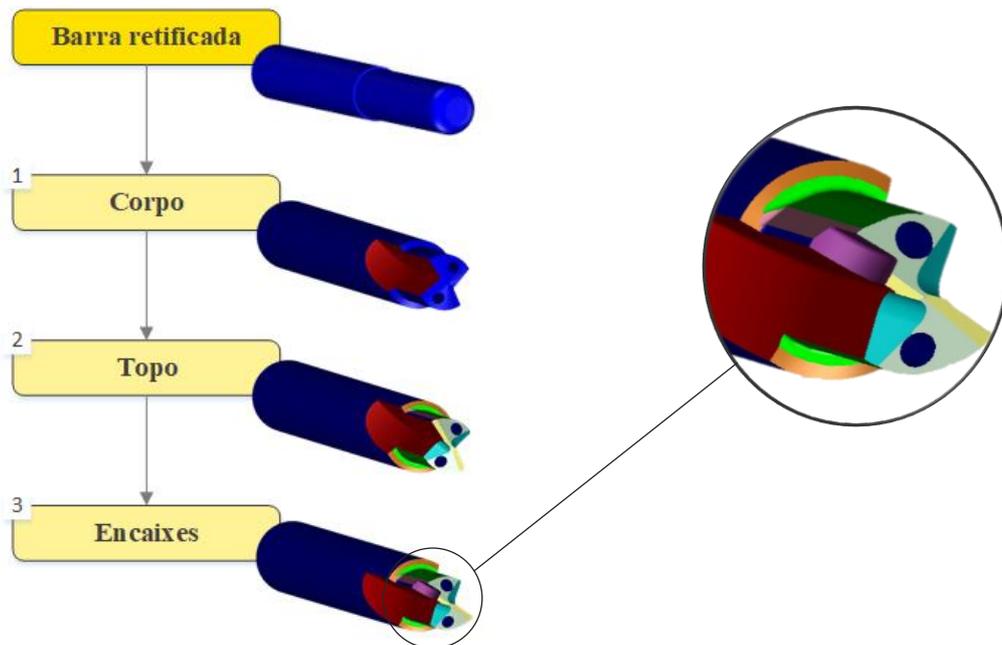


Figura 24 - Fluxo de operações no centro de Fresagem PCD

4.1.4. KPI's atuais

Cada centro produtivo é avaliado em termos de qualidade e produtividade, através dos valores de *output*, percentagem de não conformidades e reclamações imputadas ao seu centro e *lead time*.

O *output* diário de cada centro em termos monetários é na base dos milhares e em termos de quantidade na base das centenas. Em 2018, na área do metal duro, a percentagem de quantidade não conforme em relação à quantidade total produzida foi de 0,6%. Os *lead times* são calculados por família de ferramentas e têm em consideração a capacidade produtiva de cada centro.

4.2. Análise crítica e identificação de problemas

Na análise da situação atual e para a correta identificação de problemas, a estratégia utilizada foi:

- A nível interno, dentro de cada centro produtivo, a marcação de círculos de *Ohno* para a observação contínua do que acontece efetivamente na área de produção. Os círculos e a observação crítica do que acontece em cada centro produtivo permitiu a identificação de desperdícios, o estudo de tempos e o levantamento de problemas inerentes tanto ao método produtivo, como à equipa e ao fluxo interno.
- A nível externo, o fluxo entre centros produtivos foi abordado numa perspetiva de “fornecedor-cliente” com a questão base “O que facilitaria o seu trabalho?”. Daqui foi possível extrapolar melhorias aos processos produtivos que, de outro modo, não conseguiriam ser identificadas.

Nos dois níveis, o debate e *feedback* contínuo dos operadores foi fulcral para a identificação dos problemas e, maioritariamente, para a compreensão dos mesmos de forma a chegar à verdadeira causa raiz.

Os problemas apresentados serão categorizados por centro produtivo e em problemas associados à gestão.

4.2.1. Retificação

Um dos valores intrínsecos ao Grupo Frezite é a qualidade dos seus produtos. Desta forma, todos os operadores reconhecem a importância e têm a responsabilidade de assegurar a qualidade do produto, não transmitindo qualquer material defeituoso para o próximo centro produtivo. Como tal, no ano de 2018, foi criado um sistema de registo de não conformidades (NC) em que os operadores ao detetarem uma não conformidade identificam a sua causa e o centro produtivo em que ocorreu, bem como o tratamento da mesma, como é ilustrado pelo exemplo na Figura 25.

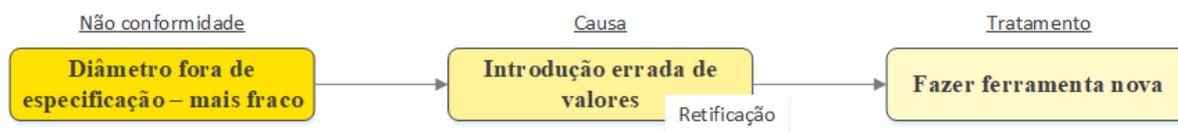


Figura 25 - Exemplo do sistema de registo de não conformidades

Apesar de nesse ano este sistema ainda estar em implementação e ter provado a sua eficácia apenas no 2º semestre, foi possível perceber quais as não conformidades mais frequentes (Tabela 3).

Tabela 3 - Não conformidades do centro de retificação no ano de 2018

Não Conformidade	2018
Diâmetro fora de especificação - mais fraco	14
Rectificação não conforme/fora de especificação	8
Encadouro fora de especificação - mais fraco	4
Dimensional	4
Batimento fora de especificação	3
Acabamento fora de especificação	3
Offset errado	2
Corpo fora de cotas	1
Afiamento incompleto	1
Ferramenta danificada por impacto	1
Furo desviado	1
Geometria fora de especificação	1
Diâmetro fora de especificação - mais forte	1
Cota fora de especificação - mais fraca	1
Vibração	1
Encadouro fora de especificação - mais forte	1
Total	48

Aproximadamente 30% das NCs identificadas em 2018 são representadas pela não conformidade “diâmetro fora de especificação – mais fraco” (diâmetro inferior ao requerido) no centro de “Retificação”. De forma a realizar o levantamento das principais causas para o problema em questão, foi elaborado em conjunto com os colaboradores um diagrama de *Ishikawa* dividido pelas categorias que melhor se adequam ao processo produtivo: Máquina, Método, Homem e Medição. De seguida, e após o cruzamento de dados com o *software* de registo de não conformidades, foram seleccionadas as causas com maior impacto no problema (assinaladas a vermelho na Figura 26)

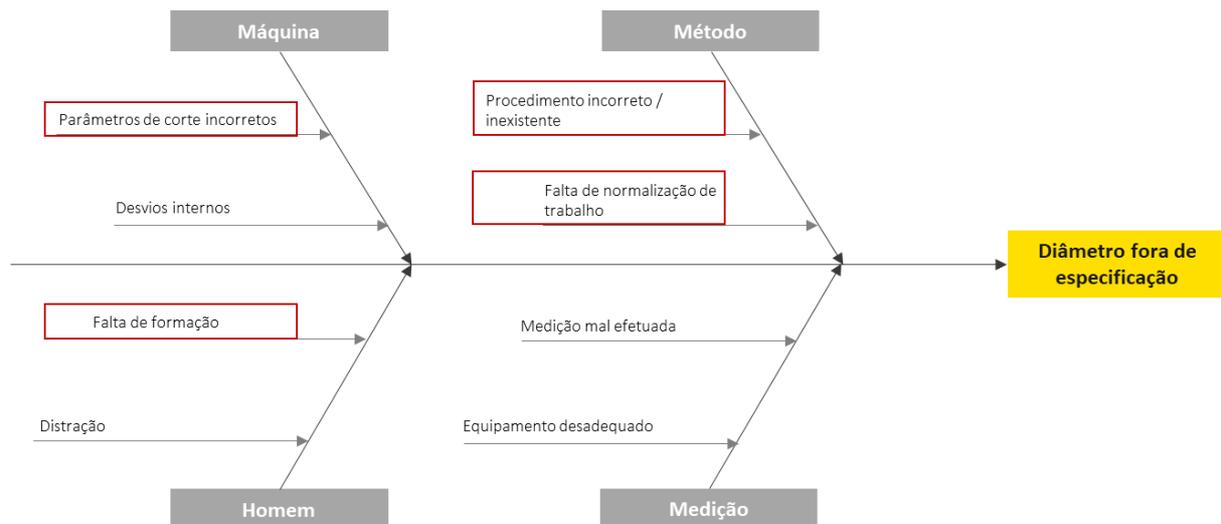


Figura 26 - Diagrama de Ishikawa da não conformidade "Diâmetro fora de especificação"

Nesta fase, é importante descobrir a causa raiz para as principais causas levantadas. Assim, tornou-se imprescindível a compreensão minuciosa do método produtivo e das operações aí executadas com a ajuda dos operadores que lhes estão afetas.

4.2.1.1. Introdução de parâmetros de corte incorretos

Uma ferramenta simples, mas que se tornou muito prática e eficaz na resolução de problemas foi a ferramenta *5-Whys*. Através de iterações interrogativas múltiplas, foi possível explorar a relação causa-efeito entre o problema e a sua causa raiz (Figura 27)

PROBLEMA: Introdução de parâmetros de corte incorretos

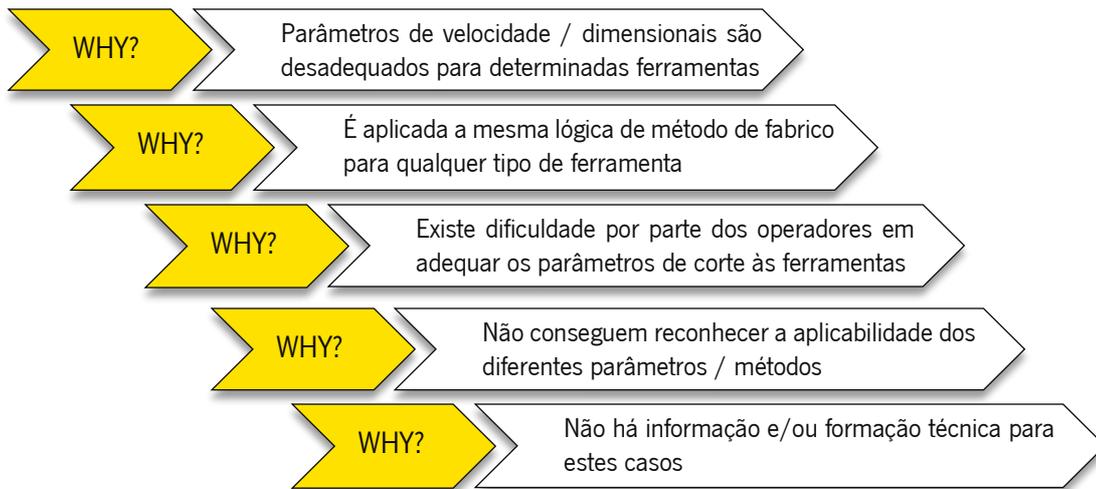


Figura 27 - Aplicação da ferramenta 5-Whys no problema "Introdução de parâmetros de corte incorretos"

Para o problema "Introdução de parâmetros de corte incorretos" é possível dividir os parâmetros em velocidades de corte e parâmetros dimensionais. Para ambos os casos não existia qualquer informação técnica que pudesse ser consultada pelos operadores e que os ajudasse na introdução correta de parâmetros. Por conseguinte, estes apoiavam-se na experiência profissional para fazerem juízos considerados razoáveis quando se tratavam de determinadas ferramentas. Mesmo para os casos em que os parâmetros de corte inseridos produziam um produto de qualidade, não havia uma certeza de que esses seriam os parâmetros "ótimos" para a produção daquele determinado produto, existindo a possibilidade de as máquinas estarem a trabalhar abaixo da sua capacidade.

4.2.1.2. Formação insuficiente

A falta de formação é uma das causas para os diversos problemas relacionados com os recursos humanos neste centro produtivo:

- Matriz de polivalência desatualizada e desadequada (Figura 28);
- Inexistência de conteúdo formativo para qualquer nível de aprendizagem;
- Planos formativos de evolução do operador desconectados das necessidades do mesmo e/ou da empresa.

No seu conjunto, estas questões refletem-se numa sobrecarga nos operadores com maior polivalência num mesmo centro, na falta de motivação e na inexistência de polivalência na operação em determinadas máquinas.

FMT Matriz de Polivalência									
Equipa	CÉLULA E993							Formação prevista	Data de conclusão
	PF0020	PF0015	PF0023	PF0031	PROGRAMAÇÃO WWM	PROGRAMAÇÃO TOOLSTUDIO	MÁQUINA FURAR		
Ricardo Cerqueira									_/ _/ _/
Marco Tedim									_/ _/ _/
Renato Couto									_/ _/ _/
Marco Andrade									_/ _/ _/

	Em formação, não garante Qualidade nem Quantidade		Garante Qualidade e Quantidade
	Garante Qualidade mas não garante Quantidade		Sabe formar

Figura 28 - Matriz de polivalência atual do centro de Retificação

4.2.1.3. Falta de normalização de trabalho

A falta de normalização de trabalho, numa indústria baseada na abordagem produtiva de *engineer-to-order*, é um assunto delicado que muitas vezes levantava a questão “Se tudo o que fazemos é diferente, como é que é expectável encontrar um padrão?”. No entanto, embora o produto final seja o expoente da personalização, as máquinas e o *software* utilizado são um ponto em comum entre todos os produtos. Durante as diversas resoluções de problemas e mediante uma observação contínua do *modus operandi* de cada colaborador, foi possível perceber a falta de partilha de conhecimento entre cada um deles e o desconhecimento de todas as funcionalidades do *software* com que trabalhavam diariamente. Para efeitos de consciencialização para esta problemática, foi pedido a todos os operadores do centro que fizessem um mesmo programa. No final, o resultado foi igual para todos os operadores mas todos os programas eram diferentes, o que se espelha em diferentes tempos produtivos para um mesmo produto e um nível diferente de desgaste dos consumíveis da máquina.

4.2.1.4. Valores de disponibilidade inferiores ao esperado

Foi realizado um estudo dos tempos não produtivos do centro durante um período de observação total de 32 horas (2 vezes 2 turnos de 8 horas), conforme ilustrado na Figura 29. Das 32 horas, em média 33% são referentes a tempos não produtivos. Um exemplo do registo de tempos encontra-se no Apêndice II.

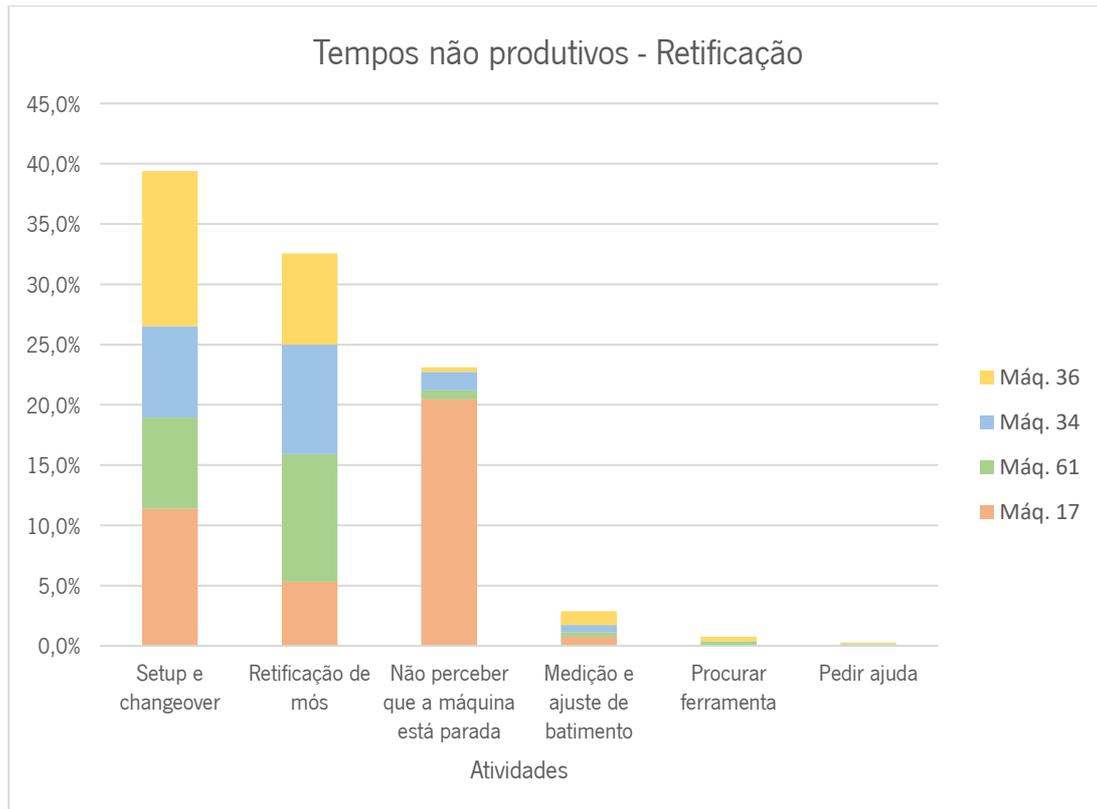


Figura 29 - Gráfico representativo dos tempos não produtivos do centro de retificação

Foi possível concluir que os três motivos de paragem mais frequentes e com mais impacto no valor de disponibilidade das máquinas estão associados a:

- Tempos de *setup* e *changeover*;
- Tempos de retificação de mós.

Esta paragem corresponde a uma atividade externa que pode ser realizada enquanto as máquinas estão em funcionamento. Atualmente, os operadores apercebem-se de que a mó apresenta desgaste, retiram-na da máquina, procedem à retificação da mó em local próprio para o efeito, e voltam a introduzir a mó na máquina. Durante esta sequência, a máquina encontra-se parada e este é um problema comum a todo o centro.

- Tempos em que o operador não se apercebe que a máquina não está em operação;

Esta paragem está relacionada, essencialmente, com um dos equipamentos (máquina 17) por ter uma proteção opaca que não permite perceber à distância se a máquina está ou não em funcionamento. A disponibilidade do equipamento, na ordem dos 52%, muito abaixo dos restantes, espelha esta situação (Figura 30).

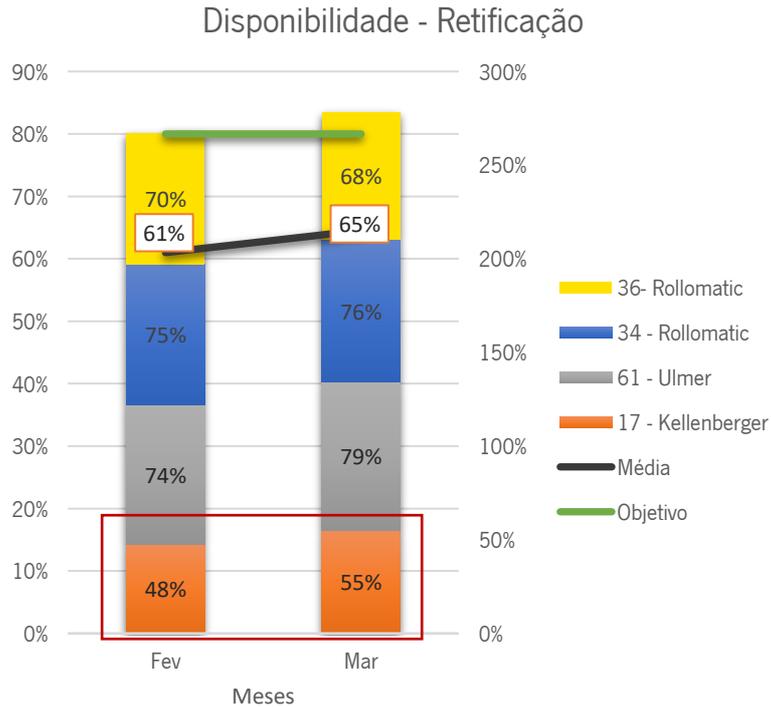


Figura 30 - Gráfico da disponibilidade dos equipamentos do centro de retificação

4.2.2. Fresagem HM

4.2.2.1. Tabelas técnicas desatualizadas

Aplicando a mesma lógica inicial e tendo em conta os valores de não conformidades e reclamações, foi realizado um estudo de avaliação das não conformidades e causas de reclamação mais frequentes e a respetiva causa raiz para o centro de “Fresagem HM”.

Com aproximadamente 40% de frequência relativa, de acordo com a Tabela 4, as não conformidades “Acabamento fora de especificação” e “Fresagem não conforme” foram os defeitos com maior incidência no centro produtivo em questão e, em 92% dos casos, a causa raiz foi a de “Indefinição dos parâmetros de corte”.

Ao longo dos anos, a complexidade das ferramentas de corte foi aumentando de forma a dar a melhor resposta ao cliente, assim como as máquinas de produção utilizadas e o seu *software*. Este crescimento tecnológico não foi acompanhado pela parte de engenharia que confere as propriedades de corte às ferramentas. Neste sentido, as tabelas técnicas pelas quais se rege a produção e o departamento responsável pela conceção dos desenhos técnicos são insuficientes para a nova complexidade das ferramentas e estão desatualizadas, levando ao erro e ao defeito.

Tabela 4 - Não conformidades do centro de fresagem HM no ano de 2018

Não Conformidade	2018
Acabamento fora de especificação	18
Fresagem não conforme	10
Diâmetro fora de especificação - mais fraco	7
Ferramenta danificada	6
Geometria fora de especificação	4
Corpo fora de cotas	4
Cota fora de especificação - mais fraca	4
Cota fora de especificação - mais forte	3
Saída fora de especificação	3
Afiamento incompleto	3
Encabadouro fora de especificação - mais forte	3
Diâmetro fora de especificação - mais forte	2
Afastamento fora de especificação	2
Vibração	1
Conicidade excessiva	1
Ordem de fabrico não assinada	1
Rectificação não conforme/fora de especificação	1
Bit mal soldado	1
Furo de lubrificação não conforme	1
Furo na posição incorrecta	1
Dimensional	1
Total	77

4.2.2.2. Processo produtivo desadequado

As ferramentas da família “AÇO” podem ser divididas em duas partes: corpo em aço e cortantes em metal duro.

Enquanto que o corpo em aço está a ser torneado e fresado no “Centro de Maquinagem”, os cortantes em metal duro estão a ser cortados. No final destes dois processos, os cortantes em metal duro são soldados ao corpo em aço na “Soldadura” para serem fresados posteriormente no centro de “Fresagem MD”, como ilustrado na Figura 31.

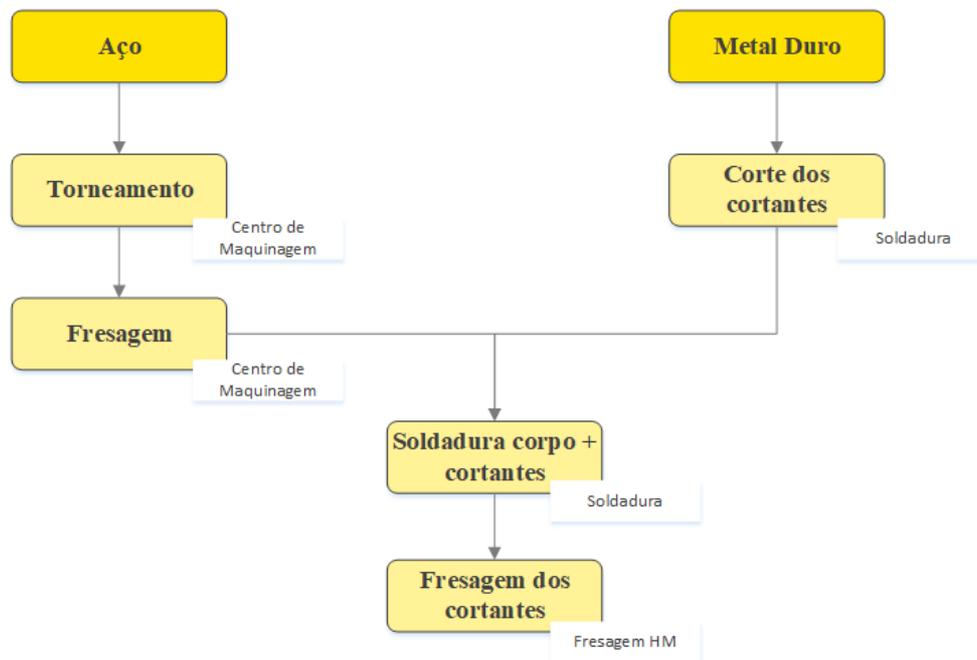


Figura 31 - Fluxo produtivo da família AÇO

No processo atual, os cortantes de metal duro são cortados com uma mó que faz um corte transversal numa placa de metal duro sendo o resultado final um retângulo com as dimensões aproximadas do pedido do cliente (Figura 32a). O perfil do cortante é dado inteiramente pelo centro de “Fresagem HM”, que retira em média 3 mm por cortante (*offset* deixado pela Soldadura) perfazendo um tempo produtivo médio para a operação de “Perfilagem” de aproximadamente 70 minutos (Figura 32b). Além do elevado tempo produtivo, existe igualmente um grande desperdício de matéria prima. Ademais, devido à quantidade de material retirado, as mós utilizadas para esta operação têm de ser retificadas com maior frequência. No final, o *lead time* é de 7 dias.

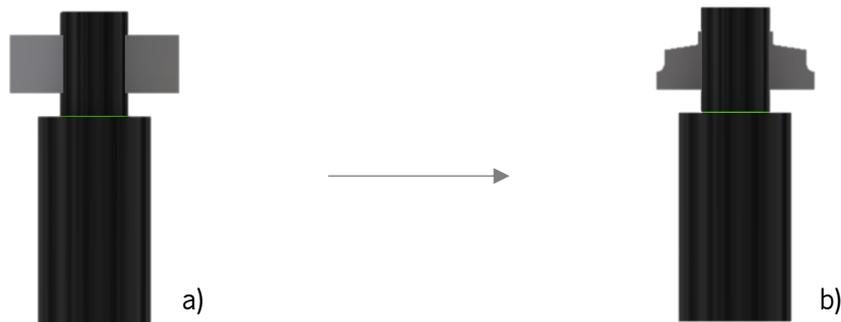


Figura 32 - Ferramenta da família AÇO após o processo de a) Soldadura b) Fresagem HM

4.2.2.3. Valores de disponibilidade inferiores ao esperado

Foi realizado um estudo dos tempos não produtivos do centro durante um período de observação total de 32 horas (2 vezes 2 turnos de 8 horas). Do período observado, 50% corresponde a tempos não produtivos. Um exemplo do registo de tempos encontra-se no Apêndice III. Foi possível concluir, conforme exposto na Figura 33, que os três motivos de paragem mais frequentes e com maior impacto no valor de disponibilidade das máquinas estão associados a:

- Ajustes de parâmetros de corte nos programas;
- Medição de ferramentas da família AÇO;
- Medição de ferramentas da família HM.

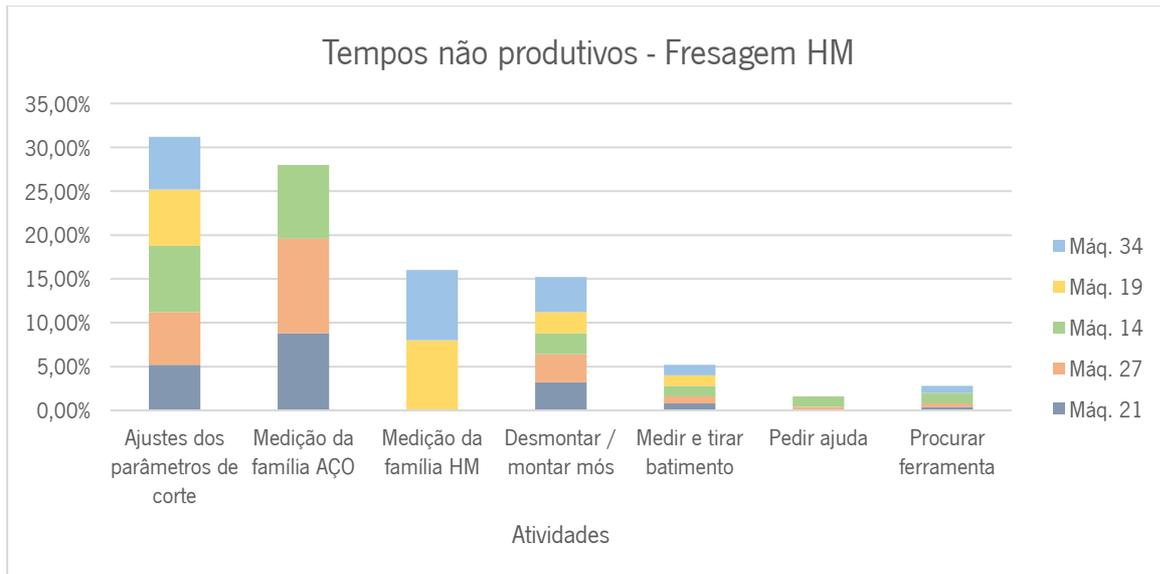


Figura 33 - Gráfico representativo dos tempos não produtivos do centro de Fresagem HM

Processo de medição manual

A medição no centro de Fresagem HM é realizada em duas partes: no início do processo para “acertar” os parâmetros de corte da ferramenta em função da máquina devido a desvios internos, desgaste dos consumíveis, entre outros; no final, para assegurar a geometria da ferramenta como requerido pelo cliente e para fornecer ao mesmo um protocolo de medição que inclui todos os pontos relevantes da ferramenta e o seu desvio em relação à medida nominal.

O maior problema do processo de medição é o facto de ser manual (Figura 34) e implicar um operador afeto a esta operação de todas as vezes que a mesma tem de ser realizada. O operador tem de seleccionar todos os pontos que quer medir na máquina de todas as vezes que executa uma medição demorando em média 10 minutos.

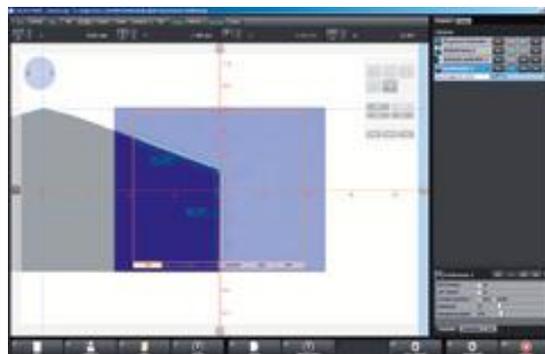


Figura 34 - Exemplo do processo de medição

Elevada frequência dos ajustes de máquina

Como mencionado anteriormente, o processo de fresagem é realizado através de um consumível que se denomina de mó. Além da variação em termos de composição, as mós (Figura 35) são variáveis também em formato, dimensões e ângulos, de acordo com a operação que vão efetuar. Estas são montadas num sistema chamado de “árvore para mós” (Figura 36) que irá ser acoplado ao sistema da máquina.



Figura 35 - Exemplos de mós



Figura 36 - Árvore para mós

Numa mesma árvore é possível montar mais do que uma mó, até um máximo definido pelo comprimento da árvore, criando o que é vulgarmente chamado de “Kit de mós” (Figura 37).



Figura 37 - Exemplos de kits de mós para a) perfilagem b) topo, step e gashing

Por exemplo, na Figura 37a, podemos encontrar uma mó utilizada para a operação de perfilagem, enquanto que na Figura 37b, é apresentado um kit de mós constituído por uma mó para a operação de topo, uma para a de *step* e, por último, uma mó para uma operação específica no topo da ferramenta de corte – o *gashing*.

Ao longo dos anos foram criados kits consoante as necessidades do centro produtivo de forma a minimizar a troca de mós entre cada lote de ferramentas diferentes. No entanto, o número de máquinas diferentes em cada centro aumentou e com isto aumentou também o número de apertos do sistema de acoplamento árvore de mós / máquina, fazendo com que uma árvore de aperto X só possa ser utilizada num sistema de acoplamento com o mesmo aperto (X). A Tabela 5 sumariza a quantidade de máquinas em cada centro com cada tipo de apertos.

Tabela 5 - Relação entre as máquinas de cada centro e os apertos

Quantidade de máquinas por aperto	Aperto A	Aperto B	Aperto C	Aperto D
Fresagem HM	3	2	1	-
Fresagem PCD	2	1	-	1

Ademais, parte das árvores compradas inicialmente são atualmente sucata, e a complexidade das ferramentas tem aumentado, o que implica uma maior necessidade de desmontar e montar novos kits já que os existentes não são suficientes. De cada vez que é necessário criar um novo kit, o processo é o seguinte:

- 1 - Desmontar kit de mós existente;
- 2 – Montar kit de mós novo;
- 3 – Retificar mós de forma a tirar o batimento do conjunto;
- 4 – Medir kit de mós;
- 5 – Inserir os valores do kit novo na máquina onde irá ser montado.

Este processo conduz a desperdícios de tempo, tanto no processo de montagem como nos acertos, maior desgaste das mós e potenciais erros de maquinação devido ao processo iterativo. Um acerto dos parâmetros da ferramenta demora um total de 83 minutos, dos quais 48% correspondem a atividades externas que poderiam ser realizadas enquanto a máquina está em funcionamento.

Foi realizado um levantamento de todas as árvores existentes em cada centro produtivo e quais os kits montados nas mesmas (ver Apêndices IV e V), assim como a frequência com que os operadores efetuavam o processo de desmontar/montar kits semanalmente. No centro produtivo de Fresagem HM, este processo é repetido em média 8 vezes por semana, resultando em cerca de 14% do tempo de turno disponível gasto nesta tarefa ($\text{Tempo dispendido na montagem e desmontagem dos kits} = \frac{8 \times 83\text{min}}{16\text{h} \times 60 \times 5\text{dias}} \approx 14\%$). O centro de Fresagem PCD repete este processo apenas 2 vezes por mês, facto suportado pelos valores de disponibilidade para todas as máquinas do centro na ordem dos 80%. A quantidade de árvores em cada um dos centros produtivos está sumariada na Tabela 6.

Tabela 6 - Relação entre os apertos e a quantidade de árvores em cada centro

<i>Quantidade de árvores por centro produtivo</i>	<i>Aperto A</i>	<i>Aperto B</i>	<i>Aperto C</i>	<i>Aperto D</i>
<i>Fresagem HM</i>	28	16	13	-
<i>Fresagem PCD</i>	40	13	-	8

Foi pedido aos operadores de cada centro que realizassem um registo simples da frequência com que utilizavam cada kit durante um mês. Conjugando com as necessidades de desmontar e montar um kit para a criação de outro, foi possível concluir que o centro de Fresagem PCD tem atualmente quatro kits que não são utilizados durante um período igual ou superior a um mês. No centro de Fresagem HM, todos os kits que estão frequentemente montados nas árvores existentes são utilizados no período de

um mês, e o processo de montar/desmontar kit foi repetido no mês de registo 14 vezes nas árvores de aperto A, 5 vezes nas árvores de aperto B e 6 vezes nas árvores de aperto C.

4.2.3. Fresagem PCD

4.2.3.1. Sub aproveitamento da potencialidade produtiva

Atualmente existem quatro máquinas no centro com capacidades operativas diferentes, tipos de apertos diferentes e, conseqüentemente, diâmetros de encabadouro das ferramentas diferentes. Para além disso, os tempos produtivos de uma mesma operação são diferentes nas quatro máquinas. Este facto deve-se a serem máquinas de fornecedores distintos e com avanços tecnológicos diferenciados - as máquinas 1, 2 e 3 são da marca *Walter*, enquanto que a máquina 4 é da marca *Vollmer*.

As operações realizadas neste centro são:

A – Corpo

B – Topo

C – Encaixes

As quatro máquinas e as operações que abrangem estão representadas na Figura 38.

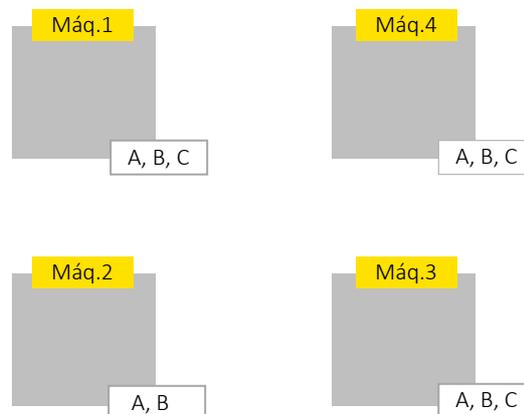


Figura 38 - Relação entre as máquinas do centro e as suas operações

No sistema produtivo atual, a barra retificada entra numa das máquinas (à exceção da máquina 2) onde são realizadas as 3 operações supramencionadas e de onde sai o produto final que segue para o centro produtivo seguinte. A máquina 2, pela impossibilidade de realizar a operação C (encaixes) é a única de onde sai uma ferramenta inacabada e que vai para uma das outras máquinas para terminar o processo. Para todas, o critério de seleção da máquina a utilizar é feito unicamente pelo tipo de aperto suportado e pela disponibilidade das máquinas em produção.

Melhoria de desempenho de uma área produtiva numa multinacional de ferramentas de corte

Os diâmetros admissíveis em cada máquina, consoante o sistema de aperto instalado nas mesmas, são os ilustrados na Tabela 7. A cor verde representa os diâmetros, em mm, admitidos pela máquina da referente coluna e a cor vermelha os não admitidos.

Tabela 7 - Relação entre as máquinas e os diâmetros admissíveis pelo seu aperto

Diâmetros	Máquinas			
	Máq.1	Máq.2	Máq.3	Máq.4
4	Verde	Verde	Verde	Vermelho
5	Verde	Verde	Verde	Vermelho
6	Verde	Verde	Verde	Verde
8	Verde	Verde	Verde	Verde
10	Verde	Verde	Verde	Verde
12	Verde	Verde	Verde	Verde
14	Verde	Verde	Verde	Verde
16	Verde	Verde	Verde	Verde
18	Vermelho	Verde	Verde	Vermelho
20	Verde	Verde	Verde	Verde
22	Verde	Verde	Verde	Vermelho
25	Verde	Verde	Verde	Vermelho
32	Verde	Verde	Verde	Vermelho

Numa análise da produção durante o período de um mês, foi possível concluir que 75% das ferramentas produzidas no centro possuem os diâmetros de 6, 16, 8 e 20 mm, por ordem decrescente de quantidade produzida (Tabela 8). Com base na Tabela 7 verifica-se que estes 75% podem ser produzidos em qualquer uma das máquinas do centro.

Tabela 8 - Produção de um mês dividida por diâmetros

	Ø ferramenta	Qt. Produzida	% Qt. Produzida	%Ac
1	6	144	38%	38%
2	16	54	14%	52%
3	8	50	13%	65%
4	20	39	10%	75%
5	5	30	8%	83%
6	10	19	5%	88%
7	18	16	4%	92%
8	12	15	4%	96%
9	25	9	2%	98%
10	14	5	1%	99%
11	4	2	1%	100%
	Total	383	100%	

De forma a perceber efetivamente a capacidade de cada uma das máquinas, foi realizado um estudo de tempos produtivos para a produção semanal de 123 ferramentas, representativas de 33 caixas (lotes). Nesta amostragem de 123 unidades, através dos *softwares* de programação que indicam o tempo de produção previsto para cada ferramenta de corte programada, foi calculado o tempo produtivo de uma mesma ferramenta para as quatro máquinas do centro, repetindo-se o processo para os 33 lotes de ferramentas diferentes que se encontravam planeadas para a semana de produção. O desvio entre o tempo previsto pelo *software* de produção e o tempo produtivo real é residual. A Tabela 9 representa a média dos tempos produtivos registados para cada operação em cada uma das máquinas, estando realçado a verde a máquina com o menor tempo produtivo de cada operação. As três máquinas do centro do mesmo fabricante (1, 2 e 3) têm tempos de operação muito semelhantes e por isso foram agrupadas.

Tabela 9 - Média dos tempos produtivos por operação em cada máquina

Operações	Máq. 1,2 e 3	Máq. 4
<i>Corpo</i>	00:07:33	00:12:32
<i>Topo</i>	00:02:10	00:03:41
<i>Encaixes</i>	00:26:16	00:13:08
Total	00:35:59	00:29:21

De seguida, para efeitos comparativos futuros, as máquinas 3 e 4 foram isoladas ficando responsáveis pela produção dos 33 lotes, sendo que atualmente a ferramenta entra numa das duas máquinas, são realizadas as 3 operações e o produto acabado segue para o centro produtivo seguinte.

A estratégia de planeamento de cada máquina do centro é a de, atendendo aos diâmetros suportados pelo sistema de aperto de cada máquina, fazer previamente o agrupamento de lotes com o mesmo diâmetro para minimizar os *setups*, sempre que a data ao cliente o permita. Assim, foi possível registar que para a produção completa das 123 unidades foi contabilizado um tempo produtivo total de 33h03m55s na máquina 3 e 31h32m39s na máquina 4, como representado de forma completa nos Apêndices VI e VII. Com um total de 64,61 horas produtivas, e a produção de 123 ferramentas, a taxa de produção do centro foi de 1,90 unidades / hora.

$$Tx \text{ de produção} = \frac{123 \text{ unidades}}{64,61 \text{ horas}} = 1,90 \text{ unidades/hora} \quad [4]$$

O tempo de ciclo geral do centro foi de 32 minutos.

$$T_{\text{ciclo}} = \frac{1}{Tx \text{ de produção}} \times 60 = 32 \text{ minutos} \quad [5]$$

4.2.3.2. Falta de método no controlo de processo

Para algumas ferramentas, é necessária uma operação adicional realizada numa máquina exterior ao centro produtivo – furação de lubrificação. Esta furação é realizada através de um tubo de eléctrodo - a amarelo na Figura 39 - Furação de lubrificação- que, através de movimentos rotativos, perfura a ferramenta até ao seu furo central.

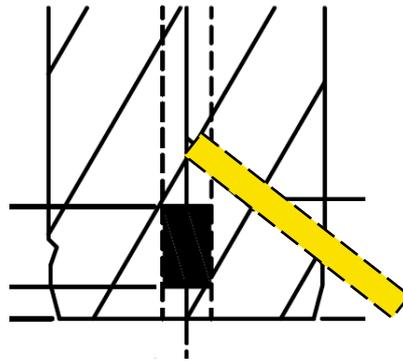
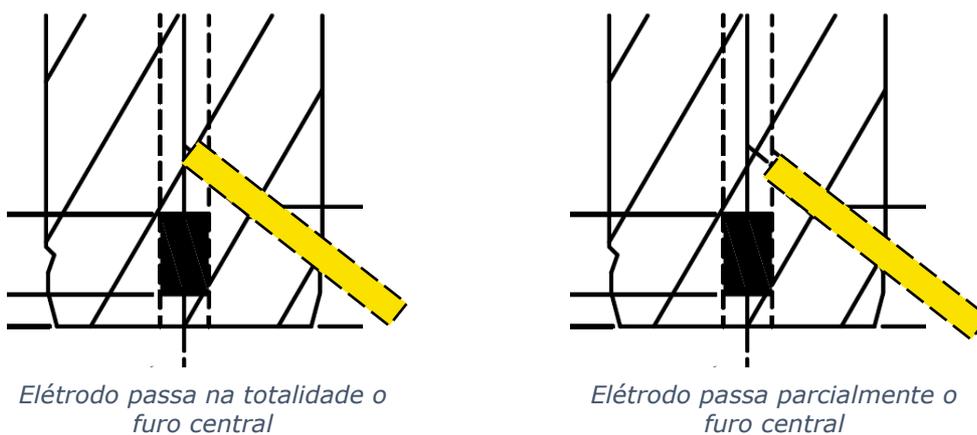


Figura 39 - Furação de lubrificação

Sendo esta operação arcaica em termos tecnológicos, o método atual de controlo do furo de lubrificação efetuado é o de numa das extremidades do canal central da ferramenta colocar uma pistola de ar comprimido e, tapando a extremidade oposta, sentir se é expelido o ar pelo furo realizado. O método, embora rudimentar, mostra-se eficaz para grande parte dos casos, excetuando aqueles em que o eléctrodo passa apenas parcialmente o furo central, fazendo com que o método de controlo seja positivo, mas o furo de lubrificação não esteja corretamente executado, podendo resultar em reclamações por parte do cliente (Figura 40).



Eléctrodo passa na totalidade o furo central

Eléctrodo passa parcialmente o furo central

Figura 40 - Desobstrução do furo central

4.2.4. Problemas associados à gestão

Nesta secção estão presentes os problemas associados à gestão da empresa, sendo eles, a inadequação a longo prazo dos objetivos produtivos, a falta de comunicação e envolvimento dos operadores, as perdas de informação, a falta de acompanhamento de produção, a falta de cooperação entre departamentos e a desorganização dos espaços.

4.2.4.1. Objetivos produtivos inadequados a curto prazo

Os objetivos produtivos de cada centro são calculados com base apenas na capacidade produtiva de cada máquina para três turnos de 8 horas cada. Sendo que a procura e o tempo produtivo de cada ferramenta são fatores extremamente variáveis e que o número de turnos e o número de trabalhadores em cada turno se ajusta numa base semanal aos valores da procura, os objetivos produtivos em termos de *output* acabam por ser irrealistas e muitas vezes não concretizáveis. Por conseguinte, os operadores acabam por não dar a importância devida às metas a que são propostos e a motivação e a proatividade ficam aquém do esperado.

4.2.4.2. Falta de comunicação e envolvimento dos operadores

Existe uma lacuna quando se trata do envolvimento dos colaboradores na evolução do próprio centro. Por um lado, é expectável dos capitães de equipa uma envolvimento mais profunda nas necessidades do seu centro. Uma vez que são os representantes de cada equipa de trabalho, e aqueles com maior conhecimento operativo, é de elevada importância que os capitães de equipa sejam capazes de compreender o panorama do centro produtivo e os seus *KPI* e sejam parte ativa e dinamizadora no processo de melhoria contínua.

Por outro lado, é também importante dar voz a todos os operadores que possuem ideias que possam melhorar o processo atual, pois serão também eles um dos fatores chave para o sucesso do processo de melhoria.

Por parte da empresa, existe a vontade de estabelecer este contacto direto e próximo de forma a usufruírem de um feedback prático e real, no entanto, os meios com que o fazem atualmente não são eficazes.

4.2.4.3. Perdas de informação

A variabilidade do produto final e o facto de ser customizado leva a que diversas vezes sejam detetadas necessidades de alteração de desenhos técnicos, métodos ou aspetos técnicos de maquinaria durante o processo produtivo. Esta informação pode surgir de uma análise ao processo ou da análise de

reclamações e não conformidades, pelo que é vital ser comunicada aos centros produtivos de forma clara e objetiva para garantir que o mesmo erro não se repita.

Apesar da passagem de informação ser eficaz no momento, como não há um registo da mesma, a informação dissipa-se sendo esquecida ou muitas vezes partilhada de forma errada, fazendo com que o mesmo erro se vá repetir meses mais tarde.

4.2.4.4. Falta de acompanhamento da produção

Embora exista um quadro de equipa que inclui os valores de produção diária, este não é diariamente consultado por todos os membros da equipa acabando por ser apenas o capitão de equipa a ter noção dos valores atingidos já que é o mesmo que os regista no quadro. Fica, assim, dependente do capitão de equipa a comunicação aos restantes membros dos valores atingidos. Para os operadores, a falta de envolvimento no seguimento da produção acaba por surtir efeitos negativos nos valores não só de produtividade, mas também na motivação diária.

Adicionalmente, na troca de turno, não existe uma passagem de informação eficaz. São deixadas mensagens em papel em cima das mesas de trabalho que são muitas vezes perdidas ou eliminadas e esquecidas à posteriori. Além disso, não existe uma noção real do trabalho realizado no turno anterior nem das prioridades de trabalho, a não ser que o capitão de equipa forneça essa informação.

4.2.4.5. Falta de cooperação entre as Operações e os departamentos de Design e Projeto/Engenharia

No processo atual, os *softwares* utilizados na área produtiva regem-se pela simulação das ferramentas de corte a três dimensões (Figura 41), enquanto que a projeção da ferramenta para o cliente, assim como o seu desenho técnico, é realizada apenas a duas dimensões (Figura 42). Consequentemente, existem algumas incoerências produtivas passíveis de deteção apenas na produção, como por exemplo a impossibilidade de fresar um certo ângulo de hélice, que originam uma paragem produtiva até que a revisão do projeto esteja concluída. Também na área de produção são detetados alguns casos em que uma pequena alteração no projeto da ferramenta de corte resultaria em diminuições significativas no tempo produtivo daquele produto.

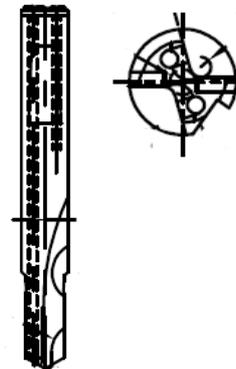
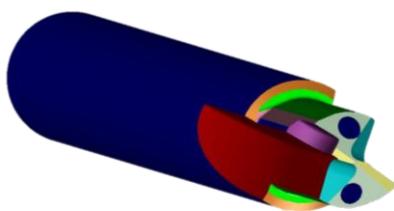


Figura 41 - Projeção a 2 dimensões

Figura 42 - Simulação a 3 dimensões

Atualmente, é realizada uma reunião semanal que incorpora os departamentos de Design, Projeto/Engenharia e os capitães de equipa, denominada de “Reunião de Métodos”. Nesta apenas é discutida a exequibilidade de determinadas ferramentas requeridas pelo cliente com uma complexidade superior ao normal.

4.2.4.6. Falta de gestão visual e desorganização dos espaços

Nas mesas de trabalho e nos espaços de armazenamento de consumíveis produtivos são visíveis a desorganização e a falta de uma gestão visual eficaz, o que se reflete no desperdício em termos de tempo sempre que o operador precisa de procurar algo num destes espaços, tornando a preparação de produção mais demorada.

4.2.5. Síntese dos problemas identificados

Após a descrição minuciosa dos problemas encontrados na área produtiva em análise, foi elaborada uma tabela síntese apresentando as conexões entre os problemas identificados, o seu resultado prático e o tipo de desperdício a eles associado (Tabela 10).

Tabela 10 - Tabela síntese dos problemas identificados

	<i>Problema identificado</i>	<i>Resultado</i>	<i>Desperdício associado</i>
<i>Retificação</i>	Introdução de parâmetros de corte incorretos	- Defeitos nos produtos - Retrabalho nos produtos com defeito	Defeitos
	Formação insuficiente	- Perda de produtividade em caso de ausência de algum operador - Balanceamento desequilibrado da carga de trabalho / operador - Falta de motivação para o desenvolvimento pessoal de carreira	Potencial humano
	Falta de normalização de trabalho	- Tempos produtivos diferentes para o mesmo produto - Maior desgaste dos consumíveis da máquina	Processamento excessivo
	Valores de disponibilidade inferiores ao esperado	- Ineficiência das máquinas	Esperas Movimentos
<i>Fresagem HIM</i>	Tabelas técnicas desatualizadas	- Erros de produção - Defeitos e retrabalho	Defeitos
	Processo produtivo desadequado	- Elevado tempo de ciclo - Elevado desperdício de matéria prima	Processamento excessivo
	Processo de medição manual	- Operador afeto ao tempo total desta atividade de valor não acrescentado, mas necessário	Esperas
	Elevada frequência dos ajustes de máquina	- Maior desgaste dos consumíveis de produção - Potenciais erros de maquinação - Perdas de tempo	Defeitos Esperas
<i>Fresagem PCD</i>	Não aproveitamento da potencialidade produtiva das máquinas	- Maior tempo de percurso	-
	Falta de método de controlo de processo	- Defeitos e retrabalho - Reclamações	Defeitos
<i>Gestão</i>	Objetivos produtivos inadequados a curto prazo	- Perdas de produtividade - Falta de motivação e competitividade saudável	Potencial humano
	Falta de comunicação e envolvimento dos operadores	- Entrave para a mudança e melhoria contínua - Falta de motivação	Potencial humano
	Perdas de informação	- Erros repetidos	Defeitos
	Falta de seguimento da produção no chão de fábrica	- Perdas de produtividade e de motivação pessoal e de equipa	Potencial humano
	Falta de cooperação entre Operações / Design / Projeto	- Aumento do tempo de entrega ao cliente - Complexidade do produto superior à requerida - Incoerências produtivas	Processamento excessivo
	Falta de gestão visual e desorganização dos espaços	- Perdas de tempo na procura de material	Movimentos Esperas

5. APRESENTAÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO DE PROPOSTAS DE MELHORIA

No capítulo cinco são apresentadas sugestões de melhoria para os problemas identificados no capítulo anterior. Abaixo, na Tabela 11, foi elaborado um plano de ações através da aplicação da técnica 5W2H.

Tabela 11 - Plano de ações de melhoria

<i>What?</i>	<i>Why?</i>	<i>How?</i>	<i>Who?</i>	<i>Where?</i>	<i>When?</i>	<i>How much?</i>
Retificação						
<i>Criação de tabela técnica de velocidades de corte</i>	Velocidades utilizadas originam não conformidades	Contacto com fornecedor da máquina	Rita Pereira	Retificação	Mar, 2019	-
<i>Criação de fluxograma de métodos de fabrico</i>	Método de fabrico confuso e propício a erros	Agrupamento de informação prática	Rita Pereira + Cap. Equipa	Retificação	Mar, 2019	-
<i>Elaboração de nova matriz de polivalência e formação dos operadores</i>	Matriz existente desatualizada e planos de formação desajustados	Levantamento da polivalência e formação	Rita Pereira + Cap. Equipa	Retificação	Jan, 2019	-
<i>Criação de procedimentos operativos</i>	Falta de normalização de trabalho	Estudo do trabalho operativo	Rita Pereira	Retificação	Mar – Abr, 2019	-
<i>Instalação de sistema andon</i>	Valores baixos de disponibilidade de máquina	Sistema luminoso de aviso de máquina parada	Manutenção	Retificação	Abr, 2019	-
<i>Criação de sistema de duas caixas para mós</i>	Valores baixos de disponibilidade de máquina	Sistema visual para a retificação de mós	Rita Pereira	Retificação	Abr, 2019	-
Fresagem HM						
<i>Atualização das tabelas técnicas existentes</i>	Tabelas técnicas desatualizadas	Agrupamento de informação técnica	Rita Pereira + Projeto	Fresagem HM	Jun, 2019	-
<i>Corte dos cortantes de metal duro a laser</i>	Elevado desperdício de matéria prima e elevado tempo de ciclo	Melhoria do processo produtivo	Rita Pereira + Soldadura	Soldadura	Dez, 2018 – Jan, 2019	-
<i>Medição automática da família HM</i>	Medição manual de elevada frequência e duração	Exploração das funcionalidades do software	Rita Pereira + Cap. Equipa	Fresagem HM	Abr, 2019	-
<i>Criação de novos kits de mós</i>	Tempos não produtivos elevados	Compra de novas árvores	Rita Pereira	Fresagem HM	Jun, 2019	2.113, 60 UM

<i>What?</i>	<i>Why?</i>	<i>How?</i>	<i>Who?</i>	<i>Where?</i>	<i>When?</i>	<i>How much?</i>
<i>Fresagem PCD</i>						
<i>Melhoria do fluxo produtivo</i>	Sub aproveitamento da potencialidade produtiva	Estudo de tempos e simulação de cenários	Rita Pereira	Fresagem PCD	Dez, 2018 – Jan, 2019	-
<i>Produção de dispositivo de controlo de processo</i>	Causa de reclamações de clientes	Desenvolvimentos de dispositivo	Rita Pereira + Inspeção	Fresagem PCD	Mai, 2019	4 UM
<i>Gestão</i>						
<i>Medição de novo KPI</i>	Objetivos inadequados a curto prazo	Medição da disponibilida de das máquinas	Rita Pereira	Área do metal duro	Fev, 2019	-
<i>Dinamização de Kaizen Meeting mensal e da reunião operacional diária</i>	Necessidade de transparência para a equipa do panorama produtivo	Envolvimento dos operadores na elaboração de conteúdo	Rita Pereira + Caps. Equipa	Área do metal duro	Dez, 2018	-
<i>Criação de Lições Singulares</i>	Informação não é registada nem pode ser consultada	Colocação das LS no quadro de equipa	Rita Pereira	Área do metal duro	Abr, 2019	-
<i>Dinamização das reuniões de passagem de turno de área e aplicação nos centros</i>	Necessidade de acompanhamento do trabalho no chão de fábrica	Colocação de folha de passagem de turno por máquina	Rita Pereira	Área do metal duro	Jan, 2019	-
<i>Otimização da reunião de métodos</i>	Incoerências produtivas	Agrupamento de assuntos relevantes	Rita Pereira + Cap. Equipa	Área do metal duro	Jan, 2019	-
<i>Aplicação dos 5Ss e estratégias de gestão visual</i>	Falta de organização e gestão visual	Melhoria da organização e do esquema visual da área	Rita Pereira	Área do metal duro	Mai, 2019	-

5.1. Retificação

As propostas de melhoria para o centro produtivo de Retificação são maioritariamente referentes à qualidade do produto deste centro e à formação dos operadores. Uma grande parte dos problemas apresentados na secção 4.3.1. têm por base a falta de conhecimento técnico que apenas é passível de

ser colmatada com a definição clara dos conceitos produtivos e posterior formação dos operadores do centro.

5.1.1. Criação de tabela técnica de velocidades de corte

Aquando da programação da máquina de CNC os valores inseridos de velocidade de corte são baseados na experiência do operador da máquina. De forma geral, quanto maior a quantidade de material retirada pela máquina, menor terá de ser a velocidade de corte imposta, já que uma velocidade maior do que a aconselhada resulta em vibrações na ferramenta de corte e mau acabamento.

Assim, e após um contacto direto com o fornecedor das máquinas, foi possível criar uma tabela técnica de valores de velocidade de corte a introduzir na máquina consoante a quantidade de material a remover (Tabela 12). Na tabela, a primeira coluna “Ø Bruto” refere-se ao diâmetro inicial da ferramenta e a segunda “Ø Final” diz respeito ao diâmetro final requerido para a ferramenta. Cruzando estes dois dados, o operador consegue com facilidade inserir os valores de velocidade de corte aconselhados pelo fabricante, dados pela coluna “Velocidade de avanço, F”. A tabela completa pode ser consultada no Apêndice VIII e foi colocada nas referidas máquinas junto ao ecrã de inserção de dados (Figura 43).

Tabela 12 - Tabela técnica parcial para valores de velocidade de corte

Ø Bruto	Ø Final	Velocidade de avanço, F
1	0,1	5,8
1	0,3	5,8
1	0,5	6,0
1	0,7	6,0
1	0,9	6,0



Figura 43 - Tabela técnica afixada nas máquinas

5.1.2. Criação de fluxograma de métodos de fabrico

Sendo o primeiro centro de transformação do produto, o centro de Retificação tem de garantir não só a qualidade do que produz, mas também um produto intermédio que facilite o trabalho dos centros a jusante. Por exemplo, para a operação de topo nos centros de Fresagem HM e Fresagem PCD, tem de ser deixado um milímetro extra na ponta da barra correspondente ao material que será retirado nos acertos na primeira peça e no primeiro contacto entre a mó e a barra. Estes pormenores são de conhecimento apenas do capitão de equipa que, em caso de ausência ou distração, levam na maior parte das vezes ao erro e à produção de novas ferramentas. Para tal, foi elaborado um fluxograma simples (Figura 44) que engloba todos os pontos relativos aos métodos de fabrico, colocado num ponto central do centro para consulta por todos os operadores. O fluxograma completo pode ser consultado no Apêndice IX.

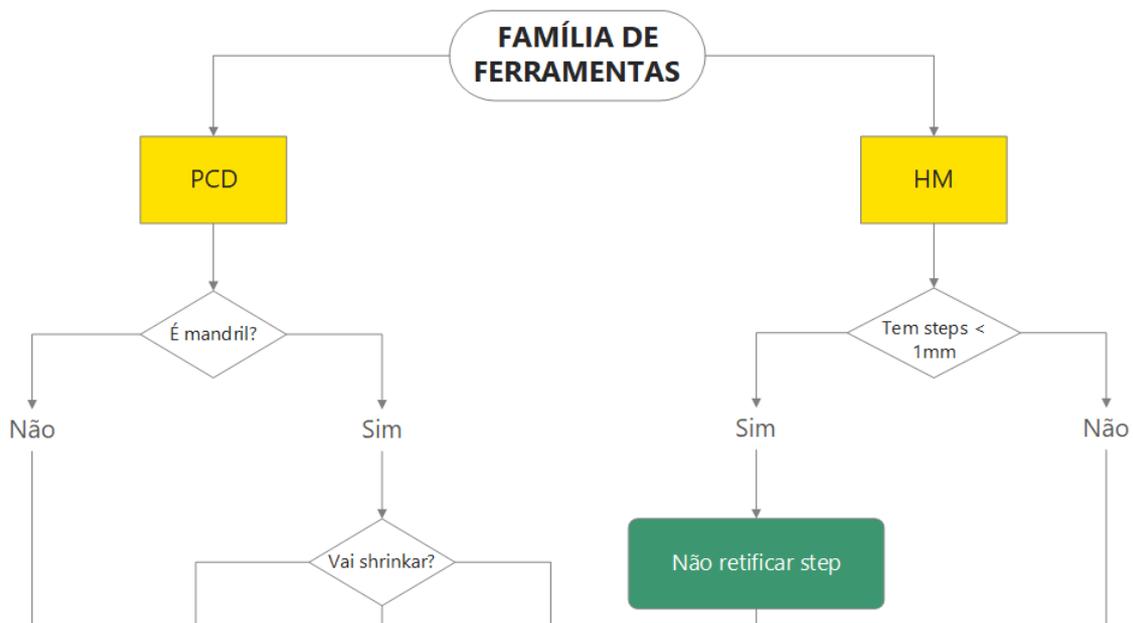


Figura 44 - Fluxograma parcial de métodos de fabrico

5.1.3. Elaboração de nova matriz de polivalências e formação dos operadores

De forma a resolver o problema identificado da secção 4.3.1.2., foi criada uma matriz de polivalência dividida em “Máquinas”, “Qualidade” e “Programação”, detalhando as principais operações em cada área. De forma muito visual, foram criados os diferentes níveis de conhecimento representados na Tabela 13, assentes nos valores produtivos da empresa “Primeiro qualidade, depois quantidade”.

Tabela 13 - Níveis de conhecimento para a matriz de polivalência

☐	Em formação, não garante Qualidade nem Quantidade	◐	Garante Qualidade e Quantidade
◑	Garante Qualidade mas não garante Quantidade	●	Sabe formar

Seguidamente, foi preenchida a matriz fazendo a relação entre o operador, as operações em cada área e a respetiva máquina (Figura 45). A matriz de polivalência completa do centro pode ser consultada no Apêndice X.

Equipa		Sérgio Gomes					
Tarefa		Studer (51)	Kallemberger (17)	Ulmer (61)	Rollomatic (34 36)	Studer (13)	Studer (14)
Máquinas	Ligar e desligar máquina	●	●	●	●	●	●
	Definição de offsets	●	●	●	●		
	Tirar batimento	●	●	●	●	●	●
	Troca de mó	●	●	●	●	●	●
	Troca de sistema de aperto	●	●	●	●	●	●
	Funcionamento com a máquina					●	●
	Retificar mós	●	●	●		●	●
Qualidade	Tarefa	AP-0022, AP-0034					
	Medição de cotas				●		
Programação	Tarefa	NumRoto		Fanuc		Rollomatic	
	Sabe interpretar programas	●		●		●	
	Sabe fazer programas	●		●		●	

Figura 45 - Matriz de polivalência parcial do centro de Retificação

Por fim, foi obtida uma matriz de polivalência completa que permite facilmente identificar as lacunas formativas de cada operador e, assim, criar um plano de formação coeso com as necessidades da empresa e com a motivação do colaborador. A matriz está em constante atualização e está visível tanto no quadro de equipa como no *software* do departamento de Recursos Humanos. Em conjunto com este departamento, foi também possível elaborar um plano de carreira para cada operador tendo em conta as motivações pessoais apontadas por cada um no final do ano de 2018.

5.1.4. Criação de procedimentos operativos

Em conjunto com os operadores foi definido o trabalho normalizado para a programação no *software* NumRoto, *software* utilizado nas máquinas CNC do centro produtivo e foram elaborados três procedimentos operativos, devidamente aprovados pelo Diretor de Operações:

- Representação em AutoCad de uma redução ao diâmetro na retificação (Apêndice XI)
- Introdução de steps e ponta de retificação cilíndrica no *software* NumRoto (Apêndice XII)
- Introdução e manipulação de parâmetros no *software* NumRoto (Apêndice XIII)

Os procedimentos foram disponibilizados num ponto central do centro produtivo, devidamente catalogados (Figura 46).



Figura 46 - Local de afixação dos procedimentos operativos do centro de retificação

5.1.5. Instalação de sistema *andon*

De forma a tornar visível os tempos não produtivos da máquina com proteção opaca, máquina 17, foi instalado na mesma um sistema luminoso de duas cores. A cor verde indica que a máquina está em funcionamento, enquanto que a luz vermelha indica que a mesma está parada, permitindo ao operador visualizar à distância estes dois estados.

5.1.6. Criação de sistema de duas caixas adaptado para mós

De uma forma visual muito simples, foi criado um sistema de duas caixas adaptado para o armazenamento de mós para retificar e mós retificadas no centro de Retificação (Figura 47). A ideia é a de ter, pelo menos, duas mós iguais OK na zona verde e uma na zona vermelha. Quando a mó da posição 1 é retirada, a mó da posição 2 passa para a posição 1 e a mó da posição 3 é retificada para passar para a posição 2, enquanto que a mó que foi substituída pela da posição 1 passará para a posição 3 para ser retificada. Este sistema é um alerta visual para a criação da prática de retificação das mós como atividade externa quando todas as máquinas estão em funcionamento, garantindo que há sempre uma mó retificada quando existe a necessidade de troca de mós nas máquinas.

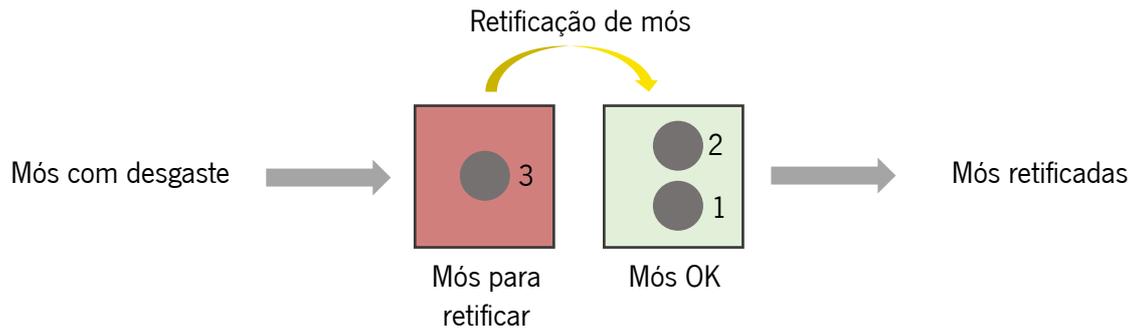


Figura 47 - Sistema de duas caixas adaptado para a retificação de mós

5.2. Fresagem HM

As melhorias apresentadas no centro de Fresagem HM são na sua totalidade referentes ao processo produtivo.

5.2.1. Atualização das tabelas técnicas existentes

Cruzando a informação dada pelo *software* de programação NumRoto – *software* utilizado nas máquinas CNC – foi possível a atualização das tabelas técnicas existentes para a família HM elaboradas pelo departamento de Projeto/Engenharia no ano de 2010. Aprovadas pelo Chefe deste departamento e pelo Diretor de Operações, foram atualizadas cinco tabelas técnicas. Por motivos de confidencialidade, é apresentado um exemplo de uma das tabelas com os valores dimensionais das mesmas ocultos no Apêndice XIV.

5.2.2. Corte dos cortantes de metal duro a laser

Remetendo ao centro produtivo de Soldadura, o processo de corte dos cortantes de metal duro era realizado com uma mó através de um corte transversal numa placa de metal duro, resultando num cortante de forma retangular (Figura 48). Pelo contrário, os cortantes de PCD são cortados a laser ficando com um *offset* (excesso de material) de apenas 0,8mm em relação ao perfil requerido. Não existe uma razão do conhecimento de algum operador ou da gestão de topo para o facto de este processo não ser similar nos cortantes de metal duro.

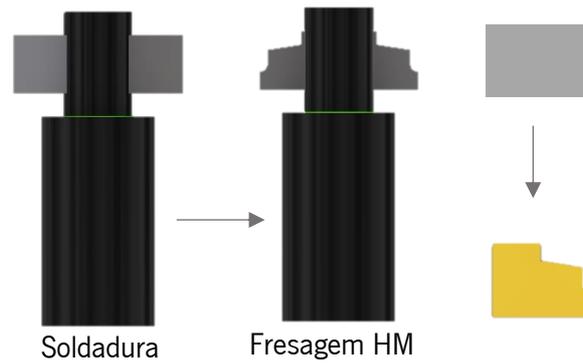


Figura 48 - Processo atual de corte dos cortantes de metal duro

Assim, foi sugerida uma alteração ao processo de corte dos cortantes de metal duro e estes começaram a ser cortados a laser, como ilustrado na Figura 49, com o mesmo *offset* dado aos cortantes de PCD de 0,8mm. Esta alteração fez com que a perfilagem dos cortantes no centro de Fresagem HM tivesse um tempo de ciclo de 40 minutos, garantindo um *lead time* de 4 dias neste centro.

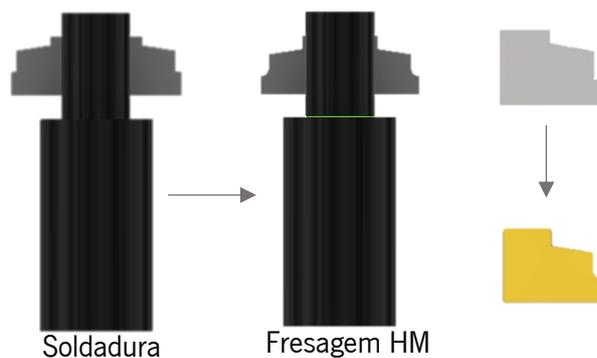


Figura 49 - Processo sugerido de corte dos cortantes de metal duro

Em termos de processo produtivo no centro de Soldadura, esta alteração não gera problemas de balanceamento de trabalho já que o tempo de ciclo para o corte de uma placa de metal duro por mó é superior ao tempo de ciclo de programação do *software* para o corte a laser da mesma placa. Sendo que essa programação é uma atividade externa que pode ser realizada enquanto a máquina está a cortar outra placa, no final, a carga de trabalho e o esforço físico são menores para o operador responsável pelo corte dos cortantes. Em termos de fluxo geral, este manter-se-á, ou seja, o corte dos cortantes de metal duro será realizado ao mesmo tempo do que a fresagem do corpo em aço e estes dois produtos intermédios serão soldados e seguirão para o centro produtivo da Fresagem HM.

5.2.3. Medição automática da família HM

Através da exploração das funcionalidades do *software* já existente nas máquinas de medição do centro de Fresagem HM, foi possível encontrar um aplicativo que permite realizar a medição automática das

ferramentas de metal duro. Ao invés do operador selecionar todos os pontos que quer medir de todas as vezes que necessita de efetuar uma medição, este apenas seleciona esses pontos na primeira medição e o aplicativo repete esse processo para todas as ferramentas iguais à medida inicialmente. Num mesmo lote, o operador precisa apenas de realizar manualmente uma medição, sendo que nas restantes apenas coloca a ferramenta na máquina, ativa o aplicativo e pode realizar outras tarefas enquanto a máquina de medição mede a nova ferramenta.

5.2.4. Criação de novos kits de mós

Como mencionado na secção 4.3.2.3, o centro de Fresagem HM possui uma lacuna no que toca a árvores de mós que se reflete em perdas de tempo na ordem dos 14% em cada turno no processo de desmontar/montar mós. O número de máquinas que utilizam um dos quatro tipos de apertos diferentes está representado na Tabela 14.

Tabela 14 - Relação entre as máquinas de cada centro e os apertos (repetição da Tabela 5)

<i>Quantidade de máquinas por aperto</i>	<i>Aperto A</i>	<i>Aperto B</i>	<i>Aperto C</i>	<i>Aperto D</i>
<i>Fresagem HM</i>	3	2	1	-
<i>Fresagem PCD</i>	2	1	-	1

A quantidade de árvores nos dois centros produtivos de Fresagem de cada um dos quatro tipos de aperto diferentes está ilustrada na Tabela 15 e na Tabela 16.

Tabela 15 - Relação entre os apertos e a quantidade de árvores em cada centro (repetição da Tabela 6)

<i>Quantidade de árvores por centro produtivo</i>	<i>Aperto A</i>	<i>Aperto B</i>	<i>Aperto C</i>	<i>Aperto D</i>
<i>Fresagem HM</i>	28	16	13	-
<i>Fresagem PCD</i>	40	13	-	8

Tabela 16 - Média de árvores por máquina para cada tipo de aperto na situação atual

<i>Nº de árvores/ máquina por aperto atual</i>	<i>Aperto A</i>	<i>Aperto B</i>	<i>Aperto C</i>	<i>Aperto D</i>
<i>Fresagem HM</i>	9,3	8	13	-
<i>Fresagem PCD</i>	20	13	-	8

O centro de Fresagem PCD tem atualmente quatro kits que não são utilizados durante um período igual ou superior a um mês. No centro de Fresagem HM, todos os kits são utilizados neste período e o processo

Melhoria de desempenho de uma área produtiva numa multinacional de ferramentas de corte

de montar/desmontar o kit foi repetido, no mês de registo, 14 vezes nas árvores de aperto A, 5 vezes nas árvores de aperto B e 6 vezes nas árvores de aperto C.

Tendo em conta o plano de venda futuro de uma das máquinas de aperto A, a estratégia para o centro de Fresagem HM foi a seguinte:

- Aperto A: Permutar as quatro árvores do centro de Fresagem PCD para o centro de Fresagem HM
- Aperto B: Comprar cinco árvores novas
- Aperto C: Comprar seis árvores novas

Desta forma, o número de árvores por máquina de cada aperto ficará:

Tabela 17 - Média de árvores por máquina para cada tipo de aperto na situação proposta

<i>Nº de árvores/ máquina por aperto proposto</i>	<i>Aperto A</i>	<i>Aperto B</i>	<i>Aperto C</i>	<i>Aperto D</i>
<i>Fresagem HM</i>	16	11	19	-
<i>Fresagem PCD</i>	18	13	-	8

A máquina de aperto C é a máquina de curso mais longo e é maioritariamente utilizada para as ferramentas mais complexas, dada as suas características, traduzindo-se numa maior necessidade de kits de mós diferentes.

Depois do contacto com três fornecedores de referência da empresa em árvores de mós, foi possível obter os orçamentos tabelados na Tabela 18.

Tabela 18 - Orçamentação para árvores de mós

<i>Quantidade</i>	<i>UM / unidade com anilhas</i>			<i>UM / unidade sem anilhas</i>	
	<i>Fornecedor 1</i>	<i>Fornecedor 2</i>	<i>Fornecedor 3</i>	<i>Fornecedor 1</i>	<i>Fornecedor 2</i>
<i>5</i>	217,80 UM	197,60 UM	266,00 UM	196,20 UM	176,00 UM
<i>6</i>	252,00 UM	227,20 UM	290,00 UM	224,10 UM	205,60 UM
<i>TOTAL</i>	2.601,00 UM	2.351,20 UM	3.070,00 UM	2.325,60 UM	2.113,60 UM

O preço unitário de cada árvore foi dado para árvores com e sem anilhas – peças em aço que separam as mós na árvore. Com a ajuda dos operadores, foi possível reutilizar centenas de anilhas que se

encontravam na zona de produção e que tinham sido compradas em anos anteriores. Assim, o fornecedor escolhido foi o Fornecedor 2 com um investimento total de 2.113,60 UM.

5.3. Fresagem PCD

5.3.1. Melhoria do fluxo produtivo

Como explicado na secção 4.3.3.1, foi realizado um estudo de tempos produtivos para 123 ferramentas, correspondentes a 33 lotes. A Tabela 19 representa a média dos tempos produtivos registados para cada operação em cada uma das máquinas do centro.

Tabela 19 - Média dos tempos produtivos por operação em cada máquina (repetição da Tabela 9)

<i>Operações</i>	<i>Máq. 1,2 e 3</i>	<i>Máq. 4</i>
<i>Corpo</i>	00:07:33	00:12:32
<i>Topo</i>	00:02:10	00:03:41
<i>Encaixes</i>	00:26:16	00:13:08
Total	00:35:59	00:29:21

Para efeitos de comparação, as máquinas 3 e 4 foram isoladas, e foi realizado um teste produtivo em que, ao contrário da situação atual, todas as ferramentas com diâmetros admissíveis entram na máquina 3 para fazerem as operações de corpo e topo e seguindo depois para a máquina 4 que terminará a ferramenta com a operação de encaixes. Desta forma, conseguiremos um menor tempo de percurso no centro produtivo. As ferramentas cujo diâmetro não é admissível na máquina 4 serão produzidas por completo na máquina 3. O teste produtivo completo pode ser consultado nos Apêndices XV e XVI, resultando num tempo produtivo total na máquina 3 de 26h58m08s e de 28h58m35s na máquina 4. Com um total de 55,95 horas produtivas, e a produção de 123 ferramentas, a taxa de produção do centro foi de 2,20 unidades / hora.

$$Tx \text{ de produção} = \frac{123 \text{ unidades}}{55,95 \text{ horas}} = 2,20 \text{ unidades/hora} \quad [6]$$

O tempo de ciclo geral do centro foi de 27 minutos.

$$T_{\text{ciclo}} = \frac{1}{Tx \text{ de produção}} = 27 \text{ minutos} \quad [7]$$

Com base na amostra de uma semana de produção e tendo em conta as restrições em termos operativos e de apertos das máquinas apresentados na secção 4.3.3.1, foi sugerido que o novo fluxo produtivo no centro de Fresagem PCD passasse a ser realizado como ilustrado na Figura 50.

Melhoria de desempenho de uma área produtiva numa multinacional de ferramentas de corte

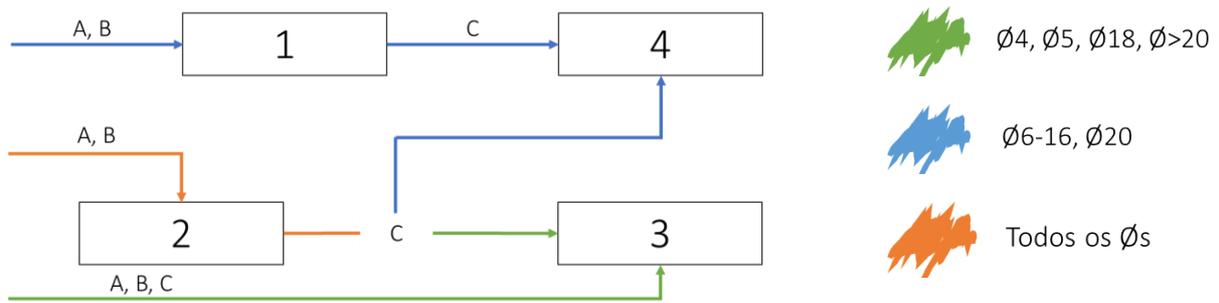


Figura 50 - Fluxo produtivo proposto

5.3.2. Produção de dispositivo de controlo de processo

De forma a eliminar as reclamações por parte do cliente referentes a “Furo de lubrificação obstruído” foi produzido um dispositivo de controlo de processo que garante que o furo efetuado está completamente desobstruído. O sistema consiste num pequeno tubo com um perno (a azul na Figura 51) no qual entrará um eléctrodo (a laranja na Figura 51), de diâmetro ligeiramente inferior ao diâmetro do furo, que será apertado na medida do comprimento do furo para garantir que este passa totalmente o furo central da ferramenta. Este dispositivo de controlo tem um custo de 4 UM.

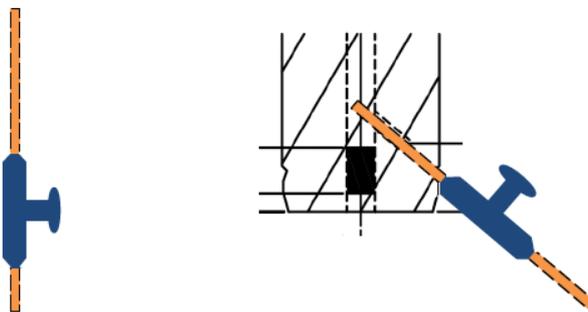


Figura 51 - Dispositivo de controlo de processo proposto

5.4. Gestão

5.4.1. Medição de novo KPI

A partir do mês de fevereiro, foi medida a disponibilidade das máquinas (*disponibilidade (%) = $\frac{\text{Tempo de operação}}{\text{Tempo de produção planeado}} \times 100$*), um indicador independente da procura e do tempo produtivo de cada ferramenta e que espelha diariamente o tempo de operação real de cada uma das máquinas. Deste modo, os operadores estão cientes dos tempos não produtivos de cada máquina e da urgência em eliminar/diminuir os mesmos. Em cada dia, este indicador é registado no quadro de equipa e é também exposto um gráfico mensal para cada centro com os valores da disponibilidade das máquinas.

5.4.2. Dinamização da Kaizen Meeting mensal e da reunião operacional diária

Para um maior envolvimento dos capitães de equipa, foi dinamizada uma reunião mensal com os principais KPI do mês em comparação com o acumulado dos meses anteriores, assim como um plano de ações atualizado com base nos mesmos. Um exemplo pode ser consultado no Apêndice XVII. Da parte da manhã, é também realizada uma reunião de 10 minutos junto ao quadro de equipa com os capitães de equipa de cada centro produtivo da área do metal duro, o chefe de operações e o responsável pelo planeamento diário, onde são discutidas as prioridades de produção, assim como o estado de alguns lotes prioritários para que cada capitão esteja ciente do seu estado no fluxo produtivo. O quadro de equipa é constituído por uma área destinada à equipa e a respetiva matriz de polivalências, pelo resultado obtido nas auditorias de processo e 5S, pelos indicadores diários de output em numerário e em quantidade, pelas caixas prioritárias, em atraso e em risco na zona do “Planeamento” e pelos valores de disponibilidade mensais (Figura 52).

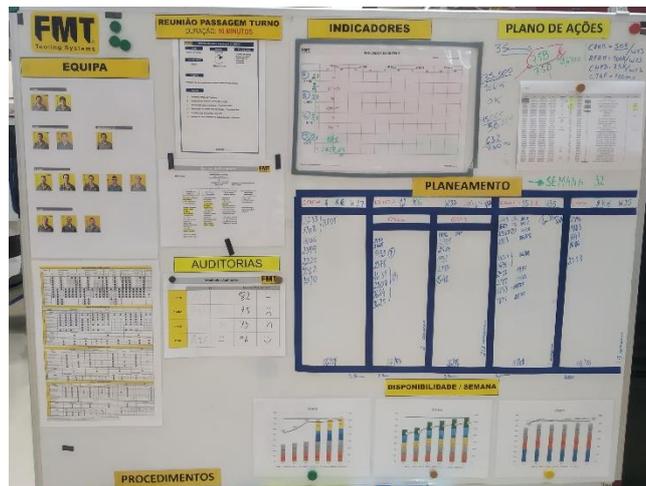


Figura 52 - Quadro de equipa parte I

Do outro lado do quadro de equipa estão assinalados os valores de output diário de cada máquina e os seus valores de disponibilidade, assim como os problemas afetos à área de manutenção. O *flipchart* é utilizado para informações importantes a curto prazo como por exemplo planos de *shutdown* ou informações relativas a alguma reclamação (Figura 53).



Figura 53 - Quadro de equipa parte II

5.4.3. Criação de Lições Singulares

A informação baseada na análise de reclamações e/ou não conformidades é formatada de forma objetiva numa Lição Singular de caráter visual e fácil compreensão. As Lições Singulares passam a ser elaboradas em conjunto com os operadores e são assinadas pelas partes de interesse. Para consulta futura, são colocadas no quadro de equipa (Figura 54).

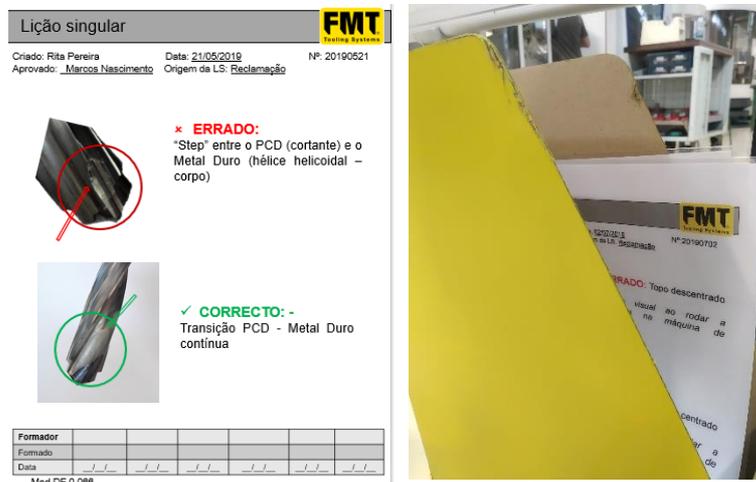


Figura 54 - Exemplo de LS e o seu local de exposição no quadro de equipa

5.4.4. Aumento da eficiência da passagem de turno

As reuniões de passagem de turno, realizadas na troca de turno das 14h, já eram uma realidade na FMT. No entanto, e para que o quadro de equipa seja efetivamente utilizado pela equipa e útil na passagem de informação, as reuniões de passagem de turno da área passam a ser realizadas junto ao quadro. Liderada pelos capitães de equipa, nesta reunião são transmitidos a todos os operadores as

a gaveta das ferramentas de trabalho, foram feitos recortes com a forma das ferramentas utilizadas. Assim, foi possível eliminar o material desnecessário, normalizar o material utilizado e criar uma forma visual e organizada de manutenção do mesmo. Na área de armazenamento, as mós foram organizadas segundo o seu tipo, sendo as gavetas devidamente etiquetadas. Todo o conteúdo ilustrativo da aplicação das técnicas supramencionadas pode ser consultado no Apêndice XVIII.

6. DISCUSSÃO E AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados os principais resultados referentes às propostas de melhoria apresentadas no capítulo anterior. Todas as propostas de melhoria foram implementadas e foi realizada uma tentativa no sentido de quantificar as propostas apresentadas.

6.1. Retificação

6.1.1. Redução das não conformidades

Com a aplicação das tabelas técnicas de velocidade de corte (5.1.1), do fluxograma de métodos de fabrico (5.1.2) e da criação dos procedimentos operativos (5.1.4) nos meses de março e abril, foi possível diminuir a percentagem de quantidade produzida não conforme no centro de Retificação, comprovado pela Figura 56. Esta percentagem é calculada através da fórmula $\%NCs = \frac{Qtd. \text{ não conforme}}{Qtd. \text{ total produzida}} \times 100$.

100.

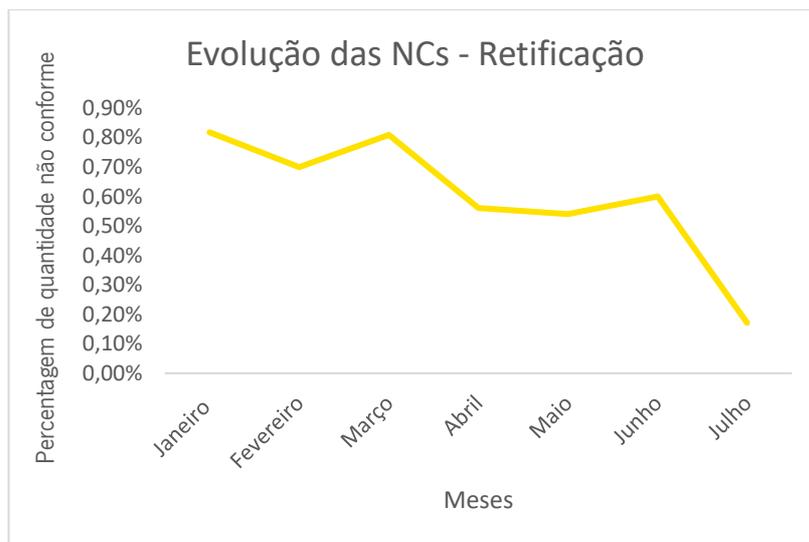


Figura 56 - Evolução das NCs no centro de retificação entre janeiro e junho de 2019

A percentagem passou de uma média de 0,78% de NCs nos meses de janeiro, fevereiro e março para uma descida nos meses seguintes, chegando a 0,17% no mês de julho. O ganho em termos de qualidade poderá ser visto na Tabela 20.

Tabela 20 – Ganho na percentagem de produção não conforme na retificação

<i>% Não conformidades (antes)</i>	<i>% Não conformidades (depois)</i>	<i>Diminuição (%)</i>
0,78	0,17	78

6.1.2. Aumento da polivalência dos operadores

Através dos procedimentos operativos realizados e da formação dada durante os meses de estágio, foi possível aumentar a polivalência de um dos operadores na programação no *software* NumRoto, *software* no qual incidiram os procedimentos. Os restantes pontos da matriz de polivalência estão incluídos nos planos de evolução e formação dos respetivos operadores para o ano de 2020.

6.1.3. Aumentos dos valores de disponibilidade das máquinas

Com a instalação do sistema *andon* na máquina 17 e com a implementação do sistema de duas caixas para a retificação de mós no mês de abril, foi possível aumentar a disponibilidade em todas as máquinas do centro. Como ilustra a Figura 57, a laranja, é possível ver a evolução dos valores de disponibilidade da máquina 17 de uma média de 52% nos meses de fevereiro e março para um aumento gradual mensal até aos 75% no mês de julho. Nas restantes máquinas, o valor de disponibilidade passa de uma média de 74% nos meses de fevereiro e março para 78% no mês de julho.

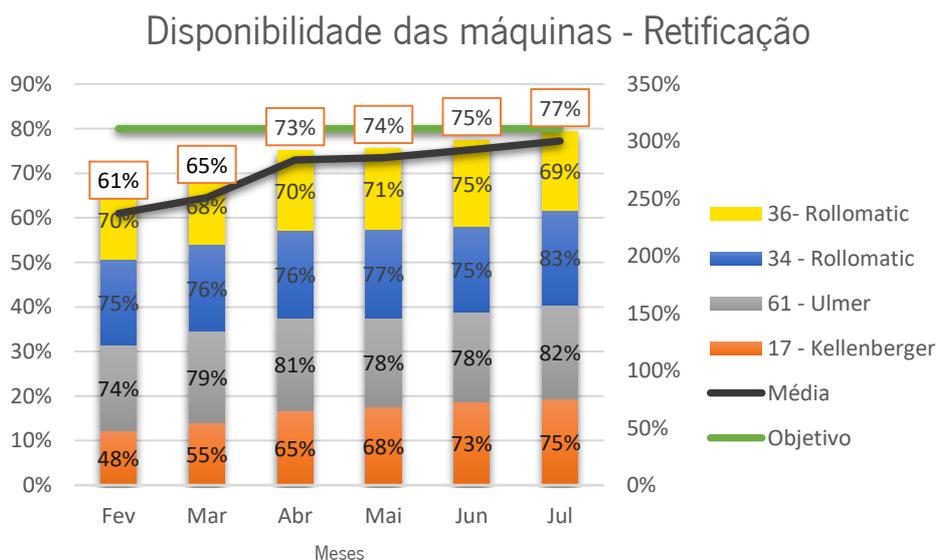


Figura 57 - Evolução da disponibilidade dos equipamentos no centro de retificação entre fevereiro e julho de 2019

O ganho em termos de disponibilidade de máquina poderá ser visto na Tabela 21

Tabela 21 - Ganho na disponibilidade dos equipamentos na retificação

	% Disponibilidade (antes)	% Disponibilidade (depois)	Aumento (%)
Máq. 17	52	75	44
Máqs. 61, 34 e 36	74	78	5

6.2. Fresagem HM

6.2.1. Redução do tempo de ciclo e do *lead time*

Através da alteração do corte dos cortantes de metal duro com a mó para o corte a laser, o tempo de ciclo da operação de perfilagem dos cortantes de metal duro foi reduzido de 70 minutos para 40 minutos.

O *lead time* no centro de Fresagem HM para a família AÇO diminuiu de 7 dias para 4 dias.

Os ganhos em percentagem estão ilustrados na Tabela 22.

Tabela 22 - Ganhos na família AÇO

	<i>Antes</i>	<i>Depois</i>	<i>Diminuição (%)</i>
<i>Tempo de ciclo (perfilagem AÇO)</i>	70 minutos	40 minutos	43
<i>Lead Time</i>	7 dias	4 dias	43

6.2.2. Aumento dos valores de disponibilidade das máquinas

A implementação do sistema de medição automático no mês de abril para a família HM, que compreende as máquinas 34, a verde, e a 19, a azul na Figura 58, permitiu uma evolução nos valores de disponibilidade de uma média de 49% nos meses de fevereiro e março para um aumento gradual atingindo o valor de 74% no mês de julho (Tabela 23).

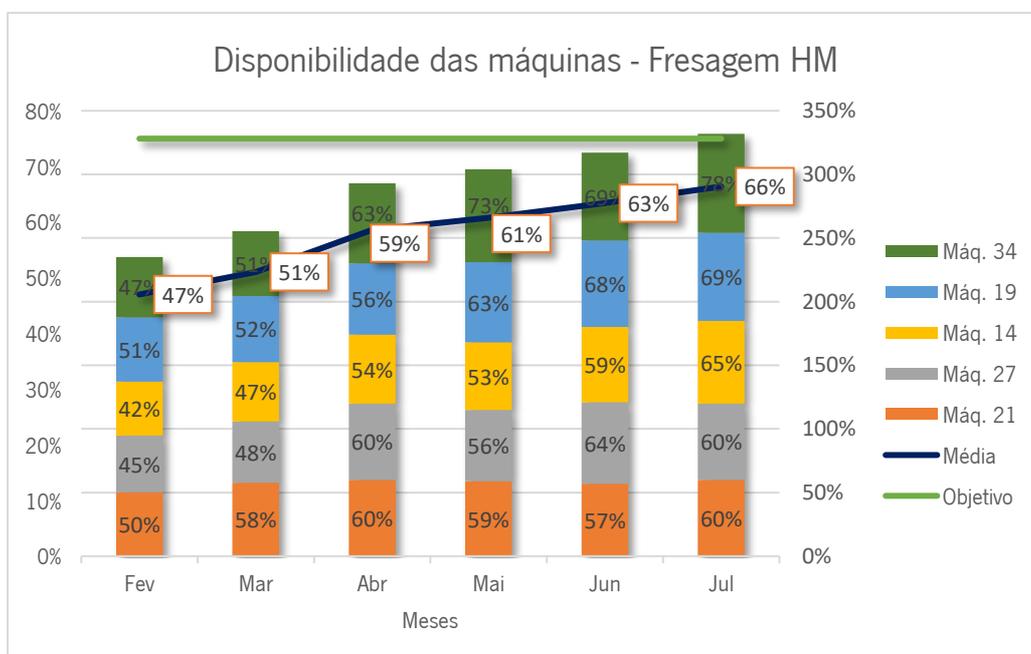


Figura 58 - Evolução da disponibilidade dos equipamentos no centro de fresagem HM entre fevereiro e julho de 2019

Melhoria de desempenho de uma área produtiva numa multinacional de ferramentas de corte

Tabela 23 - Ganhos de disponibilidade dos equipamentos no centro de Fresagem HM

<i>% Disponibilidade (antes)</i>	<i>% Disponibilidade (depois)</i>	<i>Aumento (%)</i>
49	74	51

6.3. Fresagem PCD

6.3.1. Redução do tempo de ciclo e aumento da taxa de produção

Através da melhoria do fluxo produtivo no centro de Fresagem PCD, foi possível diminuir o tempo de ciclo deste centro de 32 minutos para 27 minutos, espelhando-se num aumento da taxa de produção de 1,9 unidades/hora para 2,2 unidades/hora, equivalente a um aumento de capacidade de 16%, como ilustrado na Tabela 24.

Tabela 24 - Ganho na família PCD

	<i>Antes</i>	<i>Depois</i>	<i>Diminuição (%)</i>
<i>Tempo de ciclo</i>	32 minutos	27 minutos	16

	<i>Antes</i>	<i>Depois</i>	<i>Aumento (%)</i>
<i>Taxa de produção</i>	1,9 unidades / hora	2,2 unidades/ hora	16

6.4. Gestão

6.4.1. Aumento da motivação e do envolvimento dos operadores

Com a criação do novo KPI referente à disponibilidade dos equipamentos, foi possível definir um indicador compreendido por todos os operadores e que os motivasse todos os dias para serem melhores no seu trabalho. Em vez de frases como “Eu não ligo aos objetivos porque basta ter de produzir ferramentas complexas que demorem mais tempo que já parece que não fizemos nada”, passaram a ouvir-se frases como “Se a máquina estiver parada, eu não estou a acrescentar valor!”. Este facto é comprovado pelo aumento dos valores de disponibilidade de todas as máquinas em todos os centros do mês de fevereiro primeiro mês de medição, para o mês de março (Figura 59). Sem nenhuma melhoria implementada ainda, apenas pelo facto de o KPI existir, os operadores consciencializaram-se daquilo que é o desperdício e da importância que eles têm na tarefa de o eliminar.

Melhoria de desempenho de uma área produtiva numa multinacional de ferramentas de corte

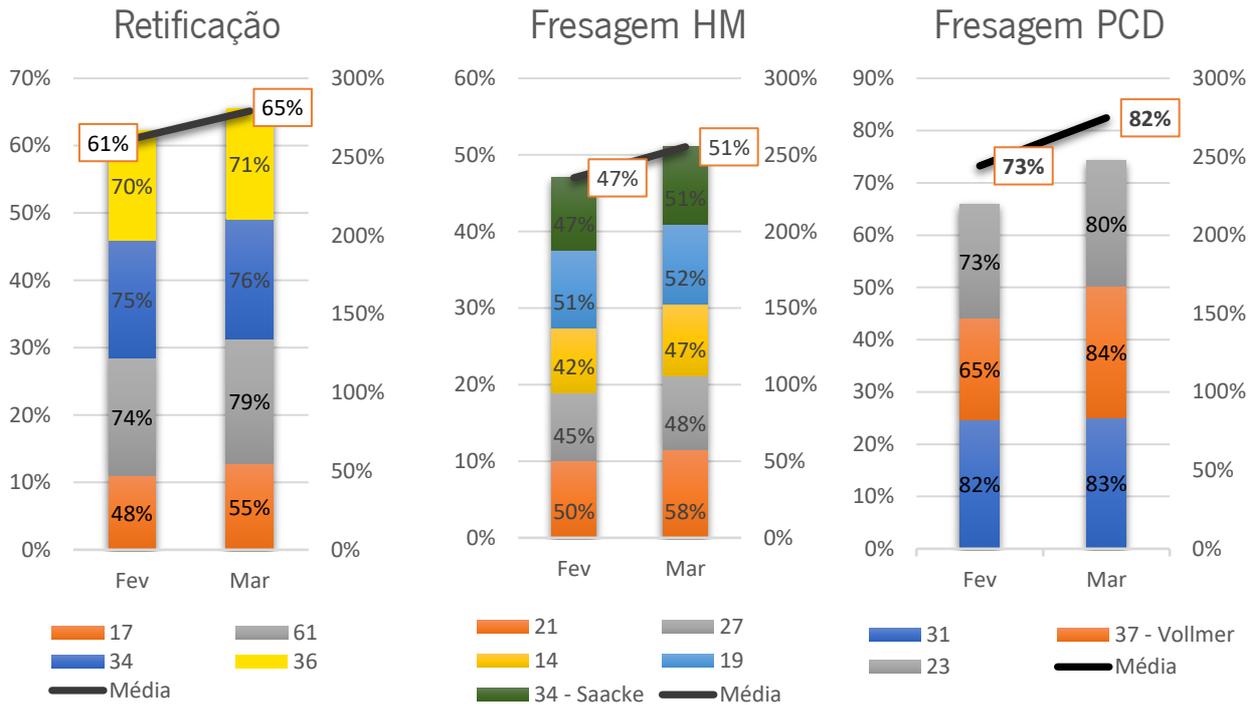


Figura 59 - Evolução na disponibilidade dos equipamentos em fevereiro e março de 2018

Através da dinamização da *Kaizen Meeting* mensal e da reunião diária operacional com todos os capitães de equipa foi possível envolvê-los de tal forma que estes têm conhecimento não só do panorama geral dos seus centros, mas também das possíveis causas para os objetivos produtivos não serem atingidos, fazendo com que seja possível a criação de um plano coeso com os problemas dos centros e de ações exequíveis.

Para os restantes operadores, um quadro de equipa com informação pertinente foi propulsor não só da criação de valor e eliminação de desperdício, mas também do aumento da polivalência e da formação.

6.4.2. Maior seguimento da produção

Através da realização da passagem de turno da área do metal duro junto ao quadro de equipa, todos os operadores começaram a dar a devida importância ao mesmo e a olhar diariamente para os KPI referentes aos seus centros. Dada a estruturação desta reunião e a informação visível em cada máquina sobre o trabalho realizado no turno anterior, a passagem de turno tornou-se mais eficiente, permitindo a redução de tempo de mais uma atividade que não acrescenta valor, mas é ainda necessária.

6.4.3. Otimização da reunião de métodos e redução de tempos produtivos

De janeiro até julho do ano de 2019, através do agrupamento de sete referências de ferramentas de corte que poderiam ser simplificadas sem implicação na aplicação do cliente, foi possível uma redução de custos produtivos de 1293,46 UM até à data de contabilização, como exposto no Apêndice XIX. Este número aumenta de cada vez que uma das referências é produzida.

6.4.4. Redução de movimentações e esperas

Com a aplicação da metodologia 5S e de estratégias de gestão visual, foi possível diminuir as movimentações dos operadores e as esperas devido à procura de material e ferramentas de trabalho.

6.4. Síntese dos resultados

Na Tabela 25 são apresentados os resultados quantificados de forma resumida.

Tabela 25 - Sumário dos resultados obtidos

	<i>Antes</i>	<i>Depois</i>	<i>Ganho</i>
Produção não conforme na Retificação (%)	0,78	0,17	78%
Valores de disponibilidade na Retificação (%) – máq. 17	52	75	44%
Valores de disponibilidade na Retificação (%) – restantes máqs.	74	78	5%
Tempo de ciclo na perfilagem da família AÇO (min)	70	40	43%
Lead Time da família AÇO na Fresagem HM (dias)	7	4	43%
Quantidade produzida/mês da família AÇO (unidades)	58	109	88%
Valores de disponibilidade na Fresagem HM (%) – máqs. 34+19	49	74	51%
Tempo de ciclo na Fresagem PCD (minutos)	32	27	16%
Taxa de produção na Fresagem PCD (unidades/hora)	1,9	2,2	16%

Em termos monetários, o investimento aplicado encontra-se na ordem das 2117,60 UM (2113,60 UM da compra de árvores + 4 UM do dispositivo de controlo).

7. CONCLUSÃO

Neste capítulo são apresentadas as principais conclusões do projeto de dissertação, bem como algumas sugestões de trabalho futuro.

7.1. Conclusões finais

Todos os objetivos definidos inicialmente para este projeto foram cumpridos trazendo vantagens para a empresa onde o mesmo foi desenvolvido.

A área produtiva do metal duro é uma área com uma elevada perspectiva de crescimento de mercado e com o menor desenvolvimento tecnológico e de recursos humanos interno. Assim, o projeto de dissertação focou-se nesta área e no fluxo produtivo entre os três centros produtivos que a constituem de forma a eliminar os desperdícios existentes. Através do estudo crítico da área produtiva foi possível combater fragilidades no processo, fluxo, comunicação e recursos humanos.

Na “Retificação”, através da normalização de trabalho e da formação dos operadores, foi possível reduzir a produção não conforme de 0,78% para 0,17%, representando um ganho de 78%. Num dos equipamentos do centro, a instalação de um sistema *andon* permitiu aumentar a disponibilidade de 52% para 75% e nos restantes equipamentos de 74% para 78%, refletindo-se num ganho de 44% e 5%, respetivamente.

Na “Fresagem HM”, a alteração do processo de corte a mó para corte a laser permitiu a redução do tempo de ciclo da operação de perfilagem de 70 para 40 minutos assim como do *lead time* da família de produtos AÇO de 7 para 4 dias, equivalente a um ganho de 43% para ambos os casos. Ainda neste centro produtivo, a medição automática da família de produtos HM permitiu um aumento de disponibilidade dos dois equipamentos que produzem estas ferramentas de 49% para 74%, um ganho de 51%.

Na “Fresagem PCD”, a reestruturação do fluxo em máquina e do fluxo no centro permitiu uma diminuição do tempo de ciclo de 32 para 27 minutos, equivalente a uma taxa de produção de 1,9 unidades/hora para 2,2 unidades/hora, correspondentes a um ganho de 16% em produtividade.

Apenas com a medição da disponibilidade dos equipamentos e a comunicação diária da mesma aos operadores, este valor aumentou no segundo mês de medição provando que a consciencialização e a transparência são o primeiro passo para a melhoria contínua. Através da dinamização da *Kaizen Meeting* mensal e da reunião operacional diária, foi possível a total integração dos capitães de equipa no panorama do centro e a criação de um plano de ações de melhoria em constante atualização. O quadro

de equipa, de utilização geral e com informação pertinente sobre a área produtiva, foi impulsionador de um aumento de motivação por parte de todos os operadores, não só para o trabalho diário como para o aumento da polivalência, e de um seguimento mais focado do trabalho produtivo.

A reestruturação da passagem de turno permitiu o aumento da eficácia e eficiência desta tarefa e a redução de erros derivados de uma passagem de informação precária. Já a melhoria da comunicação entre a produção e o departamento de engenharia/projeto através da reunião de métodos permitiu a redução do tempo de operação de sete referências de produtos que culminou num ganho de cerca de 1.293 UM em custos produtivos até ao mês de julho.

A metodologia 5S e as estratégias de gestão visual foram cruciais não só para a diminuição das movimentações e esperas, mas para fomentar uma cultura de limpeza e organização nas áreas de trabalho.

O constante envolvimento da gestão e dos operadores e a entejuda e compreensão no “chão de fábrica” fez com que o sucesso deste projeto fosse possível. Em termos académicos, este projeto possibilitou à investigadora o contacto com o contexto industrial real através da análise de um sistema produtivo, permitindo a consolidação de conceitos teóricos e a aplicação dos mesmos. Em termos pessoais foi possível à autora perceber que a base para qualquer trabalho são as pessoas e que a melhoria contínua funciona apenas se for uma cultura abraçada por todos.

7.2. Trabalho futuro

A etapa seguinte deverá ser a implementação de ideias de melhoria e a repetição do ciclo da abordagem de investigação-ação. Além da monitorização das melhorias implementadas, é agora importante que o processo seja de novo estudado rumo à melhoria contínua e à procura constante pela perfeição.

Como sugestão para o trabalho futuro, e fruto da investigação de novos *softwares* para os equipamentos utilizados na área de produção estudada, surge a proposta de reestruturação do fluxo desde a projeção do desenho para o cliente até à programação nas máquinas CNC. Através de um aplicativo que pode ser instalado gratuitamente, o *Numroto Draw*, é possível obter o desenho técnico a duas dimensões diretamente do programa que é criado para maquinação na máquina CNC.

O fluxo atual começa com a projeção a duas dimensões no “Projeto”, passa ao “Desenho” para o projeto ser transformado num desenho técnico a duas dimensões, segue para a produção onde será feito o programa com base no desenho técnico para a máquina CNC e, depois de terminado, poderá começar a maquinação da ferramenta em causa (Figura 60).

O fluxo proposto seria o da projeção a duas dimensões no “Projeto” para de seguida passar ao “Desenho” para o mesmo ser transformado num programa para a máquina CNC que, quando terminado, gerará automaticamente um desenho técnico a duas dimensões. Já na produção, quando os centros produtivos receberem os produtos para maquinação, terão apenas de os maquinar e medir, sem necessidade de antes fazer o programa para a máquina CNC, já que este se encontra feito pelo “Desenho” (Figura 61).

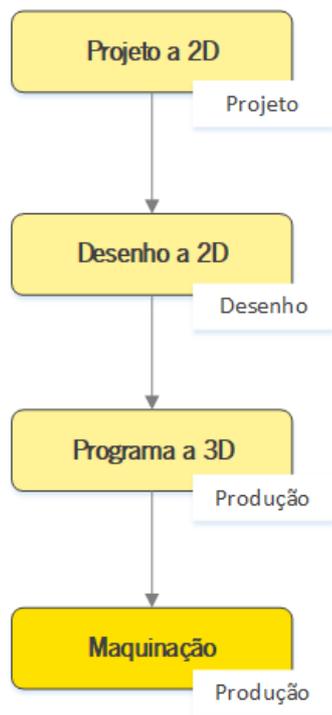


Figura 60 - Fluxo atual

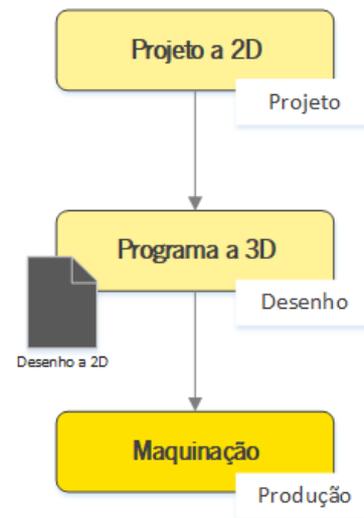


Figura 61 - Fluxo proposto

A programação passa a ser feita exteriormente ao espaço produtivo e os operadores dos centros de produção ficam apenas focados no trabalho nas máquinas CNC e de medição sem que as suas tarefas incluam a programação das próprias máquinas. Os resultados esperados são o de aumento da taxa de utilização de todos os equipamentos, a deteção de erros de projeto numa fase anterior à produção e uma consequente resposta mais rápida ao cliente e redução de retrabalho, e um fluxo de informação e material mais curto e eficiente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguado, S., Alvarez, R., & Domingo, R. (2013). Model of efficient and sustainable improvements in a lean production system through processes of environmental innovation. *Journal of Cleaner Production*, 47, 141–148.
- Alves, A. C. (2007). *Projeto dinâmico de sistemas de produção orientados ao produto*. <https://doi.org/10.14488/bjopm.2015.v12.n1.a12>
- Andersson, C., & Bellgran, M. (2015). On the complexity of using performance measures: Enhancing sustained production improvement capability by combining OEE and productivity. *Journal of Manufacturing Systems*, 35, 144–154.
- Arunagiri, P., & Gnanavelbabu, A. (2014). Identification of major lean production waste in automobile industries using weighted average method. *Procedia Engineering*, 97, 2167–2175.
- Bayo-Moriones, A., Bello-Pintado, A., & Merino-Díaz de Cerio, J. (2010). 5S use in manufacturing plants: contextual factors and impact on operating performance. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 27(2), 217–230.
- Bevilacqua, M., Ciarapica, F. E., Mazzuto, G., & Paciarotti, C. (2013). Visual Management implementation and evaluation through mental workload analysis. *IFAC Proceedings Volumes*, 46(7), 294–299.
- Black, J. T. (1989). *Machining* (9th ed.; J. R. Davis, Ed.). Ohio, USA: ASM Handbook Committee.
- Costa, S. (2018). *Desenvolvimento e implementação de um sistema de melhoria contínua numa empresa multinacional de ferramentas de corte*. Universidade do Minho.
- Drake, P. J. (1999). *Dimensioning and Tolerancing Handbook*. New York: McGrawHill.
- Dubey, R. (2014). *Understanding complex relationship among JIT, lean behaviour, TQM and their antecedents using interpretive structural modelling and fuzzy MICMAC analysis*. <https://doi.org/10.1108/TQM-09-2013-0108>
- Edwards, D. W. (1986). Out of the Crisis. *MIT Center for Advanced Engineering Study*.
- Ghinato, P. (2006). Jidoka: Mais do que “Pilar da Qualidade.” *Lean Way Consulting*.
- Goetsch, D. L., & Davis, S. B. (2014). *Quality Management for Organizational Excellence: Introduction to Total Quality David L. Goetsch Stanley Davis Seventh Edition*.
- Gomes, H. (1996). *Quality Quotes*. ASQ Quality Press.
- Gosling, J., & Naim, M. M. (2009). Engineer-to-order supply chain management: A literature review

Melhoria de desempenho de uma área produtiva numa multinacional de ferramentas de corte

- and research agenda. *International Journal of Production Economics*, 122(2), 741–754.
<https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2009.07.002>
- Higgins, P., Le Roy, P., & Tierney, L. (1996). *Manufacturing planning and control*. Springer Science & Business Media.
- Hines, P., & Rich, N. (1997). The seven value stream mapping tools. *International Journal of Operations & Production Management*, 17(1), 46–64.
- Imai, M. (2005). *Praise for Gemba Kaizen*.
- International Organization for Standardization. (2007). *ISO/TS 13399-3: Reference dictionary for tool items* (Vol. 2007).
- Juran, J. M. (1954). Universals in management planning and controlling. *Management Review*, 43(11), 748–761.
- Kasul, R. A., & Motwani, J. G. (1997). Successful implementation of TPS in a manufacturing setting: a case study. *Industrial Management & Data Systems*, 97(7), 274–279.
- Keller, M., & Awakening, R. (1989). *The rise, fall and struggle for recovery of General Motors*. Nova York: Morrow.
- König, W., & Klocke, F. (2008). *Fertigungsverfahren 1: Drehen, Fräsen, Bohren* (8th ed.). Springer-Verlag.
- Latest Quality, O. (2018). No TitleTwo Bin System Inventory Management. Retrieved March 15, 2019, from <https://www.latestquality.com/two-bin-system-inventory-management/>
- Liker, J. K. (2004). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. McGraw-Hill.
- Maia, L. C., Alves, A. C., & Leão, C. P. (2011). Metodologias para implementar Lean Production: Uma revisão crítica de literatura. *6º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia (CLME2011)" A Engenharia No Combate à Pobreza, Pelo Desenvolvimento e Competitividade"*. Edições INEGI.
- Melton, T. (2005). The benefits of lean manufacturing: What lean thinking has to offer the process industries. *Chemical Engineering Research and Design*, 83(6 A), 662–673.
<https://doi.org/10.1205/cherd.04351>
- Michalska, J., & Szewieczek, D. (2007). The 5S methodology as a tool for improving the organization. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, 24(2), 211–214.
- Míkva, M., Prajová, V., Yakimovich, B., Korshunov, A., & Tyurin, I. (2016). Standardization—one of

- Melhoria de desempenho de uma área produtiva numa multinacional de ferramentas de corte
- the tools of continuous improvement. *Procedia Engineering*, 149, 329–332.
- Monden, Y. (2011). *Toyota production system: an integrated approach to just-in-time*. Productivity Press.
- Nakajima, S. (1988). Introduction to TPM: total productive maintenance.(Translation). *Productivity Press, Inc., 1988*, 129.
- O'Brien, R. (1998). *An overview of the methodological approach of action research*.
- Ohno, T. (1988). *Toyota production system: beyond large-scale production*. crc Press.
- Piller, F. (2005). *Glossary: Mass Customization, Open Innovation, Personalization and Customer Integration*.
- Pinto, J. P. (2008). Lean Thinking: Introdução ao pensamento magro. *Comunidade Lean Thinking*, 159–163.
- Pinto, J. P. (2009). Pensamento Lean: A filosofia das organizações vencedoras. *Lisboa: Lidel*.
- Russell, R. S., & Taylor, B. W. (1999). *Operations Management* (2nd ed.). Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall.
- Saunders, M., Lewis, P., & Thornhill, A. (2009). *Research methods for business students*. Pearson education.
- Shingo, S. (1982). *Study of Toyota'Production System from Industrial Viewpoint*. Japan Management Association.
- Silva, S. do C. (2016). *Planeamento e Controlo da Produção*.
- SlideModel, C. (n.d.). Kaizen Muda Mura Muri Template for PowerPoint. Retrieved March 3, 2019, from <https://slidemodel.com/templates/kaizen-muda-mura-muri-template-powerpoint/>
- Stephenson, D. A., & Agapiou, J. S. (2016). *Metal cutting theory and practice* (3rd ed.). New York: Taylor&Francis Group.
- Stonner. (2017). Diagrama de Ishikawa, diagrama de causa e efeito, ou espinha de peixe. Retrieved March 27, 2019, from <https://blogtek.com.br/diagrama-de-ishikawa-diagrama-de-causa-e-efeito-ou-espinha-de-peixe/>
- Susman, G. I., & Evered, R. D. (1978). An Assessment of the Scientific Merits of Action. *Administrative Science Quarterly*, 23(4), 582–603.
- Team, Productivity Press Development. (1999). *OEE for operators: overall equipment effectiveness*. SteinerBooks.
- Team, Productivity Press Developmente. (2002). *Standard work for the shopfloor*. New York: Productivity Press.

- Womack, J., & Jones, D. T. (1997). Lean Thinking-Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation. *The Journal of the Operational Research Society*, 48(11), 1148. <https://doi.org/10.1057/palgrave.jors.2600967>
- Womack, J. P., Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1990). *Machine that changed the world*. Simon and Schuster.
- Wong, K. C. (2011). *Using an Ishikawa diagram as a tool to assist memory and retrieval of relevant medical cases from the medical literature*. BioMed Central.

APÊNDICES

Apêndice I – Fluxo produtivo geral

Apêndice II – Medição de tempos não produtivos – Máquina 17 da Retificação

Apêndice III – Medição de tempos não produtivos – Máquina 21 da Fresagem HM

Apêndice IV – Levantamento das árvores existentes na Fresagem HM

Apêndice V – Levantamento das árvores existentes na Fresagem PCD

Apêndice VI – Produção na máquina 3 do centro de fresagem PCD: Situação Atual

Apêndice VII – Produção na máquina 4 do centro de fresagem PCD: Situação atual

Apêndice VIII – Tabela técnica de velocidades de corte para a Retificação

Apêndice IX – Fluxograma de métodos de fabrico para o centro de retificação

Apêndice X – Matriz de polivalências do centro de retificação

Apêndice XI – PO1. representação em AutoCad de uma redução ao diâmetro na Retificação

Apêndice XII – PO2. Introdução de steps e ponta de retificação cilíndrica no *software* NumRoto

Apêndice XIII – PO3. Introdução e manipulação de parâmetros no *software* NumRoto

Apêndice XIV – Tabela técnica para a família HM para brocas de dois cortantes e canais retos com aplicação em alumínio e ferro fundido

Apêndice XV – Produção na máquina 3 do centro de fresagem PCD: Situação Proposta

Apêndice XVI – Produção na máquina 4 do centro de fresagem PCD: Situação Proposta

Apêndice XVII – Exemplo de Kaizen meeting – centro produtivo de retificação

Apêndice XVIII – Aplicação da metodologia dos 5S e de estratégias de gestão visual

Apêndice XIX – Resumo das alterações feitas na reunião de métodos

APÊNDICE I – FLUXO PRODUTIVO GERAL

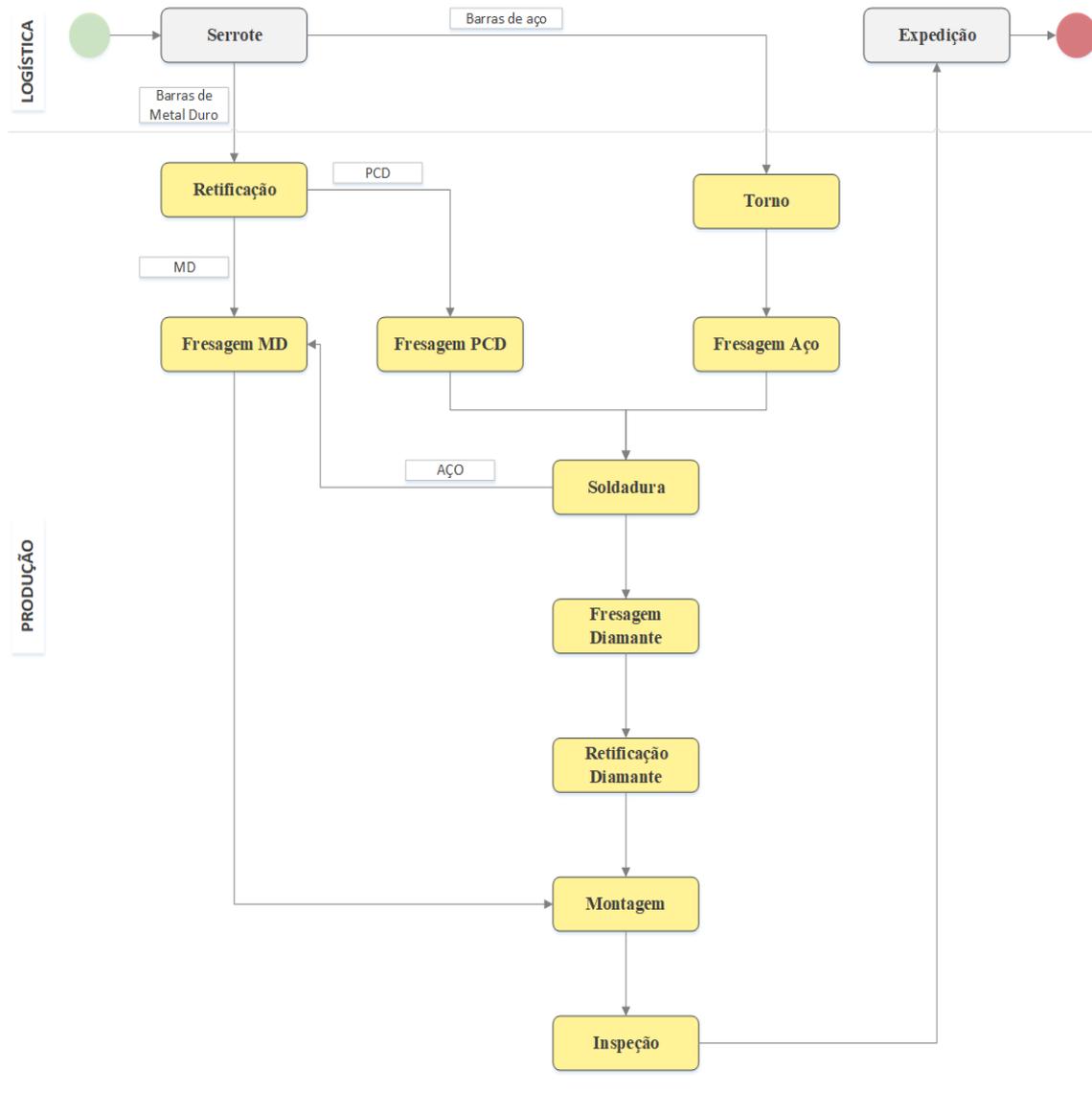


Figura 62 - Fluxo produtivo geral

APÊNDICE II – MEDIÇÃO DE TEMPOS NÃO PRODUTIVOS – MÁQUINA 17 DA RETIFICAÇÃO

Tabela 26 - Tabela descritiva dos tempos não produtivos na máquina 17 da retificação (Parte I e II)

Nº	Atividades	Duração	Máquina
1	Não reparar que a máquina está parada	00:19:00	17
2	Medição e ajuste de batimento	00:03:00	17
3	Setup e changeover	00:12:00	17
4	Setup e changeover	00:06:00	17
5	Retificação de mós	00:32:00	17
6	Não reparar que a máquina está parada	00:36:00	17
7	Setup e changeover	00:15:00	17
8	Setup e changeover	00:02:00	17
9	Não reparar que a máquina está parada	00:09:00	17
10	Setup e changeover	00:08:00	17
11	Não reparar que a máquina está parada	00:45:00	17
12	Setup e changeover	00:09:00	17
13	Não reparar que a máquina está parada	00:06:00	17
14	Setup e changeover	00:11:00	17
15	Medição e ajuste de batimento	00:02:00	17
16	Setup e changeover	00:04:00	17
17	Setup e changeover	00:16:00	17
18	Não reparar que a máquina está parada	00:32:00	17
19	Setup e changeover	00:08:00	17
20	Não reparar que a máquina está parada	00:08:00	17
21	Setup e changeover	00:07:00	17
22	Não reparar que a máquina está parada	00:14:00	17
23	Setup e changeover	00:10:00	17
24	Medição e ajuste de batimento	00:05:00	17
25	Setup e changeover	00:16:00	17
26	Não reparar que a máquina está parada	00:27:00	17
27	Setup e changeover	00:05:00	17
28	Setup e changeover	00:07:00	17
29	Não reparar que a máquina está parada	00:50:00	17
30	Setup e changeover	00:16:00	17
31	Não reparar que a máquina está parada	00:19:00	17
32	Setup e changeover	00:21:00	17
33	Setup e changeover	00:11:00	17
34	Setup e changeover	00:02:00	17

Nº	Atividades	Duração	Máquina
35	Não reparar que a máquina está parada	00:13:00	17
36	Setup e changeover	00:14:00	17
37	Retificação de mós	00:21:00	17
38	Setup e changeover	00:17:00	17
39	Setup e changeover	00:03:00	17
40	Não reparar que a máquina está parada	00:44:00	17
41	Setup e changeover	00:05:00	17
42	Não reparar que a máquina está parada	00:50:00	17
43	Setup e changeover	00:08:00	17
44	Setup e changeover	00:32:00	17
45	Setup e changeover	00:07:00	17
46	Não reparar que a máquina está parada	00:12:00	17
47	Setup e changeover	00:09:00	17
48	Medição e ajuste de batimento	00:07:00	17
49	Setup e changeover	00:02:00	17
50	Setup e changeover	00:19:00	17
51	Não reparar que a máquina está parada	00:05:00	17
52	Não reparar que a máquina está parada	00:02:00	17
53	Setup e changeover	00:18:00	17
54	Medição e ajuste de batimento	00:01:00	17
55	Setup e changeover	00:06:00	17
56	Setup e changeover	00:14:00	17
57	Não reparar que a máquina está parada	00:38:00	17
58	Setup e changeover	00:17:00	17
59	Setup e changeover	00:05:00	17
60	Medição e ajuste de batimento	00:01:00	17
61	Setup e changeover	00:08:00	17
62	Retificação de mós	00:43:00	17
63	Não reparar que a máquina está parada	00:31:00	17
64	Não reparar que a máquina está parada	00:15:00	17
65	Setup e changeover	00:07:00	17
66	Não reparar que a máquina está parada	00:43:00	17
67	Setup e changeover	00:05:00	17
68	Setup e changeover	00:02:00	17

APÊNDICE III – MEDIÇÃO DE TEMPOS NÃO PRODUTIVOS – MÁQUINA 21 DA FRESAGEM HM

Tabela 27 - Tabela descritiva dos tempos não produtivos na máquina 21 da fresagem HM (Parte I e II)

Nº	Atividades	Duração	Máquina
1	Medição da família AÇO	00:09:00	21
2	Ajustes dos parâmetros de corte	00:16:00	21
3	Medição da família AÇO	00:12:00	21
4	Medição da família AÇO	00:07:00	21
5	Medir e tirar batimento	00:03:00	21
6	Ajustes dos parâmetros de corte	00:14:00	21
7	Medição da família AÇO	00:14:00	21
8	Desmontar / montar mós	00:50:00	21
9	Ajustes dos parâmetros de corte	00:20:00	21
10	Medição da família AÇO	00:13:00	21
11	Medição da família AÇO	00:06:00	21
12	Medição da família AÇO	00:10:00	21
13	Procurar ferramenta	00:03:00	21
14	Medir e tirar batimento	00:04:00	21
15	Medição da família AÇO	00:15:00	21
16	Ajustes dos parâmetros de corte	00:11:00	21
17	Medição da família AÇO	00:04:00	21
18	Medir e tirar batimento	00:05:00	21
19	Medição da família AÇO	00:18:00	21
20	Medição da família AÇO	00:10:00	21
21	Ajustes dos parâmetros de corte	00:18:00	21
22	Medir e tirar batimento	00:02:00	21
23	Ajustes dos parâmetros de corte	00:21:00	21
24	Medição da família AÇO	00:03:00	21
25	Medição da família AÇO	00:04:00	21
26	Procurar ferramenta	00:02:00	21
27	Medir e tirar batimento	00:03:00	21
28	Medição da família AÇO	00:09:00	21
29	Ajustes dos parâmetros de corte	00:10:00	21
30	Medição da família AÇO	00:11:00	21
31	Medição da família AÇO	00:12:00	21
32	Ajustes dos parâmetros de corte	00:14:00	21
33	Medir e tirar batimento	00:04:00	21
34	Procurar ferramenta	00:01:00	21

Nº	Atividades	Duração	Máquina
34	Procurar ferramenta	00:01:00	21
35	Medição da família AÇO	00:08:00	21
36	Ajustes dos parâmetros de corte	00:18:00	21
37	Medir e tirar batimento	00:05:00	21
38	Ajustes dos parâmetros de corte	00:13:00	21
39	Procurar ferramenta	00:01:00	21
40	Medição da família AÇO	00:10:00	21
41	Medição da família AÇO	00:12:00	21
42	Ajustes dos parâmetros de corte	00:12:00	21
43	Ajustes dos parâmetros de corte	00:19:00	21
44	Medição da família AÇO	00:07:00	21
45	Medição da família AÇO	00:13:00	21
46	Medir e tirar batimento	00:02:00	21
47	Medição da família AÇO	00:06:00	21
48	Medição da família AÇO	00:14:00	21
49	Desmontar / montar mós	00:48:00	21
50	Medir e tirar batimento	00:01:00	21
51	Medição da família AÇO	00:12:00	21
52	Medição da família AÇO	00:10:00	21
53	Medição da família AÇO	00:06:00	21
54	Ajustes dos parâmetros de corte	00:18:00	21
55	Medição da família AÇO	00:04:00	21
56	Medir e tirar batimento	00:04:00	21
57	Procurar ferramenta	00:03:00	21
58	Medição da família AÇO	00:15:00	21
59	Medição da família AÇO	00:12:00	21
60	Procurar ferramenta	00:03:00	21
61	Medição da família AÇO	00:09:00	21
62	Medição da família AÇO	00:08:00	21
63	Ajustes dos parâmetros de corte	00:08:00	21
64	Medição da família AÇO	00:10:00	21
65	Medição da família AÇO	00:08:00	21
66	Medição da família AÇO	00:07:00	21
67	Desmontar / montar mós	00:46:00	21
68	Medição da família AÇO	00:11:00	21

APÊNDICE IV – LEVANTAMENTO DAS ÁRVORES EXISTENTES NA FRESAGEM HM

Tabela 28 - Inventário das árvores existentes na fresagem HM

Aperto A PF0014 + PF0021 + PF0027					
Nome do KIT	Modelo	Mó	Referência interna FMT	Operação	
1		11V9 Ø100	MD061.05	Topo	
		1A1 Ø125	MD060.45	Step	
		12V9 Ø125	MD082.01	Gashing	
2		11V9 Ø100	MD061.18	Topo	
		1A1 Ø125	MD060.47	Step	
		12V9 Ø125	MD082.01	Gashing	
3		11V9 Ø100	MD061.18	Topo	
		1A1 Ø125	MD026.02	Step	
		12V9 Ø125	MD082.01	Gashing	
4		11V9 Ø75	MD061.04	Topo	
		1A1 Ø125	MD026.22	Step	
		12V9 Ø75	MD002.05	Gashing	
5		11V9 Ø100	MD061.05	Topo	
		1A1 Ø125	MD060.47	Step	
		1A1 Ø100	MD060.32	Gashing Sandvik	
6		12V9 Ø125	MD023.03	Espelho grande	
		1V1 Ø100	MD100.05	Hélice grande	
7		12V9 Ø75	MD002.10	Espelho pequena	
		1V1 Ø75	MD026.39	Hélice pequena	
8		12V9 Ø125	MD023.03	Espelho	
		1A1 Ø125	MD060.45	Hélice	
9		11V5 Ø100	MD062.04	Topo + raio	
		12V9 Ø125	MD082.01	Gashing	
10		12V9 Ø125	MD082.01	Desbaste	
11		12V9 Ø125	L&H Tooling	Desbaste	
12		11V9 Ø75	MD061.03	Topo acabamento	
		12V9 Ø150	MD023.09	Perfil acabamento	

Melhoria de desempenho de uma área produtiva numa multinacional de ferramentas de corte

13	PerfilD_Discos		12V9 Ø75	MD002.05	Perfil desbaste
14	PerfilA_Discos		12V9 Ø75	Sem referência	Perfil acabamento
15	Perfil R1		14F1 Ø150 r1	MD013.03	Perfil c/ raio=1
16	Perfil R0,5		14F1 Ø125 r0,5	MD025.04	Perfil c/raio=0,5
17	Perfil_Inv		12V9 Ø150	MD023.09	Perfil invertido
18	Cara_1		1A1 Ø100 L14	Sem referência	Facejamento
19	Cara topo		11V9 Ø100	MD061.18	Topo
			12V9 Ø125	MD082.01	Facejamento
20	Cara_2		12V9 Ø75	MD002.05	Facejamento
21	Rasgo		1A1 Ø150	Inglaterra	Rasgo
22	Discos		1V1 Ø125	MD026.24	Desbaste
			1V1 Ø125	L&H Tooling	Facejamento
23	Corte		1A1 Ø150	DB001.01	Corte
24	Espelho		12V9 Ø125	MD023.03	Espelho à frente
			12V9 Ø75	MD002.10	Espelho atrás
25	E922 C1		1V1 Ø100	Sem referência	Hélice reta
			1A1 Ø125	MD075.77	Step / chanfro
			1V1 Ø100	Sem referência	Rasgo em "V"
26	E922 C2		11V9 Ø100	MD061.05	Topo
			12V9 Ø150	MD023.09	Perfil
			12V9 Ø125	MD082.01	Gashing
27	PerfilD_HSK		1V1 Ø100	MD026.19	Desbaste HSK

Melhoria de desempenho de uma área produtiva numa multinacional de ferramentas de corte

28	Perfila_HSK		12V9 Ø100	MD023.05	Perfil acabamento HSK
----	-------------	---	-----------	----------	-----------------------

Aperto C PF-0019					
Nome do KIT	Modelo	Mó	Referência interna FMT	Operação	
29		11V9 Ø100	MD061.18	Topo	
		1A1 Ø125	MD060.47	Step	
		12V9 Ø125	MD023.06	Gashing	
30		11V9 Ø100	MD031.01	Topo	
		1A1 Ø125	MD060.47	Step	
		1V1 Ø100	Sem referência	Gashing Sandvik	
31	desmontado	11V9 Ø100	MD061.05	Topo	
		1A1 Ø125	MD026.22	Step	
		1A1 Ø100	MD060.28	Gashing Sandvik	
32		12V9 Ø125	MD023.03	Espelho grande	
		1V1 Ø100	MD100.05	Hélice grande	
33		12V9 Ø75	MD002.10	Espelho pequena	
		1V1 Ø75	MD026.39	Hélice pequena	
34	desmontado	12V9 Ø125	MD023.03	Espelho grande	
		1V1 Ø125	MD026.24	Hélice grande	
35	desmontado	12V9 Ø125	MD082.01	Espelho grande	
		1A1 Ø100	MD100.04	Hélice	
36		1A1 Ø100	MD060.33	Saída ao Ø	
		1V1 Ø125	MD026.23	Hélice helicoidal	
37		11V5 Ø100	MD062.04	Topo + raio	
		12V9 Ø125	MD082.01	Gashing	
38		11V5 Ø100	MD062.04	Topo + raio	
		1V1 Ø100	Sem referência	Hélice	
40		1V1 Ø125	MD026.23	Step	
41		1A1 Ø100	MD060.34	Helicone especial - Topo Mitsubishi	
			MD019.03		
42		14F1 Ø100	MD060.34	Aplicações especiais - ripado (fresas) e perfil	
		12V9 Ø100	Sem referência		

Melhoria de desempenho de uma área produtiva numa multinacional de ferramentas de corte

Aperto B PF-0032						
Nome do KIT	Modelo	Mó	Referência interna FMT	Operação		
43	Heli 12V9 1V1		12V9 Ø75	MD002.10	Espelho pequena	
			1V1 Ø75	MD026.39	Hélice pequena	
44	Helic 1A1 1A1		1A1 Ø75	Sem referência (EFFGEN)	Espelho	
			1A1 Ø75	Sem referência (EFFGEN)	Hélice helicoidal	
45	Perfil		11V9 Ø100	MD061.18	Perfil	
46	Step		1V1 Ø125	MD026.23	Step	
47	Saída		1A1 Ø100	MD060.34	Saída ao Ø	
48	Topo		11V9 Ø100	MD061.05	Topo	
			1V1 Ø100	Sem referência	Gashing	

Aperto B PF-0034						
Nome do KIT	Modelo	Mó	Referência interna FMT	Operação		
49	Heli 12V9 1A1		12V9 Ø75	MD002.10	Espelho	
			1A1 Ø75	MD021.02	Hélice helicoidal	
50	Heli 1V1 1V1		1V1 Ø75	Sem referência (EFFGEN)	Espelho	
			1V1 Ø75	Sem referência (EFFGEN)	Canais retos	
51	Perfil		11V9 Ø100	MD061.05	Perfil	
52	Step		1V1 Ø125	Sem referência (EFFGEN)	Step	
53	Saída		1A1 Ø100	MD060.34	Saída ao Ø	
54	Topo		11V9 Ø100	Sem referência (EFFGEN)	Topo	
			1V1 Ø100	Sem referência (EFFGEN)	Gashing	

Melhoria de desempenho de uma área produtiva numa multinacional de ferramentas de corte

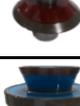
Aperto B PF-0032 + PF-0034					
	Nome do KIT	Modelo	Mó	Referência interna FMT	Operação
55	Heli_Grande		12V9 Ø125	MD023.03	Espelho
			1V1 Ø100	MD100.05	Hélice helicoidal
56	Heli		1A1 Ø100	Sem referência	Hélice helicoidal
57	Perfil_1V1		1V1 Ø100	L&H Tooling	Perfil
58	Saida_Grande		1A1 Ø125	MD026.22	Saída ao Ø, steps

APÊNDICE V – LEVANTAMENTO DAS ÁRVORES EXISTENTES NA FRESAGEM PCD

Tabela 29 - Inventário das árvores existentes na fresagem PCD

		Aperto A PF-0020 PF-0023			
	Nome do KIT	Modelo	Mó	Referência interna FMT	Operação
1	Topo_Heli_75		11V9 Ø75	MD061.03	Topo
			1V1 Ø75	MD026.39	Hélice
2	Topo_Heli_100		11V9 Ø100	Sem referência	Topo
			1V1 Ø100 L10	Sem referência	Hélice
3	Heli_od_1		1A1 Ø100	MD026.28	Saídas ao Ø
			1A1 Ø100	MD100.04	Hélice
4	Heli_od_2		1A1 Ø125	MD060.47	Saídas ao Ø
			1A1 Ø100	MD060.32	Hélice
5	Heli_od_3		1A1 Ø125	Sem referência	Saídas ao Ø
			1V1 Ø125	Sem referência	Hélice
6	Heli_od_4		1A1 Ø125	Sem referência	Saídas ao Ø
			1V1 Ø125	Sem referência	Hélice
7	Heli_1		1V1 Ø100	MD026.09	Hélice helicoidal
8	Heli_2		1V1 Ø100	Sem referência	Hélice helicoidal
9	Heli_3		1V1 Ø100	MD100.05	Hélice helicoidal
10	Heli_4		1V1 Ø100	MD100.05	Hélice helicoidal
11	Heli_5		1V1 Ø125 L20	Sem referência	Hélice
12	Heli_6		1V1 Ø125 L20	MD026.24	Hélice
13	Topo_reta_50		11V9 Ø75	MD061.04	Topo
			1A1 Ø50	MD060.117	Hélice
14	Topo_reta_75		11V9 Ø75	MD061.04	Topo
			1V1 Ø75	MD026.39	Hélice
15	Topo_reta_1		11V9 Ø100	MD061.05	Topo
			1A1 Ø100	MD100.04	Hélice

Melhoria de desempenho de uma área produtiva numa multinacional de ferramentas de corte

16	Topo_reta_2		11V9 Ø100	MD061.05	Topo
			1V1 Ø100	Sem referência	Hélice reta
17	Topo_reta_3		11V9 Ø100	MD061.05	Topo
			1V1 Ø100	MD100.05	Hélice reta
18	Topo_reta_125		11V9 Ø100	Sem referência	Topo
			1A1 Ø125	Sem referência	Hélice
19	Reta_1		1A1 Ø50	MD060.117	Hélice
20	Reta_2		1A1 Ø50	MD060.117	Hélice - 1V1 8,5º
21	Reta_3		1V1 Ø50	Sem referência	Hélice
22	Reta_4		1V1 Ø100	MD100.05	Hélice reta
23	Reta_5		1V1 Ø100	MD100.05	Hélice reta
24	Topo		11V9 Ø100	Sem referência	Topo
25	Topo_12V9		11V9 Ø100	MD061.05	Topo
			12V9 Ø125	MD082.01	Gashing
26	Topo_1A1_12V9		11V9 Ø100	MD061.05	Topo
			1A1 Ø125	MD060.47	Step
			12V9 Ø125	MD082.01	Gashing
27	Topo_step		11V9 Ø100	MD061.05	Topo
			1A1 Ø150	MD060.22	Step
28	Topo_encaixe		1A1 Ø75	MD021.02	Encaixe ao centro
			12V9 Ø125	MD082.01	Topo
29	Topo_mandril		11V9 Ø75	Sem referência	Topo
			1V1 Ø100	MD060.34	Step
30	Topo_rasgo		11V9 Ø75	MD061.03	Topo
			1A1 Ø100 L1.7	Sem referência	Rasgo
31	Perfil_1,5		14F1 Ø150 L3	MD013.02	Perfil

Melhoria de desempenho de uma área produtiva numa multinacional de ferramentas de corte

32	Perfil_0,5		14F1 Ø125 L1	MD025.04	Perfil
33	Perfil_1		14F1 Ø150 L2	MD013.03	Perfil
34	Perfil		12V9 Ø125	MD023.19	Perfil
35	Encaixe_pastilhas		1A1 Ø100	MD026.22	Encaixe
36	Encaixe_centro		12V9 Ø75 L1,2	MD002.05	Encaixe
37	Sandvick		11V9 Ø100	Sem referência	Topo
			1A1 Ø125	MD060.47	Step
			1V1 Ø100	Sem referência	Gashing
38	Step_125		1V9 Ø125	MD026.23	Steps
39	Step_75		11V9 Ø75	Sem referência	Steps
40	Rasgos		14F1 Ø150 L3	MD013.02	Rasgos (mó sem raio)

Aperto B PF-0037					
Nome do KIT	Modelo	Mó	Referência interna FMT	Operação	
41	Heli_reta		1A1 Ø100	MD100.04	Hélice helicoidal / hélice reta
42	Reta_50		1A1 Ø50	Sem referência	Hélice reta
43	Reta_75		1V1 Ø75	Sem referência	hélice reta
44	Reta_chanfro		1V1 Ø100	Sem referência	hélice reta c/ chanfro
45	Heli_75		1V1 Ø75	MD026.39	Hélice helicoidal
46	Encaixe_centro		1A1 Ø75	MD021.02	Encaixe
47	Step		1V1 Ø125	MD026.23	Step

Melhoria de desempenho de uma área produtiva numa multinacional de ferramentas de corte

48	Od		1A1 Ø100	MD060.34	Saída ao Ø
49	Sandvick		14F1 Ø125	MD025.04	Rasgo
50	Topo		11V9 Ø100	MD061.05	Topo
			1V1 Ø100	L&H Tooling	Gashing
51	Encaixe_10		Ø10	MD060.53	Encaixe
52	Encaixe_8		Ø8	MD060.52	Encaixe
53	Encaixe_Perfil		Ø8 perfil	MD060.52	Encaixe

Aperto C PF-0031					
	Nome do KIT	Modelo	Mó	Referência interna FMT	Operação
54	1		Ø8	MD060.52	Encaixe
55	2		1V1 Ø50	MD060.117	Hélice reta
			1A1 Ø50	Sem referência	Hélice reta
56	3		1A1 Ø100	MD060.28	Saída ao Ø
			1A1 Ø100	MD100.04	Hélice helicoidal
57	4		1V1 Ø100	MD100.05	Hélice reta
58	5		11V9 Ø100	MD061.18	Topo
			12V9 Ø125	MD082.01	Gashing
59	6		11V9 Ø100	MD061.05	Step
60	7		11V9 Ø100	MD061.18	Topo
			1A1 Ø125	MD060.47	Step
61	8		1A1 Ø75	MD021.02	Encaixe
			12V9 Ø125	MD082.01	Gashing

APÊNDICE VI – PRODUÇÃO NA MÁQUINA 3 DO CENTRO DE FRESAGEM PCD: SITUAÇÃO ATUAL

Tabela 30 - Registo da produção na máquina 3 na situação atual

Walter (3)		3 uds. Ø20									
Início	00:00:00	Setup	03:51:10	Encaixe	07:39:29	Helice	11:12:29	Topo	16:01:18	Encaixe	20:47:39
		Helice	04:01:57	Setup	07:55:37	Topo	11:13:32	Topo	16:17:20	1 ud. Ø20	
		Topo	04:05:09	Helice	07:56:07	Encaixe	11:28:32	Encaixe	16:21:18	Setup	20:48:09
		Encaixe	04:19:57	Topo	08:00:07	Setup	11:29:02	Encaixe	17:24:46	Helice	20:53:07
		Setup	04:20:27	Encaixe	08:01:08	Helice	11:47:00	6 uds. Ø20		Helice	20:58:05
		Helice	04:31:14	Setup	08:17:16	Topo	11:48:03	Setup	17:34:46	Topo	21:01:23
		Topo	04:34:26	Helice	08:17:46	Encaixe	12:03:03	Helice	17:45:33	Topo	21:04:41
		Encaixe	04:49:14	Topo	08:21:46	2 uds. Ø12		Helice	17:56:20	Encaixe	21:08:58
		Setup	04:49:44	Encaixe	08:22:47	Setup	12:13:03	Topo	17:59:32	Encaixe	21:43:14
		Helice	05:00:31	Setup	08:38:55	Helice	12:18:35	Topo	18:02:44	1 ud. Ø20	
		Topo	05:03:43	Helice	08:39:25	Helice	12:24:07	Encaixe	18:06:26	Setup	21:43:44
		Encaixe	05:18:31	Topo	08:43:25	Topo	12:25:14	Encaixe	18:21:14	Helice	21:48:42
		2 uds. Ø20		Encaixe	08:44:26	Topo	12:26:21	Setup	18:21:44	Helice	21:53:40
		Setup	05:19:01	Setup	09:00:34	Encaixe	12:30:20	Helice	18:32:31	Topo	21:56:58
		Helice	05:24:13	Helice	09:01:04	Encaixe	12:54:14	Topo	18:35:43	Topo	22:00:16
		Helice	05:29:25	Topo	09:05:04	Setup	12:54:44	Encaixe	18:50:31	Encaixe	22:04:33
		Topo	05:32:49	Encaixe	09:06:05	Helice	13:00:16	Setup	18:51:01	Encaixe	22:38:49
		Topo	05:36:13	4 uds. Ø12		Encaixe	13:01:23	Helice	19:01:48	3 uds. Ø25	
		Encaixe	05:41:31	Setup	09:22:43	1 ud. Ø32		Encaixe	19:05:00	Setup	22:48:49
		Encaixe	06:23:55	Helice	09:40:41	Setup	13:35:17	Setup	19:19:48	Helice	22:55:29
		Setup	06:24:25	Helice	09:58:39	Helice	13:51:19	Helice	19:20:18	Helice	23:02:09
		Helice	06:29:37	Topo	09:59:42	Helice	14:07:21	Topo	19:31:05	Topo	23:06:29
		Topo	06:33:01	Topo	10:00:45	Topo	14:12:00	Encaixe	19:34:17	Topo	23:10:49
		Encaixe	07:15:25	Encaixe	10:04:30	Topo	14:16:39	Setup	19:49:05	Encaixe	23:16:26
		5 uds. Ø8		Encaixe	10:19:30	Encaixe	14:20:37	Helice	19:49:35	Encaixe	23:50:08
		Setup	07:25:25	Setup	10:20:00	Encaixe	15:24:05	Topo	20:00:22	Setup	23:50:38
		Helice	07:29:25	Helice	10:37:58	1 ud. Ø32		Encaixe	20:03:34	Helice	23:57:18
		Helice	07:33:25	Topo	10:39:01	Setup	15:24:35	Setup	20:18:22	Topo	24:01:38
		Topo	07:34:26	Encaixe	10:54:01	Helice	15:40:37	Helice	20:18:52	Encaixe	24:35:20
		Topo	07:35:27	Setup	10:54:31	Helice	15:56:39	Topo	20:29:39	Setup	24:35:50
									20:32:51	Helice	24:42:30
										Topo	24:46:50

Melhoria de desempenho de uma área produtiva numa multinacional de ferramentas de corte

Encaixe	25:20:32	Setup	28:23:29
11 uds. Ø6		Helice	28:27:30
Setup	25:30:32	Topo	28:28:23
Helice	25:34:33	Encaixe	28:43:31
Helice	25:38:34	Setup	28:44:01
Topo	25:39:27	Helice	28:48:02
Topo	25:40:20	Topo	28:48:55
Encaixe	25:44:07	Encaixe	29:04:03
Encaixe	25:59:15	Setup	29:04:33
Setup	25:59:45	Helice	29:08:34
Helice	26:03:46	Topo	29:09:27
Topo	26:04:39	Encaixe	29:24:35
Encaixe	26:19:47	4 uds. Ø20	
Setup	26:20:17	Setup	29:34:35
Helice	26:24:18	Helice	29:42:05
Topo	26:25:11	Helice	29:49:35
Encaixe	26:40:19	Topo	29:53:34
Setup	26:40:49	Topo	29:57:33
Helice	26:44:50	Encaixe	30:03:34
Topo	26:45:43	Encaixe	30:39:40
Encaixe	27:00:51	Setup	30:40:10
Setup	27:01:21	Helice	30:47:40
Helice	27:05:22	Topo	30:51:39
Topo	27:06:15	Encaixe	31:27:45
Encaixe	27:21:23	Setup	31:28:15
Setup	27:21:53	Helice	31:35:45
Helice	27:25:54	Topo	31:39:44
Topo	27:26:47	Encaixe	32:15:50
Encaixe	27:41:55	Setup	32:16:20
Setup	27:42:25	Helice	32:23:50
Helice	27:46:26	Topo	32:27:49
Topo	27:47:19	Encaixe	33:03:55
Encaixe	28:02:27		
Setup	28:02:57		
Helice	28:06:58		
Topo	28:07:51		
Encaixe	28:22:59		

APÊNDICE VII – PRODUÇÃO NA MÁQUINA 4 DO CENTRO DE FRESAGEM PCD: SITUAÇÃO ATUAL

Tabela 31 - Registo da produção na máquina 4 na situação atual

Vollmer (4)		Helice	03:15:52 Setup	06:43:24 Setup	10:31:38	2 uds. Ø16	Topo	18:38:58		
		Topo	03:18:27 Helice	06:56:10 Helice	10:41:16	Setup	13:53:35	Encaixe	18:53:38	
Início	00:00:00	Encaixe	03:27:17 Topo	06:58:40 Topo	10:43:54	Helice	14:04:27	Setup	18:54:08	
		Setup	03:27:47 Encaixe	07:10:28 Encaixe	10:54:48	Topo	14:08:00	Helice	19:10:10	
Setup	00:04:00	Helice	03:38:31 Setup	07:10:58 Setup	10:55:18	Encaixe	14:19:12	Topo	19:15:03	
Helice	00:14:43	Topo	03:41:06 Helice	07:23:44 Helice	11:04:56	Setup	14:19:42	Encaixe	19:29:43	
Topo	00:17:19	Encaixe	03:49:56 Topo	07:26:13 Topo	11:07:35	Helice	14:30:34		3 uds. Ø14	
Encaixe	00:26:09	Setup	03:50:26 Encaixe	07:38:01 Encaixe	11:18:29	Topo	14:34:08	Setup	19:33:43	
Setup	00:26:39	Helice	04:01:09 Setup	07:38:31 Setup	11:18:59	Encaixe	14:45:20	Helice	19:48:33	
Helice	00:37:22	Topo	04:03:45 Helice	07:51:18 Helice	11:28:37		6 uds. Ø16	Topo	19:51:41	
Topo	00:39:57	Encaixe	04:12:35 Topo	07:53:47 Topo	11:31:15	Setup	14:45:50	Encaixe	19:57:39	
Encaixe	00:48:47	Setup	04:13:05 Encaixe	08:05:35 Encaixe	11:42:09	Helice	15:03:15	Setup	19:58:09	
Setup	00:49:17	Helice	04:23:48	10 uds. Ø12	Setup	11:42:39	Topo	15:07:02	Helice	20:12:59
Helice	01:00:01	Topo	04:26:23 Setup	08:09:35 Helice	11:52:17	Encaixe	15:20:42	Topo	20:16:07	
Topo	01:02:36	Encaixe	04:35:13 Helice	08:19:13 Topo	11:54:56	Setup	15:21:12	Encaixe	20:22:05	
Encaixe	01:11:26		2 uds. Ø6	Topo	08:21:51	Encaixe	12:05:50	Helice	20:22:35	
Setup	01:11:56	Setup	04:35:43 Encaixe	08:32:45	5 uds. Ø10	Topo	15:42:24	Helice	20:37:25	
Helice	01:22:39	Helice	04:44:57 Setup	08:33:15 Setup	12:09:50	Encaixe	15:56:04	Topo	20:40:33	
Topo	01:25:14	Topo	04:47:47 Helice	08:42:53 Helice	12:21:17	Setup	15:56:34	Encaixe	20:46:31	
Encaixe	01:34:04	Encaixe	04:57:43 Topo	08:45:32 Topo	12:23:15	Helice	16:14:00		2 uds. Ø12	
Setup	01:34:34	Setup	04:58:13 Encaixe	08:56:26 Encaixe	12:29:23	Topo	16:17:46	Setup	20:50:31	
Helice	01:45:18	Helice	05:07:27 Setup	08:56:56 Setup	12:29:53	Encaixe	16:31:26	Helice	21:02:13	
Topo	01:47:53	Topo	05:10:17 Helice	09:06:34 Helice	12:41:20	Setup	16:31:56	Topo	21:06:04	
Encaixe	01:56:43	Encaixe	05:20:13 Topo	09:09:12 Topo	12:43:18	Helice	16:49:22	Encaixe	21:18:12	
Setup	01:57:13		6 uds. Ø7	Encaixe	09:20:06	Encaixe	12:49:26	Topo	21:18:12	
Helice	02:07:56	Setup	05:20:43 Setup	09:20:36 Setup	12:49:56	Encaixe	17:06:48	Helice	21:29:53	
Topo	02:10:32	Helice	05:33:30 Helice	09:30:14 Helice	13:01:23	Setup	17:07:18	Topo	21:33:45	
Encaixe	02:19:22	Topo	05:35:59 Topo	09:32:53 Topo	13:03:21	Helice	17:24:44	Encaixe	21:45:53	
Setup	02:19:52	Encaixe	05:47:47 Encaixe	09:43:47 Encaixe	13:09:29	Topo	17:28:30		1 ud. Ø12	
Helice	02:30:35	Setup	05:48:17 Setup	09:44:17 Setup	13:09:59	Encaixe	17:42:10	Setup	21:46:23	
Topo	02:33:10	Helice	06:01:03 Helice	09:53:55 Helice	13:21:26	Setup	17:42:40	Helice	21:55:24	
Encaixe	02:42:00	Topo	06:03:32 Topo	09:56:33 Topo	13:23:24	Helice	18:00:06	Topo	21:58:16	
Setup	02:42:30	Encaixe	06:15:20 Encaixe	10:07:27 Encaixe	13:29:32	Topo	18:03:52	Encaixe	22:05:12	
Helice	02:53:14	Setup	06:15:50 Setup	10:07:57 Setup	13:30:02	Encaixe	18:17:32		1 ud. Ø12	
Topo	02:55:49	Helice	06:28:37 Helice	10:17:35 Helice	13:41:29		2 uds. Ø16	Setup	22:05:42	
Encaixe	03:04:39	Topo	06:31:06 Topo	10:20:14 Topo	13:43:27	Setup	18:18:02	Helice	22:14:44	
Setup	03:05:09	Encaixe	06:42:54 Encaixe	10:31:08 Encaixe	13:49:35	Helice	18:34:05	Topo	22:17:36	

Melhoria de desempenho de uma área produtiva numa multinacional de ferramentas de corte

Encaixe	22:24:32	Topo	25:53:54	Helice	29:43:39
2 uds. Ø8		Encaixe	26:05:57	Topo	29:46:09
Setup	22:28:32	Setup	26:06:27	Encaixe	29:53:31
Helice	22:37:26	Helice	26:17:05	2 uds. Ø12	
Topo	22:39:57	Topo	26:19:48	Setup	29:54:01
Encaixe	22:44:37	Encaixe	26:31:51	Helice	30:05:13
Setup	22:45:07	Setup	26:32:21	Topo	30:08:00
Helice	22:54:00	Helice	26:42:59	Encaixe	30:24:48
Topo	22:56:31	Topo	26:45:41	Setup	30:25:18
Encaixe	23:01:11	Encaixe	26:57:44	Helice	30:36:30
12 uds. Ø14		Setup	26:58:14	Topo	30:39:17
Setup	23:05:11	Helice	27:08:53	Encaixe	30:56:05
Helice	23:15:50	Topo	27:11:35	1 ud. Ø16	
Topo	23:18:32	Encaixe	27:23:38	Setup	30:56:35
Encaixe	23:30:35	Setup	27:24:08	Helice	31:08:49
Setup	23:31:05	Helice	27:34:47	Topo	31:14:36
Helice	23:41:43	Topo	27:37:29	Encaixe	31:32:39
Topo	23:44:25	Encaixe	27:49:32		
Encaixe	23:56:28	Setup	27:50:02		
Setup	23:56:58	Helice	28:00:40		
Helice	24:07:37	Topo	28:03:22		
Topo	24:10:19	Encaixe	28:15:25		
Encaixe	24:22:22	2 uds. Ø12			
Setup	24:22:52	Setup	28:19:25		
Helice	24:33:31	Helice	28:28:11		
Topo	24:36:13	Topo	28:31:04		
Encaixe	24:48:16	Encaixe	28:45:52		
Setup	24:48:46	Setup	28:46:22		
Helice	24:59:24	Helice	28:55:07		
Topo	25:02:07	Topo	28:58:01		
Encaixe	25:14:10	Encaixe	29:12:49		
Setup	25:14:40	2 uds. Ø12			
Helice	25:25:18	Setup	29:13:19		
Topo	25:28:00	Helice	29:23:18		
Encaixe	25:40:03	Topo	29:25:48		
Setup	25:40:33	Encaixe	29:33:10		
Helice	25:51:12	Setup	29:33:40		

APÊNDICE VIII – TABELA TÉCNICA DE VELOCIDADES DE CORTE PARA A RETIFICAÇÃO

Ø Bruto	Ø Final	Velocidade de avanço, F	Ø Bruto	Ø Final	Velocidade de avanço, F	Ø Bruto	Ø Final	Velocidade de avanço, F
1	0,1	5,8	4	2,5	4,3	10	8,1	1,8
1	0,3	5,8	4	2,7	4,5	10	8,3	2,0
1	0,5	6,0	4	2,9	4,6	10	8,5	2,3
1	0,7	6,0	4	3	4,8	10	8,7	2,5
1	0,9	6,0	4	3,1	5,0	10	8,9	2,7
2	0,1	5,4	4	3,3	5,2	10	9,1	2,9
2	0,3	5,4	4	3,5	5,4	10	9,3	3,6
2	0,5	5,5	4	3,7	5,6	10	9,5	4,4
2	0,7	5,5	4	3,9	6,0	10	9,7	4,9
2	0,9	5,6	6	0,5	1,4	10	9,9	5,7
2	1	5,6	6	0,6	1,5	12	10,1	1,2
2	1,1	5,7	6	0,8	1,7	12	10,3	1,4
2	1,3	5,7	6	1	1,8	12	10,5	1,8
2	1,5	5,7	6	1,2	1,9	12	10,7	2,4
2	1,7	5,8	6	1,5	2,0	12	10,9	2,5
2	1,9	6,0	6	1,8	2,1	12	11,1	2,7
3	0,1	4,5	6	2	2,3	12	11,3	3,2
3	0,3	4,5	6	2,5	2,3	12	11,5	4,2
3	0,5	4,6	6	3	2,4	12	11,7	4,8
3	0,7	4,6	6	3,25	2,5	12	11,9	5,4
3	0,9	4,8	6	3,5	2,6	14	12,1	1,2
3	1	4,8	6	3,7	2,7	14	12,3	1,2
3	1,1	4,9	6	3,9	2,9	14	12,5	1,4
3	1,3	4,9	6	4	3,0	14	12,7	1,8
3	1,5	5,0	6	4,1	3,1	14	12,9	2,4
3	1,7	5,0	6	4,3	3,2	14	12,9	2,4
3	1,9	5,1	6	4,5	3,3	14	13,1	2,5
3	2	5,2	6	4,7	3,6	14	13,3	3,0
3	2,1	5,4	6	4,9	3,8	14	13,5	3,6
3	2,3	5,5	6	5	4,2	14	13,7	4,9
3	2,5	5,6	6	5,1	4,4	14	13,9	5,5
3	2,7	5,7	6	5,3	4,8	16	14,1	1,0
3	2,9	6,0	6	5,5	5,1	16	14,3	1,1
4	0,1	2,7	6	5,7	5,5	16	14,5	1,2
4	0,3	2,9	6	5,9	6,0	16	14,7	1,4
4	0,5	3,0	8	3	1,0	16	14,9	1,8
4	0,7	3,0	8	4	1,2	16	15,1	2,3
4	0,9	3,1	8	5	1,4	16	15,3	2,6
4	1	3,2	8	6	2,1	16	15,5	3,2
4	1,1	3,3	8	6,1	2,4	16	15,7	4,4
4	1,3	3,5	8	6,3	2,5	16	15,9	5,5
4	1,5	3,6	8	6,5	2,6			
4	1,7	3,7	8	6,7	3,0			
4	1,9	3,8	8	6,9	3,2			
4	2	3,9	8	7,1	3,6			
4	2,1	4,0	8	7,3	4,2			
4	2,3	4,2	8	7,5	4,8			
			8	7,7	5,4			
			8	7,9	6,0			

Figura 63 - Tabela técnica de velocidades de corte

APÊNDICE IX – FLUXOGRAMA DE MÉTODOS DE FABRICO PARA O CENTRO DE RETIFICAÇÃO

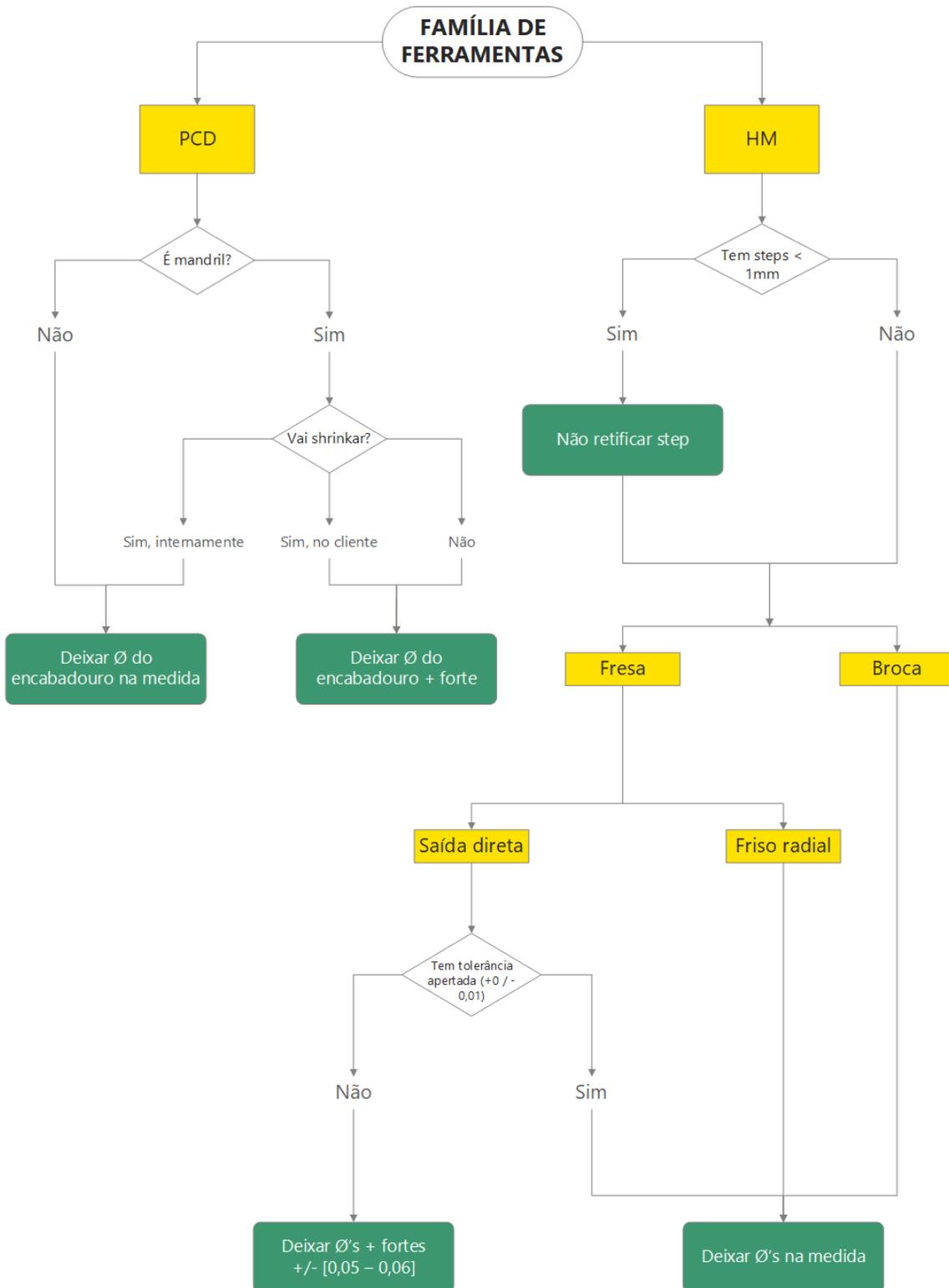


Figura 64 - Fluxograma de métodos de fabrico

APÊNDICE X – MATRIZ DE POLIVALÊNCIAS DO CENTRO DE RETIFICAÇÃO

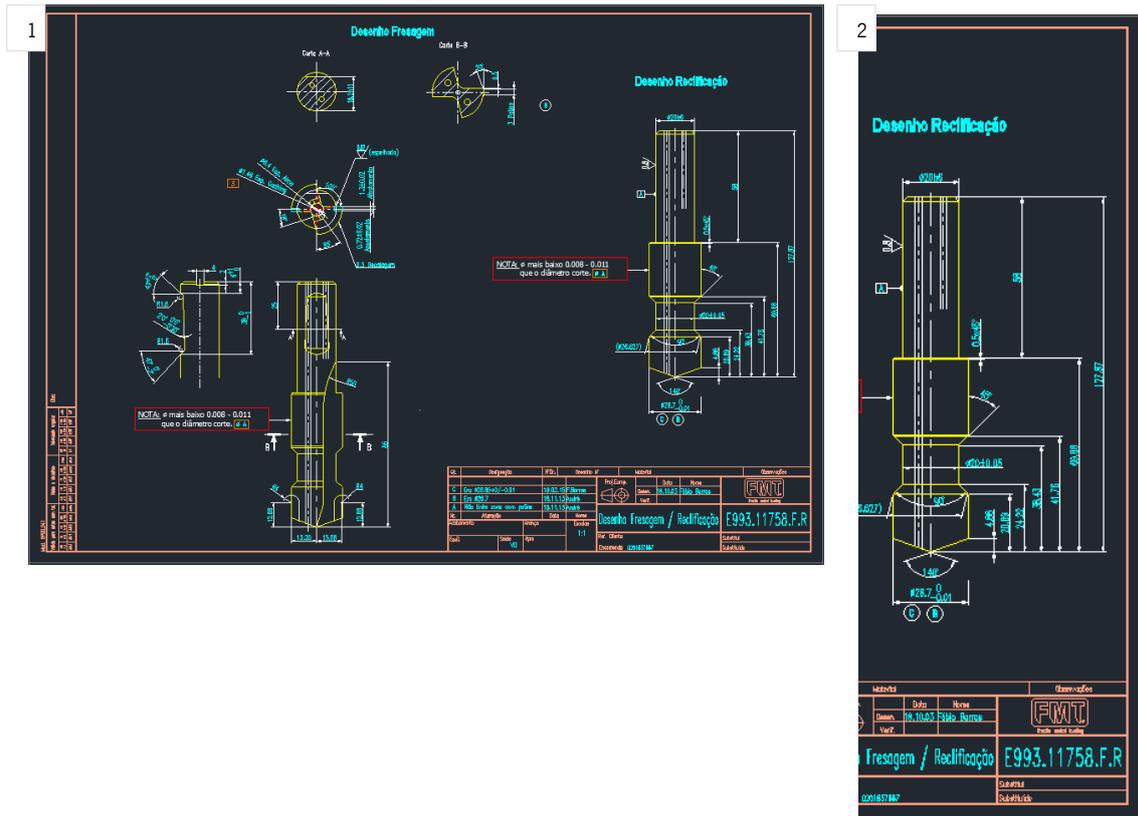
Matriz de Polivalência RFHM																			
Equipa		Sérgio Gomes						Ricardo						André					
Máquinas	Tarefa	Kalleberger (17)	Ulmer (61)	Rollomatic (34)	Rollomatic (36)	Studer (13)	Studer (14)	Kalleberger (17)	Ulmer (61)	Rollomatic (34)	Rollomatic (36)	Studer (13)	Studer (14)	Kalleberger (17)	Ulmer (61)	Rollomatic (34)	Rollomatic (36)	Studer (13)	Studer (14)
	Ligar e desligar máquina	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Definição de offsets	●	●	●	●			◐	◐	●	●			◐	●	●	●		
	Tirar batimento	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	◐	◐	●	●	●	●	◐	◐
	Troca de mó	●	●	●	●	●	●	○	○	◐	◐	◐	◐	◐	●	◐	◐	◐	◐
	Troca de sistema de aperto	●	●	●	●	●	●	●	◐	●	●	○	○	●	◐	●	●	○	○
	Funcionamento com a máquina					●	●					◐	◐					◐	◐
	Retificar mós	●	●			●	●	●	◐			○	○	●	◐			○	○
Qualidade	Tarefa	AP-0022, AP-0034						AP-0022, AP-0034						AP-0022, AP-0034					
	Medição de cotas	●						●						●					
Programação	Tarefa	NumRoto		Fanuc		Rollomatic		NumRoto		Fanuc		Rollomatic		NumRoto		Fanuc		Rollomatic	
	Sabe interpretar programas	●	●	●	●	◐	◐	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	Sabe fazer programas	●	●	●	●	◐	◐	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	

Figura 65 - Matriz de polivalência para o centro de retificação

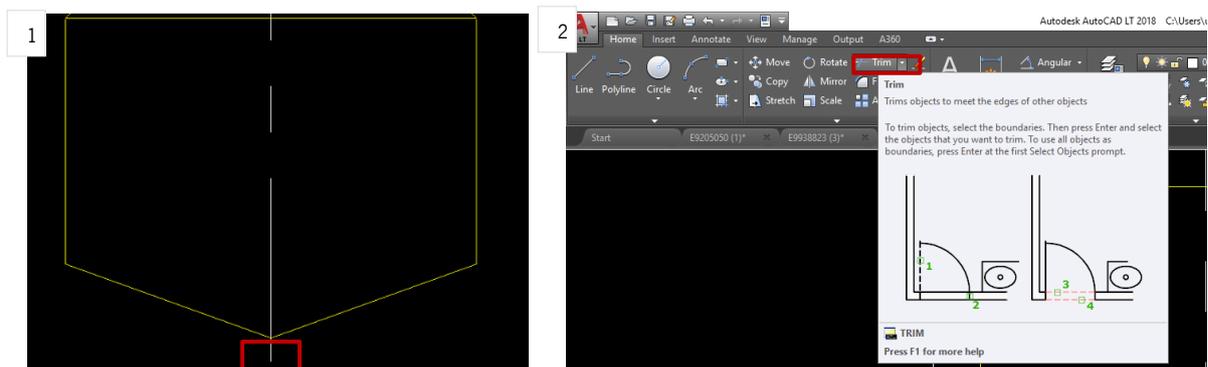
APÊNDICE XI – PO1. REPRESENTAÇÃO EM AUTOCAD DE UMA REDUÇÃO AO DIÂMETRO NA RETIFICAÇÃO

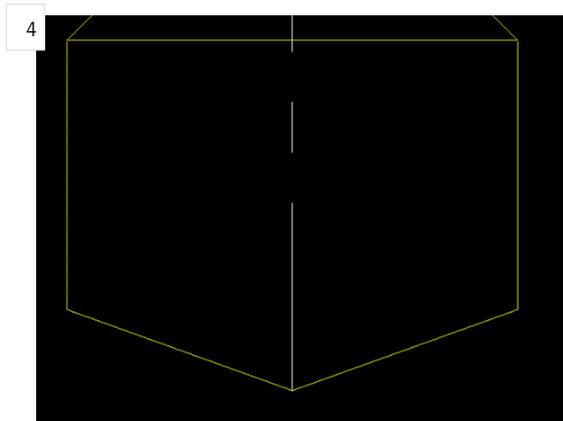
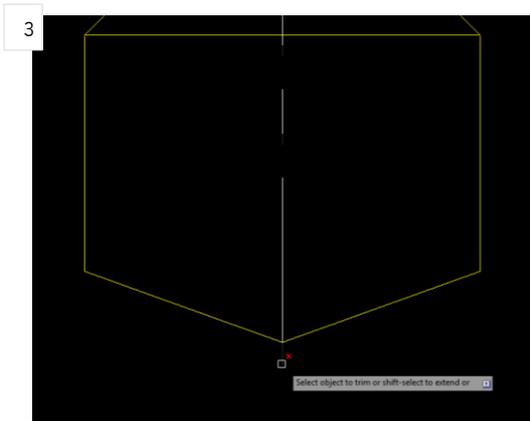
Tome-se como exemplo a peça E933.11758.

Foque-se na parte da peça que não corresponde ao encabadouro. Quando, da ponta da peça até ao início do encabadouro, há uma redução em termos de diâmetro (ao invés de um aumento), chamamos comumente a essa zona de “rebaixo”, assinalada a vermelho na figura 2. Nestas situações, o perfil desse “rebaixo” tem de ser criado em AutoCad para, à posteriori, ser importado para o programa “NumRoto”.

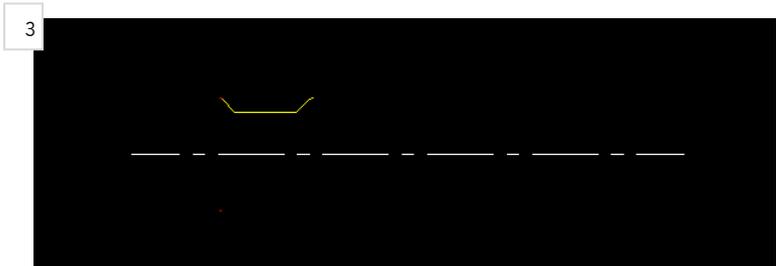
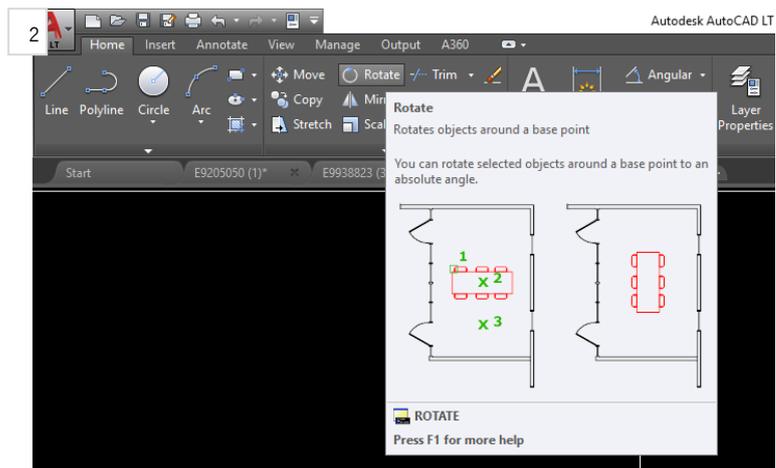
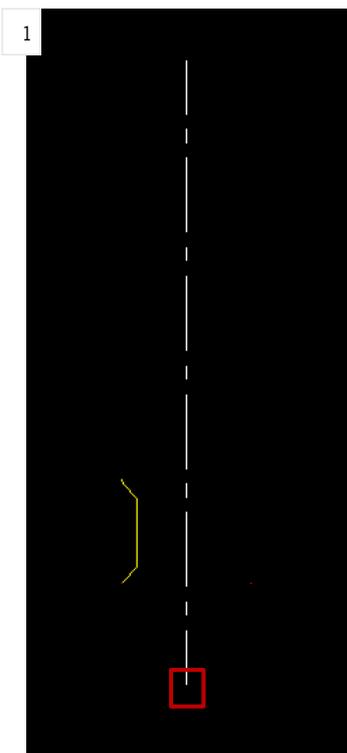


- 1 - Fazer o download do ficheiro correspondente ao desenho técnico da Intranet;
- Abrir o ficheiro (figura 1);
- Apagar tudo (cotas e linhas) exceto o desenho de retificação (figura 2).



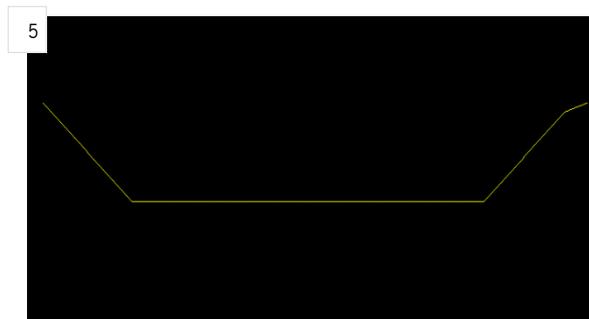
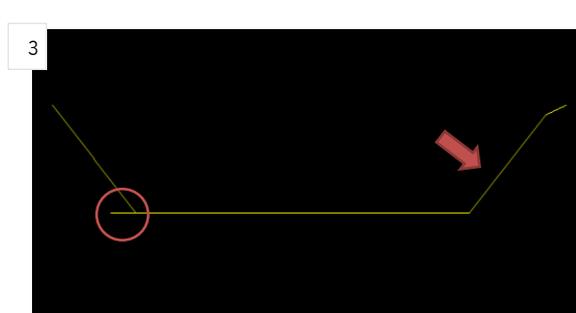
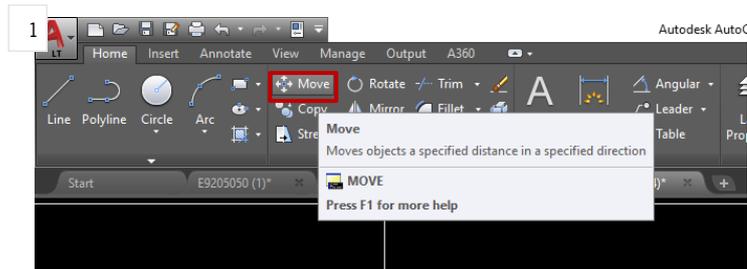


2 - Apagar a linha de eixo que excede a ponta da peça (assinalada a vermelho na figura 1) através dos comandos:
Selecionar "TRIM" (figura 2) – ENTER – Selecionar o excesso (figura 3) - ENTER

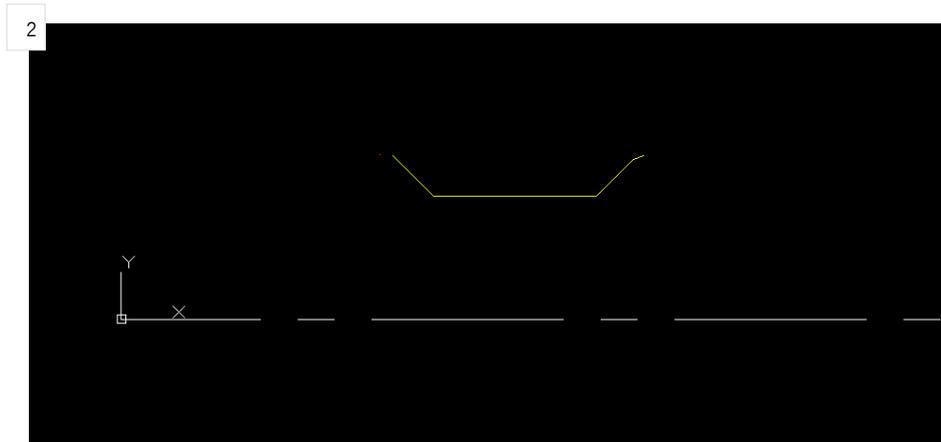
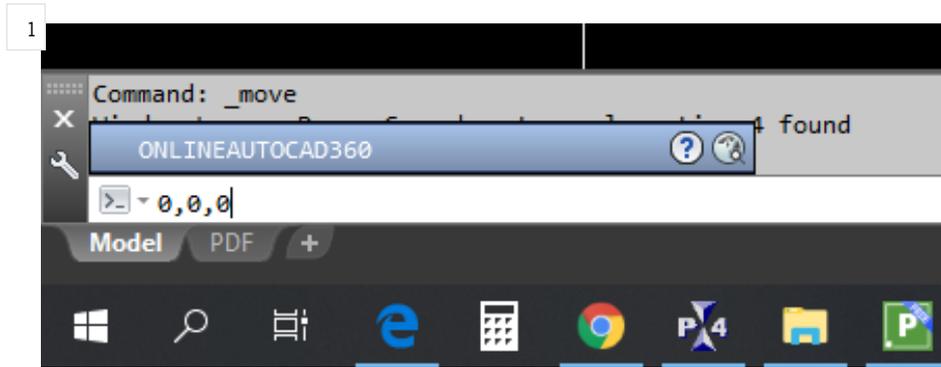


3 - Apagar todas as linhas exceto a linha de perfil do "rebaixo" do lado esquerdo do eixo (Figura 1);
 - Rodar a peça através dos comandos:
Selecionar "ROTATE" (figura 2) – Selecionar tudo (eixo + linhas) – selecionar ponta do eixo (a vermelho na figura 1) – rodar 90° para a direita (figura 3)

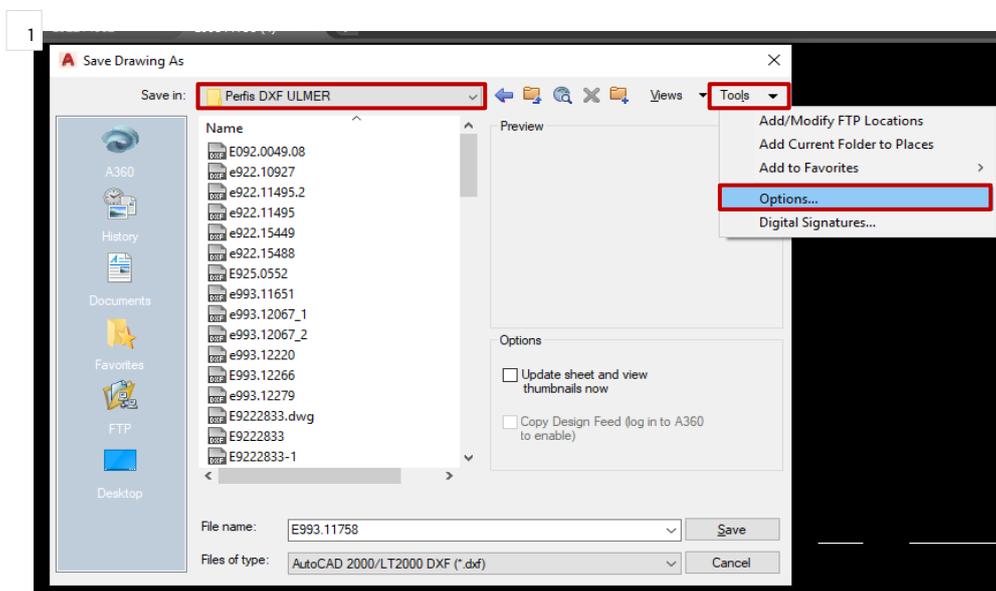
Nota: A rotação é feita para que o eixo e o “rebaixo” fiquem alinhados na direção de encaixe da peça na máquina (Ulmer) – o encabadouro da peça encaixa horizontalmente no lado esquerdo da máquina;

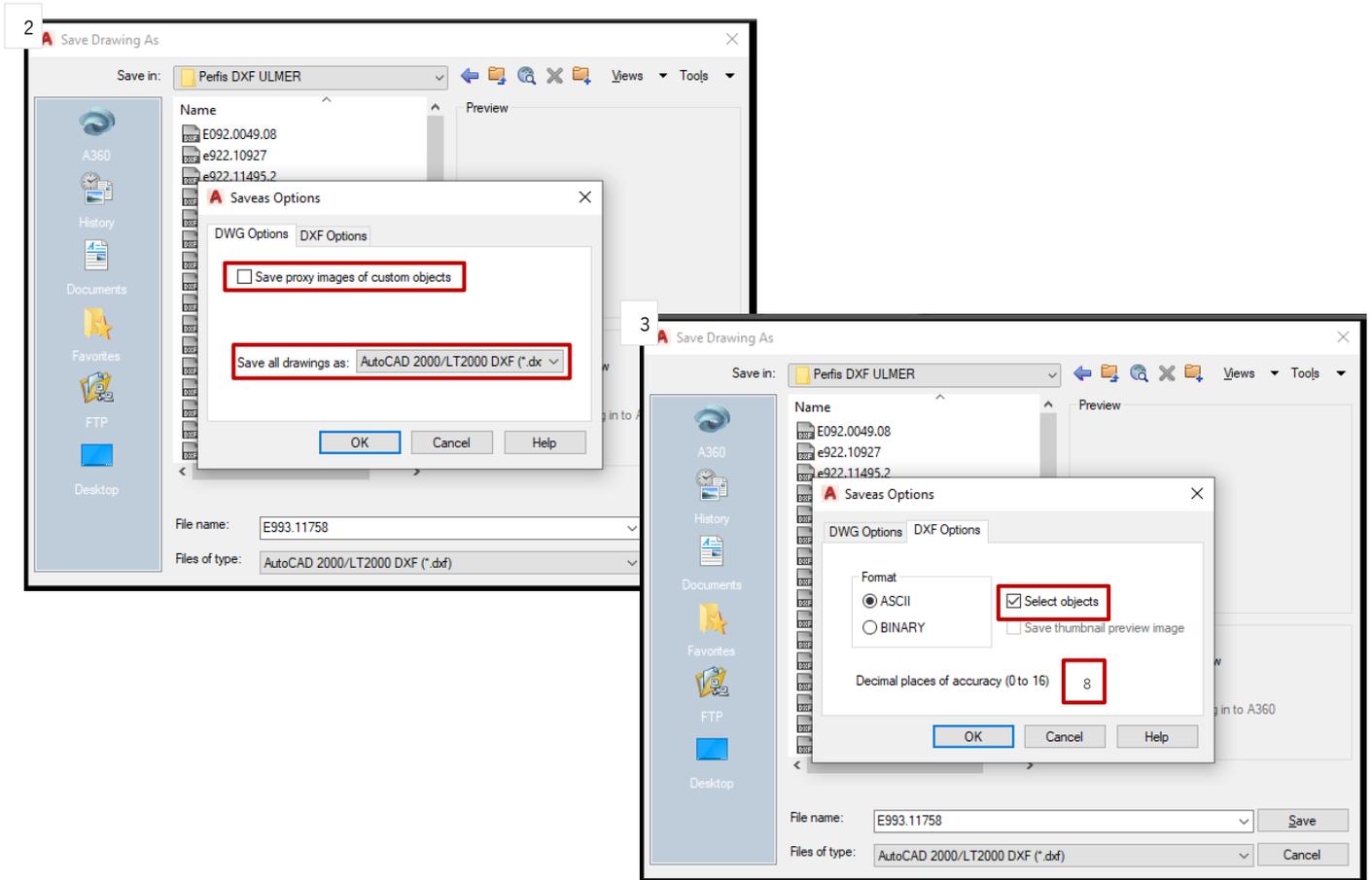


- 4 - Mover a linha assinalada na ^{imagem 2}, 1mm para a direita, através dos comandos:
Selecionar “MOVE” (imagem 1) – selecionar linha (imagem 2) – arrastar o rato na direção pretendida – introduzir o valor “1” - ENTER
- Esta alteração (círculo vermelho ^{imagem 3}) garante que o centro responsável pela fresagem do topo da ferramenta tem margem de manobra para a mesma;
- Mover a linha assinalada com seta na ^{imagem 3}, 0.2mm para a esquerda, da mesma forma que o ponto anterior. Esta alteração (assinalado com um círculo na ^{imagem 4}) garante a compensação do raio inerente à mó;
- Eliminar as linhas excedentes através do comando “TRIM” (imagem 5) ;



- 5
- Mover o eixo do desenho do perfil do “rebaixo” para o eixo de origem do AutoCad através dos comandos:
Selecionar “MOVE” – Selecionar a extremidade esquerda do eixo do desenho (zero do desenho) – escrever na linha de comando na parte inferior do programa “0,0,0”
(imagem 1)
 - No final, o eixo do desenho tem de sobrepor exatamente a origem do eixo do programa, como mostrado na *imagem 2*.



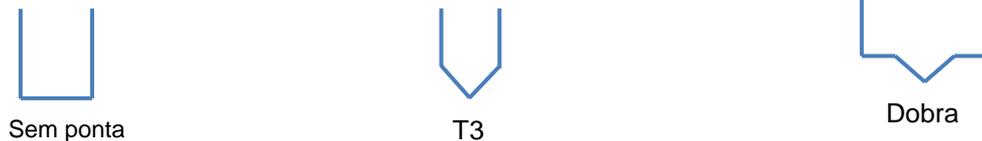


- 6
- Guardar o ficheiro através dos comandos:
1. Selecionar "SAVE AS" – No campo "Save In", escolher a paste "Perfis DXF ULMER"
 2. Selecionar o botão "Tools" – Selecionar "Options"
 3. No menu "DWG Options", tirar a seleção de "Save proxy images of custom objects" e guardar o ficheiro como "AutoCad 2000/LT2000 DXF"
 4. No menu "DXF Options", selecionar o campo "Select objects" e introduzir o valor "8" em "decimal places of accuracy"
 5. Selecionar "OK"
 6. Selecionar "Save"
 7. Pressionando o rato, fazer uma "window" que inclua o perfil do rebaixo e o seu eixo
Nota: isto acontece porque selecionamos anteriormente "Select objects" no menu "DXF Options"
 8. Pressionar "ENTER"

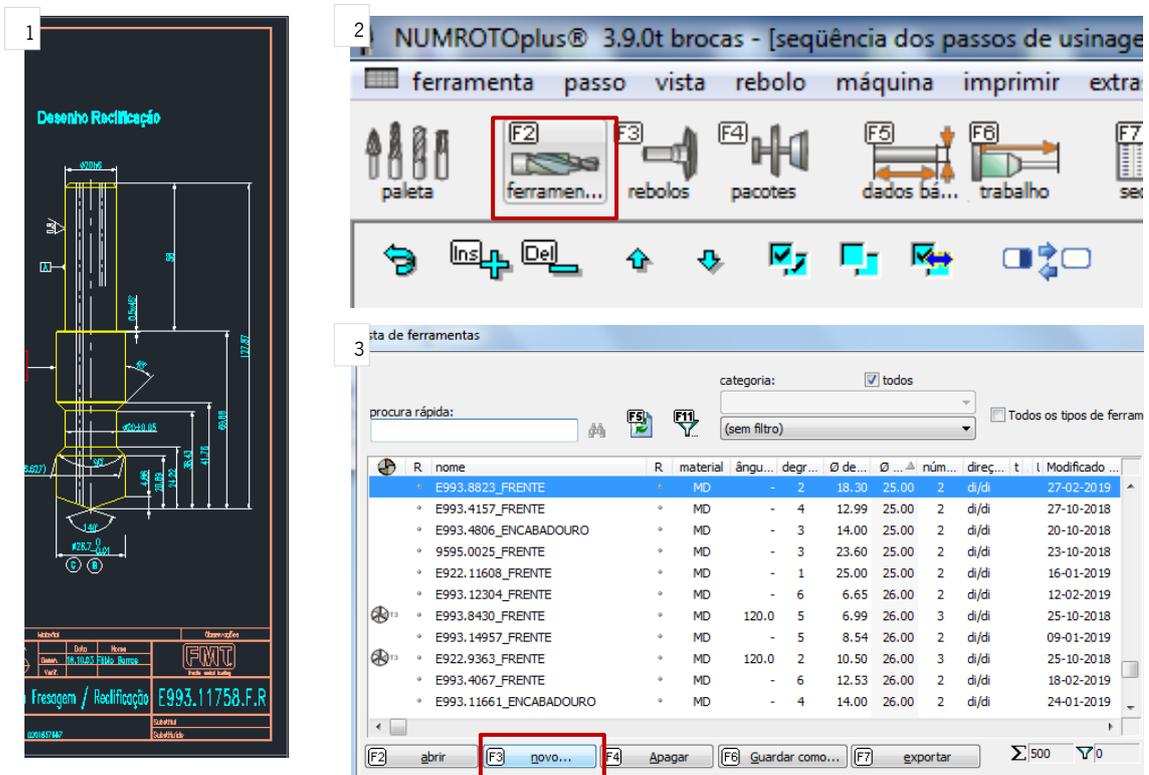
APÊNDICE XII – PO2. INTRODUÇÃO DE STEPS E PONTA DE RETIFICAÇÃO CILÍNDRICA NO *SOFTWARE*

NUMROTO

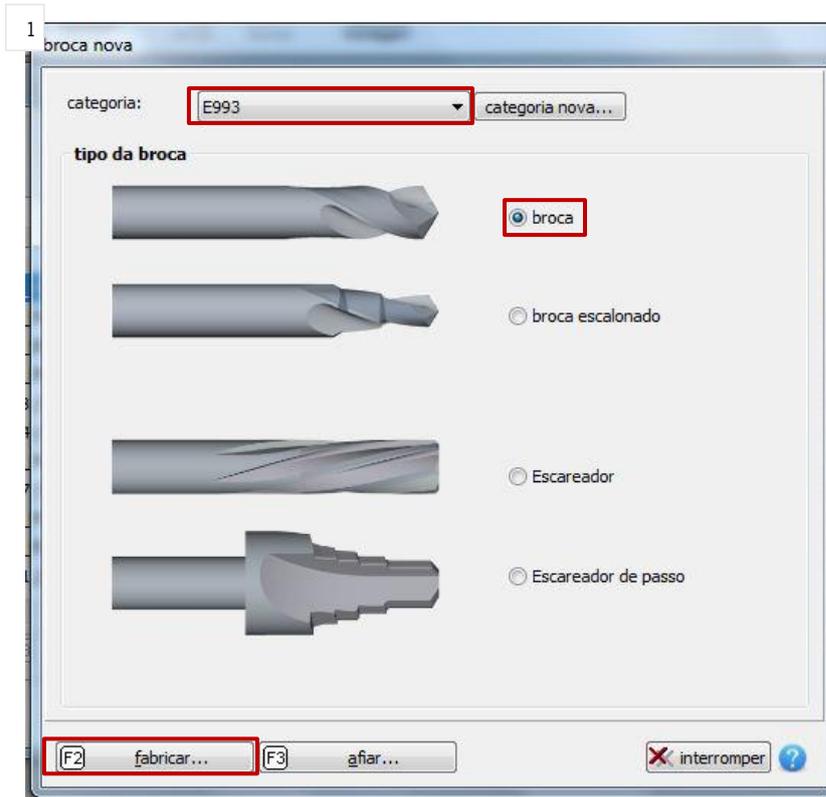
Primeiramente, é de referir que, na introdução de parâmetros no *software* NumRoto, importa definir o tipo de ponta da peça. Aqui, para a retificação cilíndrica, existem apenas 3 tipos a considerar:



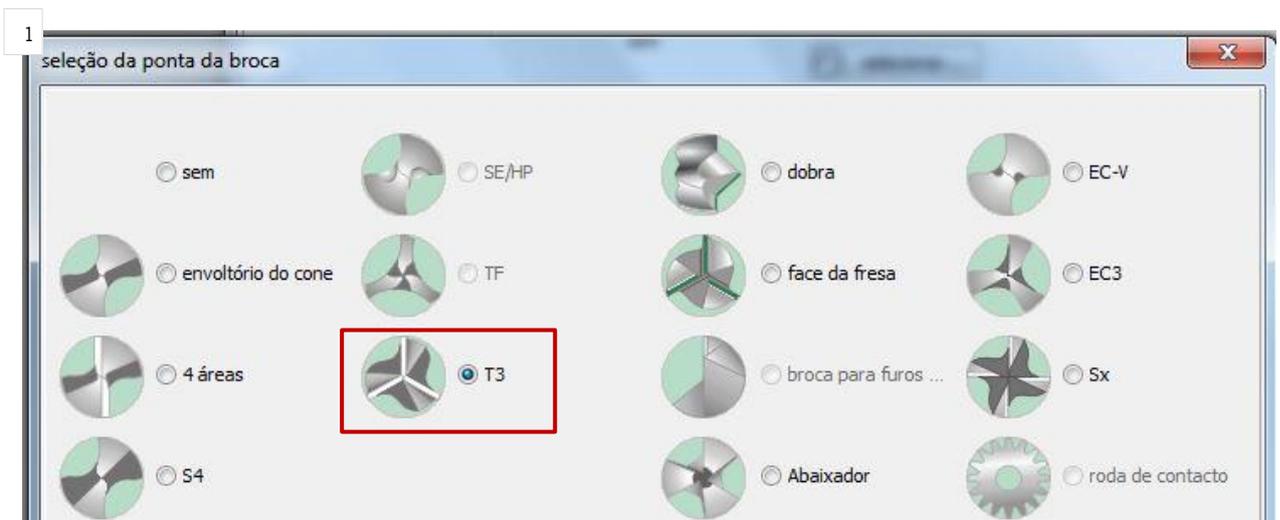
Tudo o resto importa apenas para a fresagem, e não para a retificação. Tome-se como exemplo a peça E933.11758 (figura 1)

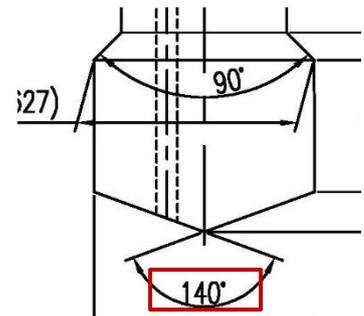
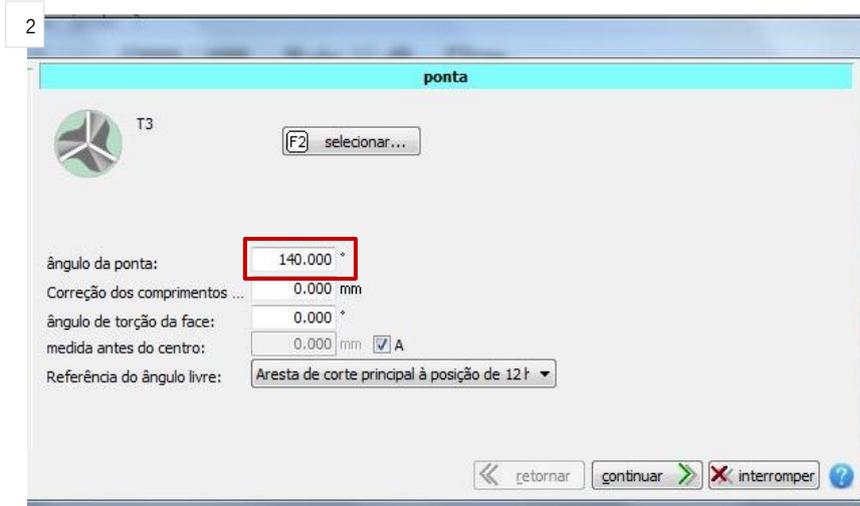


- | | |
|---|--|
| 1 | <ul style="list-style-type: none"> - Abrir o <i>software</i> Num Roto - Clicar em F2 (assinalado na figura 2) - Clicar em F3 (assinalado na figura 3) |
|---|--|

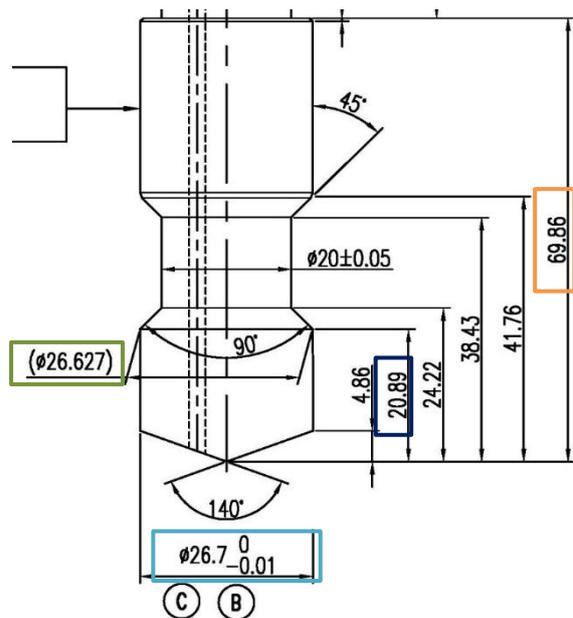
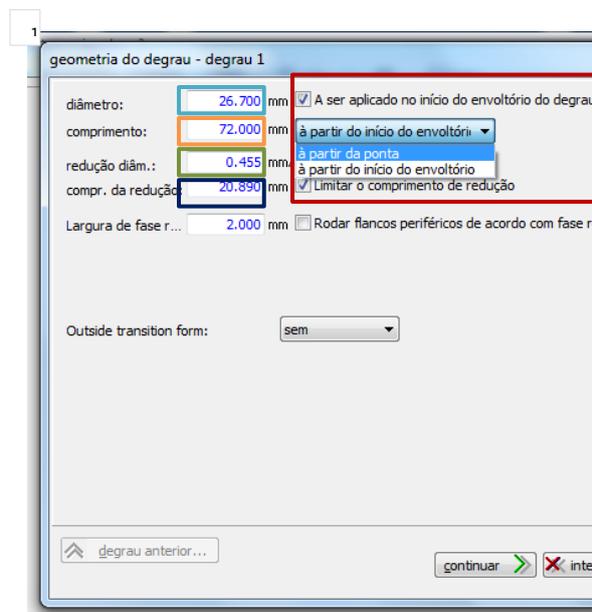


Tipo de ferramenta	
2	<ul style="list-style-type: none">- Escolher a categoria E993- Selecionar “Broca” <p>Nota: Na retificação cilíndrica, é selecionada sempre a opção “broca”. As opções restantes interessam apenas para a fresagem. <small>Figura 1</small></p> <ul style="list-style-type: none">- Selecionar “Fabricar”



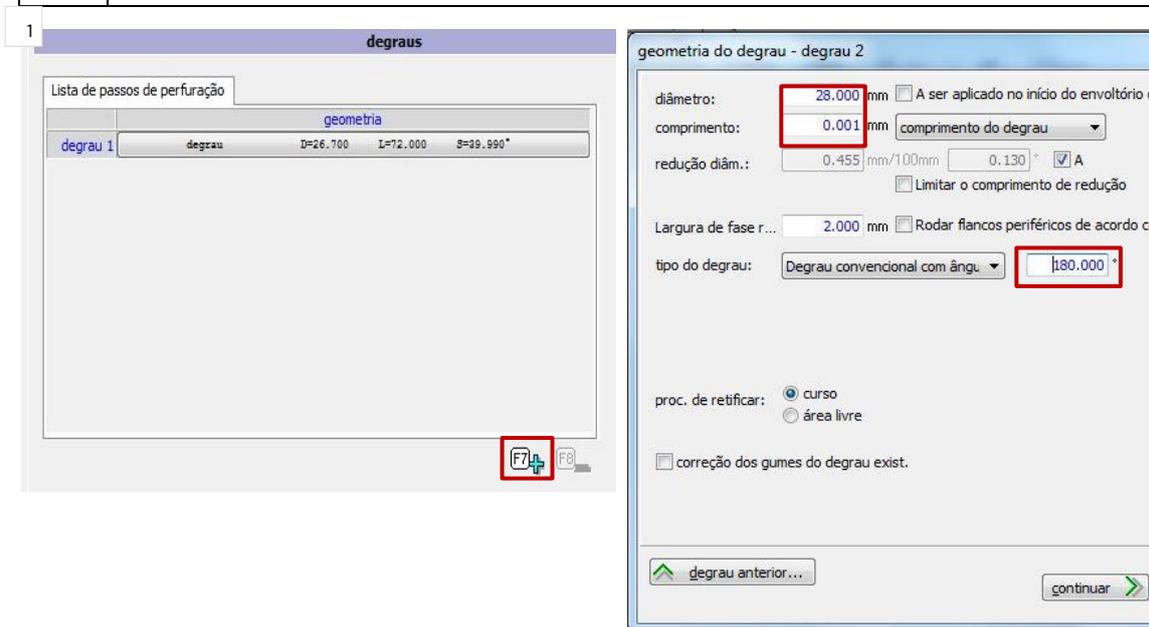


Geometria da ponta	
3	<ul style="list-style-type: none"> - Selecionar "T3" (figura 1) - Inserir "140" no campo "ângulo da ponta" (figura 2) - Selecionar "Continuar"



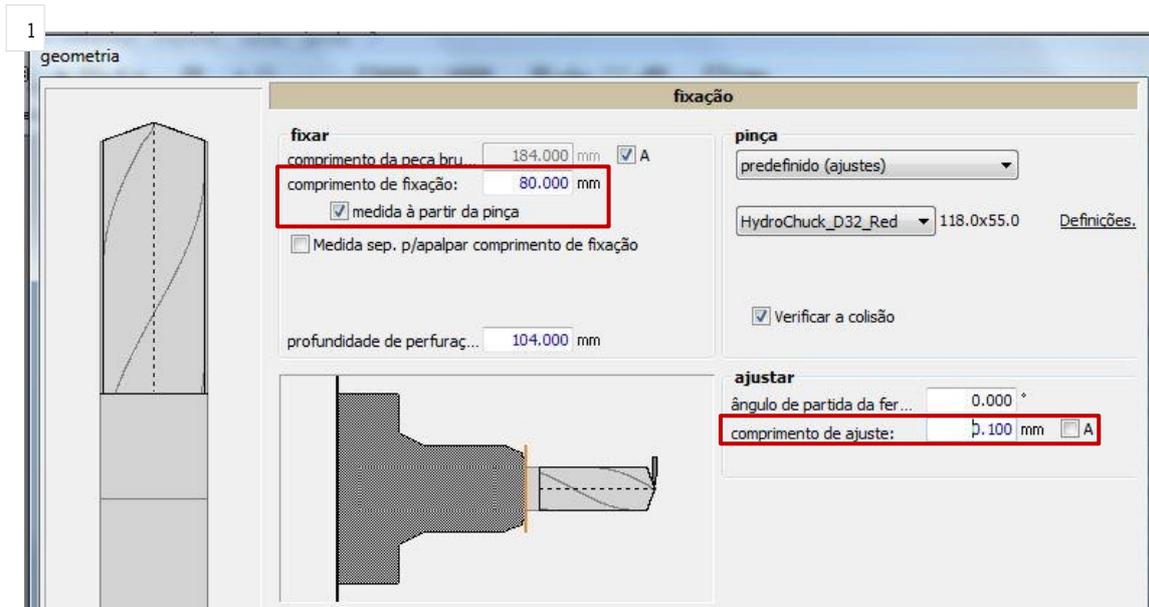
Geometria do degrau – degrau 1	
4	<p><i>O degrau 1 será o degrau que começa na ponta e acaba no início do encabadouro. Aqui, não consideramos o degrau do "rebaixo" (redução ao diâmetro). Nestes casos, o rebaixo é, mais tarde, importado para o software (ver procedimentos PO M DP 107 Representação em AutoCad de uma redução ao diâmetro na retificação, vulgo rebaixo</i></p>

	<p>e PO M PD 110 Importação de ficheiro DXF e a sua configuração no software NumRoto)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Inserir o valor do diâmetro do degrau – 26,7 (a azul na figura 1) e seleccionar “a ser aplicado no início do envoltório do degrau” - Inserir o valor do comprimento do degrau – 72 (a laranja na figura 1) e seleccionar “a partir da ponta” <p><i>No desenho, o valor do comprimento é de 69,86mm. No entanto, de forma a garantir que a mó percorre todo o percurso, não deixando qualquer excesso de material, acrescenta-se +/- 2mm</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Inserir a redução ao diâmetro de 0,455 (a verde na figura 1) <p><i>A redução ao diâmetro (conicidade) é dada no desenho com o valor de Ø26,627. Isto indica que, naquele ponto, o diâmetro tem de ter esse valor – redução de Ø26,7 para Ø26,627. O cálculo em mm/100mm é dado pela fórmula $\frac{\varnothing_{inicial}-\varnothing_{final}}{\text{comprimento do step}} \times 100$, que, neste caso se traduz em: $\frac{26,7-26,627}{20,89-4,86} \times 100$</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Seleccionar “Limitar o comprimento de redução” e inserir o valor do comprimento da redução de 20,89 (a azul escuro na figura 1) - Seleccionar “Continuar”
--	--



5	<p style="text-align: center;">Geometria do degrau – degrau 2</p> <p><i>O degrau 2 é definido de forma a informar a máquina do ponto final de retificação. Este degrau é, na prática, “inexistente” e de comprimento mínimo. (figura 1)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Clicar em F3 - Inserir o valor do diâmetro: 28
---	--

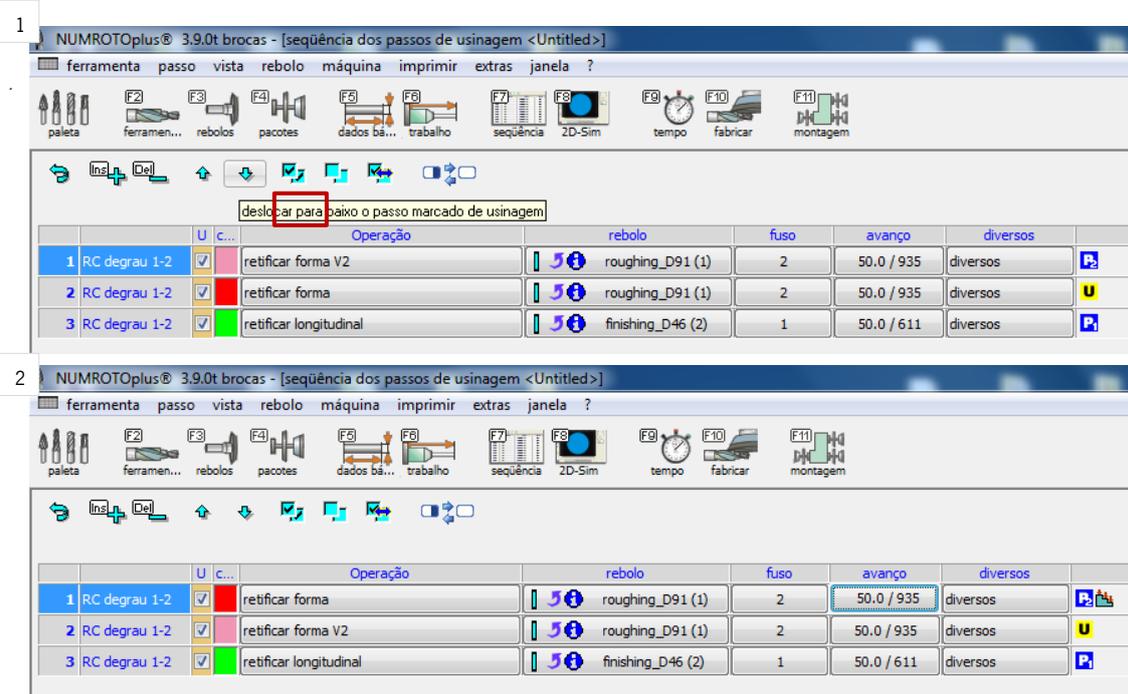
	<p><i>Se o \varnothing da barra polida for igual ao \varnothing final da peça, acrescentar 0,001mm ao valor do diâmetro; caso contrário, utilizar o valor do \varnothing da barra polida – neste caso, 28 mm</i></p> <ul style="list-style-type: none">- Inserir o valor do comprimento - 0,001- Inserir o valor do tipo de degrau - 180- Selecionar “Continuar”
--	---



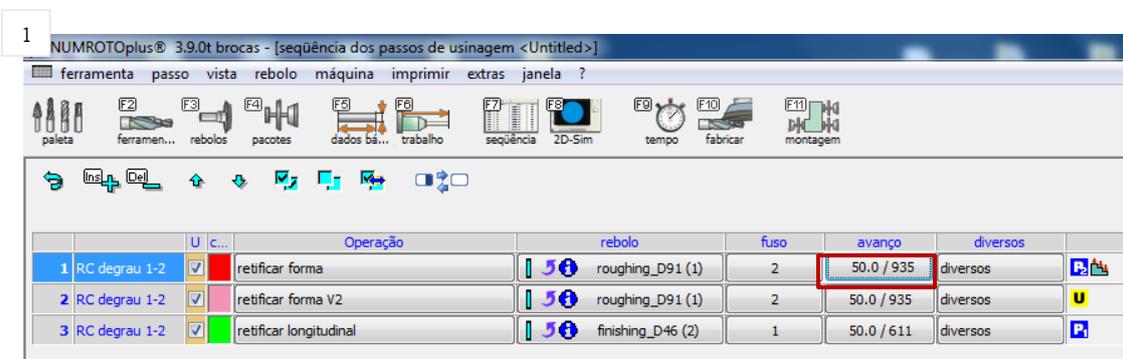
6	<ul style="list-style-type: none">- No menu “Geometria”, selecionar “Continuar”- No menu “Peça bruta”, selecionar “Continuar” <p>No menu “Fixação”, referente à fixação da peça na pinça (figura 1):</p> <ul style="list-style-type: none">- Introduzir o valor do comprimento de fixação – 80 <p><i>Adicionar +/- 10 mm ao comprimento total (69,86) de forma a ter espaço para tirar o batimento</i></p> <ul style="list-style-type: none">- Retirar a seleção do campo “A” (assinalado na figura 1) e introduzir o valor do comprimento de ajuste – 0,1 <p><i>Este valor posiciona o apalpador da máquina na ponta da ferramenta</i></p> <p>Nota: No campo de definição do aperto “Pinça”, ter em atenção o aperto escolhido. Os apertos que têm “Red” no nome, são apertos equipados com pinça. Os que, pelo contrário, não o têm, são apertos de encaixe direto.</p> <ul style="list-style-type: none">- Clicar em “Acabar”
---	---

APÊNDICE XIII – PO3. INTRODUÇÃO E MANIPULAÇÃO DE PARÂMETROS NO *SOFTWARE* NUMROTO

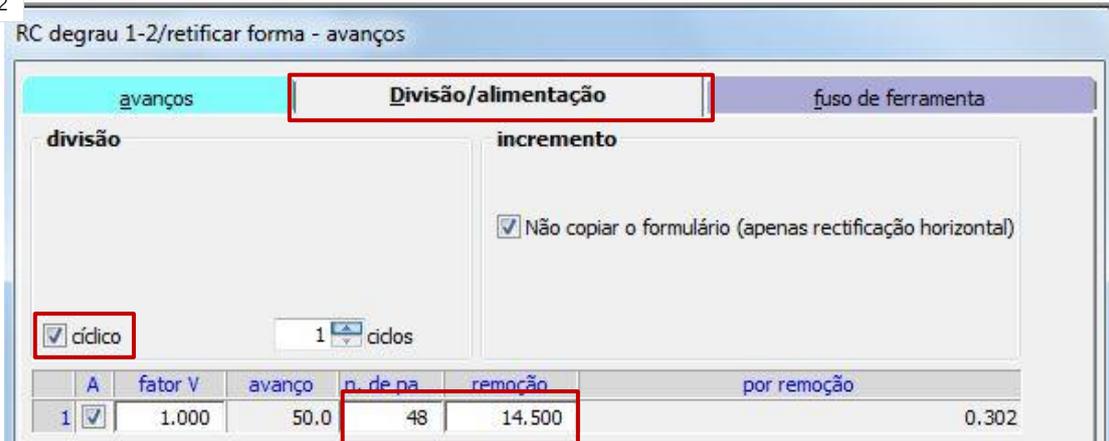
Este procedimento sucede o PO – Introdução de steps e ponta da retificação cilíndrica no *software* NumRoto.



- 1
- Selecionar a operação “Retificar forma”, copiar e colar a mesma (CTRL+C - CTRL+V)
- figura 1
- Selecionar a operação “Retificar forma V2”
 - Selecionar a seta para baixo (assinalada na imagem 1)
- O aspeto final será o da imagem 2.
- Aqui, podemos ver as 3 operações que irão corresponder ao desbaste, pré-acabamento e acabamento, respetivamente.



2



Definir avanços

- 2 - Para uma operação, seleccionar a célula correspondente na coluna “avanços” (assinalada na figura 1)

Para a operação de desbaste “retificar forma”:

- Seleccionar o menu “Divisão/ alimentação”
- Seleccionar o campo “Cíclico”

Este campo irá criar o menu para a definição do número de passagens. Ao definirmos a divisão como cíclica, estamos a dizer ao programa que queremos que a mó faça o mesmo percurso de remoção de material x vezes (x passagens)

- Calcular o nº de passagens através da fórmula
$$\frac{\frac{\emptyset \text{ barra} - \emptyset \text{ ponta}}{2} + 0,5}{0,3} = \frac{28 - 0}{2} + 0,5}{0,3} \approx 48$$

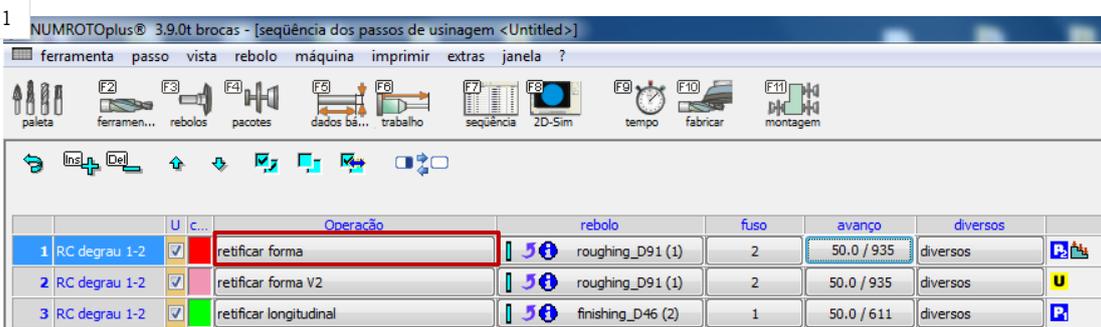
O valor de 0,3 corresponde ao material removido/passagem

- Seleccionar OK

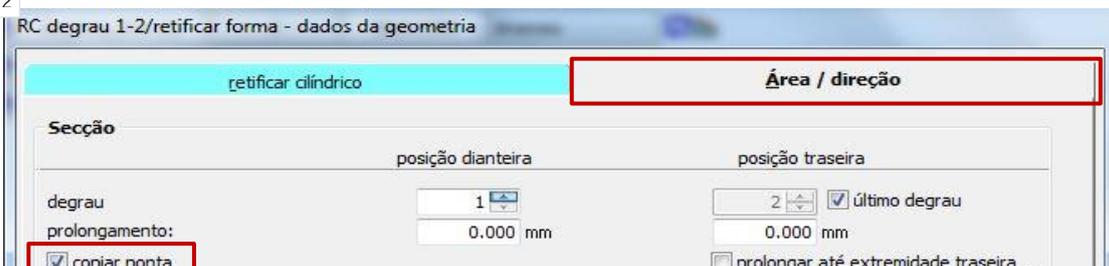
Para as operações de pré-acabamento e acabamento, temos apenas 1 passagem.

Por essa razão, não é necessário fazer alterações no campo dos avanços.

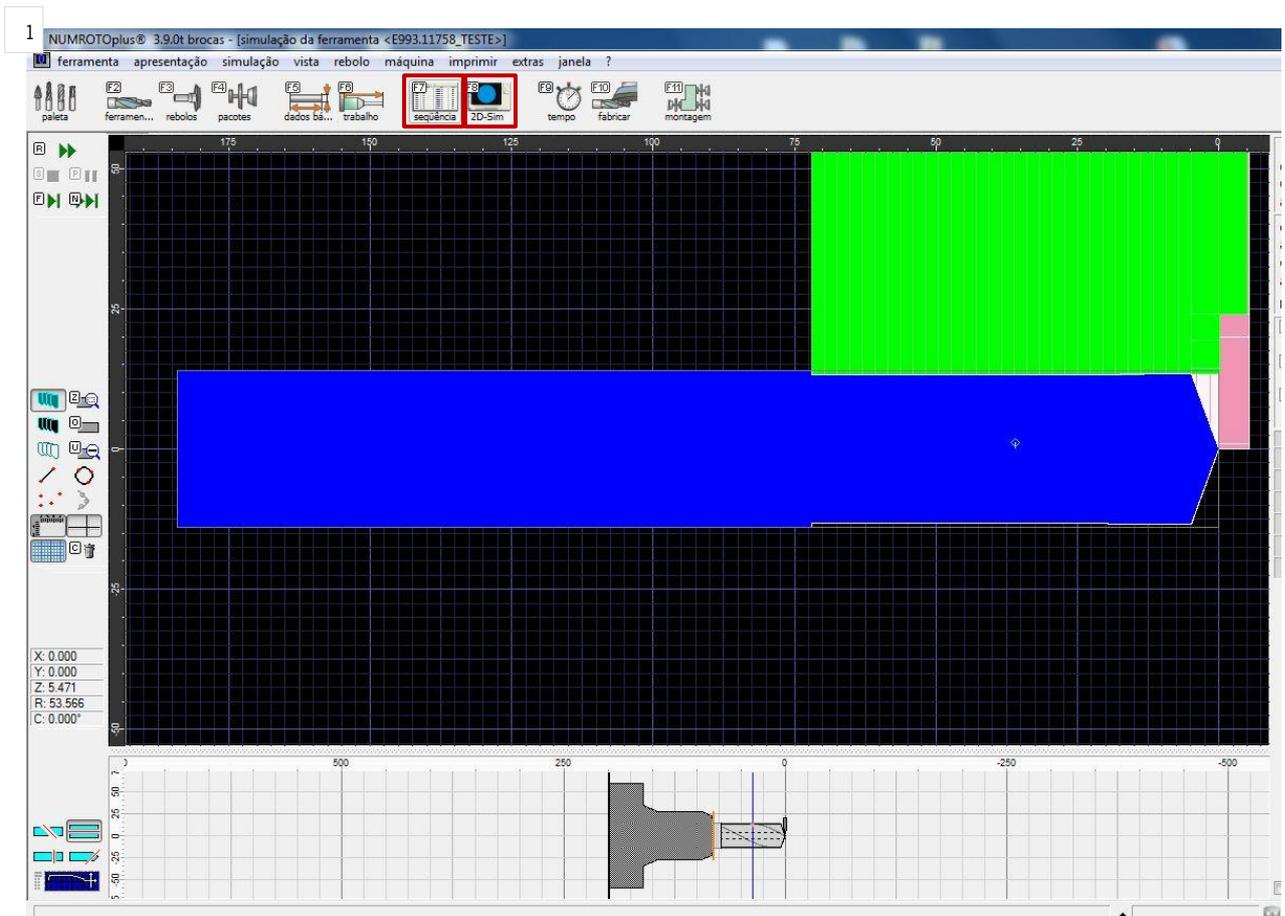
1



2

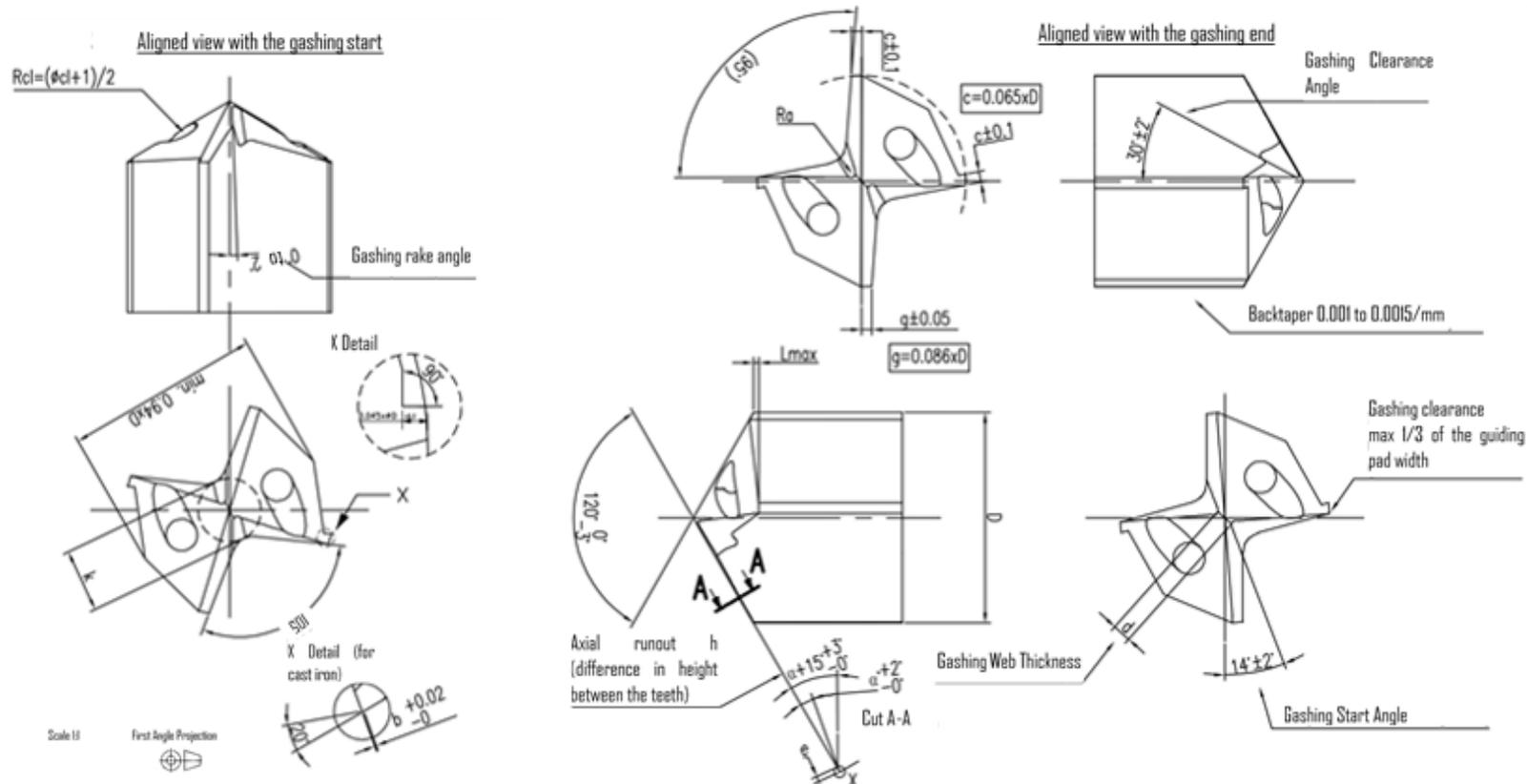


Dados de geometria	
3	<ul style="list-style-type: none">- Para as operações de desbaste e pré-acabamento, selecionar a célula correspondente ao nome da mesma (assinalada na figura 1)- Selecionar o menu “Área / direção”- Selecionar o campo “Copiar ponta” Aqui, dizemos ao programa que queremos que a ponta passe, igualmente, pelas operações de desbaste e pré-acabamento.- Selecionar “OK”



Simulação 2D (figura 1)	
4	<ul style="list-style-type: none">- Selecionar o botão “2D-Sim” e verificar se todos os parâmetros introduzidos estão corretos Para retornar ao menu das operações: <ul style="list-style-type: none">- Selecionar o botão “Sequência”

APÊNDICE XIV – TABELA TÉCNICA PARA A FAMÍLIA HM PARA BROCAS DE DOIS CORTANTES E CANAIS RETOS COM APLICAÇÃO EM ALUMÍNIO E FERRO FUNDIDO



Parameters for HM and HSS Straight flutes Z2 Drills for Aluminum and Cast Iron

D	α	b	d	Tol d	h	Ra	Tol Ra	L max	k (% D)

APÊNDICE XV – PRODUÇÃO NA MÁQUINA 3 DO CENTRO DE FRESAGEM PCD: SITUAÇÃO PROPOSTA

Tabela 32 - Registo da produção na máquina 3 na situação proposta

Walter (3)	Setup	1:12:40	Setup	2:28:03	2 uds, Ø12	Topo	6:33:50	Helice	9:01:36		
	Helice	1:17:37	Helice	2:32:23	Setup	4:40:20	Setup	6:34:20	Helice	9:06:48	
Início	0:00:00	Topo	1:18:29	Topo	2:33:25	Helice	4:45:52	Helice	6:41:42	Topo	9:10:12
12 uds, Ø6		Setup	1:18:59	Setup	2:33:55	Helice	4:51:24	Topo	6:42:41	Topo	9:13:36
Setup	0:10:00	Helice	1:23:56	Helice	2:38:15	Topo	4:52:31	Setup	6:43:11	Setup	9:14:06
Helice	0:14:57	Topo	1:24:48	Topo	2:39:17	Topo	4:53:38	Helice	6:50:33	Helice	9:19:18
Helice	0:19:54	Setup	1:25:18	Setup	2:39:47	Setup	4:54:08	Topo	6:51:32	Topo	9:22:42
Topo	0:20:46	Helice	1:30:15	Helice	2:44:07	Helice	4:59:40	3 uds, Ø20	5 uds, Ø8		
Topo	0:21:38	Topo	1:31:07	Topo	2:45:09	Topo	5:00:47	Setup	7:01:32	Setup	9:32:42
Setup	0:22:08	2 uds, Ø6		Setup	2:45:39	2 uds, Ø19		Helice	7:12:19	Helice	9:36:42
Helice	0:27:05	Setup	1:31:37	Helice	2:49:59	Setup	5:10:47	Helice	7:23:06	Helice	9:40:42
Topo	0:27:57	Helice	1:36:22	Topo	2:51:01	Helice	5:17:26	Topo	7:26:18	Topo	9:41:43
Setup	0:28:27	Helice	1:41:07	Setup	2:51:31	Helice	5:24:05	Topo	7:29:30	Topo	9:42:44
Helice	0:33:24	Topo	1:42:04	Helice	2:55:51	Topo	5:27:12	Setup	7:30:00	Setup	9:43:14
Topo	0:34:16	Topo	1:43:01	Topo	2:56:53	Topo	5:30:19	Helice	7:40:47	Helice	9:47:14
Setup	0:34:46	Setup	1:43:31	Setup	2:57:23	Setup	5:30:49	Topo	7:43:59	Topo	9:48:15
Helice	0:39:43	Helice	1:48:16	Helice	3:01:43	Helice	5:37:28	Setup	7:44:29	Setup	9:48:45
Topo	0:40:35	Topo	1:49:13	Topo	3:02:45	Topo	5:40:35	Helice	7:55:16	Helice	9:52:45
Setup	0:41:05	10 uds, Ø12		4 uds, Ø12		6 uds, Ø7		Topo	7:58:28	Topo	9:53:46
Helice	0:46:02	Setup	1:59:13	Setup	3:03:15	Setup	5:50:35	3 uds, Ø20		Setup	9:54:16
Topo	0:46:54	Helice	2:03:33	Helice	3:21:13	Helice	5:57:57	Setup	7:58:58	Helice	9:58:16
Setup	0:47:24	Helice	2:07:53	Helice	3:39:11	Helice	6:05:19	Helice	8:09:45	Topo	9:59:17
Helice	0:52:21	Topo	2:08:55	Topo	3:40:14	Topo	6:06:18	Helice	8:20:32	Setup	9:59:47
Topo	0:53:13	Topo	2:09:57	Topo	3:41:17	Topo	6:07:17	Topo	8:23:44	Helice	10:03:47
Setup	0:53:43	Setup	2:10:27	Setup	3:41:47	Setup	6:07:47	Topo	8:26:56	Topo	10:04:48
Helice	0:58:40	Helice	2:14:47	Helice	3:59:45	Helice	6:15:09	Setup	8:27:26	1 ud, Ø32	
Topo	0:59:32	Topo	2:15:49	Topo	4:00:48	Topo	6:16:08	Helice	8:38:13	Setup	10:14:48
Setup	1:00:02	Setup	2:16:19	Setup	4:01:18	Setup	6:16:38	Topo	8:41:25	Helice	10:30:50
Helice	1:04:59	Helice	2:20:39	Helice	4:19:16	Helice	6:24:00	Setup	8:41:55	Helice	10:46:52
Topo	1:05:51	Topo	2:21:41	Topo	4:20:19	Topo	6:24:59	Helice	8:52:42	Topo	10:51:31
Setup	1:06:21	Setup	2:22:11	Setup	4:20:49	Setup	6:25:29	Topo	8:55:54	Topo	10:56:10
Helice	1:11:18	Helice	2:26:31	Helice	4:38:47	Helice	6:32:51	2 uds, Ø20		1 ud, Ø32	
Topo	1:12:10	Topo	2:27:33	Topo	4:39:50	Topo	6:33:50	Setup	8:56:24	Setup	10:56:40

Melhoria de desempenho de uma área produtiva numa multinacional de ferramentas de corte

Helice	11:12:42	Setup	13:42:20	Topo	15:52:05	Helice	18:46:02	Helice	20:36:30	Topo	22:23:10
Topo	11:17:21	Helice	13:47:18	Setup	15:52:35	Topo	18:47:27	Topo	20:40:50	Setup	22:23:40
6 uds, Ø20		Topo	13:50:37	Helice	16:04:03	2 uds, Ø12		Topo	20:45:10	Helice	22:29:07
Setup	11:27:21	5 uds, Ø10		Topo	16:06:31	Setup	18:57:27	Setup	20:45:40	Topo	22:30:30
Helice	11:38:08	Setup	14:00:37	Setup	16:07:01	Helice	19:03:41	Helice	20:52:20	Setup	22:31:00
Helice	11:48:55	Helice	14:07:09	Helice	16:18:29	Helice	19:09:55	Topo	20:56:40	Helice	22:36:27
Topo	11:52:07	Helice	14:13:41	Topo	16:20:57	Topo	19:11:55	Setup	20:57:10	Topo	22:37:50
Topo	11:55:19	Topo	14:15:06	Setup	16:21:27	Topo	19:13:55	Helice	21:03:50	Setup	22:38:20
Setup	11:55:49	Topo	14:16:31	Helice	16:32:55	Setup	19:14:25	Topo	21:08:10	Helice	22:43:47
Helice	12:06:36	Setup	14:17:01	Topo	16:35:23	Helice	19:20:39	12 uds, Ø14		Topo	22:45:10
Topo	12:09:48	Helice	14:23:33	Setup	16:35:53	Topo	19:22:39	Setup	21:18:10	Setup	22:45:40
Setup	12:10:18	Topo	14:24:58	Helice	16:47:21	1 ud, Ø12		Helice	21:23:37	Helice	22:51:07
Helice	12:21:05	Setup	14:25:28	Topo	16:49:49	Setup	19:23:09	Helice	21:29:04	Topo	22:52:30
Topo	12:24:17	Helice	14:32:00	Setup	16:50:19	Helice	19:28:06	Topo	21:30:27	11 uds, Ø6	
Setup	12:24:47	Topo	14:33:25	Helice	17:01:47	Helice	19:33:03	Topo	21:31:50	Setup	23:02:30
Helice	12:35:34	Setup	14:33:55	Topo	17:04:15	Topo	19:34:07	Setup	21:32:20	Helice	23:06:31
Topo	12:38:46	Helice	14:40:27	2 uds, Ø16		Topo	19:35:11	Helice	21:37:47	Helice	23:10:32
Setup	12:39:16	Topo	14:41:52	Setup	17:04:45	1 ud, Ø12		Topo	21:39:10	Topo	23:11:25
Helice	12:50:03	Setup	14:42:22	Helice	17:16:39	Setup	19:35:41	Setup	21:39:40	Topo	23:12:18
Topo	12:53:15	Helice	14:48:54	Helice	17:28:33	Helice	19:40:38	Helice	21:45:07	Setup	23:12:48
Setup	12:53:45	Topo	14:50:19	Topo	17:31:31	Helice	19:45:35	Topo	21:46:30	Helice	23:16:49
Helice	13:04:32	2 uds, Ø16		Topo	17:34:29	Topo	19:46:39	Setup	21:47:00	Topo	23:17:42
Topo	13:07:44	Setup	15:00:19	Setup	17:34:59	Topo	19:47:43	Helice	21:52:27	Setup	23:18:12
1 ud, Ø20		Helice	15:05:43	Helice	17:46:53	2 uds, Ø8		Topo	21:53:50	Helice	23:22:13
Setup	13:08:14	Helice	15:11:07	Topo	17:49:51	Setup	19:57:43	Setup	21:54:20	Topo	23:23:06
Helice	13:13:12	Topo	15:13:21	3 uds, Ø14		Helice	20:01:48	Helice	21:59:47	Setup	23:23:36
Helice	13:18:10	Topo	15:15:35	Setup	17:59:51	Helice	20:05:53	Topo	22:01:10	Helice	23:27:37
Topo	13:21:28	Setup	15:16:05	Helice	18:10:05	Topo	20:06:47	Setup	22:01:40	Topo	23:28:30
Topo	13:24:46	Helice	15:21:29	Helice	18:20:19	Topo	20:07:41	Helice	22:07:07	Setup	23:29:00
2 uds, Ø20		Topo	15:23:43	Topo	18:21:44	Setup	20:08:11	Topo	22:08:30	Helice	23:33:01
Setup	13:25:16	6 uds, Ø16		Topo	18:23:09	Helice	20:12:16	Setup	22:09:00	Topo	23:33:54
Helice	13:30:14	Setup	15:24:13	Setup	18:23:39	Topo	20:13:10	Helice	22:14:27	Setup	23:34:24
Helice	13:35:12	Helice	15:35:41	Helice	18:33:53	3 uds, Ø25		Topo	22:15:50	Helice	23:38:25
Topo	13:38:31	Helice	15:47:09	Topo	18:35:18	Setup	20:23:10	Setup	22:16:20	Topo	23:39:18
Topo	13:41:50	Topo	15:49:37	Setup	18:35:48	Helice	20:29:50	Helice	22:21:47	Setup	23:39:48

Melhoria de desempenho de uma área produtiva numa multinacional de ferramentas de corte

Helice	23:43:49	Helice	25:04:52
Topo	23:44:42	Topo	25:05:53
Setup	23:45:12	Topo	25:06:54
Helice	23:49:13	Setup	25:07:24
Topo	23:50:06	Helice	25:14:14
Setup	23:50:36	Topo	25:15:15
Helice	23:54:37	1 ud, Ø16	
Topo	23:55:30	Setup	25:25:15
Setup	23:56:00	Helice	25:34:09
Helice	24:00:01	Helice	25:43:03
Topo	24:00:54	Topo	25:46:08
Setup	24:01:24	Topo	25:49:13
Helice	24:05:25	4 uds, Ø20	
Topo	24:06:18	Setup	25:59:13
2 uds, Ø12		Helice	26:06:43
Setup	24:16:18	Helice	26:14:13
Helice	24:20:46	Topo	26:18:12
Helice	24:25:14	Topo	26:22:11
Topo	24:26:24	Setup	26:22:41
Topo	24:27:34	Helice	26:30:11
Setup	24:28:04	Topo	26:34:10
Helice	24:32:32	Setup	26:34:40
Topo	24:33:42	Helice	26:42:10
2 uds, Ø12		Topo	26:46:09
Setup	24:34:12	Setup	26:46:39
Helice	24:38:30	Helice	26:54:09
Helice	24:42:48	Topo	26:58:08
Topo	24:43:50		
Topo	24:44:52		
Setup	24:45:22		
Helice	24:49:40		
Topo	24:50:42		
2 uds, Ø12			
Setup	24:51:12		
Helice	24:58:02		

APÊNDICE XVI – PRODUÇÃO NA MÁQUINA 4 DO CENTRO DE FRESAGEM PCD: SITUAÇÃO PROPOSTA

Tabela 33 - Registo da produção na máquina 4 na situação proposta

Vollmer (4)		10 uds, Ø12		Setup	4:56:47	Setup	8:34:50	Setup	12:12:02	Setup	14:48:30
		Setup	2:25:20	Encaixe	5:08:44	Espera	8:41:25	Encaixe	12:19:26	Espera	14:50:19
Início	0:21:38	Encaixe	2:36:14	2 uds, Ø19		Encaixe	8:48:49	Setup	12:19:56	Encaixe	14:56:27
	12 uds, Ø6	Setup	2:36:44	Setup	5:12:44	Setup	8:49:19	Espera	12:24:17	2 uds, Ø16	
Setup	0:25:38	Encaixe	2:47:38	Encaixe	5:30:56	Espera	8:55:54	Encaixe	12:31:41	Setup	15:00:27
Encaixe	0:34:28	Setup	2:48:08	Setup	5:31:26	Encaixe	9:03:18	Setup	12:32:11	Espera	15:24:42
Setup	0:34:58	Encaixe	2:59:02	Encaixe	5:49:38	2 uds, Ø20		Espera	12:38:46	Encaixe	15:35:54
Encaixe	0:43:48	Setup	2:59:32	6 uds, Ø7		Setup	9:03:48	Encaixe	12:46:10	Setup	15:36:24
Setup	0:44:18	Encaixe	3:10:26	Setup	5:53:38	Espera	9:13:36	Setup	12:46:40	Encaixe	15:47:36
Encaixe	0:53:08	Setup	3:10:56	Encaixe	6:05:26	Encaixe	9:34:48	Espera	12:53:15	6 uds, Ø16	
Setup	0:53:38	Encaixe	3:21:50	Setup	6:05:56	Setup	9:35:18	Encaixe	13:00:39	Setup	15:48:06
Encaixe	1:02:28	Setup	3:22:20	Encaixe	6:17:44	Encaixe	9:56:30	Setup	13:01:09	Espera	16:01:12
Setup	1:02:58	Encaixe	3:33:14	Setup	6:18:14	5 uds, Ø8		Espera	13:07:44	Encaixe	16:14:52
Encaixe	1:03:28	Setup	3:33:44	Encaixe	6:30:02	Setup	10:00:30	Encaixe	13:15:08	Setup	16:15:22
Setup	1:12:18	Encaixe	3:44:38	Setup	6:30:32	Encaixe	10:08:34	1 ud, Ø20		Espera	16:15:38
Encaixe	1:12:48	Setup	3:45:08	Encaixe	6:42:20	Setup	10:12:34	Setup	13:15:38	Encaixe	16:29:18
Setup	1:21:38	Encaixe	3:56:02	Setup	6:42:50	Encaixe	10:20:38	Espera	13:24:46	Setup	16:29:48
Encaixe	1:22:08	Setup	3:56:32	Encaixe	6:54:38	Setup	10:21:08	Encaixe	13:41:54	Espera	16:30:04
Setup	1:30:58	Encaixe	4:07:26	Setup	6:55:08	Encaixe	10:29:12	2 uds, Ø20		Encaixe	16:43:44
Encaixe	1:31:28	Setup	4:07:56	Encaixe	7:06:56	Setup	10:29:42	Setup	13:42:24	Setup	16:44:14
Setup	1:31:58	Encaixe	4:18:50	3 uds, Ø20		Encaixe	10:37:46	Encaixe	13:59:32	Espera	16:44:30
Encaixe	1:32:28	4 uds, Ø12		Setup	7:10:56	Setup	10:38:16	Setup	14:00:02	Encaixe	16:58:10
Setup	1:41:18	Setup	4:19:20	Encaixe	7:18:20	Encaixe	10:46:20	Encaixe	14:17:10	Setup	16:58:40
Encaixe	1:41:48	Encaixe	4:26:50	Setup	7:18:50	1 ud, Ø32		5 uds, Ø10		Espera	16:58:56
Setup	1:50:38	Setup	4:27:20	Espera	7:43:59	Setup	10:50:20	Setup	14:21:10	Encaixe	17:12:36
Encaixe	1:51:08	Encaixe	4:34:50	Encaixe	7:51:23	Espera	10:56:10	Encaixe	14:27:18	Setup	17:13:06
Setup	1:59:58	Setup	4:35:20	Setup	7:51:53	Encaixe	11:27:54	Setup	14:27:48	Espera	17:13:22
Encaixe	2:00:28	Encaixe	4:35:50	Espera	7:58:28	1 ud, Ø32		Encaixe	14:33:56	Encaixe	17:27:02
2 uds, Ø6		Setup	4:43:20	Encaixe	8:05:52	Setup	11:28:24	Setup	14:34:26	2 uds, Ø16	
Setup	2:00:58	Encaixe	4:43:50	3 uds, Ø20		Encaixe	12:00:08	Encaixe	14:40:34	Setup	17:27:32
Encaixe	2:10:54	2 uds, Ø12		Setup	8:06:22	6 uds, Ø20		Setup	14:41:04	Espera	17:43:36
Setup	2:11:24	Setup	4:44:20	Espera	8:26:56	Setup	12:04:08	Espera	14:41:52	Encaixe	17:58:16
Encaixe	2:21:20	Encaixe	4:56:17	Encaixe	8:34:20	Encaixe	12:11:32	Encaixe	14:48:00	Setup	18:23:54

Melhoria de desempenho de uma área produtiva numa multinacional de ferramentas de corte

Encaixe	17:43:36	Setup	21:02:31	Encaixe	24:30:27	Encaixe	27:07:29
	3 uds, Ø14	Encaixe	21:19:22	Setup	24:30:57		1 ud, Ø16
Setup	17:47:36	Setup	21:19:52	Encaixe	24:38:31	Setup	27:11:29
Encaixe	17:53:34	Encaixe	21:36:43	Setup	24:39:01	Encaixe	27:40:53
Setup	17:54:04		12 uds, Ø14	Encaixe	24:46:35		4 uds, Ø20
Encaixe	18:00:02	Setup	21:40:43	Setup	24:47:05	Setup	27:44:53
Setup	18:00:32	Encaixe	21:52:46	Encaixe	24:54:39	Encaixe	28:02:56
Espera	18:56:34	Setup	21:53:16	Setup	24:55:09	Setup	28:03:26
Encaixe	19:02:32	Encaixe	22:05:19	Encaixe	25:02:43	Encaixe	28:21:29
	2 uds, Ø12	Setup	22:05:49	Setup	25:03:13	Setup	28:21:59
Setup	19:06:32	Encaixe	22:17:52	Encaixe	25:10:47	Encaixe	28:40:02
Espera	19:13:55	Setup	22:18:22	Setup	25:11:17	Setup	28:40:32
Encaixe	19:26:03	Encaixe	22:30:25	Encaixe	25:18:51	Encaixe	28:58:35
Setup	19:26:33	Setup	22:30:55	Setup	25:19:21		
Encaixe	19:38:41	Encaixe	22:42:58	Encaixe	25:26:55		
	1 ud, Ø12	Setup	22:43:28	Setup	25:27:25		
Setup	19:39:11	Encaixe	22:55:31	Encaixe	25:34:59		
Encaixe	19:46:07	Setup	22:56:01	Setup	25:35:29		
	1 ud, Ø12	Encaixe	23:08:04	Encaixe	25:43:03		
Setup	19:46:37	Setup	23:08:34		2 uds, Ø12		
Espera	19:47:43	Encaixe	23:20:37	Setup	25:47:03		
Encaixe	19:54:39	Setup	23:21:07	Encaixe	26:01:51		
	2 uds, Ø8	Encaixe	23:33:10	Setup	26:02:21		
Setup	19:58:39	Setup	23:33:40	Encaixe	26:17:09		
Espera	20:07:41	Encaixe	23:45:43		2 uds, Ø12		
Encaixe	20:12:21	Setup	23:46:13	Setup	26:17:39		
Setup	20:12:51	Encaixe	23:58:16	Encaixe	26:25:01		
Espera	20:13:10	Setup	23:58:46	Setup	26:25:31		
Encaixe	20:17:50	Encaixe	24:10:49	Encaixe	26:32:53		
	3 uds, Ø25		11 uds, Ø6		2 uds, Ø12		
Setup	20:21:50	Setup	24:14:49	Setup	26:33:23		
Espera	20:45:10	Encaixe	24:22:23	Encaixe	26:50:11		
Encaixe	21:02:01	Setup	24:22:53	Setup	26:50:41		

APÊNDICE XVII – EXEMPLO DE *KAIZEN MEETING* – CENTRO PRODUTIVO DE RETIFICAÇÃO



FREZITE Group

www.fmttooling.com

Figura 66 - Apresentação Kaizen Meeting de abril para a retificação - slide 1

VISÃO GERAL LINHA SOLID CARBIDE

Indicador	KPIs	RFHM		CHHM		CHPD		CTAF	
		Acumulado	Abril	Acumulado	Abril	Acumulado	Abril	Acumulado	Abril
Qualidade	NCs Internas (%)								
	Média dia Output (€)								
Produtividade	Média dia output (std)								
	Valor médio de WIP (k€)								
Custos	FSE's (k€)								
Moral	Auditorias 5S (%)								

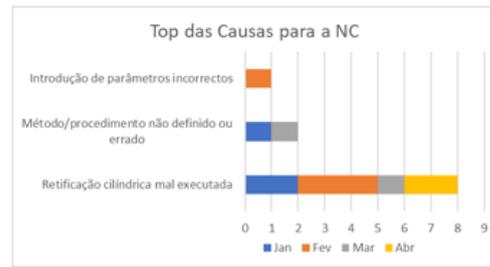


Figura 67 - Apresentação Kaizen Meeting de abril para a retificação - slide 2

Qualidade - RFHM

Deteção Abril		
Interna	4	57%
Externa	3	43%
Total	7	100%

Não Conformidade	IT				Σ
	Jan	Fev	Mar	Abr	
Acabamento fora de especificação	1	3	2	1	7
Rectificação não conforme/fora de especificação	2	1			3
Dimensional	1	1	1		3
Corpo fora de cotas		1		1	2
Desenho ou projeto incorrecto			1		1
Cota fora de especificação - mais forte	1				1
Fresagem não conforme				1	1
Cota fora de especificação - mais fraca				1	1
Σ	5	5	4	4	18
Quantidade	14	8	10	7	39



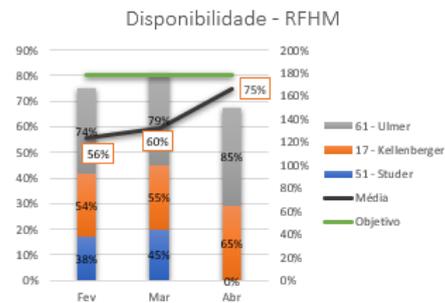
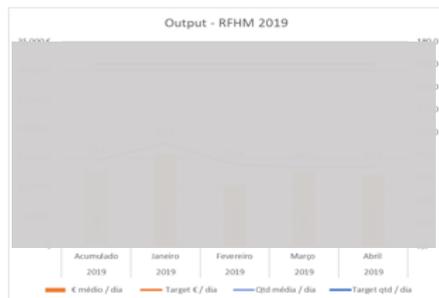
Problem	Action	Resp.	Date	State
Método / procedimento não definido	Premissas de programação e procedimentos	Sérgio + Rita	31/05	OK - NumRoto To do - Rollomatic, Fanuc
	Métodos de fabrico - fresas c/ saída direta e c/ radial Mandris E993	Sérgio + Rita	01/04	OK - afixado na Ulmer
Melhoria de planeamento	Planeamento mensal de turnos	Sérgio + Rita	02/05	OK - afixado na Ulmer
	Reestruturação do planeamento semanal à entrada do centro e nas máquinas (Ana)	Sérgio + Rita	07/05	TBD

FREZITE Group



Figura 68 - Apresentação Kaizen Meeting de abril para a retificação - slide 3

Output - RFHM



Problem	Action	Resp.	Date	State
Disponibilidade das máquinas	Instalação de programa de contabilização de OEE (disponibilidade)	Rita	15/04	STOP
	Instalação de Andon nas máquinas 51 e 17 (sistema luminoso de aviso de paragem)	MAN	15/04	NOK - RT-0051 A aguardar MANUTENÇÃO
Falta de formação	Formação de retificação manual Formação em retificação cilíndrica	Sérgio	30/05	On going Ricardo + Luis Miguel
	Teste à matriz de polivalência + Desenvolvimento de plano de formação completo	Sérgio + Rita	17/05	TBD

FREZITE Group



Figura 69 - Apresentação Kaizen Meeting de abril para a retificação - slide 4

APÊNDICE XVIII – APLICAÇÃO DA METODOLOGIA 5S E DE ESTRATÉGIAS DE GESTÃO VISUAL

Tabela 34 - Exemplos de aplicação da metodologia 5S e de estratégias de gestão visual

Zona	Antes	Depois
Armazenamento		
		
Mesas de trabalho		 
		

APÊNDICE XIX – RESUMO DAS ALTERAÇÕES FEITAS NA REUNIÃO DE MÉTODOS

Tabela 35 - Sumário das alterações realizadas na reunião de métodos

<i>Referência</i>	<i>Situação</i>	<i>Tempo antes (min)</i>	<i>Tempo depois (min)</i>	<i>Saving/por ferramenta</i>	<i>Custo/h</i>	<i>Qtd. produzida até jul/2019</i>	<i>Saving total/2019</i>
E924.0607	Saída lateral de 6º para 0º	120	75	33,77 UM	45,02 UM	10	337,65 UM
E920.5200	∅ que não corta e está a ser executada a retificação do ∅, passou a ser realizada saída direta	15	5	7,50 UM	45,02 UM	29	217,60 UM
E920.4294	∅ que não corta e está a ser executada a retificação do ∅, passou a ser realizada saída direta	10	5	3,75 UM	45,02 UM	55	206,34 UM
E920.5196	∅ que não corta e está a ser executada a retificação do ∅, passou a ser realizada saída direta	5	0	3,75 UM	45,02 UM	34	127,56 UM
E925.0539	Raio 0,31mm do topo passa a chanfro	27,3	19	4,86 UM	35,11 UM	6	29,14 UM
E920.4439	∅ que não corta e está a ser executada a retificação do ∅, passou a ser realizada saída direta	10	5	3,75 UM	45,02 UM	55	206,34 UM
E920.2825	Alteração da parte que não corta do perfil	270	45	168,83 UM	45,02 UM	1	168,83 UM
TOTAL				138,10 UM	260,21 UM	190	1 293,46 UM