



Melhoria de desempenho de uma linha
de produção de ferramentas numa
empresa do ramo metalomecânico

Filipe Brito Dantas

UMinho | 2021

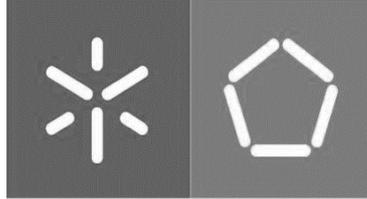


Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Filipe Brito Dantas

Melhoria de desempenho de uma linha de produção
de ferramentas numa empresa do ramo
metalomecânico

dezembro de 2021



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Filipe Brito Dantas

**Melhoria de desempenho de uma linha de produção de
ferramentas numa empresa do ramo metalomecânico**

Dissertação de Mestrado

Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial

Trabalho efetuado sob a orientação de

Professor Doutor Rui Manuel Alves da Silva e Sousa

dezembro de 2021

DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

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

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

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

Licença concedida aos utilizadores deste trabalho



Atribuição

CC BY

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

AGRADECIMENTOS

Os meus agradecimentos são destinados a todos aqueles que contribuíram direta ou indiretamente para a realização desta dissertação.

Inicialmente quero agradecer a todos os colaboradores da FMT – Frezite Metal Tooling, por terem permitido a realização deste trabalho de dissertação.

Ao Eng.º Diogo Costa e à Eng.ª Susana Costa agradeço a forma como fui recebido na empresa e a disponibilidade demonstrada para a realização do trabalho.

Agradeço também ao meu orientador, Professor Rui Manuel Alves da Silva e Sousa, todo o apoio prestado, as ideias transmitidas, a disponibilidade e o acompanhamento permanente do trabalho.

Por último aproveito para agradecer à família, à minha namorada e amigos todo o apoio, ajuda e disponibilidade demonstrados para a realização deste trabalho.

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

Melhoria de desempenho de uma linha de produção de ferramentas numa empresa do ramo metalomecânico

A presente dissertação do Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial, que decorreu na empresa FMT – *Frezite Metal Tooling*, descreve um projeto em ambiente empresarial com o objetivo de implementar melhorias numa linha de produção.

Desta forma, para elaborar a dissertação, foi realizada uma revisão bibliográfica sobre *Lean Production* mais concretamente, a sua origem, os conceitos e os tipos de desperdícios, apresentando-se de seguida as várias ferramentas *lean* que podem ser utilizadas para implementar melhorias. Fez-se o levantamento do grupo FREZITE juntamente com a empresa, bem como do *layout* e do processo produtivo.

De acordo com a análise inicial, foi possível identificar vários desperdícios nas áreas de estudo, destacando-se metodologias de produção inadequadas, perdas de tempo, excesso de processamento, falta de gestão visual, utilização de consumíveis e parâmetros inadequados na máquina de furação EDM (*Electrical Discharge Machining*).

Com o objetivo de eliminar todos os problemas identificados, foram aplicadas técnicas e conceitos *lean*. As melhorias mais significativas, devem-se à implementação da gestão visual, aplicação dos 5S's, implementação de *one-piece-flow* e melhoria de tempos. A implementação da gestão visual e 5S's deram um melhor ambiente e condições de trabalho ao centro, obtendo-se uma melhor organização, eliminando tudo o que não era necessário. Quanto à implementação da metodologia *one-piece-flow* no centro de Retificação, estas permitiram aumentar a produtividade diminuindo o *lead time* da retificação. Em relação à utilização de consumíveis e parâmetros adequados da máquina de furação EDM, estas permitiram aumentar a produtividade diminuindo o tempo de ciclo da furação.

Todas as melhorias descritas e implementadas na linha de produção *Solid Carbide*, permitiram aumentar a produtividade e organização do centro. Relativamente à retificação das barras em bruto, houve uma diminuição de 26% no *lead time* e 35% de aumento na produtividade do turno. Por fim, quanto ao *lead time* das ferramentas “tipo” de metal duro com furo houve uma diminuição de cerca de 40% e uma poupança de 32 UM por cada ferramenta produzida.

PALAVRAS-CHAVE

Gestão Visual, *Lean Production*, TPM, 5S's

ABSTRACT

Performance improvement of a tool production line in a metalworking company

The present dissertation of the Integrated Master in Engineering and Industrial Management, which took place at the company FMT – Frezite Metal Tooling, describes a project in a business environment with the objective of implementing improvements in the production line.

Thus, in order to prepare the dissertation, a bibliographic review was carried out on Lean Production, more specifically, its origin, concepts and types of waste, and the various lean tools that can be used to implement improvements are presented below. The FREZITE group was also presented together with the company, as well as the layout and production process.

According to this initial analysis, it was possible to identify various wastes in the study areas, highlighting inadequate production methodologies, wasted time, excessive processing, lack of visual management, use of consumables and inadequate parameters in the EDM (Electrical Discharge Machining) drilling machine. In order to eliminate all identified problems, Lean techniques and concepts were applied.

The most significant improvements are due to the implementation of visual management, application of 5S's, implementation of one-piece-flow and time improvement. The implementation of visual and 5S's management gave a better working environment and conditions to the center, achieving a better organization, eliminating everything that was not necessary. As for the implementation of the one-piece-flow methodology in the Grinding Center, these allowed to increase productivity by reducing the grinding lead time. Regarding the use of consumables and adequate parameters of the EDM drilling machine, these allowed to increase productivity by decreasing the drilling cycle time.

All the improvements described and implemented in the Solid Carbide production line, allowed to increase the center's productivity and organization. Regarding the grinding of raw bars, there was a 26% decrease in lead time and 35% increase in shift productivity. Finally, as for the lead time of "standard" carbide tools with holes, there was a decrease of about 40% and a saving of 32 UM for each tool produced.

KEYWORDS

Visual Management, Lean Production, TPM, 5S's

ÍNDICE

Agradecimentos.....	iii
Resumo.....	v
Abstract.....	vi
Índice.....	vii
Índice de Figuras.....	x
Índice de Tabelas	xiii
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos	xiv
1. Introdução	1
1.1 Enquadramento	1
1.2 Objetivos.....	3
1.3 Metodologias de investigação	3
1.4 Estrutura do documento.....	4
2. Revisão bibliográfica	6
2.1 Produção <i>Lean</i>	6
2.1.1 Princípios da Produção <i>Lean</i>	8
2.1.2 Tipos de desperdícios	9
2.1.3 Ferramentas <i>Lean</i>	11
2.2 <i>Total Productive Maintenance</i> (TPM).....	16
3. A empresa	19
3.1 O Grupo Frezite.....	19
3.2 FMT – Frezite Metal Tooling	20
3.3 Produtos Finais	22
3.4 Descrição do sistema produtivo	23
3.5 Área produtiva a analisar	27
4. Análise do estado atual	28
4.1 Análise crítica e identificação de problemas	28
4.1.1 Centro de Retificação metal duro	28
4.1.2 Centro helicoides metal duro e PCD.....	30

4.2	Resumo da situação inicial	35
5.	Apresentação e implementação de propostas de melhoria	36
5.1	Melhorias no RFHM	36
5.1.1	One-piece-flow	36
5.1.2	Criação de bancada de controlo de qualidade	37
5.1.3	Procedimento operativo	38
5.1.4	5 S's	39
5.2	Melhorias no CHHM e CHPD	40
5.2.1	Mudança de layout	40
5.2.2	Furação EDM	42
5.2.3	5S's e Gestão Visual	43
6.	Análise e discussão de resultados	45
6.1	Retificação metal duro	45
6.1.1	One-piece-flow	45
6.1.2	Criação de bancada de controlo de qualidade	45
6.1.3	5S's	46
6.2	Centro helicoides metal duro e PCD	46
6.2.1	Mudança de layout	46
6.2.2	Furação EDM	47
6.2.3	5S's e Gestão Visual	48
7.	Conclusões e trabalho futuro	49
7.1	Conclusões finais	49
7.2	Trabalho futuro	50
	Referências Bibliográficas	51
	Anexo I – Fluxo produtivo FMT – metal duro	54
	Anexo II – Fluxo Produtivo FMT – metal duro + pcd	55
	Anexo III – Fluxo produtivo FMT – construção soldada	56
	Anexo IV – VBA helicóides	57
	Anexo V - Procedimento operativo e folha de controlo de polimentos a barras em bruto	60

Anexo VI – Parâmetros atuais máquina furação EDM	61
Anexo VII – Checklist status mudança de layout	63
Anexo VIII – Testes Furação EDM.....	64
Anexo IX – Procedimento Operativo furação EDM.....	65
Anexo X - Folha de manutenção Autônoma.....	77
Anexo XI - Plano de ações 5 S's	78

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Fases da metodologia investigação-ação (O'Brien,1998)	4
Figura 2 - Casa TPS (Liker, 2004)	7
Figura 3 - Cinco princípios Lean (Womack & Jones, 1996)	9
Figura 4 - Ciclo PDCA (Silva et al., 2017)	12
Figura 5 - Etapas 5S's.....	13
Figura 6 - 6 Big Losses	15
Figura 7 - Os 8 Pilares do TPM	17
Figura 8 - UEN's do Grupo Frezite	19
Figura 9 - UEN - FMT em Portugal, retirada de https://www.fmttooling.com/pt/sobre-nos/identificacao-da-empresa	20
Figura 10 - FMT no mundo, retirada de https://www.fmttooling.com/pt/sobre-nos	21
Figura 11 - Produtos FMT - a) ferramentas de construção soldada b) ferramentas de metal duro c) ferramentas em metal duro e PCD.....	22
Figura 12 - Fases do processo produtivo ferramentas.....	23
Figura 13 - Centros produtivos FMT	24
Figura 14 - Layout da área metal duro	27
Figura 15 - Esquema de produção por lotes barras em bruto.....	29
Figura 16 - Diagrama de produção por lotes de barras em bruto	29
Figura 17 - Desorganização RFHM	29
Figura 18 - Mudança de layout metal duro	30
Figura 19 - Capacidades máquinas CNC helicoides.....	31
Figura 20 - Programas CNC por família de produto	31
Figura 21 - Máquina furação EDM.....	32
Figura 22 - Furo de lubrificação	32
Figura 23 - Exemplo desorganização CHHM.....	33
Figura 24 - Exemplo desorganização CHPD.....	34
Figura 25 - Quadro de equipa helicoides atual.....	34
Figura 26 - Resumo problemas identificados	35
Figura 27 - Esquema de produção por one-piece-flow barras em bruto	36
Figura 28 - Diagrama de produção por one-piece-flow barras em bruto	37

Figura 29 - Proposta bancada controlo de qualidade RFHM	37
Figura 30 - Bancada controlo de qualidade RFHM	38
Figura 31 - Proposta melhoria bancada RFHM RT-0017	39
Figura 32 - Proposta melhoria bancada RFHM RT-0061	40
Figura 33 - Capacidades máquina por família de produto	41
Figura 34 - Parte de Checklist mudança de layout.....	41
Figura 35 - Representação Procedimento operativo furação EDM	42
Figura 37 - Plano de ações 5 S's CHHM.....	43
Figura 38 - Quadro reuniões helicoides melhorado	44
Figura 39 - Comparação de antes e depois bancada qualidade RFHM	45
Figura 40 - Comparação antes e depois bancada de trabalho RFHM	46
Figura 41 - Comparação antes e depois layout helicoides.....	46
Figura 42 - Exemplo melhoria furação EDM.....	47
Figura 43 - Comparação antes e depois quadro reuniões helicoides	48
Figura 44 - Fluxo produtivo de ferramentas em metal duro integral.....	54
Figura 45 - Fluxo produtivo de ferramentas em metal duro com cortantes em PCD.....	55
Figura 46 - Fluxo produtivo de ferramentas de construção soldada	56
Figura 47 - Página inicial Vba.....	57
Figura 48 - Janela para seleção de centro produtivo	57
Figura 49 - Parte de código de Vba (1)	58
Figura 50 - Janela introdução de tempos CHHM	58
Figura 51 - Parte código Vba (2).....	59
Figura 52 - Parte de código Vba (3)	59
Figura 55 - Parâmetros por defeito da máquina EDM	60
Figura 53 - Procedimento operativo e folha de controlo de polimentos a barras em bruto (1)	61
Figura 54 - Procedimento operativo e folha de controlo de polimentos a barras em bruto (2)	62
Figura 56 - Checklist mudança de layout.....	63
Figura 57 - Parâmetros melhorados furação EDM	64
Figura 58 - PO Furação EDM - pag. 1	65
Figura 59 - PO Furação EDM - Pag. 2.....	66
Figura 60 - PO Furação EDM - Pag. 3.....	67
Figura 61 - PO Furação EDM - Pag. 4.....	68

Figura 62 - PO Furação EDM - Pag. 5.....	69
Figura 63 - PO Furação EDM - Pag. 6.....	70
Figura 64 - PO Furação EDM - Pag. 7.....	71
Figura 65 - PO Furação EDM - Pag. 8.....	72
Figura 66 - PO Furação EDM - Pag. 9.....	73
Figura 67 - PO Furação EDM - Pag. 10.....	74
Figura 68 - PO Furação EDM - Pag. 11.....	75
Figura 69 - PO Furação EDM - Pag. 12.....	76
Figura 70 - Folha de manutenção Autônoma EDM.....	77
Figura 71 - Plano de ações 5 S's CHHM.....	78
Figura 72 - Plano de ações 5S's - CHPD.....	79

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Marcos históricos FMT.....	21
Tabela 2 - Problemas identificados máq. EDM.....	33
<i>Tabela 3 - Medições furo c/9 mm EDM - estado inicial.....</i>	<i>60</i>
Tabela 4 - Medições furo c/9 mm EDM – melhoria de processo.....	64

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

ACPD – Acabamentos de PCD

CHHM – Centro helicoides metal duro

CHPD – Centro helicoides metal duro com PCD

EDM - Electrical discharge machining

FMT – Frezite Metal Tooling

LSS – Lean Six Sigma

HM – Hard Metal

JIT – Just-in-Time

KPI – Key Performance Indicator

PCD – Polycrystalline Diamond

PCBN – Polycrystalline CBN

PPM – Partes por milhão

RFHM – Retificação metal duro

RTDT – Retificação cilíndrica do PCD

RTFG – Retificação de furos e guias

SMED – Single Minute Exchange of Die

TPM – Total Productive Maintenance

TQM – Total Quality Management

TPS – Toyota Production System

UEN – Unidade Estratégica de Negócio

UM – Unidade Monetária

VSM – Value Stream Mapping

WIP – Work in progress

1. INTRODUÇÃO

A presente dissertação descreve o projeto desenvolvido na FMT – Frezite Tooling Systems, uma empresa metalomecânica pertencente ao grupo FREZITE S.A., no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial. Este capítulo apresenta um enquadramento do tema da dissertação, sendo ainda referidos os seus principais objetivos, a metodologia de investigação aplicada, assim como a estrutura do presente documento.

1.1 Enquadramento

Atualmente, as empresas enfrentam um notável crescimento da competitividade e, simultaneamente, a procura do cliente atingiu um ponto alto. Assim, a melhoria contínua, ou seja, a procura constante da perfeição é crucial para ter um papel notório no mercado e enfrentar a concorrência (Kumiega & Vliet, 2008). Portanto, é enfatizada a melhoria da qualidade, a eliminação do desperdício, a satisfação do cliente e o aumento da produtividade através da redução do desperdício de recursos.

Os sistemas de produção geralmente são mantidos inalterados por longos períodos apesar das mudanças no mercado e no modelo de gestão. Em prazos relevantes, essa estagnação causa uma acumulação de ineficiências e desperdícios que levam a sistemas de produção improdutivos (Alves et al., 2015).

Produção *Lean* é uma metodologia que tem como principal objetivo a eliminação de desperdícios, a melhoria da produtividade, a redução de custos e onde se procura alcançar sempre a perfeição, através da utilização de ferramentas de *Lean Six Sigma* (LSS), ciclo *Plan-Do-Check-Act* (PDCA) e Gestão Total da Qualidade. Porém, a maioria das empresas hesita em implementar todas as medidas simultaneamente para adotar uma Produção *Lean* devido a algumas restrições práticas e de capital (Chauhan & Chauhan, 2019)

De acordo com Womack et al., 1990, a Produção *Lean* é um modo de localizar e aproximar as etapas da produção o mais próximo possível do cliente para minimizar os custos totais. Para isso, a Produção *Lean*, de acordo com Spohrer & Freund (2013), é um conjunto de princípios, práticas e técnicas incorporadas na melhoria contínua que formam uma filosofia organizacional abrangente que se esforça para atender efetivamente às necessidades dos clientes.

Taiichi Ohno identificou sete tipos de desperdícios nos processos de produção. Estes desperdícios podem ser identificados não apenas na produção, mas também nas áreas administrativas e em outros contextos (Ohno, 1988).

Os sete tipos de desperdícios, de maneira sucinta, podem ser identificados como: 1. Sobreprodução; 2. Esperas; 3. Movimento; 4. Transporte; 5. Inventário; 6. Excesso de processamento; 7. Defeitos. Segundo Liker (1997), também é possível identificar um oitavo desperdício, que é o potencial humano inexplorado. A Produção *Lean* teve as suas raízes, no *Toyota Production System* (Ohno, 1988), mas desde então evoluiu para uma filosofia chamada Lean Thinking (Womack & Jones, 2003). O *Lean Thinking* tem cinco princípios: 1. Valor; 2. Cadeia de Valor; 3. Fluxo; 4. Produção puxada e 5. Procura da perfeição. Para apoiar a implementação dos princípios *Lean* e eliminar desperdícios, as empresas podem usar um grande conjunto de ferramentas, que incluem: mapeamento do fluxo de valor (VSM), *just-in-time* (JIT), trabalho padronizado, 5S's (*sort, set in order, shine, standardize and sustain*), *Single Minute Exchange of Die* (SMED), mecanismos *poka-yoke*, entre outros (Feld, 2000).

A produção *just-in-time* é um fator especialmente importante numa indústria. Neste tipo de produção “apenas os produtos necessários, no tempo necessário e na quantidade necessária” são fabricados e, além disso, o inventário disponível é mantido no mínimo (SUGIMORI et al., 1977).

Os 5S's são uma excelente filosofia japonesa para o desenvolvimento de qualquer tipo de organização em todo o mundo (Randhawa & Ahuja, 2017). Segundo Chapman (2005), o sistema 5S's é utilizado para a ação corretiva sistemática às questões diárias da organização no local de trabalho. Esta ferramenta é sistemática e faz parte da Produção *Lean*, o que permite organizar e gerir processos de modo a requerer menos esforço humano, espaço e capital, permitindo assim uma produção com menos defeitos.

Os bem-sucedidos programas de implementação de Produção *Lean* podem facilitar as organizações a alcançar melhor desempenho comercial, levando a vantagem competitiva (Kasemsap, 2014). Com sede em Portugal e uma forte vocação para a internacionalização, o Grupo Frezite dispõe já de uma consolidada rede de sucursais. Desenvolvendo soluções de engenharia para diferentes mercados, a Frezite tem vindo a estender a sua ação a novas áreas de atuação.

As oportunidades geradas pelo impulso dos sectores automóvel e aeroespacial levou à autonomização da Divisão Metal e à criação da marca FMT – *Tooling Systems*, com o objetivo de fornecer soluções de elevada qualidade, a preço competitivo, a FMT projeta e fabrica sistemas ferramenta capazes de satisfazer as exigências de cada cliente e que otimizam os seus tempos de processo.

Iniciou-se o percurso *lean* da FMT, através da definição do *roadmap* empresarial, implementando-se o *Frezite Production System* (Costa, 2018) que se rege pelos princípios *lean*, *Total Productive Manufacturing* e *World Class Manufacturing*.

Face às novas oportunidades a empresa sente necessidade de melhorar o seu desempenho na linha de produção de ferramentas em *Solid Carbide* e para isso a empresa vai reforçar o seu investimento em metodologias *lean* para assim alcançar os objetivos delineados.

1.2 Objetivos

A dissertação terá como foco a racionalização da linha de ferramentas em *Solid Carbide* da FMT – *Tooling Systems* localizada na Trofa, com recurso a ferramentas *lean*, permitindo a eliminação dos desperdícios existentes. Para atingir esse objetivo, o projeto será baseado em:

- Reduzir os tempos de ciclo;
- Normalizar procedimentos e processos;
- Identificar os desperdícios existentes na área;
- Monitorizar os indicadores de desempenho (KPI);
- Alteração do *layout*.

Alcançando os objetivos estipulados, espera-se um impacto positivo nas medidas de desempenho, tais como:

- Aumento da eficiência da linha de ferramentas em *Solid Carbide*;
- Redução do *lead time*;
- Aumento da produtividade;

1.3 Metodologias de investigação

A escolha da metodologia a utilizar para o desenvolvimento da dissertação é de extrema importância pois permite orientar o trabalho a realizar e ajuda a definir prioridades.

Considerando os objetivos a atingir, é essencial a adoção de uma metodologia de investigação que se adeque às tarefas a realizar. Deste modo, a metodologia de investigação a utilizar é a Investigação-Ação (IA).

Segundo O'Brien (1998), nesta metodologia, um grupo de pessoas identifica o problema, procura resolver os problemas identificados, verifica quais os resultados obtidos e se os resultados não forem satisfatórios tentam novamente até o serem, criando uma hélice de aprendizagem contínua.

IA foi introduzida em 1946 por Kurt Lewin e uma das muitas definições defende que a pesquisa segue cinco etapas: o diagnóstico, o planeamento das ações; a implementação das ações, a avaliação das ações e a especificação da aprendizagem (Susman & Evered, 1978).

Este processo cíclico pode ser observado na Figura 1, adaptada de O'Brien (1998).

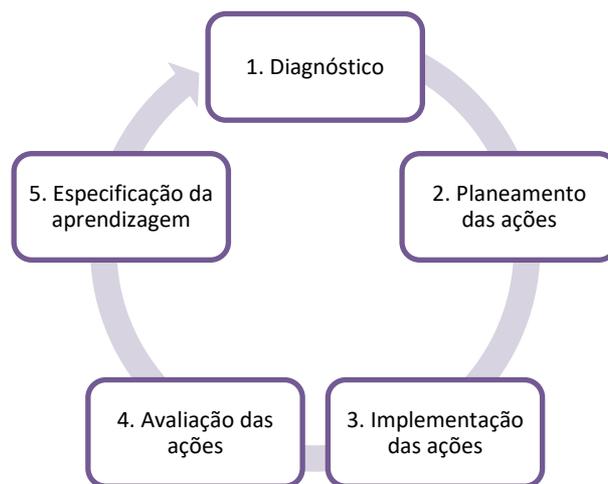


Figura 1 - Fases da metodologia investigação-ação (O'Brien, 1998)

De forma comparativa, 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 completar um ciclo.

1.4 Estrutura do documento

A presente dissertação encontra-se estruturada em 7 capítulos.

O primeiro capítulo é realizado o enquadramento dos temas abordados, expõe-se os principais objetivos deste trabalho, a metodologia de investigação utilizada e apresenta-se a estrutura da dissertação. De seguida, o segundo capítulo serve para explicitar toda a revisão de literatura efetuada para sustentar teoricamente as metodologias estudadas ao longo do projeto.

O terceiro capítulo é utilizado para fazer a apresentação geral da empresa na qual este projeto se desenvolveu, desde o resumo da sua história à descrição do seu sistema produtivo e principais produtos finais.

Seguidamente, o capítulo quatro é feita a análise crítica do sistema produtivo para que se possam identificar e descrever os principais problemas da linha de *Solid Carbide*.

O quinto capítulo é utilizado para apresentar as propostas de melhoria sugeridas para combater os problemas e desperdícios encontrados.

Por fim, o sexto capítulo expõe os resultados obtidos e esperados para as propostas realizadas, terminando-se com o capítulo sete onde são feitas as conclusões e as propostas de trabalho futuro.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O presente capítulo apresenta a revisão bibliográfica sobre os temas e conceitos que serão abordados durante este projeto. Inicia-se com a origem e princípios da Produção *Lean*.

Depois, serão abordados os diferentes tipos de desperdícios e algumas ferramentas *Lean*, nomeadamente Ciclo PDCA, 5S's, Gestão Visual e *Overall Equipment Effectiveness* (OEE).

Por fim, será exposta a metodologia do *Total Productive Maintenance* (TPM) e os seus pilares.

2.1 Produção *Lean*

O nível de competitividade entre as empresas no mercado global está a aumentar o que leva as empresas a inclinarem-se para uma abordagem que dá mais flexibilidade para enfrentar os desafios (Zhang & Chen, 2016).

As indústrias estão-se a esforçar para aumentar a produtividade e uma Produção *Lean*, uma vez que tem um impacto direto na produtividade (Tay & Chan, 2018). Para aumentar os lucros, as indústrias precisam de reduzir os custos de produção. Isso pode ser realizado reduzindo os desperdícios e, subsequentemente, aumentando a produtividade. Os processos da produção tornaram-se uma vantagem competitiva e o foco na produtividade e no *Lean* aumentaram (Singh et al, 2018).

A filosofia *Lean* é uma abordagem que se concentra na melhoria de processos, práticas, qualidade e desempenho (Hicks, 2007).

A ampla popularidade do *Lean* veio da publicação – “*The Machine that Changed the World*” (Womack et al., 1990), que agora é “um dos livros mais citados em gestão de produção” (Holweg, 2007).

O conceito de Produção *Lean* teve a sua origem no Japão entre 1940 e 1950 aquando da criação do *Toyota Production System* (Melton, 2005), liderada por Taiichi Ohno.

A Toyota desenvolveu lentamente uma filosofia de gestão imbatível e ferramentas de sucesso que a levaram a tornar-se um dos maiores fabricantes do mundo (Holweg, 2007).

Este sistema sociotécnico é o *Toyota Production System* (TPS) e é comumente conhecido como o sistema de Produção *Lean* (Schonberger, 2007).

O coração do TPS é a eliminação completa de desperdícios. Os dois “pilares” que sustentam esta metodologia são o *just-in-time* (JIT) e *Jidoka* (autonomia) com um toque humano (Ohno, 1988).

Ohno (1988) representa o TPS como uma casa, a estrutura é suportada por dois pilares principais e no centro da casa estão as pessoas, uma vez que o sistema só é viável com o envolvimento e participação das pessoas.

O sistema é representado em forma de casa, de forma a demonstrar que só existe estabilidade caso a base, os pilares e o telhado também sejam respeitados. A casa TPS é apresentada na Figura 2.



Figura 2 - Casa TPS (Liker, 2004)

A casa TPS - Figura 2, tornou-se um dos símbolos mais reconhecidos na indústria moderna. Existem diferentes versões da casa, mas os princípios básicos permanecem os mesmos. Tudo começa com os objetivos de melhor qualidade, menor custo e menor tempo de produção. Existem então dois pilares externos *just-in-time* e o *jidoka*, que significa nunca deixar um defeito passar para o próximo posto de trabalho e libertar as pessoas da automação das máquinas com um toque humano. No centro do sistema estão as pessoas. Finalmente, existem vários elementos fundamentais, que incluem a necessidade de processos padronizados, estáveis e confiáveis, a gestão visual, e também *heijunka*, que significa nivelar o planeamento da produção em volume e variedade. Uma programação nivelada ou *heijunka* é necessária para manter o sistema estável e permitir um inventário mínimo (Liker, 2004).

No TPS, existem quatro tipos principais de atividades que impactam o sucesso de qualquer sistema de produção: valor agregado, Muri, Mura e Muda. Destas quatro atividades, três delas são representadas como o modelo 3M do TPS: Mura, Muri e Muda (Womack & Jones, 1996). Estes 3Ms são termos japoneses e considerados os maiores inimigos da lucratividade de uma empresa. Valor agregado são as atividades que agregam valor ao produto ou serviço pelo qual os clientes estão prontos ou dispostos a

pagar. Mura significa irregularidade que ocorre devido à flutuação na procura do cliente, variações nos tempos de ciclo, WIP (trabalho em processo), etc.

Mura pode gerar Muri e Muda, e pode ser reduzido estabelecendo estabilidade na cadeia de abastecimento (entre fornecedores e clientes), implementando trabalho padronizado e gestão visual. Muri é a sobrecarga causada pela utilização de humanos ou máquinas em mais de 100% da sua capacidade. Por exemplo, absentismo, avarias, Mura, podem fazer os colaboradores ou a máquina trabalharem mais do que sua capacidade e isso resulta em sobrecarga (Womack, J. P., & Jones, 1996). Muda é outro termo japonês que significa desperdício ou atividades sem valor agregado (NVA) pelas quais os clientes não pagam. Muda é dividido em duas categorias: Muda tipo um e Muda tipo dois. O Muda tipo um é uma atividade sem valor agregado que não pode ser eliminada e é necessária sob várias condições, por exemplo, a inspeção é um processo que é necessário para garantir a qualidade dos produtos, o tempo de inspeção pode ser reduzido, mas não pode ser eliminado. O Muda do tipo dois é uma atividade sem valor agregado que pode ser completamente eliminada.

2.1.1 Princípios da Produção *Lean*

Lean é uma prática que tem como foco a criação de valor na perspetiva do cliente, identificando e eliminando as atividades que não acrescentam valor ao produto final, de forma a entregarmos um produto com qualidade com menores custos produtivos.

Para que esta filosofia seja implementada de forma eficiente, Womack, J. P., & Jones (1996) definiram os cinco princípios *lean*, de modo a perceber melhor a filosofia na base da aplicação de técnicas e ferramentas aplicadas para a eliminação do desperdício.

Os princípios apresentados na Figura 3 são descritos de seguida.

1. **Definir Valor:** Consiste na identificação de valor para algum produto ou serviço, ou ambos, na perspetiva do cliente, tendo a satisfação das necessidades do cliente como principal objetivo, ou seja, o que ele está disposto a pagar, sobre um determinado produto com determinadas características, num determinado tempo.
2. **Identificar a cadeia de valor:** Identificar ao longo de todo o processo produtivo quais são as atividades que agregam valor, não agregam valor, mas são necessárias e não agregam valor e são dispensáveis aos produtos ou serviços, identificando, assim, todos os desperdícios ao longo do processo. Estas atividades que são dispensáveis, ou seja, não acrescentam qualquer valor, são consideradas desperdício e devem de ser eliminadas.

3. **Fluxo contínuo:** Cria um fluxo contínuo da origem para o cliente apenas com as atividades que agregam valor, de forma a produzir o produto sem qualquer interrupção, fazer com que todo o processo seja fluido. Esta fluidez é garantida através da eliminação de todos os desperdícios durante o processo.
4. **Produção Puxada:** Após o processo estar otimizado a produzir, o cliente é quem dá o sinal a produzir, ou seja, produzir apenas o que o cliente precisa e quando precisa, não produzir para inventário, mas sim ter uma produção puxada pelo cliente.
5. **Perfeição:** Procurar sempre a melhoria contínua, ou seja, melhorar os processos, as pessoas e os produtos de forma a criar sempre mais valor para os clientes e para a própria organização.

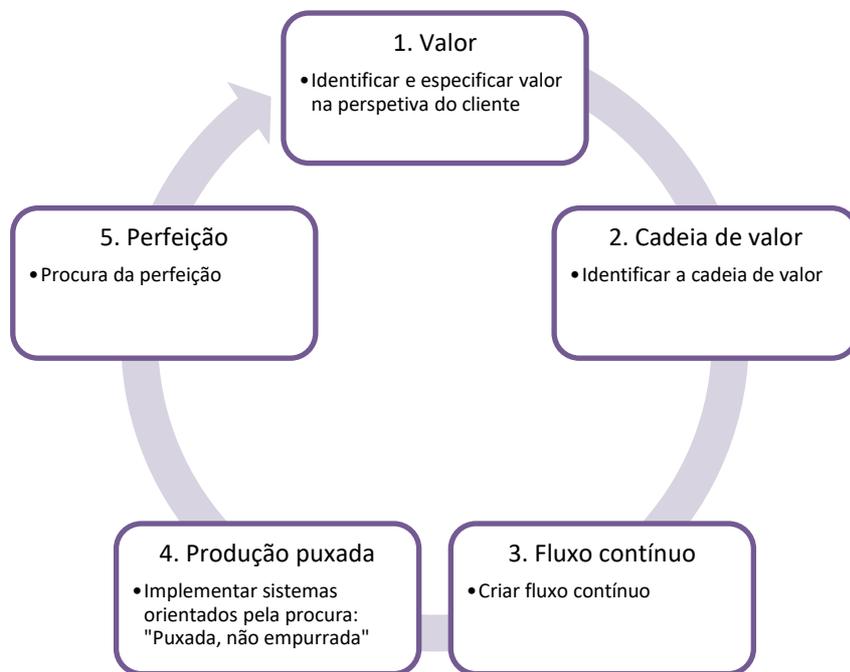


Figura 3 - Cinco princípios Lean (Womack & Jones, 1996)

2.1.2 Tipos de desperdícios

Como referido anteriormente, os desperdícios produzidos dentro de uma organização podem ser categorizados em sete tipos, os denominados pelos japoneses de sete “mudas” da produção. Estes desperdícios foram primeiramente identificados por (Ohno, 1988), na Toyota e depois mais tarde apresentados por Womack, J. P., & Jones (1996).

Estes sete desperdícios são defeitos, processamento desnecessário, excesso de produção, esperas, elevado inventário, movimentos e transporte. Panneman (2017), afirmou que a Toyota também criou várias ferramentas para superar ou eliminar estes desperdícios.

1. **Defeitos:** Defeitos são não conformidades de um produto de acordo com as suas especificações ou o não cumprimento da satisfação do cliente. A produção de produtos defeituosos em qualquer ponto da produção leva a tempo adicional, mão de obra, retrabalho, peças ou conjuntos para sucata e dinheiro para reparar os defeitos. Além disso, os defeitos podem aumentar a sobreprodução, o transporte e o processamento desnecessário. Defeitos podem ser evitados utilizando ferramentas como *Poke Yoke*, trabalho padronizado, etc.
2. **Processamento desnecessário:** O termo processamento desnecessário significa processar ou trabalhar em produtos ou serviços mais do que o necessário. Este tipo de desperdício pode ser uma consequência de uma compreensão pouco clara dos requisitos ou defeitos do cliente, que requer retrabalho para reparar ou retrabalhar os produtos para a satisfação da necessidade do cliente. Por exemplo, limpeza de um para-brisas mesmo que pareça limpo e transparente, reentrada de dados na programação de uma máquina, erro humano, etc., esses tipos de atividades podem ser chamados de processamento em excesso. Taiichi Ohno observou o desperdício simplesmente criando e se posicionando em um círculo imaginário na área de produção (Liker, 2004).
3. **Excesso de produção:** Muitas organizações fabricam e armazenam mais produtos ou mercadorias do que o necessário devido a necessidades pouco claras do cliente, longos tempos de setup e no pensamento “caso seja necessário”. Estas ações levam a longos prazos de entrega, alto custo de inventário, dificuldade em encontrar a origem dos defeitos entre outros desperdícios. A produção em excesso pode impactar fortemente o crescimento de qualquer empresa porque tem um custo muito elevado, pode impedir o fluxo regular de materiais e pode diminuir a produtividade e a qualidade dos produtos. O nivelamento da produção pode reduzir ou evitar este desperdício, implementando o conceito “*Just-in-time*” (JIT), ou seja, produzir com base no, quando e quanto é necessário.
4. **Esperas:** Na produção em lotes, sempre que um lote de peças ou produtos fica parado ou espera pela agregação de valor por um operador ou operação, é denominado espera. A espera também ocorre quando um operador espera devido à indisponibilidade de materiais, tempo de inatividade não planejado, fraco fluxo de informações, etc.

Da mesma forma, de acordo com Goldratt (1990) a quantidade de tempo perdido na espera devido a qualquer razão é a quantidade de tempo perdida para a produção de toda a fábrica e é irrecuperável. Este desperdício pode ser evitado melhorando o fluxo de materiais e informações, melhorando as operações, tornando a produção estável e estabelecendo padrões.

5. **Elevado inventário:** Elevada quantidade acumulada de matérias-primas, produtos intermédios e produtos acabados ao longo do sistema produtivo, que leva ao aumento do lead time, produtos obsoletos ou danificados. Além disso, a manutenção do excesso de inventário aumenta o custo de armazenamento e transporte.

O fluxo uniforme entre os postos de trabalho e o WIP controlado de acordo com a procura do cliente podem auxiliar na redução do excesso de inventário.

6. **Movimentos:** É o movimento desnecessário executado por máquinas ou operadores para concluir o trabalho. Isso pode causar alguns problemas de saúde e segurança devido à ergonomia deficiente, como dobrar, alongar, caminhar, levantar, arquear, escalar e alcançar. O movimento desnecessário torna o trabalho mais longo ao adicionar algumas atividades sem valor que resultam em perda de tempo, esforço, energia e custo. O movimento desnecessário pode ser eliminado utilizando ferramentas como trabalho padronizado e 5S's.
7. **Transporte:** Este é um desperdício sem valor agregado que consome energia, tempo e trabalho e não pode ser completamente eliminado, mas pode ser reduzido. Alguns exemplos deste desperdício são, transporte de produtos da fábrica para os armazéns, movimentação de produtos dentro do armazém, movimentação de produtos, etc. As atividades que podem ajudar a reduzir esse desperdício são 5S's, trabalho padronizado, reorganização do layout do chão de fábrica.

2.1.3 Ferramentas *Lean*

Os desafios mais comuns que as empresas enfrentam hoje é o aumento de inventário, atrasos e outras atividades que não agregam valor (Meade et al, 2006). A Produção *Lean* ajudará a enfrentar esses desafios com a ajuda de ferramentas *lean*.

As ferramentas *lean* ajudam a melhorar o conhecimento e, por sua vez, ajudam a resolver as restrições e fazer mais melhorias (Zhang & Chen, 2016). Além disso, ajuda drasticamente a eliminar os processos de não agregação de valor e reduzir outros desperdícios que ocorrem durante a produção (Benjamin et al, 2013).

Estas ferramentas também auxiliam a retratar as possíveis causas que levam a um problema em específico e serão essenciais na melhoria do desempenho do processo produtivo (Marius, 2012).

Ciclo PDCA

Numa filosofia *lean*, a maior preocupação são os desperdícios, como defeitos e processos que estão a ser criados. Para reduzir, várias ferramentas precisam de ser usadas para se eliminar estes desperdícios (Maruta, 2012). O ciclo PDCA (Plan, Do, Check, Act) desempenha um papel decisivo na implantação de uma produção mais *lean*. O ciclo PDCA é uma ferramenta utilizada para melhorar a qualidade dos produtos, eliminar defeitos e desenvolver melhorias nas organizações. É uma ferramenta simples utilizada para melhorias contínuas nos processos de produção na organização (Sokovic et al, 2010).

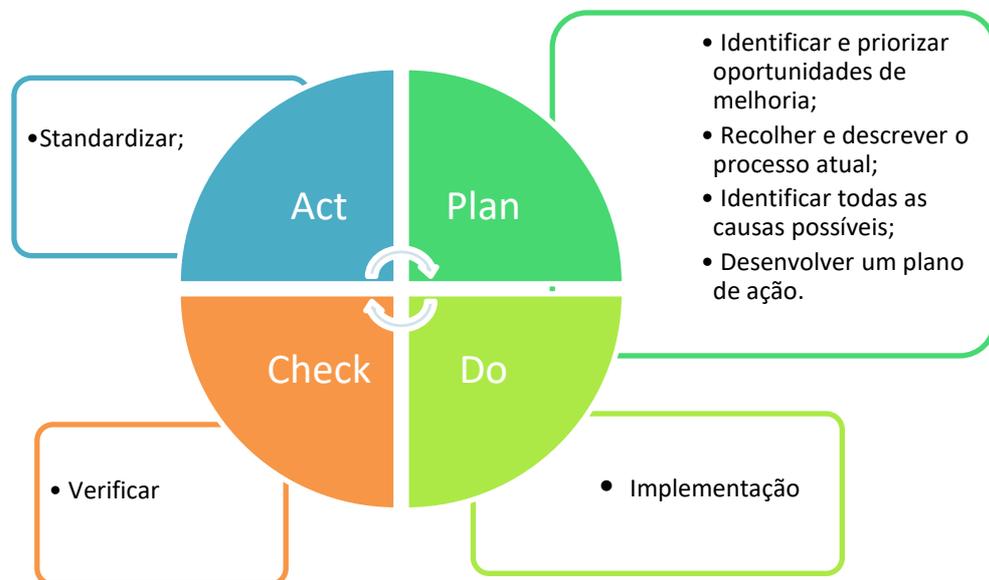


Figura 4 - Ciclo PDCA (Silva et al., 2017)

PDCA é uma mudança gradual e pode ser entendido da seguinte forma:

Plan: Esta fase destaca a identificação de propostas de melhoria. A abordagem atual é investigada com o auxílio de dados e as razões prováveis para os problemas são identificadas para as quais possíveis ações de mitigação são fornecidas (Silva et al., 2017).

Do: Esta etapa é a fase de implementação onde as ferramentas, conceitos e práticas necessárias são identificadas e uma formação é passada para os funcionários. Esta etapa é para implementação do plano de ação. Aqui é feita a seleção dos documentos que contêm dados. Além disso, os eventos inesperados que ocorrem também são anotados (Silva et al., 2017).

Check. Esta etapa atua como um ponto de verificação para avaliar o desempenho *lean*. Trata-se de analisar se as mudanças *lean* realizadas são eficazes e proporcionam os resultados esperados. Os resultados esperados são analisados. Os novos resultados são comparados com os resultados antigos e é decidido se devemos padronizar a nova abordagem (Silva et al., 2017).

Act. Esta é a fase da pós-implementação, onde as práticas *lean* são analisadas se podem sustentar os resultados *lean* a longo prazo. Isso para padronizar as melhorias se os resultados forem alcançados e repetir para recolher novos dados e reavaliar as intervenções com base na quantidade de dados necessários ou na situação existente. Outra forma é abandonar o projeto atual e começar com novas melhorias se os resultados obtidos não forem eficazes (Silva et al., 2017).

5 S's

5S's significa "*sort, set in order, shine, standardize and sustain*". Convencionalmente, a metodologia 5S's é usada para definir o espaço físico de trabalho e os seus componentes, eliminando o desperdício. Este método simboliza um conjunto de práticas ideais no desenvolvimento da organização do espaço de trabalho e da produtividade, agregando valor ao processo (Gapp et al., 2008). Este método é utilizado por ser uma implementação de baixo custo e uma abordagem simples, onde é considerado um ponto de partida para uma melhoria. Quando é inspecionado no contexto geográfico é importante olhar para os fatores que afetam o desempenho, como tipo de produto, tamanho da empresa, atitude na organização em relação à qualidade e melhorias contínuas (Bayo-Moriones et al., 2010).

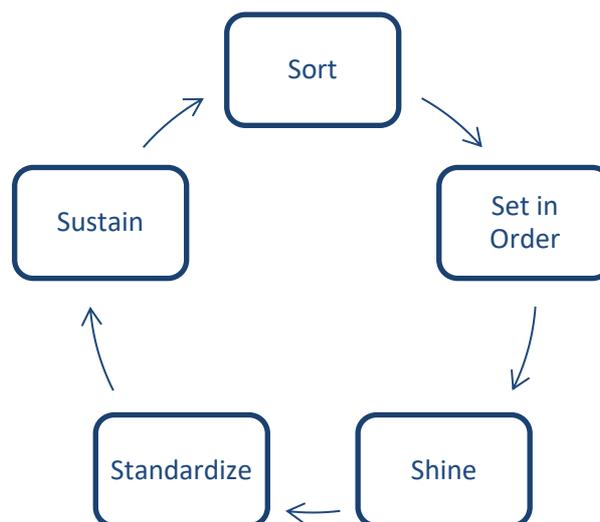


Figura 5 - Etapas 5S's

Os 5S's pode ser explicado da seguinte forma,

- **Sort:** Significa a remoção de materiais, ferramentas, equipamentos e móveis desnecessários do chão de fábrica. Como resultado, obtemos mais espaço livre, melhoria no fluxo de produção, mobilidade melhorada e é alcançada uma melhor comunicação (Pinto et al., 2018).
- **Set in order:** Nesta fase, a ideia é manter tudo no seu devido lugar. Aqui, é necessário ter em conta a sequência de posicionamento de itens após a etapa de classificação. Isto, por sua vez, auxilia na eliminação dos diversos tipos de desperdícios, auxiliando também na melhoria da qualidade e na redução do nível de inventário (Pinto et al., 2018).
- **Shine:** Esta etapa trata da limpeza do espaço de trabalho, sendo fundamental para criar um ambiente mais seguro, reduzindo defeitos e também reduzindo o tempo de inatividade dos equipamentos (Pinto et al., 2018).
- **Standardize:** O principal objetivo desta etapa é manter as etapas anteriores, dando algum tempo todos os dias para manter a limpeza, prevenção de inventário extra e itens indesejados no posto de trabalho. Para isto é necessária a realização de procedimentos e formação dos colaboradores. Isto ajuda também a manter um espaço livre em torno da área de trabalho, o que pode ajudar na movimentação dos trabalhadores (Pinto et al., 2018).
- **Sustain:** Para ter uma atitude direcionada para a melhoria contínua esta etapa executa procedimentos de auditoria na área onde os 5S's foram implementados, de forma, a verificar a se os procedimentos estão atualizados para o posto de trabalho (Pinto et al., 2018).

Gestão Visual

A Gestão Visual são um conjunto de técnicas de comunicação e um elemento fundamental do *Toyota Production Systems* (TPS) que cria campos de informação altamente visuais a partir dos quais as pessoas podem extrair informações para melhoria da autogestão e controlo (Greif, 1991; Ohno, 1988; Shingo, 1989).

De acordo com Tezel et al. (2015), a Gestão Visual vai além da gestão da produção em fábricas, pois pode ser adotada com sucesso por organizações comerciais, educacionais, de IT, saúde e serviços governamentais e de construção.

Numerosos estudos sugeriram que a Gestão Visual é uma abordagem chave para a implementação da Produção *Lean* (Tezel et al., 2015).

No entanto, Galsworth (2013) esclarece a relação entre a Gestão Visual e *lean*; explicando que a Gestão Visual e o *lean* trabalham lado a lado, como as asas de um pássaro. Nenhum é mais importante; eles

são de igual importância. Esta estratégia integra os detalhes do trabalho no ambiente físico, permitindo que os trabalhadores operem com precisão e com maior eficácia.

Overall Equipment Effectiveness (OEE)

O *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), é uma medida de desempenho baseada no tempo e na qualidade (Bellgran & Säfsten, 2010). Além disso, o OEE é uma ferramenta de suporte para o *Total Productive Maintenance* (TPM), pois monitoriza a eficácia da máquina. O OEE é usado para monitorizar a eficiência de sistemas de produção automáticos e semiautomáticos, permitindo identificar onde existem perdas no sistema (Bellgran & Säfsten, 2010).

Uma perda é tudo aquilo que pode afetar o bom funcionamento das máquinas e estas podem ser divididas em três grandes grupos (Nakajima, 1988), tal como se pode verificar no esquema da Figura 6.

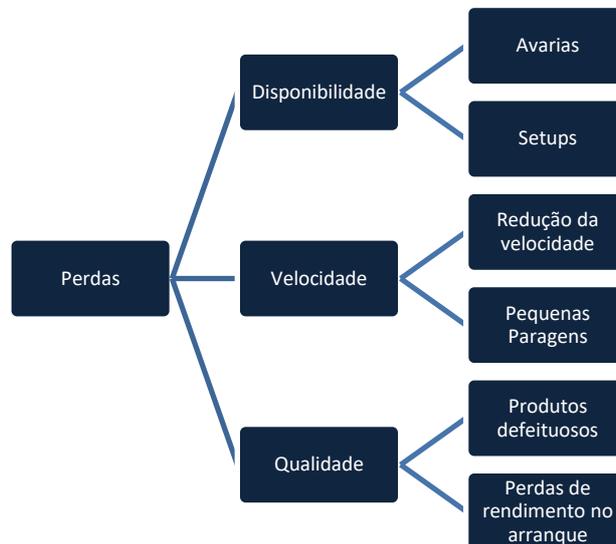


Figura 6 - 6 Big Losses

O OEE requer três tipos de dados; disponibilidade da máquina, desempenho da máquina e qualidade dos produtos e é calculada pela equação (1):

$$OEE = Disponibilidade \times Desempenho \times Qualidade \quad (1)$$

Onde,

$$Disponibilidade = \frac{\text{tempo de funcionamento}}{\text{tempo de abertura}} \times 100 \quad (2)$$

em que o Tempo de Funcionamento é igual ao tempo disponível por turno menos as paragens planeadas e não planeadas e o tempo de abertura é igual ao tempo disponível menos as paragens planeadas.

$$Desempenho = \frac{\text{tempo de ciclo teórico} \times \text{quantidade produzida}}{\text{tempo de funcionamento}} \times 100 \quad (3)$$

$$Qualidade = \frac{\text{quantidade produzida} - \text{quantidade de defeitos}}{\text{quantidade produzida}} \times 100 \quad (4)$$

Nakajima (1988), definiu que as organizações de classe mundial deveriam ter para cada um dos componentes deste indicador os seguintes valores:

- Fator disponibilidade – superior a 90%;
- Fator desempenho – superior a 95%;
- Fator qualidade – superior a 99%.

O que representa um valor para o OEE de aproximadamente 85%.

2.2 *Total Productive Maintenance (TPM)*

Para obter um desempenho de alta qualidade, as empresas tendem a melhorar a produtividade e reduzir os custos o máximo possível. Para isso, é necessário um sistema de manutenção eficiente. Isso não vai apenas prolongar a vida útil do equipamento, mas também irá produzir os produtos certos à primeira vez (Swanson, 2001).

Tradicionalmente, as indústrias tendem a usar manutenção reativa, por exemplo, reparando os problemas de uma máquina quando eles acontecem. As linhas de montagem compostas por máquinas precisam de ter em atenção as atividades de manutenção, com o intuito de evitar paragens e produzir produtos de alta qualidade. O TPM é um sistema que pode aumentar a consistência de uma linha para manter um alto nível de produtividade (Borris, 2006).

Moore (1997) argumenta que a implementação do TPM pode resultar em mudanças fundamentais nas atividades do chão de fábrica no que diz respeito à cultura, processo e tecnologia. De acordo com Nakajima (1988), entre os benefícios da filosofia TPM, uma das suas principais contribuições é a abordagem inovadora que esta técnica adota para otimizar a eficácia dos equipamentos, eliminar

paragens e aumentar a motivação dos operadores nas atividades diárias de manutenção através da manutenção autônoma.

O objetivo desta filosofia é ter uma organização onde existam zero defeitos, zero acidentes e zero falhas, para isto, com esta metodologia pretende-se manter os equipamentos em condições ideais, prevenindo as falhas inesperadas, as perdas de velocidade e os defeitos no produto causados pela máquina (Jain et al., 2014).

Para que a correta e eficiente implementação do TPM seja alcançada e se possam atingir os objetivos esperados, Nakajima (1988) definiu oito pilares que sustentam esta metodologia, tal como está representado na Figura 7.

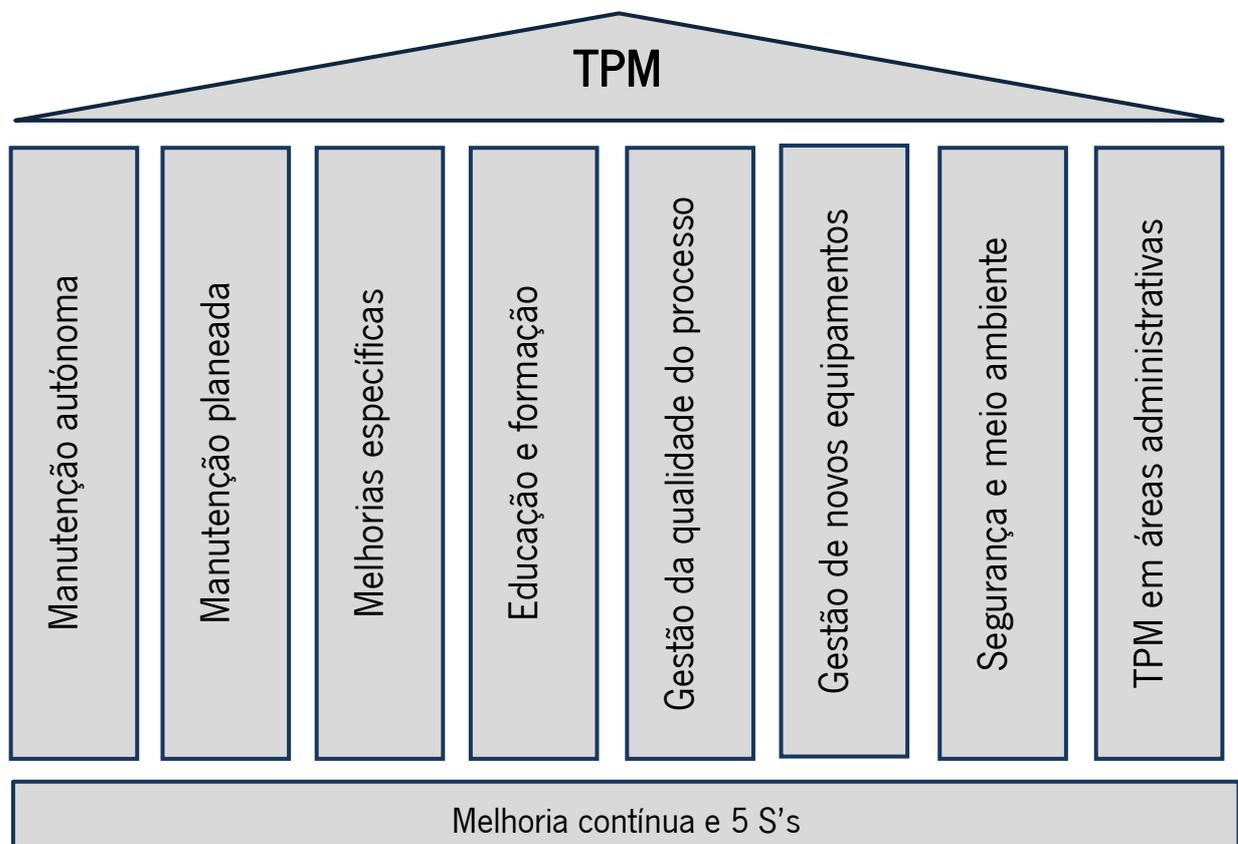


Figura 7 - Os 8 Pilares do TPM

Na base destes pilares encontra-se a melhoria contínua que é apoiada pela metodologia 5S's. De seguida serão explicados mais detalhadamente cada um dos pilares.

A **manutenção autónoma** concentra-se principalmente na execução de pequenas tarefas de manutenção pelo operador, tendo como objetivo não sobrecarregar os técnicos mais especializados. Assim os operadores são responsáveis por tarefas periódicas como limpeza, lubrificação, apertos, ajustes e

inspeções. Com estas pequenas atividades as falhas dos equipamentos podem ser reduzidas, os operadores tornam-se mais versáteis e flexíveis e os defeitos podem ser minimizados na origem, graças à intervenção dos operadores (Singh et al., 2013).

Manutenção planejada: Este pilar do TPM tem como objetivo eliminar a maioria dos desperdícios e paragens da máquina, transformando a manutenção numa atividade proativa e não reativa;

As **Melhorias específicas** focam-se na melhoria contínua dos processos e equipamentos, através da identificação sistemática desperdícios e melhoria da eficácia geral do equipamento em sistemas produtivos.

Educação e formação: Formar os operadores para lidar com diferentes equipamentos, fornecendo o conhecimento técnico necessário e também criando consciência sobre os padrões de qualidade e controlos de qualidade. Envolvendo os operadores nos diferentes trabalhos realizados pelas máquinas e ajudando-os a desenvolver as suas capacidades.

A **Gestão da qualidade dos processos** tem como objetivo estabelecer um programa de medidas preventivas em vez de medidas reativas, estabelecendo assim condições para que existam zero defeitos.

Gestão de novos equipamentos: A gestão de novos equipamentos consiste em aprender com o passado e implementar essas experiências nos novos equipamentos, o que irá minimizar a ocorrência de problemas. O objetivo principal é eliminar a curva de aprendizagem ao trocar de equipamentos antigos para novos.

Segurança e meio ambiente: Proporcionar ambientes de trabalho seguros e criar condições de trabalho adequadas ao local de trabalho, eliminando lesões e acidentes.

TPM em áreas administrativas: Este pilar acompanha os restantes pilares e deve ser seguido de modo a melhorar a produtividade e eficiência nas funções administrativas. Isto inclui análise dos processos e procedimentos, que devem ser automatizados.

3. A EMPRESA

Neste capítulo é apresentada a empresa onde foi realizado o presente projeto de dissertação através da descrição breve da sua história e evolução e produtos finais.

3.1 O Grupo Frezite

“Ser uma organização reconhecida pela sua eficiência na criação e manutenção de valor”

Missão Grupo Frezite

O Grupo Frezite, onde o projeto foi desenvolvido, tem sede na Trofa, região do Grande Porto, e foi fundado em 1978, dedicando-se desde então à engenharia de soluções para ferramentas de corte com aplicação nas indústrias de transformação da madeira, plásticos, compósitos e metais.

Movimenta-se em áreas tecnológicas diversificadas, possuindo uma forte vocação na engenharia. A concentração das suas atividades no mercado profissional dos bens de equipamento, em áreas de forte valor acrescentado, foi sempre o elo entre as diversas unidades de negócio do grupo.

O compromisso com a inovação e a excelência faz com que o Grupo Frezite esteja presente, com os seus produtos e tecnologia, em mais de 60 países espalhados pelos cinco continentes.

Atualmente, o grupo dedica-se a cinco Unidades Estratégicas de Negócio (UEN), representadas na Figura 8.



Figura 8 - UEN's do Grupo Frezite

Frezite – A Frezite dedica-se à produção de ferramentas de alta precisão para as indústrias e sectores de transformação da madeira.

FMT – A FMT dedica-se à produção de ferramentas de alta precisão para as indústrias e sectores de transformação da plásticos, materiais compósitos e metais.

SERI – A SERI dedica-se ao desenvolvimento de produtos de alto valor acrescentado, produzindo máquinas “transfer” CNC especiais altamente fiáveis.

GOLD WERKZEUGE – A GOLD oferece soluções profissionais para ferramentas de corte nas áreas de madeira e plástico, bem como processamento de compósitos e metais.

FHP – A FHP é uma empresa dinâmica de base tecnológica que atua desde a sua fundação na prestação de serviços de engenharia e hardware mecânico para os setores espacial e industrial.

3.2 FMT – Frezite Metal Tooling

O presente projeto de dissertação foi desenvolvido na UEN de ferramentas de metal, FMT - Frezite *Metal Tooling* (Figura 9).



Figura 9 - UEN - FMT em Portugal, retirada de <https://www.fmttooling.com/pt/sobre-nos/identificacao-da-empresa>

As oportunidades geradas pelo impulso dos sectores automóvel e aeroespacial levaram à autonomização da Divisão Metal e à criação da marca FMT – *Tooling Systems*.

Criada em 2005, esta empresa dedica-se à produção de ferramentas especiais para aplicação no metal. Com sede em Portugal e uma forte vocação para a internacionalização, o Grupo FREZITE dispõe já de uma consolidada rede de sucursais (Figura 10). Desenvolvendo soluções de engenharia para diferentes mercados, a FREZITE tem vindo a estender a sua ação a novas áreas de atuação.



Figura 10 - FMT no mundo, retirada de <https://www.fmttooling.com/pt/sobre-nos>

Na Tabela 1 apresentam-se os marcos históricos da FMT desde a sua criação.

Tabela 1 - Marcos históricos FMT

Ano	Acontecimento
2005	Criação da marca FMT – Frezite Metal Tooling
2006	Inauguração das novas instalações da FMT (Figura 9) na Trofa.
2007	Aquisição da empresa Sorby Criação da FMT na Alemanha, Espanha e República Checa
2009	Início da atividade da FMT no Brasil Criação da FMT em França
2011	Início da atividade FMT Roménia Inauguração de novas instalações da FMT - Frezite Metal Tooling GmbH & Co. KG, na Alemanha.
2012	Criação da FMT na Polónia
2013	Criação FMT México
2015	Abertura escritório em Itália
2017	Abertura fábrica no México

3.3 Produtos Finais

Os produtos desenvolvidos na empresa são ferramentas de última geração que garantem o melhor desempenho. A partir de um desenho aprovado pelo cliente, cria-se um processo completo de projeto e fabricação de ferramentas, que culmina com a materialização do pedido do cliente (Frezite, 2018).

A FMT oferece uma vasta gama de produtos *standard* e personalizáveis aos seus clientes. É uma empresa pioneira no fabrico de produtos especiais com elevada qualidade e engenharia para aplicações exigentes de PCD (Polycrystalline Diamond) com tolerâncias rigorosas (Rego, 2019).

As principais matérias-primas utilizadas para as ferramentas de corte para metal são o metal duro, o aço e o PCD.

Na Figura 11, estão representadas as principais famílias de produtos desenvolvidas: fresas, brocas e mandris, constituídos por aço, metal duro e PCD.



Figura 11 - Produtos FMT - a) ferramentas de construção soldada b) ferramentas de metal duro c) ferramentas em metal duro e PCD

3.4 Descrição do sistema produtivo

De forma macro, o processo produtivo destas ferramentas desenvolve-se segundo as fases da Figura 12.

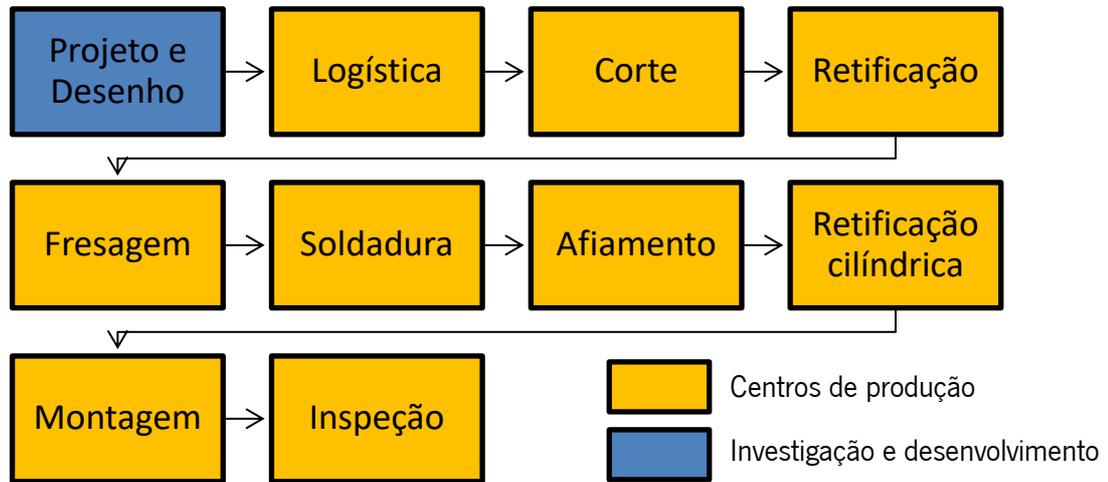


Figura 12 - Fases do processo produtivo ferramentas

No entanto, o fluxo produtivo da FMT varia de acordo com o tipo de família de produto produzido, o que exige processos distintos. No Anexo I a III – encontra-se uma visão mais detalhada do processo produtivo das diferentes famílias de ferramentas.

Na Figura 13, é representada a disposição dos diferentes centros de produção.



Figura 13 - Centros produtivos FMT

De seguida, apresenta-se uma breve descrição sobre os principais centros de produção:

Afiamentos Especiais Metal Duro – CTAF

Aqui são realizadas operações de afiamento a ferramentas em metal duro provenientes de clientes ou dos centros de produção internos.

Retificação de Metal Duro – RFHM

Neste centro ocorre a retificação do metal duro provenientes do serrote que está localizado na Logística, para posteriormente estas seguirem para o CHHM ou CHPD.

Helicoides Metal Duro – CHHM

As barras provenientes do centro RFHM vêm em formato cilíndrico para este centro produtivo para posteriormente, serem fresadas (flutes faces, saídas, *gashing*, furos, rasgos, *steps*, etc). No centro CHHM, essas barras são fresadas e é realizado um controlo dimensional de acordo com o desenho que acompanha a ordem de fabrico (OF).

Helicoides Metal Duro com PCD – CHPD

Tal como no CHHM, este centro executa as mesmas operações e é abastecido pelo RFHM. A única diferença é que trabalha com barras retificadas onde serão colocados cortantes de PCD na Soldadura (SOLD), o que requer a criação de encaixes para a aplicação dos cortantes.

Centro de Corte – ELER

Na eletroerosão são cortados os cortantes de metal duro e diamante (PCD), de acordo com as dimensões requisitadas nos desenhos das ferramentas que acompanham as OF's.

Soldadura/Oxidação – SOLD/OXID

Após o corte dos cortantes, estes prosseguem para a soldadura juntamente com a ferramenta para serem soldadas.

Caso as ferramentas sejam em corpo de aço, após a operação de soldadura, estas são oxidadas. Se as ferramentas forem de metal duro, passam para a operação de brilho.

Centro de Maquinagem – TORN

Este centro produtivo é responsável pelo torneamento e fresagem do corpo da ferramenta em aço para posteriormente serem adicionados os cortantes em PCD ou em metal duro no centro de soldadura.

Centro de Perfilagem do PCD – CTD

Este centro produtivo realiza operações de afiamento nos cortantes de PCD, através de tecnologia laser onde é retirado o excesso de material presente nos cortantes para deixar as dimensões do mesmo de acordo com o desenho da OF.

Retificação do PCD – RTDT

Este centro produtivo é responsável pela retificação do radial do PCD, ou seja, ocorre o desbaste em micros do cortante em PCD para este ficar com o ângulo de corte necessário.

Montagem – MONT

Na montagem são verificadas as folhas de controlo dos centros anteriores, é realizada a limpeza da ferramenta, a gravação a laser da marca FMT e do número do produto, e por fim, é embalado o produto para o cliente.

Controlo de Qualidade – INSP

O controlo de qualidade, de acordo com os requisitos da qualidade para cada família de produto, inspeciona as ferramentas, verificando se as dimensões das ferramentas comparativamente às do desenho técnico, se estão dentro das tolerâncias e se não têm batimento ou raios cegos de maneira a garantir que nenhum produto com deformidades é enviado para os clientes.

Logística – SRTE

Na logística é onde todo o processo produtivo começa e acaba. Este centro produtivo é responsável pela receção de matéria-prima, corte da mesma, abastecimento dos restantes centros produtivos com todos os consumíveis necessários, gestão do inventário e pelo envio do produto final para o cliente.

3.5 Área produtiva a analisar

A área escolhida é a área produtiva responsável pela perfilagem das ferramentas em metal duro integral com ou sem cortantes em PCD. A área produtiva em análise é composta pelos centros RFHM, CHHM e CHPD, ilustrados na Figura 14.

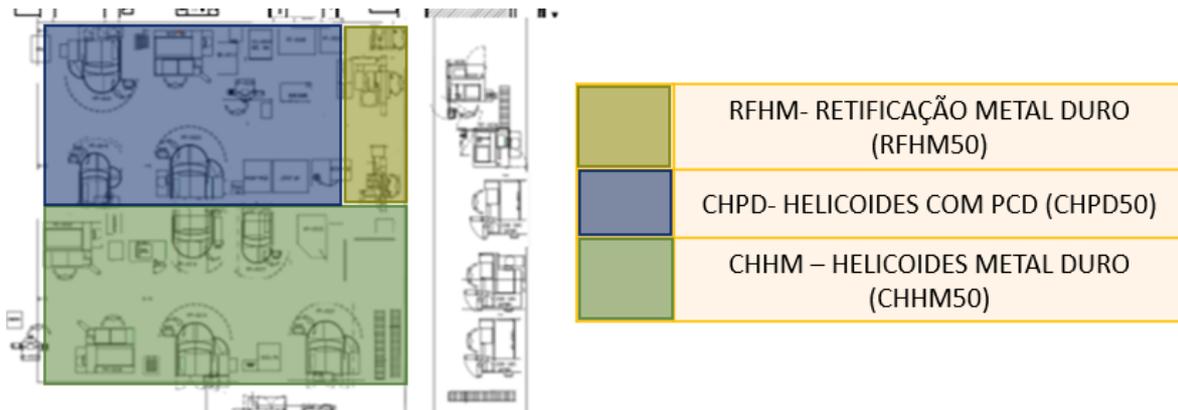


Figura 14 - Layout da área metal duro

A Frezite Metal Tooling tinha a necessidade de conhecer melhor o seu fluxo de valor. A indústria com mais impacto na carga de trabalho da FMT, a indústria automóvel, está a enfrentar a necessidade de renovação de produtos, o que irá gerar diferentes necessidades aos seus fornecedores. Os carros elétricos, sendo a nova aposta desta indústria, têm características completamente distintas que põem à prova a flexibilidade dos fornecedores.

É, portanto, vital que a empresa consiga entregar os seus produtos, com nível máximo de qualidade e no mínimo tempo possível. Isto não só ajudará a aumentar a produtividade (melhorar tempo e qualidade em regime de melhoria contínua, melhorando resultados anteriores) como também a competitividade.

A melhor forma de reduzir o tempo de entrega e aumentar a produtividade, num ambiente com muita variabilidade, é reduzir todos os tipos de desperdícios (Robalo, 2019).

4. ANÁLISE DO ESTADO ATUAL

Este capítulo apresenta a descrição e análise crítica da situação atual da FMT, expondo diferentes aspetos transversais à organização com intuito de melhorar as operações da fábrica.

4.1 Análise crítica e identificação de problemas

Numa fase inicial, o estudo e recolha de dados foram realizados através de *gemba walks*. As *gemba walks* fizeram parte deste processo durante toda a sua extensão: foi no chão de fábrica, que se ficou a conhecer todo o processo, que se mediram os tempos necessários para obter o retrato fidedigno da situação inicial e onde o fluxo de informação e material foram seguidos.

Para melhor perceção e análise dos tempos de todas as máquinas da área escolhida, foi necessária a criação de um “Virtual Basic for Applications -VBA”, em *excel*, para análise de todos os tempos recolhidos. No Anexo IV – Figura 47 a 52, pode-se visualizar parte do código utilizado para análise dos tempos recolhidos ao longo de todo o projeto.

4.1.1 Centro de Retificação metal duro

Como mencionado anteriormente na secção 3.1, o RFHM é o primeiro centro após a barra sair do serrote localizado na logística. O centro de retificação é o centro responsável pela retificação de barras de metal duro. É neste que são realizadas as reduções para os diferentes diâmetros pretendidos para cada ferramenta. Deste saem barras retificadas que irão abastecer os centros CHHM e CHPD. Ambos, executam a perfilagem das barras de metal duro previamente retificadas, diferindo apenas se são uma ferramenta apenas em metal duro ou uma ferramenta de metal duro com cortantes em PCD.

O centro RFHM também é responsável pela retificação de barra em bruto, que se encontram armazenadas na logística, para barra polida para armazenamento novamente. Este processo tem como intuito, diminuir o *lead time* de produção das ferramentas.

Durante a análise deste processo constatou-se que a retificação das barras em bruto é realizada por lotes (tamanho médio do lote = 3.7 barras \approx 4 barras).

Pode-se ver na Figura 15, o tempo necessário para retificação de quatro barras com produção por lotes.

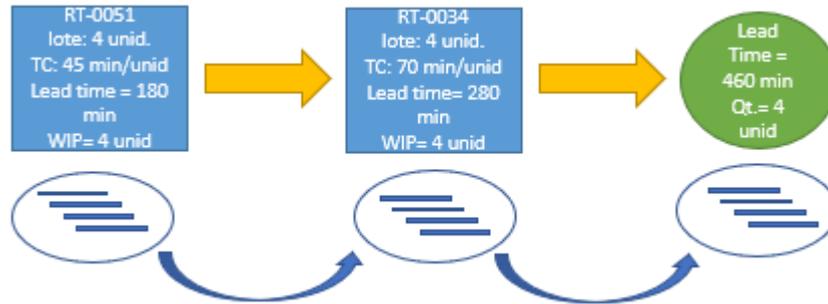


Figura 15 - Esquema de produção por lotes barras em bruto

Através da Figura 16, consegue-se analisar o desdobramento do *lead time* nos vários tempos de ciclo do processo de retificação de barras de metal duro.



Figura 16 - Diagrama de produção por lotes de barras em bruto

Durante a análise constatou-se que a retificação das barras em bruto era realizada por lotes, com um tamanho médio de 4 unidades, sendo o Lead time desta operação de 460 min.

Considerando este tamanho de lote o RFHM consegue retificar 20,85 barras por semana, se considerarmos 5 turnos.

Durante as *gemba walks*, também foi notória a desorganização encontrada neste centro produtivo, tal como se pode visualizar na Figura 17.



Figura 17 - Desorganização RFHM

4.1.2 Centro helicoides metal duro e PCD

A direção da FMT já tinha em andamento um projeto com o objetivo de melhorar o fluxo produtivo da área em estudo. Este projeto passava pela mudança de layout da área das helicoides de metal duro.

Na Figura 18, podemos visualizar a mudança de layout pretendida.

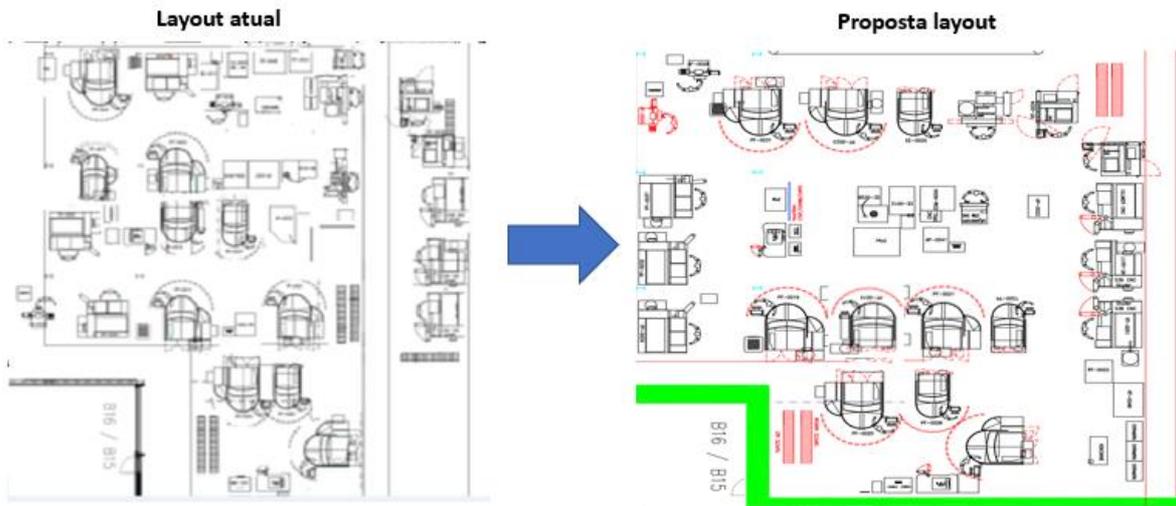


Figura 18 - Mudança de layout metal duro

Os centros CHHM e CHPD recebem as barras retificadas em metal duro do centro RFHM, procedem à fresagem destas e transportam-nas para o centro de Montagem, caso sejam ferramentas de metal duro integral. Caso sejam ferramentas com cortantes em PCD, estas irão seguir para o centro de soldadura. 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 (Pereira, 2019).

Com o planeamento da mudança de *layout* e para correto acompanhamento de todo o projeto, foi necessário perceber as capacidades de cada máquina CNC da área CHHM e CHPD.

Na Figura 19, podemos observar os programas disponíveis por máquina para a realização de perfilagem das ferramentas.

Capacidades Walter Windows Mode

Programa	PF-20	PF-14	PF-19	PF-27	PF-21	PF-23	PF-31	PF-25	PF-26	PF-22
P1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
P2		X	X	X	X			X		X
P3	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
P4	X	X		X	X	X		X	X	X
P7			X	X				X		
P15		X				X	X			
P32		X			X					X

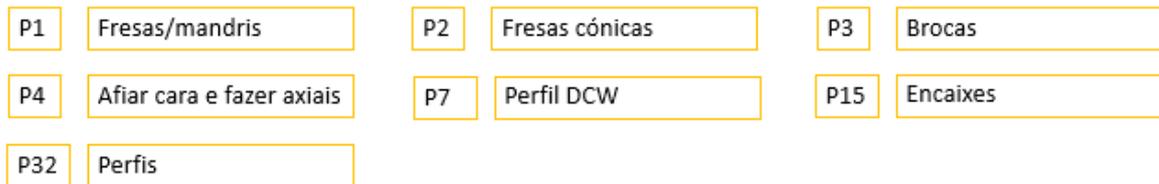


Figura 19 - Capacidades máquinas CNC helicoides

Além de ser necessário perceber as capacidades produtivas das máquinas, também era importante perceber qual a relação destes programas com cada família de ferramentas.

Na Figura 20, consegue-se perceber as operações necessárias nas máquinas CNC para perfilagem das ferramentas.

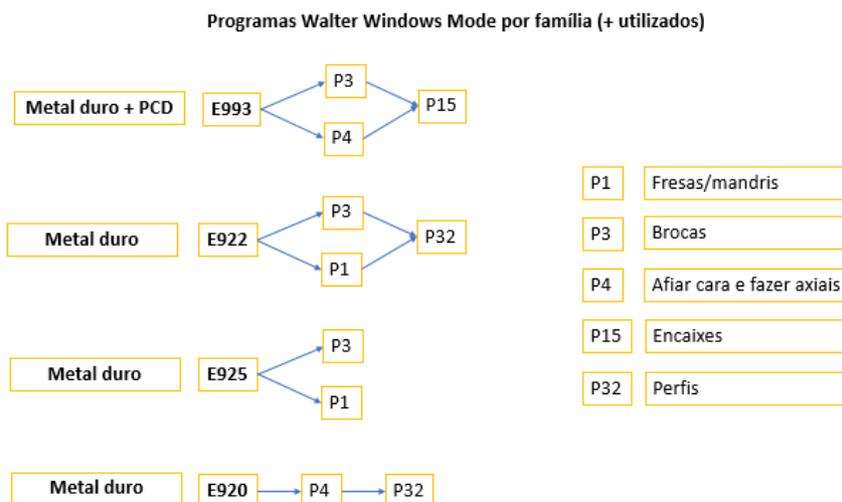


Figura 20 - Programas CNC por família de produto

Para a maior parte das ferramentas, é necessária uma operação adicional realizada numa máquina comum aos dois centros produtivos – máquina de furação EDM, representada na Figura 21.



Figura 21 - Máquina furação EDM

Esta furação é realizada através de um tubo de elétrodo de cobre - a laranja na Figura 22 que, através de movimentos rotativos, perfura a ferramenta até ao seu furo central.

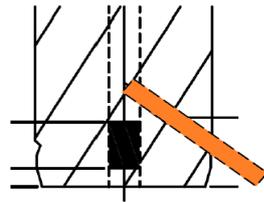


Figura 22 - Furo de lubrificação

O elétrodo mais utilizado e em análise é o elétrodo de 0.8 milímetros de diâmetro. Após realizados vários furos com os parâmetros utilizados por defeito da máquina, obtivemos um tempo de ciclo de 51 minutos para um furo com 9 milímetros de profundidade e um consumo de elétrodo de 11% - Anexo V – Tabela 3.

Sendo esta operação muito demorada e tendo em conta que algumas ferramentas têm mais que um furo de lubrificação, foi necessário perceber de que forma era possível melhorar este processo, visto ser uma operação com um tempo de ciclo muito longo no sistema produtivo.

Na Tabela 2, identifica-se os pontos negativos em relação a esta operação.

Tabela 2 - Problemas identificados máq. EDM

Problema identificado	Causa
Operador não sabe funcionar com a máquina	Falta de Procedimentos operativos/formação
O depósito de água dielétrica não está com os valores de condutibilidade elétrica adequados (0,5 – 1 μ S/cm)	Falta de manual de instruções Operador sem formação adequada
Consumíveis danificados	Falta de manutenção
Escolha demorada/errada dos consumíveis a utilizar	Desorganização da área da máquina

Assim como no RFHM, o que se constata é a desorganização generalizada do centro produtivo das helicoides com metal duro, como demonstra a Figura 23. Esta é causada pela ausência de controlos visuais e rotinas de limpeza, que provocam perdas com movimentos e esperas. Além disso, originam também perdas em medição e ajustes desnecessários, nomeadamente tempos de setup elevados, e ainda perdas relacionadas com a gestão do trabalho, quer pela inexistência de procedimentos, quer pela falta de métodos estruturados para que o fluxo seja contínuo e se cumpram os padrões de trabalho.

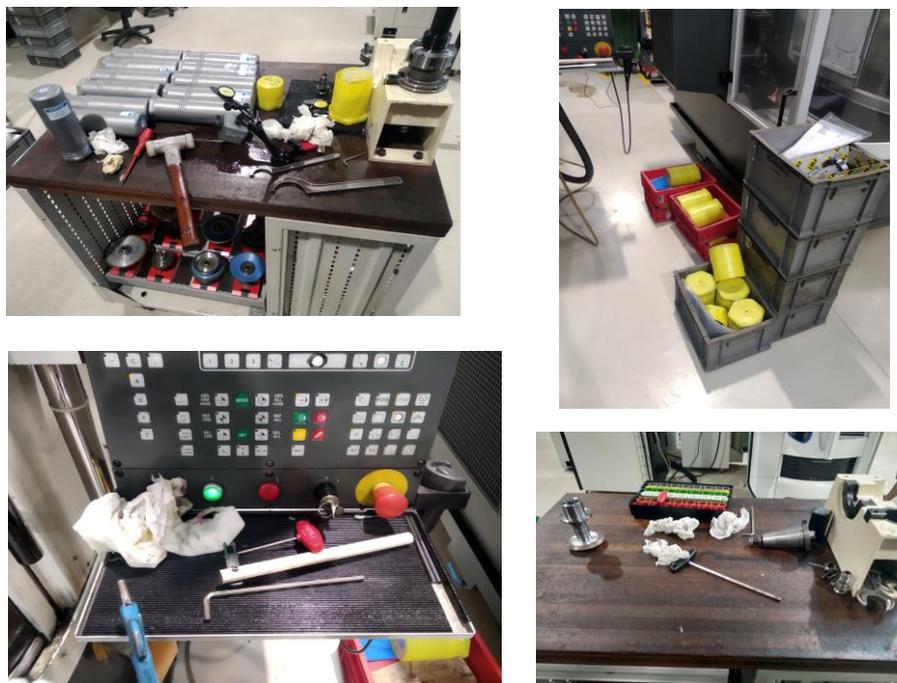


Figura 23 - Exemplo desorganização CHHM

No centro das helicoides de metal duro com PCD, também se evidencia uma desorganização generalizada do centro produtivo – Figura 24.

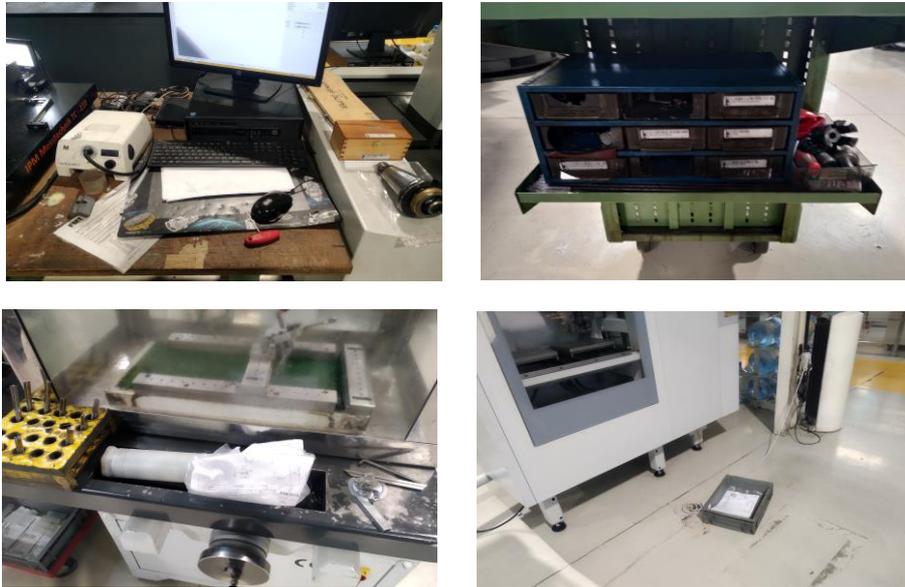


Figura 24 - Exemplo desorganização CHPD

No centro da área em estudo, encontra-se o espaço dedicado às reuniões diárias dos diferentes turnos. Nesta reunião é feita a passagem de informação entre turnos, erros de máquinas, ferramentas em produção e atualização dos quadros de equipa.

Podemos notar na Figura 25, que a passagem de informação se torna confusa, desorganizada e alguns pontos dos quadros não são atualizados.



Figura 25 - Quadro de equipa helicoides atual

4.2 Resumo da situação inicial

Numa análise inicial do chão de fábrica, o que se esperava era o paradigma típico de uma produção a trabalhar de forma reativa, constantemente a lutar contra os atrasos produtivos e a resolver os problemas que surgem, mas sem ir de encontro à causa raiz dos mesmos.

A evidente falta de organização dos diferentes centros produtivos e falta de métodos adequados para um processo produtivo capaz e sem atrasos, leva à identificação dos problemas apresentados anteriormente. A Figura 26 apresenta a situação atual da FMT de forma esquematizada com a organização dos problemas segundo quatro aspetos: Máquinas, Métodos, Homem e Material.



Figura 26 - Resumo problemas identificados

Em máquina temos a inexistência de manutenção por parte dos colaboradores do centro, a não quantificação das medidas de desempenho e a utilização de parametrizações inadequadas.

Em Método a inexistência de procedimentos operativos e a falta de métodos de trabalho.

Em material a falta de consumíveis adequados.

E por último na parte humana, a falta de formação dos colaboradores, um layout ineficiente e uma desorganização dos centros de trabalho.

5. APRESENTAÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO DE PROPOSTAS DE MELHORIA

No capítulo cinco são apresentadas sugestões de melhoria para os problemas identificados no capítulo anterior.

5.1 Melhorias no RFHM

As propostas de melhoria para o centro produtivo de Retificação são maioritariamente referentes ao método de trabalho utilizado, organização da área produtiva, criação de uma bancada de controlo de qualidade e à formação dos operadores.

5.1.1 One-piece-flow

Depois de identificado o *lead time* para a retificação das barras em bruto, cujo valor é de 460 minutos, para um lote de quatro unidades - Figura 16 e Figura 17, é analisada a forma como os colaboradores operavam. Concluiu-se que a melhor metodologia de produção a adotar era o *one-piece-flow*, tendo obtido um *lead time* de 340 minutos, tal como é representado na Figura 27.

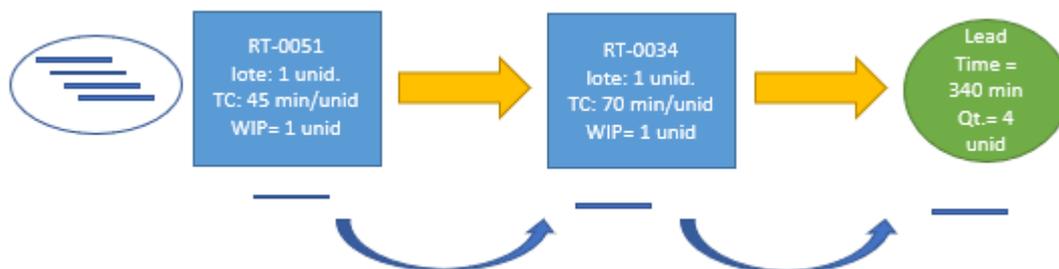


Figura 27 - Esquema de produção por *one-piece-flow* barras em bruto

Através da Figura 28, consegue-se analisar o desdobramento do *lead time* nos vários tempos de ciclo do processo de retificação de barras de metal duro para a nova metodologia apresentada.

Produção = 4 barras



Figura 28 - Diagrama de produção por one-piece-flow barras em bruto

Após a realização do estudo de tempos e análise do mesmo, entendeu-se que esta metodologia devia ser adotada.

Depois de calculado o lead time para a retificação das barras em bruto, cujo valor era de 460 minutos, para um lote de quatro unidades, foi analisada a forma como os colaboradores operavam.

Concluiu-se que uma melhor metodologia de produção a adotar era o one-piece-flow, tendo-se obtido um lead time de 340 minutos, tal como é representado na figura 28.

Pela análise da Figura 17 e Figura 28, podemos verificar que existiu uma redução significativa de *lead time* das barras em bruto.

5.1.2 Criação de bancada de controlo de qualidade

Com a mudança de *layout*, a necessidade e sentido de oportunidade de ter uma bancada de controlo de qualidade no centro de retificação tornou-se evidente.

Na Figura 29, observa-se a proposta apresentada para localização e organização da bancada.

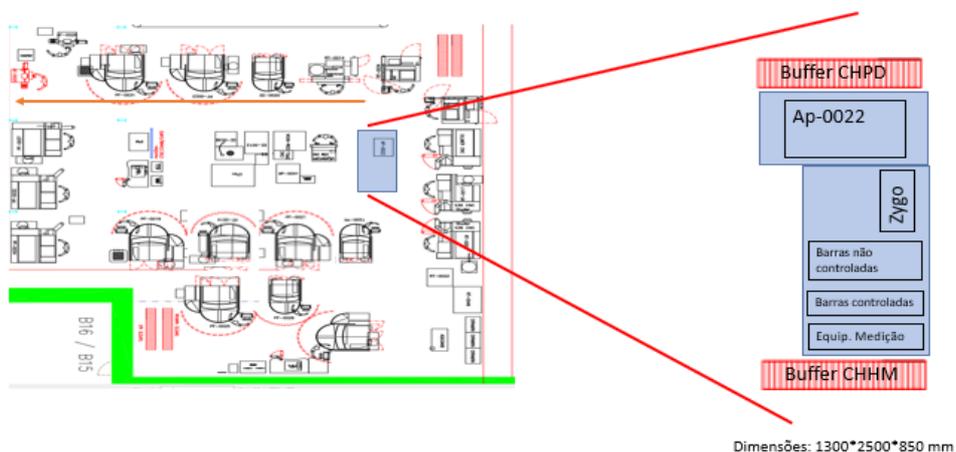


Figura 29 - Proposta bancada controlo de qualidade RFHM

Apresentada a proposta ao Diretor de Operações da FMT, esta foi aprovada, seguindo-se a implementação da mesma.

Com a ajuda dos colaboradores do centro foram criadas as condições para a implementação da bancada. Desta forma, obteve-se uma melhor perceção das vantagens que os operadores iriam ter com a criação deste posto e sensibilizou-se para a importância do correto controlo das ferramentas.

Na Figura 30, pode-se observar o resultado final da implementação da bancada de controlo de qualidade.



Figura 30 - Bancada controlo de qualidade RFHM

5.1.3 Procedimento operativo

As causas dos problemas apresentados têm por base a falta de conhecimento técnico que apenas é passível de ser corrigido com a definição clara dos conceitos produtivos e posterior formação dos operadores do centro.

Com a implementação de uma nova metodologia de produção e a criação de uma bancada para controlo da qualidade das barras retificadas, tornou-se necessário normalizar o processo. Para tal foi criado um procedimento operativo e realizada a formação dos operadores para sistematização do processo.

Na realização do procedimento operativo em conjunto com os operadores ficou definido o trabalho normalizado e os parâmetros para as diferentes máquinas e diferentes mós utilizadas durante o processo, devidamente aprovados pelo Diretor de Operações.

O procedimento foi disponibilizado num ponto central do centro produtivo, devidamente catalogado (Anexo VI – Figura 53 a 54).

5.1.4 5 S's

Para as áreas de trabalho e espaços de armazenamento, foi aplicada a metodologia 5S's juntamente com estratégias de gestão visual. Nas mesas de trabalho, foi retirado o desnecessário e o espaço foi organizado de forma eficaz. Para a bancada das ferramentas de trabalho, foram feitos recortes com a forma das ferramentas utilizadas. Assim, foi possível eliminar o material desnecessário e criar uma forma visual e organizada de manutenção do mesmo.

Na Figura 31, pode-se visualizar a proposta de melhoria apresentada para a bancada de trabalho da máquina RT-0017.

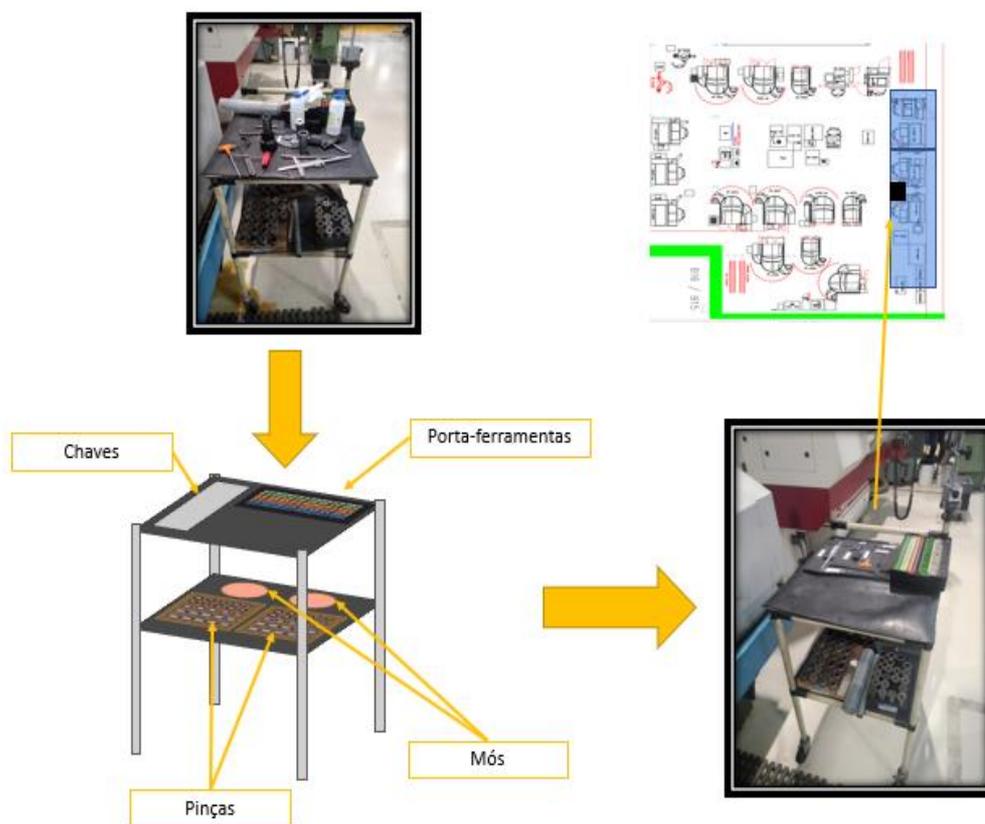


Figura 31 - Proposta melhoria bancada RFHM RT-0017

Na Figura 32, pode-se visualizar a proposta de melhoria apresentada para a bancada de trabalho da máquina RT-0061.

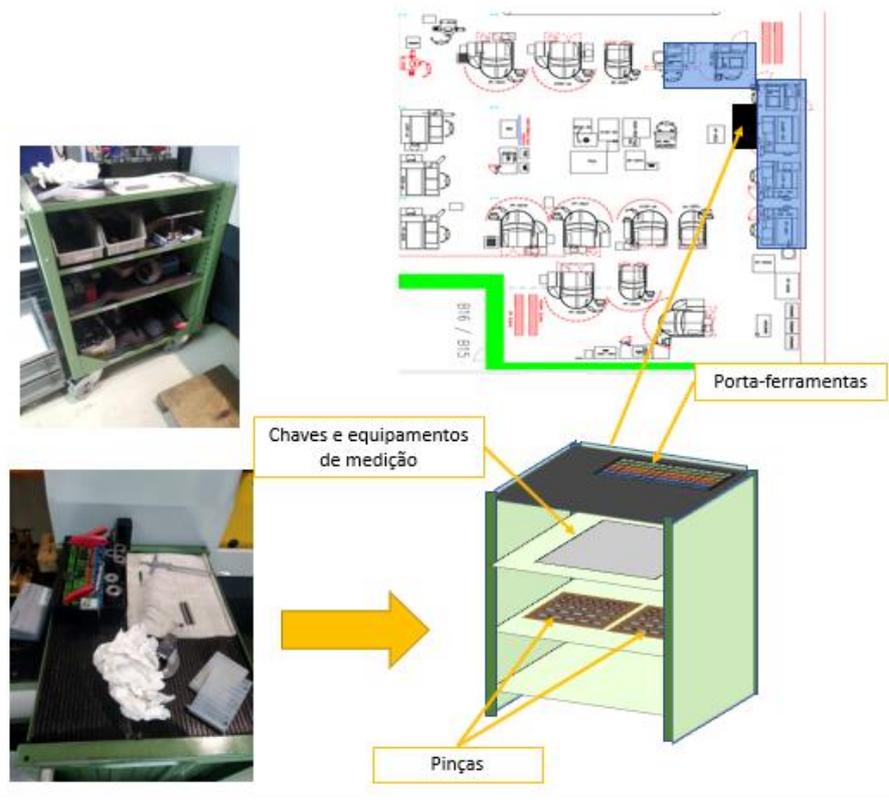


Figura 32 - Proposta melhoria bancada RFHM RT-0061

5.2 Melhorias no CHHM e CHPD

As propostas de melhoria para os centros produtivos de metal duro são maioritariamente referentes ao método de trabalho utilizado, parametrização da máquina de furação EDM, organização da área produtiva e à formação dos operadores.

5.2.1 Mudança de layout

O principal objetivo da reformulação do *layout* deste sector foi a unificação da linha de produção dos centros CHHM e CHPD, de modo, a obter uma equipa polivalente e flexível, organizando o planeamento de forma a utilizar a capacidade máxima das máquinas, ou seja, alocando as famílias de produtos de acordo com a capacidade das máquinas e procura do mercado, não limitando por centro produtivo.

Através da informação apresentada na secção 4.1.2. – Figura 19 e Figura 20, foi possível chegar à conclusão que a grande parte das ferramentas poderiam ser feitas utilizando apenas uma máquina.

Na Figura 33, pode-se ver quais as máquinas capazes de produzir uma ferramenta individualmente.

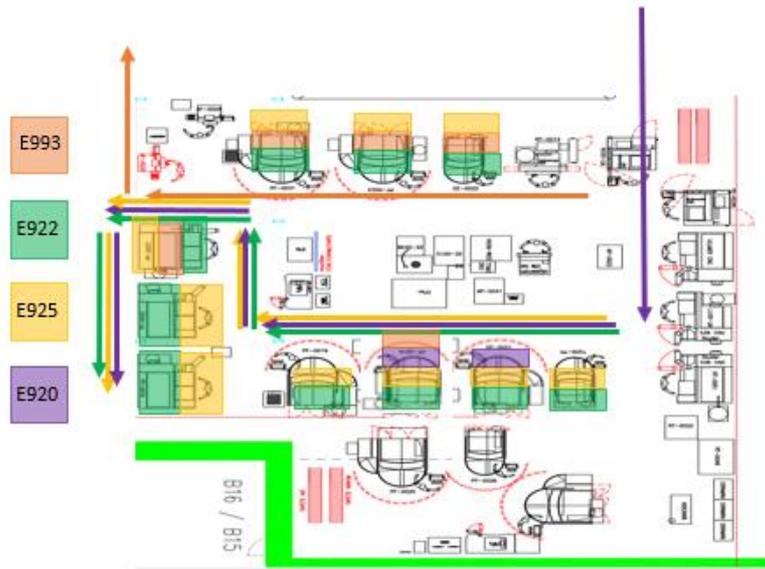


Figura 33 - Capacidades máquina por família de produto

Foram realizadas alterações profundas no *layout* desta área com o objetivo de facilitar a movimentação e a própria eficiência produtiva. Durante a mudança foi necessário acompanhar todo o processo para controlo e correto seguimento das tarefas a fazer. Para isso foi criada uma *checklist* de acompanhamento do projeto que era atualizada diariamente – Anexo VII – Figura 56.

Como se pode visualizar na Figura 34, cada máquina do centro era avaliada individualmente para saber o *status* de funcionamento da máquina, associando a cada uma delas um *ticketing* de manutenção para a equipa de manutenção proceder às alterações necessárias para o correto funcionamento da mesma.

Mudanças de Layout										Ticketings			
Centro	Máquina	Status mudança	Mover máquina	Ligar tubos	Ligar tubos aspiração	Ligar cabos elétricos	Rever altura máquina	Outros	Problemas	Nº Ticketing	Máquina em funcionamento?	Status	
RPHM	RT-0051	A definir							Lâmpada de sinalização	4426	Sim (perda de capacidade)		
	RT-0017	A definir							Divisor preso entre pontos	4456	Sim		
	RT-0061	A definir							Fuga de óleo	4424	Sim		
	RT-0036	Ok	ok	Nok	Nok	ok	ok	Nok - Provisorio	Ulmer parada	4627	Stop		
	RT-0034	Ok	ok	Nok	Nok	ok	ok	Nok - Provisorio			Sim		
	RT-0014	Ok	ok	Nok	Nok	Nok	ok	Nok - Provisorio	Contra-ponto danificado	4428	Sim (perda de capacidade)		
CHPD	PF-0020	Ok	ok	Nok	Nok	ok	ok	Falta mensagem de capacidade	Fugas de óleo	4425	Sim		
	PF-0023	Ok	ok	Nok	Nok	ok	ok	Nok - Provisorio	Erro zeros (?)	3865	Sim		
	PF-0031	Ok	ok	Nok	Nok	ok	ok	Nok - Provisorio	Incremento potencia motor posico	4349	Sim (perda de capacidade)		
	PF-0037	Ok	ok	Nok	Nok	ok	ok	Nok - Provisorio	Erro medição com programa P3	4422	Sim		
CHHM	PF-0032	Ok	ok	Nok	ok	ok	ok	Nok - Provisorio	Spindle HF para no programa P15	4423	Sim (perda de capacidade)		
	PF-0034	Ok	ok	Nok	ok	ok	ok	Nok - Provisorio	Erro troca de mós	3606	Sim		
	PF-0019	Ok	ok	ok	ok	Nok	ok	Nok - Provisorio	Não contabiliza tempo de produção		Sim		
	PF-0014	Ok	ok	Nok	ok	ok	ok	Nok - Provisorio	Erro alarme	4605	Sim		
	PF-0027	Ok	ok	ok	ok	ok	ok	Nok - Provisorio	Contabiliza tempo de produção a	4701	Sim (perda de capacidade)		
	PF-0021	Ok	ok	ok	ok	ok	ok	Nok - Provisorio	Não paga na 4ª m	4702	Sim		
								Nok - Provisorio	Robô não funciona	4703	Sim (perda de capacidade)		

Figura 34 – Parte de Checklist mudança de layout

5.2.2 Furação EDM

Sendo a máquina de furação por eletroerosão um posto essencial do processo produtivo é necessário otimizar este processo. Depois de contactados os fornecedores de consumíveis para a máquina de eletroerosão e interação com o *software* da máquina, foram realizados testes alterando os diferentes parâmetros de furação.

Com a realização de testes obtivemos um tempo de ciclo de 13 minutos para um furo com 9 milímetros de profundidade e um consumo de elétrodo de 52% - Anexo VIII – Tabela 4.

Após a obtenção de um resultado positivo foi necessário a criação de um procedimento operativo devidamente aprovado pelo Diretor de Operações, representado na Figura 35, este procedimento pode ser consultado no Anexo IX – Figura 58 e 59.



Figura 35 - Representação Procedimento operativo furação EDM

No procedimento operativo criado também foi adicionada uma folha de manutenção autónoma – Figura 70 – Anexo X.

5.2.3 5S's e Gestão Visual

Para as áreas de trabalho e espaços de armazenamento, foi aplicada a metodologia 5S's juntamente com estratégias de gestão visual. Procurou-se retirar o que não era necessário e organizar o espaço das mesas de trabalho. Para a bancada das ferramentas de trabalho, foram realizados recortes com a forma das ferramentas utilizadas. Assim, foi criado um plano de ações para cada um dos centros (CHHM e CHPD) com pontos a melhorar, cada vez que era feita uma correção, o responsável do centro ficava responsável por registar a data da alteração. Na Figura 37 pode-se observar parte do plano de ações para os centros, para consulta detalhada consultar Anexo XI – Figura 71 e 72.

Data: 07/08/2020		Responsável: Luis		Centro: CHHM		
Problema / Ação	Foto	Tarefas	Resp.	Data	Estado	Resultados
Bancada da máquina desorganizada		Organizar e limpar bancada	<i>Rui Dias</i>	9/09	OK	
Chão com óleo e papel contaminado		Limpar óleo e papel contaminado	<i>Rui Dias</i>	9/09	OK	
Carrinhos de trabalho desorganizados e a precisar de limpeza		Organizar e limpar carrinho	<i>Rui Dias</i>	10/09	OK	
Carrinhos de trabalho desorganizados e a precisar de limpeza		Organização e limpeza da bancada de trabalho do AFFF	<i>Rui Dias</i>	10/09	OK	
Organização da mesa IPM e limpeza		Lixo eletrónico do armário das mós	<i>Rui Dias</i>	11/09	OK	
		ancadas das máquinas desorganizadas e estenhas não estão nas caixas	<i>Rui Dias</i>	10/09	OK	
		alta de organização e identificação de materiais na mesa do PC's helicoides	<i>Rui Dias</i>	9/09	OK	
		alta de organização nos abos das máquinas de soldagem e computador	<i>Rui Dias</i>		OK	
		Material de limpeza não estão no local indicado	<i>Rui Dias</i>	10/09	OK	
		Caixas espalhadas	<i>Rui Dias</i>	7/09	OK	
		Sucata no carrinho das mós e sujidade	<i>Rui Dias</i>	10/09	OK	
		Papéis antigos e não identificados	<i>Rui Dias</i>	11/09	OK	

Figura 36 - Plano de ações 5 S's CHHM

No espaço dedicado às reuniões diárias dos diferentes turnos, foi reorganizado o quadro das reuniões, com o intuito de facilitar a passagem de informação entre turnos.

Na Figura 38, pode-se ver as alterações realizadas no quadro.

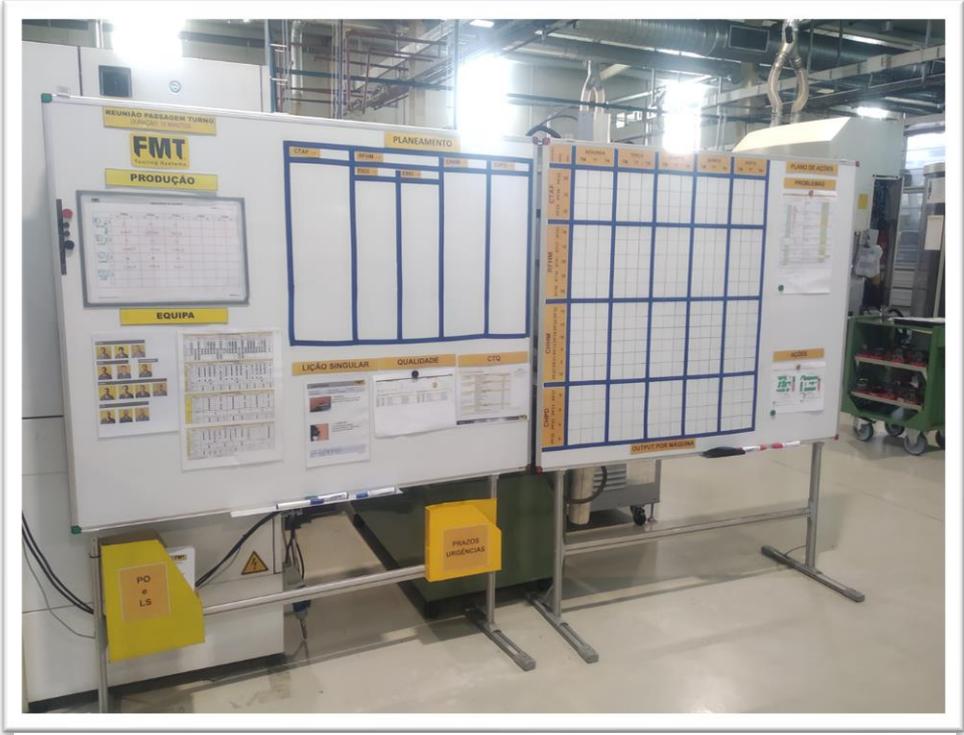


Figura 37 - Quadro reuniões helicoides melhorado

6. ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Neste capítulo apresenta-se os resultados gerais das melhorias implementadas em cada uma das áreas de estudo, de forma a confirmar e validar que as melhorias implementadas trouxeram ganhos significativos.

6.1 Retificação metal duro

6.1.1 One-piece-flow

Com a aplicação desta metodologia (5.1.1), formação dos colaboradores do centro e criação de procedimentos operativos (5.1.3), conseguiu-se melhorar o tempo de produção das barras em bruto em cerca de 26%.

Sendo que a diferença é de 120 minutos para uma quantidade de 4 barras e sabendo que o tempo disponível de turno é de 480 min, conseguiu-se um aumento na produtividade de 35% por cada turno de trabalho com a metodologia implementada.

6.1.2 Criação de bancada de controlo de qualidade

Através da criação desta bancada é possível inspecionar todas as barras retificadas num local mais organizado e limpo, de forma a melhorar a qualidade deste centro.

Na Figura 39, pode-se ver as diferenças da criação desta bancada.

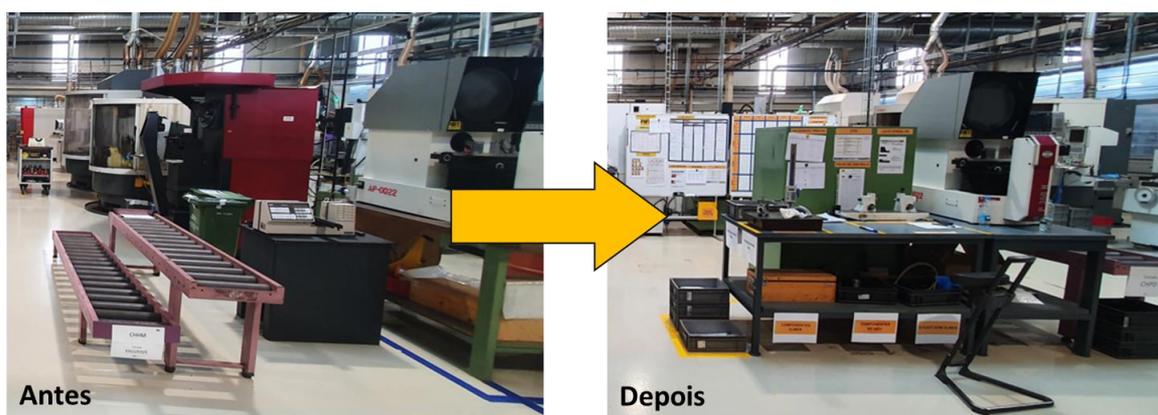


Figura 38 - Comparação de antes e depois bancada qualidade RFHM

6.1.3 5S's

Com a implementação da metodologia 5 S's transformou-se o espaço de trabalho do centro de retificação num espaço mais limpo e organizado como se pode constatar pela Figura 40.

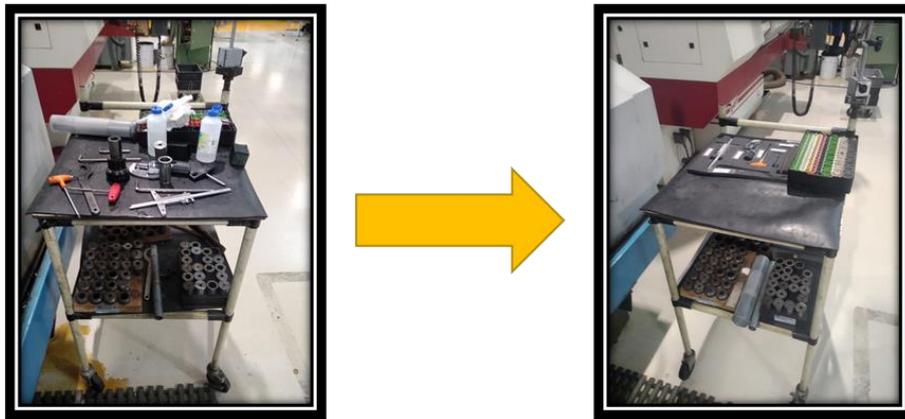


Figura 39 - Comparação antes e depois bancada de trabalho RFHM

6.2 Centro helicoides metal duro e PCD

6.2.1 Mudança de layout

Com a mudança de *layout* é possível ter uma equipa única, polivalente e flexível de forma a maximizar as capacidades das máquinas, não limitando por centro produtivo as ferramentas a produzir.

Na Figura 41, pode-se entender as diferenças da alteração de *layout* da zona das helicoides.

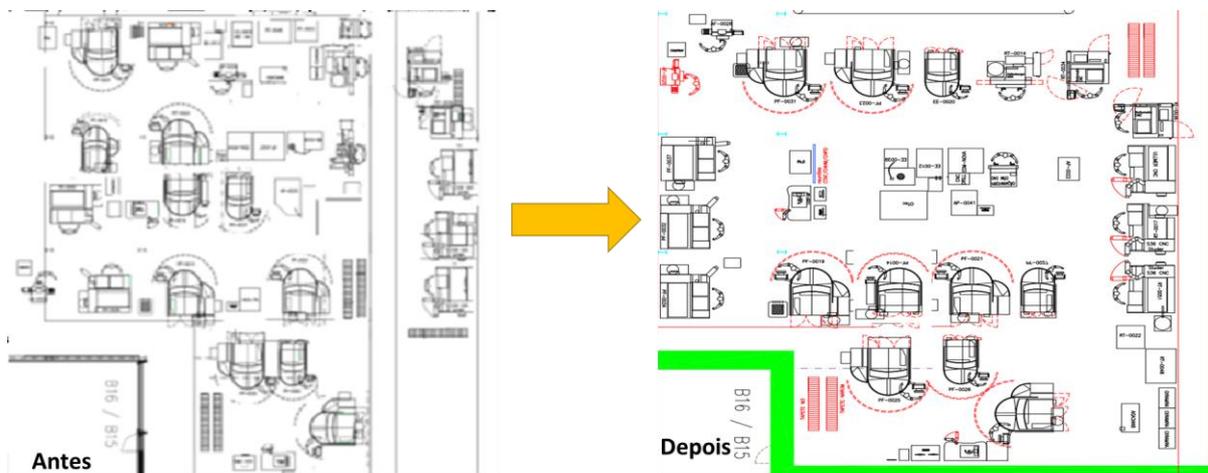


Figura 40 - Comparação antes e depois layout helicoides

6.2.2 Furação EDM

Após alteração dos parâmetros na máquina de furação EDM notou-se uma melhoria no tempo de furação das ferramentas na ordem dos 75% para furos com profundidade de 9 milímetros.

Na Figura 42, pode-se visualizar um exemplo da melhoria realizada na ferramenta “XPTO”, cujo resultado foi uma diminuição de 40% no *lead time* do centro e uma poupança de custos de cerca de 4341 UM.

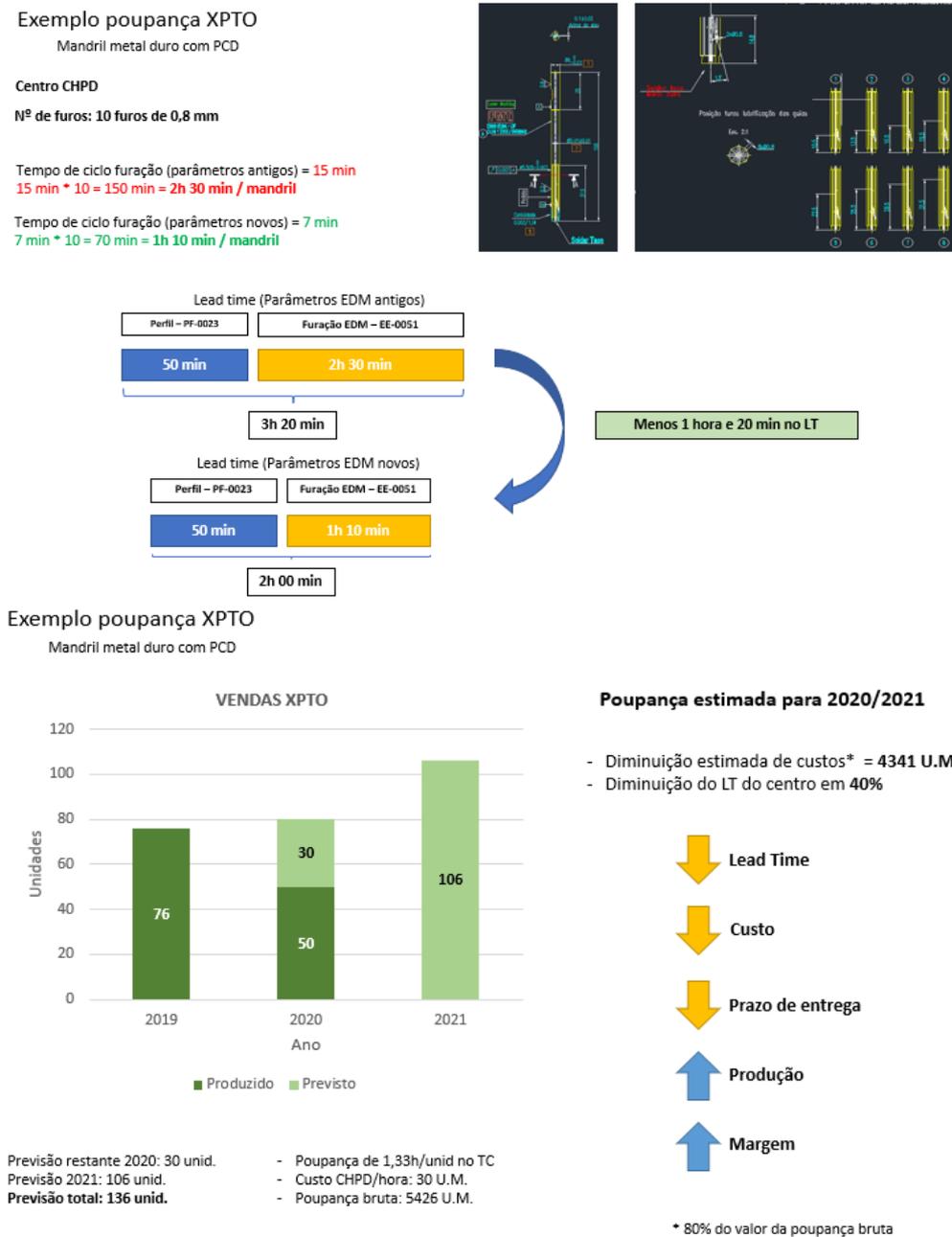


Figura 41 - Exemplo melhoria furação EDM

Após a alteração dos parâmetros da máquina EDM, conseguimos uma poupança de 1 hora e 20 minutos no Lead Time da ferramenta, o que representa uma diminuição de cerca de 40%.

Como podemos ver pela Figura 42, tinham sido produzidas 76 unidades em 2019 e já tinham sido produzidas em 2020, 50 unidades. Sendo que para 2020 e 2021 já havia uma previsão de vendas de 136 unidades.

Considerando que diminuimos 1 hora e 20 minutos no tempo de furação para esta ferramenta, podemos afirmar que houve uma poupança de custos de cerca de 4341 UM.

Mostrando que esta melhoria não só aumentou a produtividade da FMT, como diminui os custos associados.

6.2.3 5S's e Gestão Visual

Assim como no centro de retificação a implementação da metodologia 5S's transformou o espaço de trabalho do centro das helicoides num espaço mais limpo e organizado - Anexo XI – Figura 71 e 72.

Também os quadros de reuniões ficaram mais organizados e intuitivos, de modo a melhorar a gestão de informação e diminuir o tempo das reuniões de centro – Figura 43.

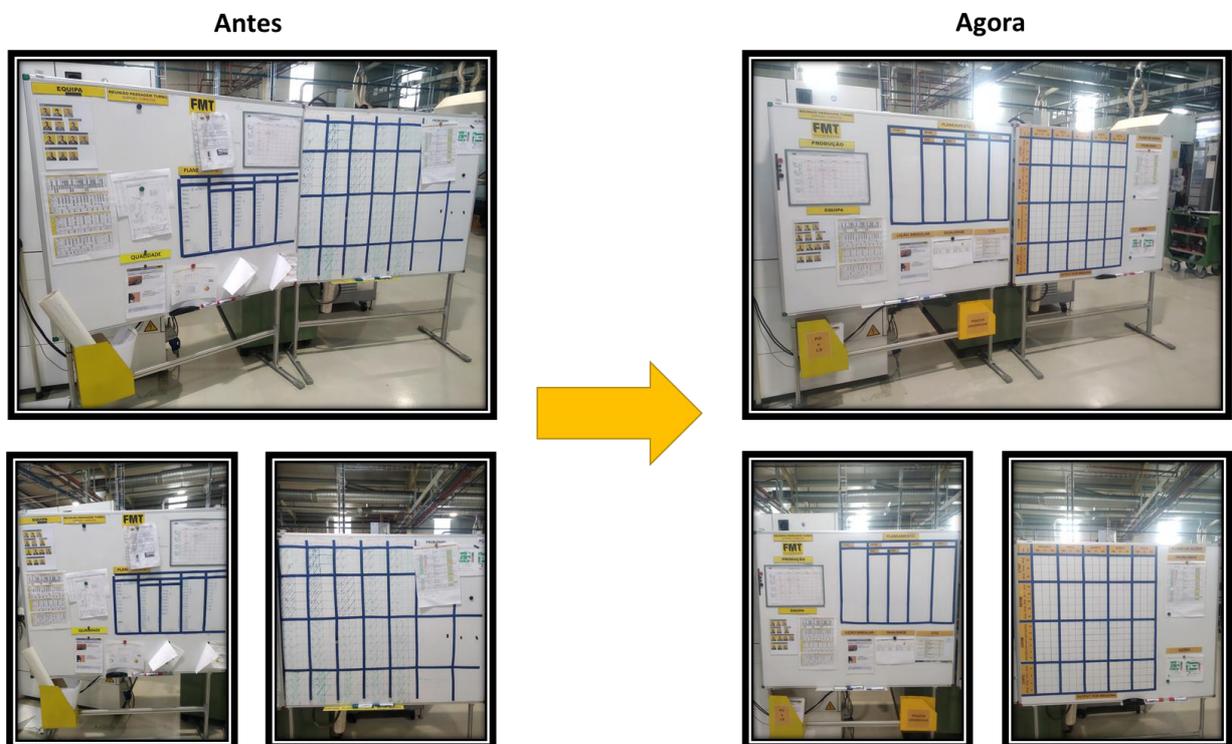


Figura 42 - Comparação antes e depois quadro reuniões helicoides

7. CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO

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

7.1 Conclusões finais

A presente dissertação teve como principal objetivo a aplicação de medidas para melhorar o trabalho realizado na linha de produção de *Solid Carbide*. Estas passaram pela reconfiguração do centro produtivo, implementação dos 5S's e gestão visual, normalização de procedimentos e processos, revisão do fluxo das famílias de produtos e melhoria das parametrizações das máquinas.

Sendo assim, procedeu-se a uma análise e diagnóstico da situação atual, aplicando técnicas e ferramentas *Lean*, como por exemplo, *Gemba Walks* de modo a perceber o funcionamento dos centros e detetar desperdícios.

Realizada a análise crítica da situação atual, identificaram-se vários problemas e desperdícios que necessitavam de melhorias urgentes. Sendo assim, aplicaram-se técnicas e ferramentas *Lean*, como aplicação 5S's, *Just in Time* e gestão visual para eliminar os desperdícios identificados, diminuindo as movimentações realizadas, organizando o centro de trabalho, simplificando processos e normalizando as instruções de trabalho.

Já com as melhorias implementadas, obteve-se ganhos em todos os pontos identificados, começando pela reorganização do *layout* da linha de *Solid Carbide*, de forma a obter uma única equipa de trabalho polivalente e flexível.

Foram também realizadas melhorias no *lead time* de retificação de barras em bruto, aplicando a metodologia *one-piece-flow* e melhoria do tempo de ciclo da máquina de furação EDM. Para além disto, os centros ficaram mais organizados, mantendo apenas os acessórios necessários e bem identificados. No centro de Retificação, através da implementação de *one-piece-flow* e da formação dos operadores, foi possível reduzir o *lead time* de produção de barras brutas (4 unid.) de 460 minutos para 340 minutos, representando uma diminuição de cerca de 26% e aumento na produtividade de 35% por turno.

Adicionalmente foi criada uma bancada de controlo de qualidade neste para garantir a correta medição de todas as barras retificadas.

No centro das helicoides, a alteração dos parâmetros da máquina de furação EDM permitiu uma redução do tempo de ciclo da operação de furação de 51 minutos para 13 minutos para furos de 0.8 milímetros com 9 milímetros de profundidade, assim como para uma ferramenta “tipo” da família de metal duro o

lead time diminuiu cerca de 40%, correspondendo a uma poupança de 32 UM por cada ferramenta produzida.

A reestruturação dos quadros de reunião do centro das helicoides permitiu o aumento da eficácia e eficiência das reuniões e a redução de erros derivados de uma passagem de informação desorganizada e confusa.

A metodologia 5S's 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.

No decorrer da realização deste projeto na FMT, não houve grandes dificuldades na implementação das melhorias. A empresa é constituída por colaboradores com aptidão para a melhoria e que gostam de dar a sua opinião. 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 alcançar.

Este projeto não só ajudou a desenvolver e aplicar os conceitos lecionados ao longo do curso, mas como também a desenvolver *soft-skills*.

7.2 Trabalho futuro

Concluída a implementação das várias melhorias desenvolvidas para os diversos problemas identificados, segue-se a etapa mais difícil, o cumprimento e manutenção das melhorias implementadas. Desta forma, é necessário um acompanhamento contínuo para verificar o cumprimento das melhorias implementadas e envolver os colaboradores nas melhorias futuras.

É importante que a equipa sinta que as mudanças têm um propósito específico e não são um estado passageiro.

Sendo assim, como sugestão de trabalho futuro para a linha de *Solid Carbide*, passa pela aplicação contínua dos 5S's devido às várias operações manuais executadas no centro que deixam rapidamente este desorganizado, sujo e com acessórios desnecessários. Criação de um planeamento das barras em bruto a retificar para uso futuro. Outra sugestão de melhoria, é a continuação do projeto EDM, procurando otimizar a máquina para mais diâmetros de furos e correta e adequada utilização dos consumíveis necessários ao bom funcionamento da máquina. Um novo projeto a desenvolver no futuro seria a implementação de um sistema “Manufacturing Execution System – MES” para integração de todas as máquinas com o planeamento com uma análise em tempo real.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alves, A., Sousa, R., Dinis-Carvalho, J., & Moreira, F. (2015). Production systems redesign in a lean context: A matter of sustainability. *FME Transaction*, 43(4), 344–352. <https://doi.org/10.5937/fmet1504344A>
- 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, 217–230.
- Bellgran, M., & Säfssten, K. (2010). *Production Development*. Springer London. <https://doi.org/10.1007/978-1-84882-495-9>
- Benjamin, S. J., Murugaiah, U. & Marathamuthu, M. S. (2013). The use of SMED to eliminate small stops in a manufacturing firm. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 24, 792–807.
- Borris, S. (2006). *Total Productive Maintenance: Proven strategies and techniques to keep equipment running at peak efficiency*. McGraw Hill.
- Chapman, C. D. (2005). Clean house with lean 5S. *Quality Progress*, 38(6), 27–32.
- Chauhan, G., & Chauhan, V. (2019). A phase-wise approach to implement lean manufacturing. *International Journal of Lean Six Sigma*, 10(1), 106–122. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-09-2017-0110>
- Costa, S. M. A. (2018). *Desenvolvimento e implementação de um sistema de melhoria contínua numa empresa multinacional de ferramentas de corte*. Universidade do Minho.
- Eliyahu M. Goldratt. (1990). *What is this Thing Called Theory of Constraints and how Should it be Implemented?* North River Press.
- Feld, W. M. (2000). *Lean Manufacturing: Tools, Techniques, and How to Use Them*. The St. Lucie Press.
- Frezite, G. (2018). *Regulamento Interno Frezite Group*.
- Galsworth, G. D. (2013). *Visual Workplace – Visual Thinking* (2nd Editio). Visual-Lean Enterprise Press.
- Gapp, R., Fisher, R., & Kobayashi, K. (2008). *Implementing 5S within a Japanese context: An integrated management system*. 565–579.
- Greif, M. (1991). *The Visual Factory: Building Participation through Shared Information*. Productivity Press.
- Grewal, C. (2008). An initiative to implement lean manufacturing using value stream mapping in a small company. *International Journal of Manufacturing Technology and Management*, 15(3/4), 404. <https://doi.org/10.1504/IJMTM.2008.020176>
- Hicks, B. (2007). Lean information management: Understanding and eliminating waste. *International Journal of Information Management*, 233–249.
- Holweg, M. (2007). The Genealogy of Lean Production. *Journal of Operations Management*, 420–437.
- Jain, A., Bhatti, R., & Singh, H. (2014). Total productive maintenance (TPM) implementation practice. *International Journal of Lean Six Sigma*, 5(3), 293–323. <https://doi.org/doi.org/10.1108/IJLSS-06-2013-0032>
- Kasemsap, K. (2014). The Role of Lean Production on Organizational Performance. In *Handbook of Research on Design and Management of Lean Production Systems* (pp. 358–388). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-4666-5039-8.ch017>
- Kumiega, A., & Vliet, B. Van. (2008). Quality Money Management. *Quality Money Management*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-372549-3.X0001-8>
- Liker, J. K. (1997). *Becoming lean: Inside stories of U. S. manufacturers*. Productivity Press.
- Liker, J. K. (2004). *The Toyota way: 14 management principles from the world's greatest manufacturer*. McGraw-Hill.
- Marius, O. (2012). Ishikawa Diagram Analysis Using The Apprentice Sport Performance In Taekwon-Do. *Acces La Success*, 13(2), 497–502.

- Maruta, R. (2012). Maximizing knowledge work productivity: A Time constrained and activity visualized PDCA cycle. *Knowledge and Process Management*, 19(4), 203–214.
- Meade, D. J., Kumar, S. & Houshyar, A. (2006). Financial analysis of a theoretical lean manufacturing implementation using hybrid simulation modeling. *Journal of Manufacturing Systems*, 25(2), 137–152.
- Melton, T. (2005). The Benefits of Lean Manufacturing. *Chemical Engineering Research and Design*, 83(6), 662–673. <https://doi.org/10.1205/cherd.04351>
- Moore, R. (1997). Combining TPM and reliability-focused maintenance. *Plant Engineering*, *Plant Engineering*, 51.
- Nakajima, S. (1988). *An Introduction to TPM: Total Productive Maintenance*. Productivity Press.
- O'Brien, R. (1998). *An Overview of the Methodological Approach of Action Research*. University of Toronto.
- Ohno, T. (1988). *The Toyota Production System: Beyond Large Scale Production*. Productivity Press.
- Panneman, T. (2019). *Lean Transformations - when and how to climb the four steps of Lean maturity*. Independently Published.
- Pereira, A. R. C. S. (2019). *Melhoria de desempenho de uma área produtiva numa empresa multinacional de ferramentas de corte*. Universidade do Minho.
- Pinto, J. L. Q., Matias, J. C. O., Pimentel, C., Azevedo, S. G., & Govindan, K. (2018). *Just in Time Factory* (1st ed.). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-77016-1>
- Randhawa, J. S., & Ahuja, I. S. (2017). 5S – a quality improvement tool for sustainable performance: literature review and directions. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 34(3), 334–361. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-03-2015-0045>
- Rego, D. (2019). *Aplicação de ferramentas lean na melhoria do fluxo produtivo de ferramentas de corte em aço*. Universidade do Minho.
- Robalo, A. R. P. (2019). *Desenho e Melhoria do Fluxo de Valor nos Processos de Reparação de Ferramentas de Corte*. Universidade do Porto.
- Schonberger, R. J. (2007). Japanese Production Management: An Evolution—With Mixed Success. *Journal of Operations Management*, 25, 403–419.
- Shingo, S. (1989). A Study of the Toyota Production System from An Industrial Engineering Viewpoint. In *Productivity Press*. Productivity Press.
- Silva, A. S., Medeiros, C. F., & Vieira, R. K. (2017). Cleaner Production and PDCA cycle: Practical application for reducing the Cans Loss Index in a beverage company. *Journal of Cleaner Production*, 150, 324–338. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.03.033>
- Singh, J., Singh, H., & Singh, G. (2018). Productivity improvement using lean manufacturing in manufacturing industry of Northern India: A case study. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 67(8), 1394–1415.
- Singh, R., Gohil, A. M., Shah, D. B., & Desai, S. (2013). Total Productive Maintenance (TPM) Implementation in a Machine Shop: A Case Study. *Procedia Engineering*, 51, 592–599. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2013.01.084>
- Sokovic, M., Pavletic, D. & Pipan, K. (2010). Quality improvement methodologies – PDCA cycle, RADAR matrix, DMAIC and DFSS. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, 43(1), 476–483.
- Spohrer, J. C., & Freund, L. E. (2013). *Advances in the human side of service engineering*. CRC Press, Taylor & Francis Group.
- SUGIMORI, Y., KUSUNOKI, K., CHO, F., & UCHIKAWA, S. (1977). Toyota production system and Kanban system Materialization of just-in-time and respect-for-human system. *International Journal of Production Research*, 15(6), 553–564. <https://doi.org/10.1080/00207547708943149>
- Susman, G. I., & Evered, R. (1978). An assessment of the scientific merits of action research. *Administrative Science Quarterly*, 582–603.

- Swanson, L. (2001). Linking maintenance strategies to performance. *International Journal of Production Ergonomics*, 70, 237–244.
- Tay, H. L., & Chan, C. O. (2018). *Combining lean tools application in kaizen: a field study on the printing industry*. 45–65.
- Tezel, A., Koskela, L., Tzortzopoulos, P., Formoso, C., & Alves, T. (2015). Visual Management in Brazilian Construction Companies: Taxonomy and Guidelines for Implementation. *Journal of Management in Engineering*.
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (1996). *Lean thinking: Banish waste and create wealth in your organisation*. Simon and Shuster.
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (2003). *Lean Thinking. Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. NY: Free Press.
- Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1990). *The Machine that Changed the World*. Free Press.
- Zhang, L., & Chen, X. (2016). Role of Lean Tools in Supporting Knowledge Creation and Performance in Lean Construction. *Procedia Engineering*, 145, 1267–1274.
<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.04.163>

ANEXO I – FLUXO PRODUTIVO FMT – METAL DURO

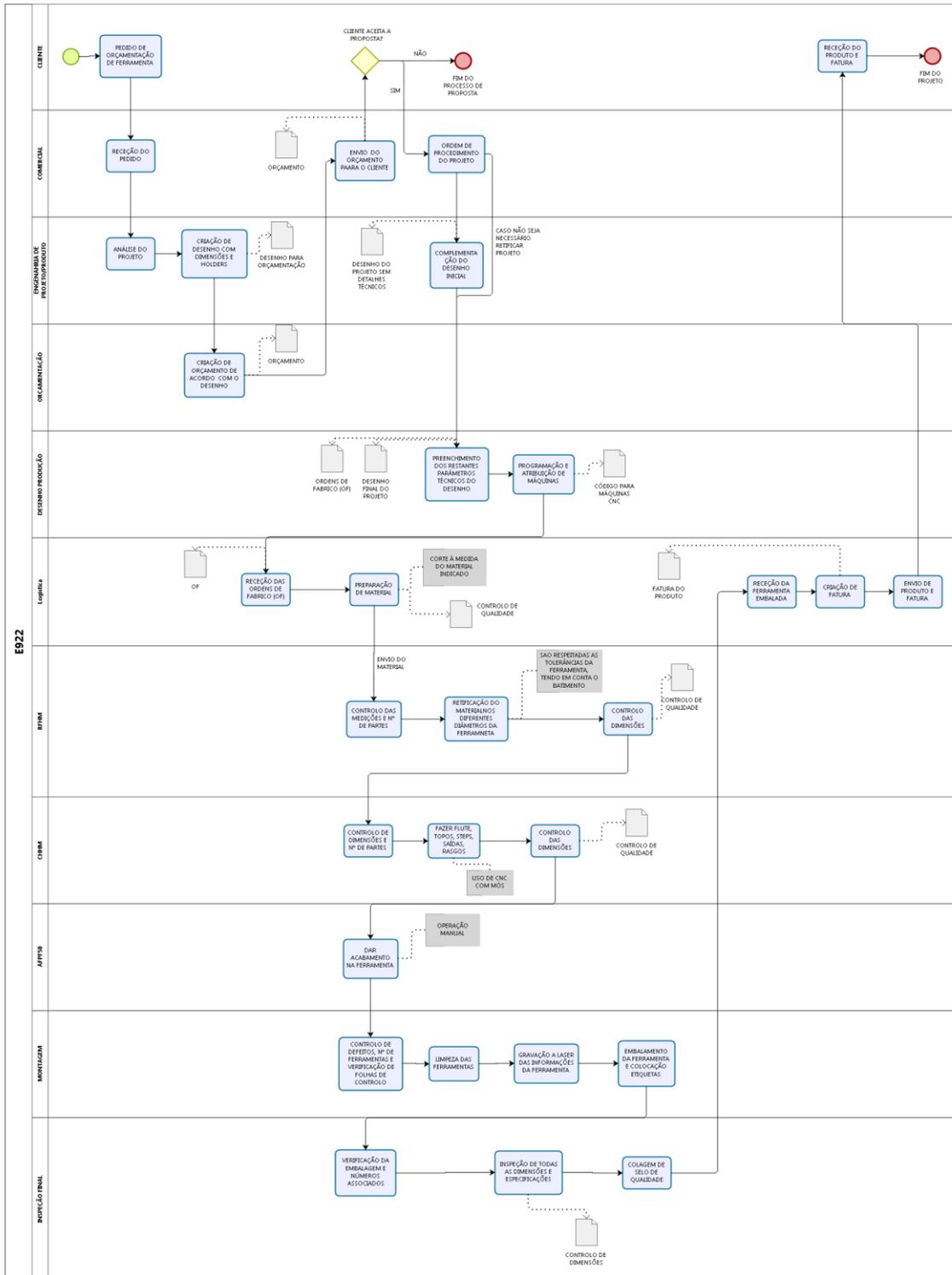


Figura 43 - Fluxo produtivo de ferramentas em metal duro integral

ANEXO III – FLUXO PRODUTIVO FMT – CONSTRUÇÃO SOLDADA

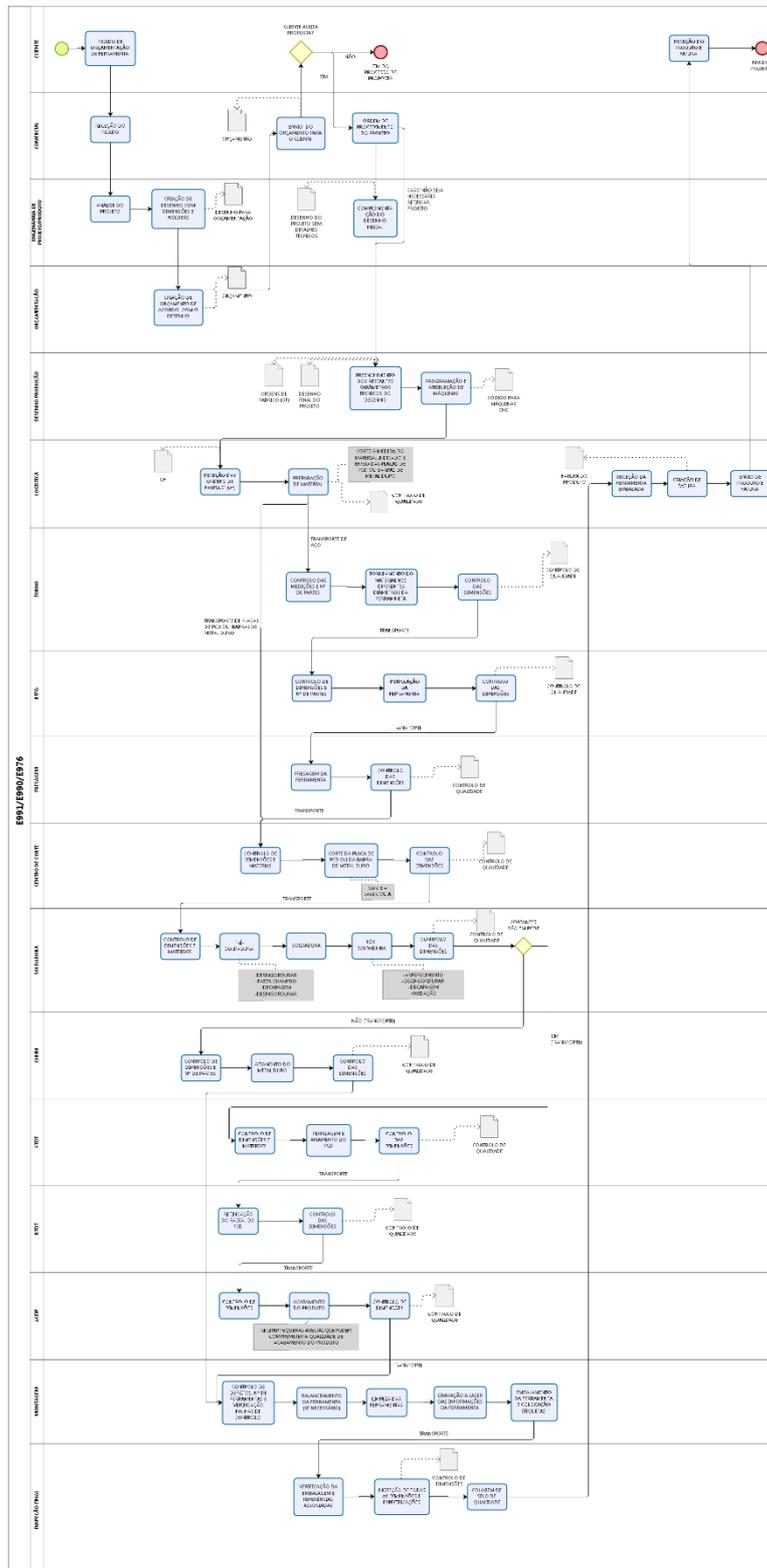


Figura 45 - Fluxo produtivo de ferramentas de construção soldada



ANEXO IV – VBA HELICÓIDES

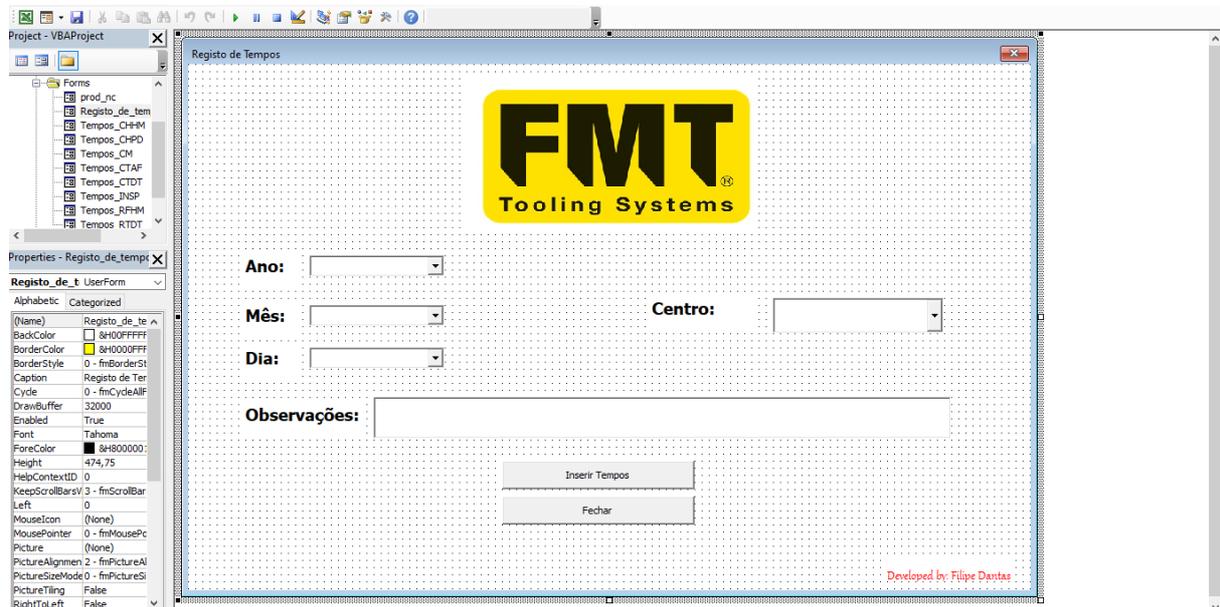


Figura 47 - Janela para seleção de centro produtivo

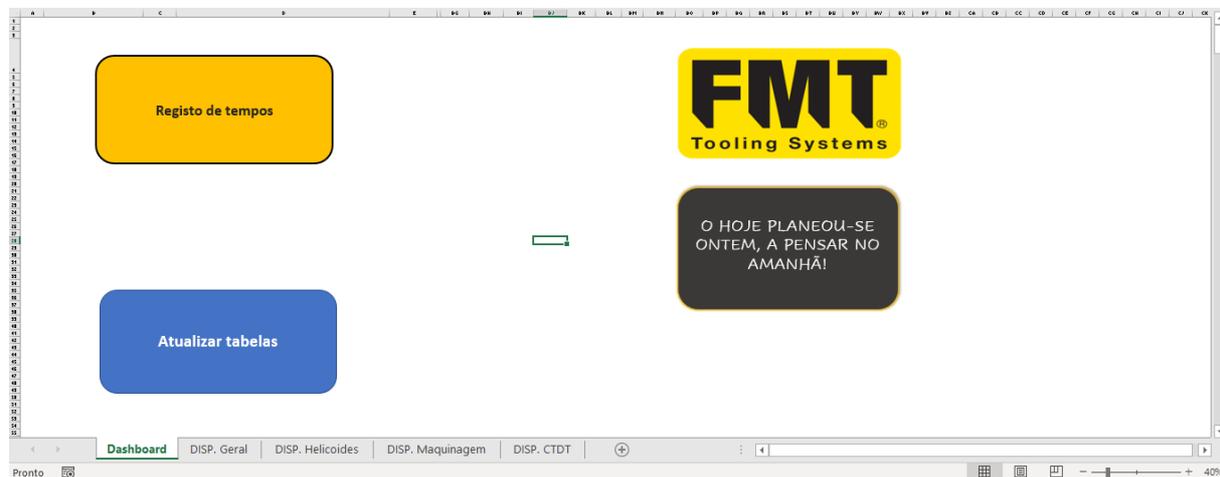


Figura 46 - Página inicial Vba

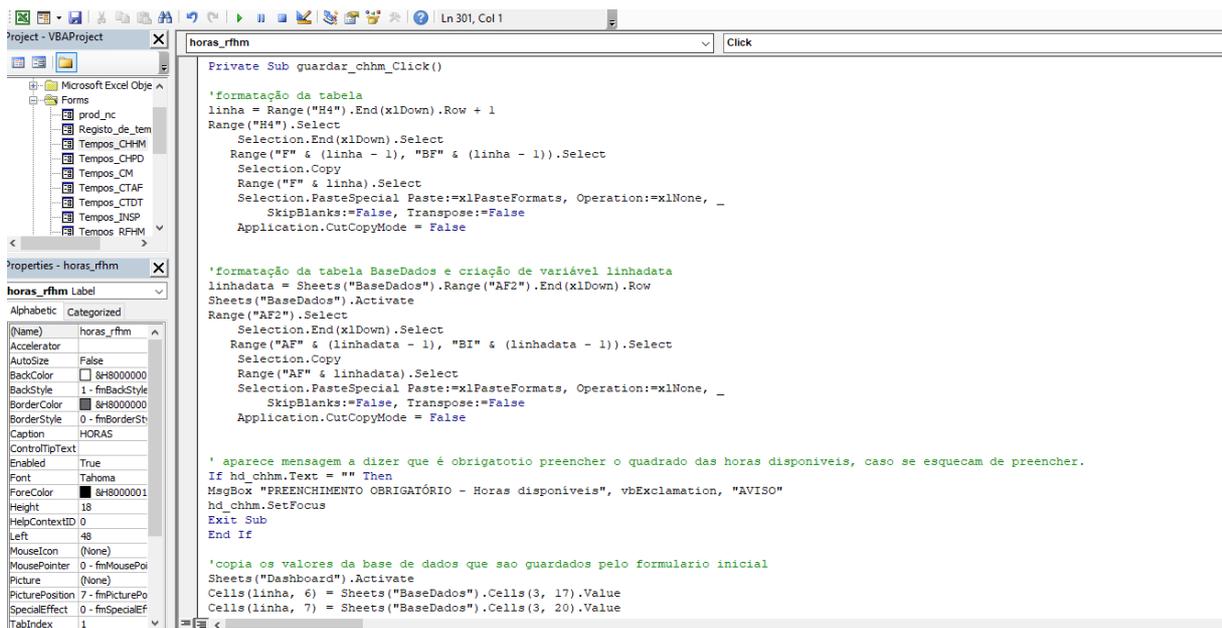


Figura 48 - Parte de código de Vba (1)

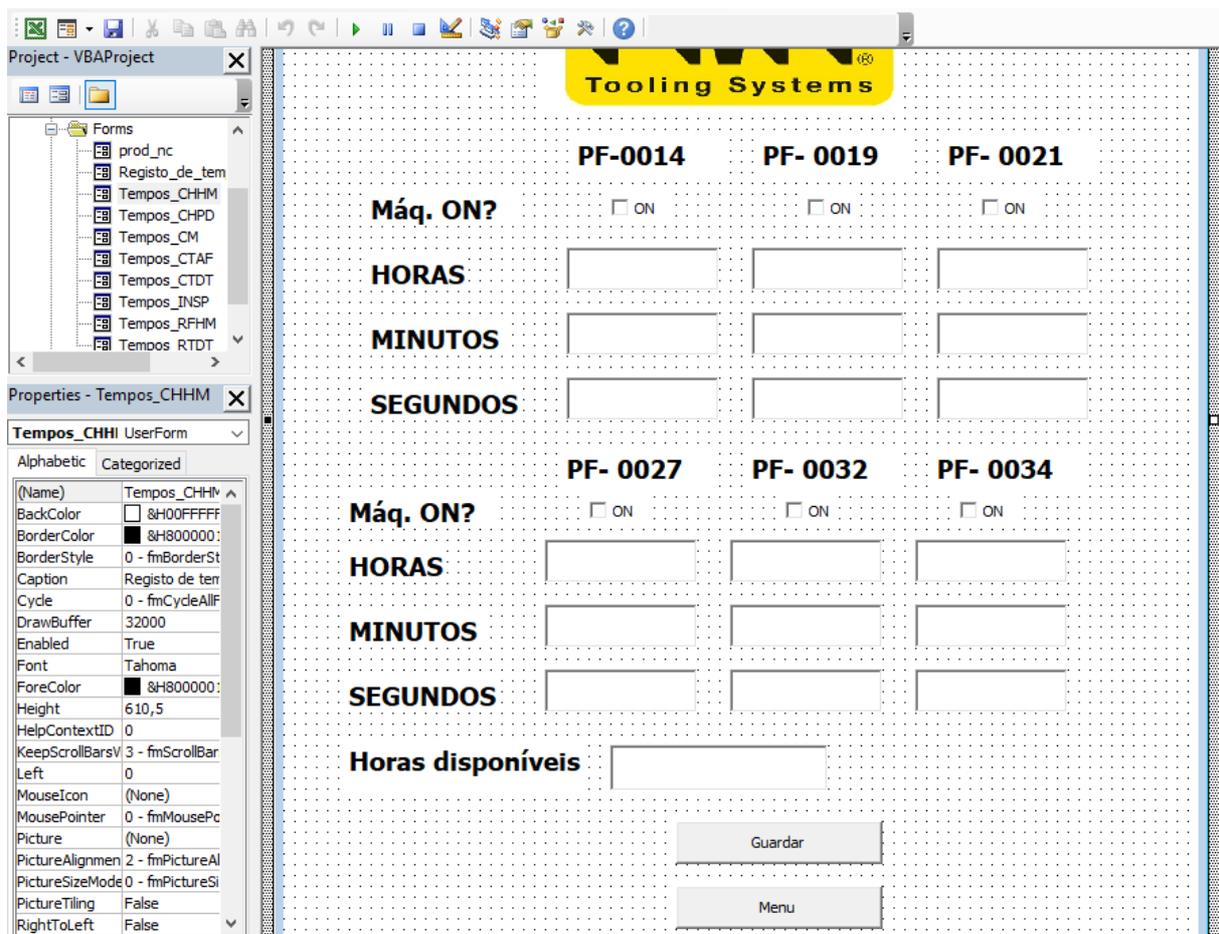


Figura 49 - Janela introdução de tempos CHHM

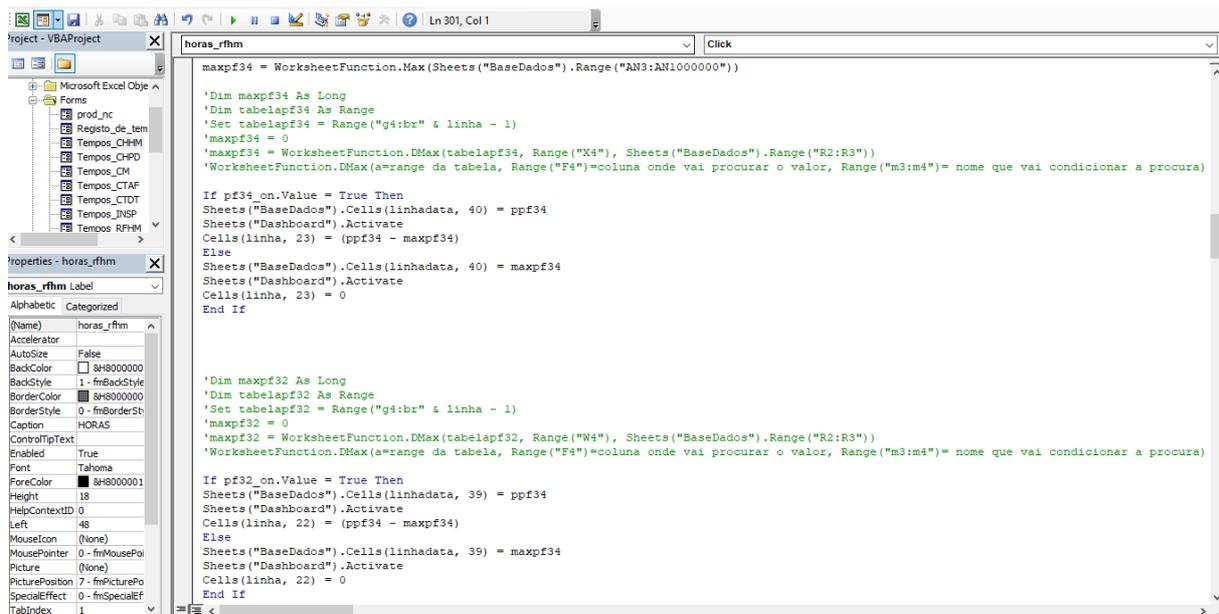


Figura 50 - Parte código Vba (2)

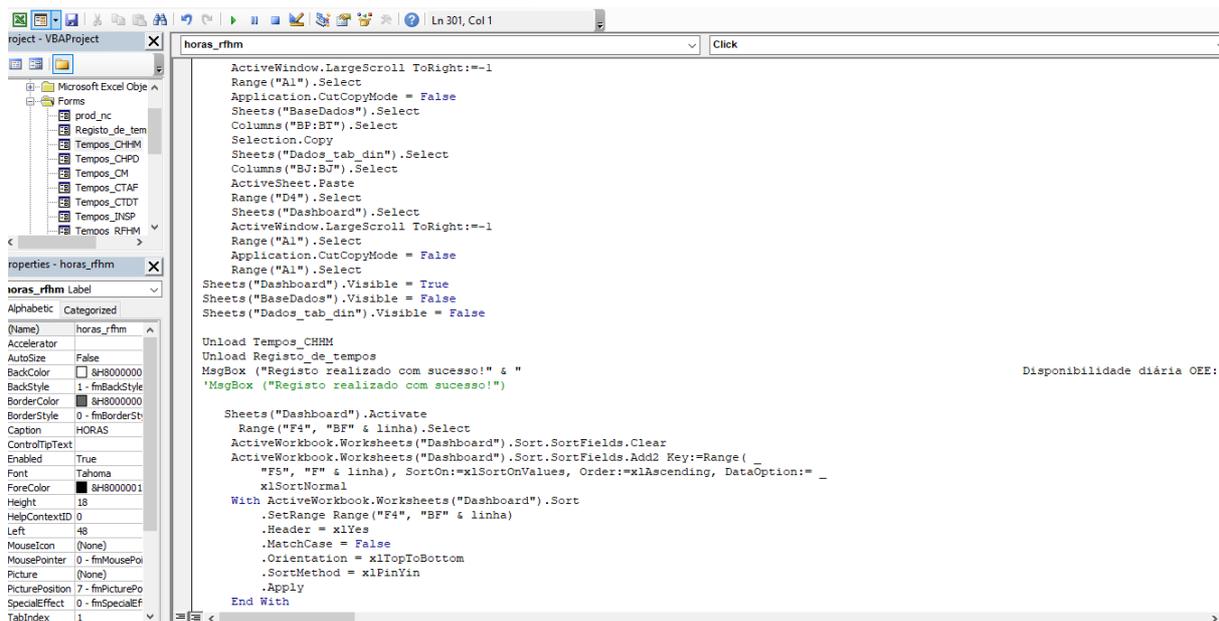


Figura 51 - Parte de código Vba (3)

ANEXO V - PROCEDIMENTO OPERATIVO E FOLHA DE CONTROLO DE POLIMENTOS A BARRAS EM BRUTO

T on	T off	Current	Hv	Gap	Servo	Cap	Feed	Wear	Depth
12	10	12	2	20	150	2	20	10	-9

Figura 52 - Parâmetros por defeito da máquina EDM

Tabela 3 - Medições furo c/9 mm EDM - estado inicial

Medição	Tempo(min)	Consumo (%)
1	49'	11%
2	53'	12%
3	52'	9%
4	50'	10%
5	51'	11%
6	53'	12%
7	52'	10%
8	50'	14%
Média	51'	11%



Procedimento operativo e folha de controlo de polimentos a barras em bruto

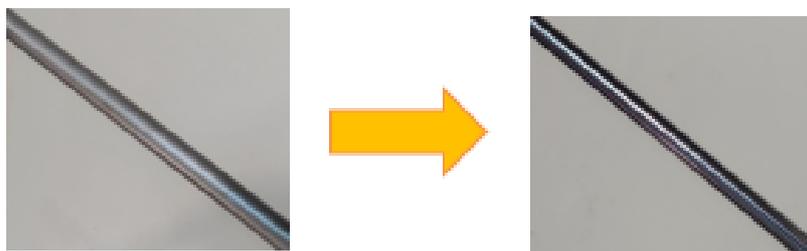
Pág. 1 de 2

Objetivo

O objetivo da criação deste procedimento é passar o stock de barras em bruto existentes para barras polidas e voltar a armazená-las, com o objetivo de no futuro diminuir o tempo de ciclo de produção das ferramentas.

Procedimento Operativo

1. Se necessário, realizar furos nas extremidades da barra nas máquinas de eletroerosão (criar pontos);
2. Realizar retificação de desbaste na máq. RT-0014 ou RT-0051:
 - 2.1. Parâmetros:
 - Velocidade da mesa: 500 mm/min;
 - Incremento: 0.02 mm;
 - F = 100%.
3. Realizar retificação de acabamento na máquina EE-0034 ou EE-0036 (Rollomatic)
 - 3.1. Parâmetros:
 - Velocidade má de desbaste: 5300 RPM;
 - Velocidade má de acabamento: 7000 RPM;
 - Rotação da barra: 2000 RPM;
4. Medição do batimento da barra a 100 mm, 200 mm e 300 mm;
5. Preencher "Folha de controlo de polimentos a barras em bruto", deve-se registar o valor mais alto de batimento na folha de controlo;



Mod. CPB-103

Figura 53 - Procedimento operativo e folha de controlo de polimentos a barras em bruto (1)

ANEXO VII – CHECKLIST STATUS MUDANÇA DE LAYOUT

Mudanças de Layout											Ticketings			
Centro	Máquina	Status mudança	Mover máquina	Ligar tubos óleo	Ligar tubos aspiração	Ligar cabos elétricos	Nivelar máquina	Calibrar máquina	Outros	Problemas	Nº Ticketing	Máquina em funcionamento?	Status	
RFHM	RT-0051	A definir								Lâmpada de sinalização	4426	Sim <i>o/ perda de capacidade</i>		
	RT-0017	A definir								Divisor preso entre pontos	4456	Sim		
	RT-0061	A definir								Fuga de óleo	4424	Stop		
	RT-0036	OK	ok	Nok	nok	ok	ok	ok	Nok - Provisório	Ullmer parada	4827	Sim		
	RT-0034	OK	ok	Nok	Nok	ok	ok	ok	Nok - Provisório			Sim		
	RT-0014	OK	ok	Nok	Nok	Nok	ok	ok	Nok - Provisório	Contra-ponto danificado	4428	Sim <i>o/ perda de capacidade</i>		
										Fugas de óleo	4425			
CHPD	PF-0020	OK	ok	Nok	Nok	ok	ok	ok	Falta mangueira de ar comprimido	Erro sercos (?)	3865	Sim		
	PF-0023	OK	ok	Nok	Nok	ok	ok	ok	Nok - Provisório	termometro potenciometro pouco	4349	Sim <i>o/ perda de capacidade</i>		
	PF-0031	OK	ok	Nok	Nok	ok	ok	ok	Nok - Provisório	Erro medição com programa P3	4422	Sim <i>o/ perda de capacidade</i>		
	PF-0037	OK	ok	Nok	ok	ok	ok	ok	Nok - Provisório	Spindle HF para no programa P15	4423	Sim <i>o/ perda de capacidade</i>		
CHHM	PF-0032	OK	ok	Nok	ok	ok	ok	ok		Não contabiliza tempo de produção	4605	Sim		
										Erro/alarme				
	PF-0034	OK	ok	Nok	ok	ok	ok	ok	Nok - Provisório	Contabiliza tempo de produção a	4701	Sim <i>o/ perda de capacidade</i>		
										Não pega na 4ª mó	4702			
										Robô não funciona	4703			
										Erro ao rodar eixo A				
	PF-0019	OK	ok	ok	ok	Nok	ok	ok	Nok - Provisório	Erro/alarme	4261	Sim <i>o/ perda de capacidade</i>		
									fuga de óleo	4698				
CTAF	PF-0014	OK	ok	Nok	ok	ok	ok	ok	Nok - Provisório	Tubo de ar danificado	4817	Sim		
										Tubo de lubrificação arvore Z	4423			
	PF-0027	OK	ok	ok	ok	ok	ok	ok		Lampada	4694	Sim <i>o/ perda de capacidade</i>		
	PF-0021	OK	ok	ok	ok	ok	ok	ok		Empeno de duas centesimas no				
									Erro rotação nos eixos	4695	Sim <i>o/ perda de capacidade</i>			
									fuga de óleo	4696	Sim			
Desei	PF-0022	-	N/A	N/A	N/A	Nok	N/A	N/A	Nok - Provisório			Sim		
	PF-0025	-	N/A	N/A	N/A	Nok	N/A	N/A	Nok - Provisório	Aquecimento armário computador	4689	Sim <i>o/ perda de capacidade</i>		
	PF-0026	-	N/A	N/A	N/A	Nok	N/A	N/A	Nok - Provisório			Sim		
Qualidade	AF-0028	OK	ok	N/A	ok	ok	ok	ok				Sim		
	AF-0025	OK	ok	N/A	ok	ok	ok	ok				Sim		
	AP-0041	OK	ok	N/A	N/A	ok	ok	ok		Hidro de aperto com desgaste		Sim		
	AP-0022	OK	ok	N/A	N/A	ok	ok	ok				Sim		
	AP-0011	OK	ok	N/A	N/A	Nok	ok	ok	Nok - Provisório	Máquina descalibrada	4699	Sim <i>o/ perda de capacidade</i>		
Zygo	IPM	OK	ok	N/A	N/A	ok	ok	ok		Cabo de câmera danificado	4700	Sim		
		OK								Sistema de apoio para rodar ferramenta		Sim		
EDM	EE-0038	OK	ok	N/A	N/A	ok	ok	ok	definir local	Substituir aperto existente	4390	Sim <i>o/ perda capacidade</i>		
	EE-0012	OK	ok	N/A	N/A	ok	ok	ok	definir local	Aplicação de termómetro no depósito	4391	Sim		
	EE-0051	OK	ok	N/A	N/A	Nok	ok	ok	definir local	Fuga de água e óleo	4532	Sim		
Zona Mós	RT-0022	On going												
	RT-0098	On going												

Figura 55 - Checklist mudança de layout

ANEXO VIII – TESTES FURAÇÃO EDM

T on	T off	Current	Hv	Gap	Servo	Cap	Feed	Wear	Depth
15	5	12	2	20	150	2	20	10	-13

Figura 56 - Parâmetros melhorados furação EDM

Tabela 4 - Medições furo c/9 mm EDM – melhoria de processo

Teste	Tempo	Consumo (%)
1	12'40''	11%
2	26'	44%
3	8'	44%
4	18'10''	122%
5	12'	54%
6	13'	44%
7	10'	44%
8	9'	54%
9	10'	54%
Média	13'	52%



1. OBJETIVO E ÂMBITO | OBJECTIVE AND SCOPE

Devido à inexistência de procedimentos para as máquinas de furação EDM, foi necessária a criação de um procedimento operativo para as máquinas, incluindo a criação de tabela de parâmetros de furação para diferentes diâmetros e materiais e criação de uma folha de manutenção autónoma, como forma de prevenção para anomalias futuras com valores recomendados dos consumíveis das máquinas (temperatura do líquido desionizante, condutibilidade elétrica, etc).

Due to the lack of procedures for EDM drilling machines, it was necessary to create an operating procedure for the machines, including the creation of a table of drilling parameters for different diameters and materials and the creation of an autonomous maintenance sheet, as a way of prevention of future anomalies with recommended values for machine consumables (deionizing liquid temperature, electrical conductivity, etc.).

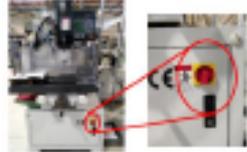
2. PROCEDIMENTO, ATIVIDADES E RESPONSABILIDADES | PROCEDURE, ACTIVITIES AND RESPONSIBILITIES

2.1. ANTES DE UTILIZAR | Before Using

- Verificar temperatura da água, deve estar abaixo de 40° C (Temperatura < 40 °C)
- Verificar condutibilidade da água, deve estar entre 0,5 µS/cm e 10 µS/cm (0,5 µS/cm < Condutibilidade elétrica < 10 µS/cm)
- Carregar nos botões apenas com os dedos e suavemente.
- Check water temperature, must be below 40° C (Temperature <40 °C)
- Check water conductivity, it must be between 0.5 µS/cm and 10 µS/cm (0.5 µS/cm < Electrical conductivity <10 µS/cm)
- Press the buttons with your fingers only and gently.

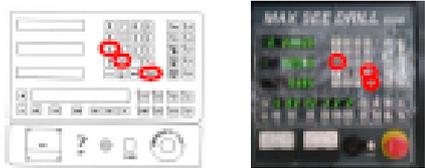
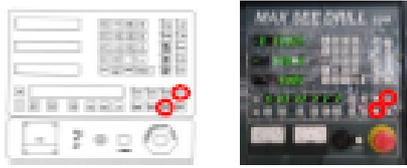
2.2. PROCEDIMENTO OPERATIVO | OPERATIVE PROCEDURE

2.2.1.EE-0012

Procedimento EE-0012 Procedure	Foto Photo
<p>1. Ligar o Geral; 1. Turn on "General";</p>	
<p>2. Carregar em "Power"; 2. Press "Power";</p>	
<p>3. Inserir parâmetros de furação de acordo com o diâmetro do furo: (Ver secção 2.3.1) 3.1. Carregar no parâmetro desejado; 3.2. Escolher valor com auxílio das teclas "+*" ou "*-"; 3.3. Carregar novamente no parâmetro, para confirmar valor;</p> <p>3. Enter drilling parameters according to the hole diameter: (See section 2.3.1) 3.1. Click on the desired parameter; 3.2. Choose value using the "+*" or "*-" keys; 3.3. Press the parameter again to confirm the value;</p>	
<p>4. Inserir profundidade do furo: 4.1. Carregar na tecla "Z-set"; 4.2. Carregar na tecla "+*"; 4.3. Inserir valor no teclado numérico; 4.4. Carregar na tecla "Enter"</p> <p>4. Insert hole depth: 4.1. Press the "Z-set" key; 4.2. Press the "+*" key; 4.3. Enter value on the numeric keypad; 4.4. Press the "Enter" key</p>	

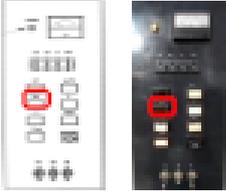
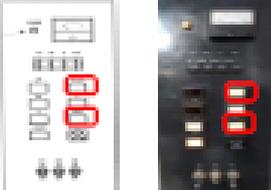
<p>5. Colocar aperto no ângulo indicado;</p> <p>6. Place tightening at the indicated angle;</p>	
<p>6. Colocar eletrodo de cobre (metal duro) ou de latão (aço);</p> <p>6. Place a copper (solid carbide) or brass (steel) electrode;</p>	
<p>7. Marcar furo na ferramenta de acordo com o desenho;</p> <p>7. Mark a hole in the tool according to the drawing;</p>	
<p>8. Colocar e apertar ferramenta;</p> <p>8. Place and tighten tool;</p>	
<p>9. Ajustar eixos;</p> <p>9. Adjust axes;</p>	
<p>10. Carregar na tecla "Z Down", para baixar eletrodo até ao contacto com a ferramenta;</p> <p>10. Press the "Z Down" key to lower the electrode until it comes into contact with the tool;</p>	

Figura 59 - PO Furação EDM - Pag. 3

<p>11. Carregar na tecla "Z"; 12. Carregar na tecla "0"; 13. Carregar na tecla "Enter";</p> <p>11. Press the "Z" key; 12. Press the "0" key; 13. Press the "Enter" key;</p>	
<p>14. Ajustar mangueira de lubrificação; 14. Adjust the lubrication hose;</p>	
<p>15. Carregar na tecla "Spindle"; 16. Carregar na tecla "D ESC";</p> <p>15. Press the "Spindle" button; 16. Press the "D ESC" key;</p>	
<p>17. Esperar pelo fim da furação; 18. Verificar com arame e/ou ar comprimido se o furo foi realizado com sucesso: 18.1. Caso o furo não esteja completo voltar ao passo 10; 19. Retirar ferramenta do aperto.</p> <p>17. Wait for the end of drilling; 18. Check with wire and / or compressed air if the hole has been successfully made: 18.1. If the hole is not complete, return to step 10; 19. Remove tool from tightening.</p>	

2.2.2. EE-0038

Procedimento EE-0038 Procedure	Foto Photo
<p>1. Ligar o Geral; 1. Turn on "General";</p>	
<p>2. Inserir parâmetros de furação de acordo com o diâmetro do furo: (Ver secção 2.3.2) 2.1. Escolher valor com auxílio das teclas "+*" ou "+*"; 2. Enter drilling parameters according to the hole diameter: See section 2.3.2) 2.1. Choose value using the "+*" or "+*" keys;</p>	
<p>3. Ajustar profundidade do furo manualmente na régua; 3. Adjust the hole depth manually in the ruler;</p>	
<p>4. Colocar aperto no ângulo indicado; 4. Place tightening at the indicated angle;</p>	
<p>5. Colocar eletrodo de cobre (metal duro) ou de latão (aço); 5. Place a copper (solid carbide) or brass (steel) electrode;</p>	
<p>6. Marcar furo na ferramenta de acordo com o desenho; 6. Mark a hole in the tool according to the drawing;</p>	

<p>7. Colocar e apertar ferramenta; 7. Place and tighten tool;</p>	
<p>8. Ajustar eixos; 8. Adjust axes;</p>	
<p>9. Carregar na tecla "DN", para baixar eléctrodo até ao contacto com a ferramenta; 9. Press the "DN" key to lower the electrode until it comes into contact with the tool;</p>	
<p>10. Ajustar mangueira de lubrificação; 10. Adjust the lubrication hose;</p>	
<p>11. Carregar na tecla "PUMP" e "MACH"; 11. Press the "PUMP" and "MACH" key;</p>	
<p>12. Esperar pelo fim da furação; 13. Verificar com arame e/ou ar comprimido se o furo foi realizado com sucesso: 13.1. Caso o furo não esteja completo voltar ao passo 9; 14. Retirar ferramenta do aperto. 12. Wait for the end of drilling; 13. Check with wire and / or compressed air if the hole was successfully made: 13.1. If the hole is not complete, return to step 9; 14. Remove tool from tightening.</p>	

2.2.3. EE-0051

Procedimento EE-0051	Imagem
<p>1. Ligar o Geral; 1. Turn on "General";</p>	
<p>2. Carregar em "Power"; 2. Press "Power";</p>	
<p>3. Carregar na tecla "ZRND"; 3.1. Carregar na tecla "Start Exe"; 3.2. Carregar na tecla "Auto"; 3. Press the "ZRND" key; 3.1. Press the "Start Exe" key; 3.2. Press the "Auto" key;</p>	
<p>4. Carregar na tecla "MCPW"; 4. Press the "MCPW" key;</p>	
<p>5. Carregar 2 vezes na tecla "Feed"; 6. Press the "Feed" key twice;</p>	
<p>6. Inserir parâmetros de furação de acordo com o diâmetro do furo: (Ver secção 2.3.3) 6.1. Inserir código "E code" no teclado; 6.2. Introduzir a profundidade em "Depth" com o teclado; 6. Enter drilling parameters according to the hole diameter: (See section 2.3.3) 6.1. Insert E code on the keyboard;</p>	

<p>6.2. Enter the depth in "Depth" with the keyboard;</p>	
<p>7. Carregar na tecla "SimpleWork" no ecrã; 7. Press the "SimpleWork" key on the screen;</p>	
<p>8. Colocar aperto no ângulo indicado; 8. Place tightening at the indicated angle;</p>	
<p>9. Colocar eletrodo de cobre (metal duro) ou de latão (aço); 9. Place a copper (solid carbide) or brass (steel) electrode;</p>	
<p>10. Marcar furo na ferramenta de acordo com o desenho; 10. Mark a hole in the tool according to the drawing;</p>	
<p>11. Colocar e apertar ferramenta; 11. Place and tighten tool;</p>	

<p>12. Carregar na tecla "Z -", para baixar eléctrodo até ao contacto com a ferramenta;</p> <p>12. Press the "Z -" key to lower the electrode to the contact with the tool;</p>	
<p>13. Ajustar mangueira de lubrificação;</p> <p>13. Adjust the lubrication hose;</p>	
<p>14. Carregar na tecla "Start";</p> <p>14. Press the "Start" key;</p>	
<p>15. Esperar pelo fim da furação;</p> <p>16. Verificar com arame e/ou ar comprimido se o furo foi realizado com sucesso:</p> <p>16.1. Caso o furo não esteja completo voltar ao passo 12;</p> <p>17. Retirar ferramenta do aperto.</p> <p>15. Wait for the end of drilling;</p> <p>16. Check with wire and / or compressed air if the hole was successfully made:</p> <p>16.1. If the hole is not complete, return to step 9;</p> <p>17. Remove tool from tightening.</p>	

2.3. Parâmetros de furação | Drilling parameters

2.3.1. EE-0012

Tabela 1 - Parâmetros furação EE-0012

Diâmetro do furo (mm)	C	AMP	T ON	T OFF	GAP	CAP	SV
1 (cobre)	2	4	3	2	3	2	1
1,5 (cobre)	2	6	5	4	4	3	2
2 (cobre)	2	6	4	2	3	4	2
1,5 (aço)	3	6	5	5	7	2	3
2 (aço)	2	6	4	4	5	4	4

2.3.2. EE-0038

Tabela 2 - Parâmetros de furação EE-0038

Diâmetro do furo (mm)	ON	OFF	IP	SVR	C
0,8	3	3	6	6	C1
1	4	3	4	3	C2
1,3	4	4	6	6	C2

2.3.3. EE-0051

Tabela 3 - Parâmetros furação EE-0051

Diâmetro do furo (mm)	Ecode
0,5 (cobre)	205
0,8 (cobre)	208
1,0 (cobre)	210
1,3 (cobre)	213
2,0 (cobre)	220
0,5 (aço)	105
0,8 (aço)	108
1,0 (aço)	110
1,3 (aço)	115
2,0 (aço)	120

2.4. Manutenção | Maintenance

A manutenção dos equipamentos deve ser respeitada de acordo com a seguinte tabela:

Equipment maintenance must be respected according to the following table:

Tabela 4 - Periodicidade de manutenção furação EDM

Descrição	Período de tempo		
	Diário	Semanal	Mensal
Limpar o ecrã da máquina.	X		
Limpar as ferramentas, aperto, guias, etc.	X		
Limpar tabuleiro da máquina		X	
Limpar a cabeça do eixo e aperto		X	
Limpar os sedimentos do depósito de fluido dielétrico		X	
Verificar se temperatura e condutibilidade elétrica estão dentro dos valores aceitáveis		X	
Verificar estado dos consumíveis		X	
Lubrificar o eixo de aperto do eletrodo			X
Verificar a condição do filtro principal e do pré-filtro.			X
Verificar o nível de água nos depósitos.			X
Verificar os cabos do chão, limpar e apertá-los conforme necessário.			X

2.5. Folha de manutenção autônoma | Autonomous maintenance sheet



Manutenção Autônoma EE-0011

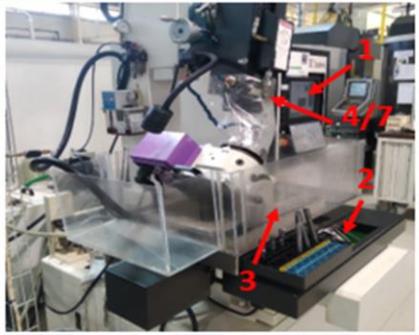
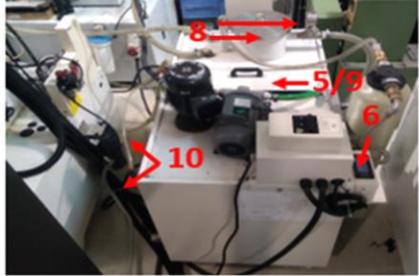
Foto	Nº	Operação	Material Necessário	Frequência	Data	Realizado	
	1	Limpar a área da máquina com pano úmido.		Diária			
	2	Limpar os instrumentos de trabalho a gás.		Diária			
	3	Limpar tabuleiro da máquina.		Semanal			
	4	Limpar a calha de óleo e água.		Semanal			
	5	Limpar os componentes de depósito de fluido dielétrico.		Semanal			
<p>Observações: Caso se verifique alguma anomalia que a consiga ser corrigida durante a manutenção, não utilize o Manual de manutenção para resolução do problema.</p>		Verificar estado dos consumíveis.		Semanal			
	6	Verificar se temperatura e controlador elétrico estão dentro dos valores aceitáveis. Temperatura < 40°C Emissão < 0,5mA/100V/100mA < 0,5µm		Semanal			
	7	Lubrificar o eixo de aperto de eletrodo, se necessário.		Óleo 00-0001	Semanal		
	8	Verificar a vedação do filtro principal, trocar filtro se atingir 2,5 bar de pressão.			Semanal		
	9	Verificar o nível de água nos depósitos, acrescentar se estiver abaixo do nível mínimo de água.			Semanal		
10	Verificar os cabos de chão, limpar e apertar os contatos necessários.		Atornalhos de fixação	Semanal			

Exemplos de como executar a manutenção

3. Revisões

Nº	Data Date	Alteração Modifications
0	16.06.2020	Redação inicial initial writing

ANEXO X - FOLHA DE MANUTENÇÃO AUTÓNOMA

Foto		Nº	Operação	Material Necessário	Periodicidade	Data	Resp.
	Limpeza	1	Limpar o ecrã da máquina com pano macio.		Diária		
		2	Limpar os instrumentos de trabalho e guias.		Diária		
		3	Limpar tabuleiro da máquina.		Semanal		
		4	Limpar a cabeça do eixo e aperto.		Semanal		
		5	Limpar os sedimentos do depósito de fluido dielétrico.		Semanal		
	Inspeção		Verificar estado dos consumíveis.		Semanal		
		6	Verificar se temperatura e condutibilidade elétrica estão dentro dos valores aceitáveis. Temperatura < 40 °C 0,5 µS/cm < Condutibilidade elétrica < 10 µS/cm		Semanal		
		7	Lubrificar o eixo de aperto do eletrodo, se necessário.	 Óleo OL-0044	Mensal		
		8	Verificar a condição do filtro principal, trocar filtro se atingir 2,5 bar de pressão.		Mensal		
		9	Verificar o nível de água nos depósitos, acrescentar se estiver abaixo da mangueira de captação de água.		Mensal		
		10	Verificar os cabos do chão, limpar e apertá-los conforme necessário.	 Abraçadeiras de Nylon	Mensal		
<p>Observações</p> <p>Caso se verifique alguma anomalia que o operador não consiga resolver autonomamente, deve criar-se um pedido de manutenção para resolução do problema.</p>							

Em caso de dúvida consultar o procedimento.

Figura 69 - Folha de manutenção Autônoma EDM

ANEXO XI - PLANO DE AÇÕES 5 S's

FMT		PLANO DE AÇÕES				FREZITE	
Problema / Ação	Foto	Responsável / Descrição	Tarefa	Tempo	Data	Estado	Resultado
Manuseio de materiais armazenados			Organizar área armazenada	Paulo	27/07	OK	
Organização espacial contêineres			Organizar espaço armazenado	Paulo	27/07	OK	
Condições de trabalho desorganizado e precário de limpeza			Organizar área armazenada	Paulo	27/07	OK	
Condições de trabalho desorganizado e precário de limpeza			Organizar área armazenada	Paulo	19/07	OK	
Organização do mesa filtro empresa			Organizar espaço mesa	Paulo	19/07	OK	
Organização e limpeza da bancada de trabalho de AFM			Organizar espaço armazenado	Paulo	19/07	OK	
Limpeza ambiente de armários de sala			Limpeza armazenado	Paulo	17/07	OK	
Manuseio dos materiais armazenados e limpeza do ambiente de trabalho			Organizar área	Paulo	19/07	OK	
Falta de organização e identificação de materiais na mesa de PCs / telefones			Organizar mesa de computadores	Paulo	27/07	OK	
Falta de organização nos materiais armazenados de medicina e computacionais			Organizar espaço de armazenamento			OK	
Falta de limpeza do chão de concreto e papel contêineres em baldes de lixo			Organizar área papel armazenado	Paulo	27/07	OK	
Resíduos de limpeza não armazenados corretamente			Limpeza material de limpeza no ponto de trabalho	Paulo	19/07	OK	
Calças sujas			Limpeza e organização de roupas pessoais	Paulo	27/07	OK	
Acúmulo de lixo em áreas comuns			Limpeza e organização	Paulo	19/07	OK	
Papel e outros materiais não armazenados			Limpeza armazenado	Paulo	27/07	OK	

Figura 70 - Plano de ações 5 S's CHHM

FMT		PLANO DE AÇÕES				FREZITE 2015-2016	
Data: 01/05/2016		Responsável: Marco Tedim		Centro: CHPD			
Problema / Ação	Foto	Tarefas	Resp.	Data	Estado	Resultados	
Embalagens sem identificação nos carrinhos de trabalho		Arrumar embalagens	Tedim	10/07	OK		
Embalagens sem identificação e sacos nos carrinhos		Organizar Carrinho	Tedim	7/09	OK		
Falta de organização e falta de limpeza nos territórios de trabalho		Organizar e limpar carrinho	Tedim	7/09	OK		
Garrafas partidas e não identificadas		Colocar garrafas novas	Tedim	18/07	OK		
Organização da mesa PM e limpeza		Organizar e limpar mesa	Tedim	10/07	OK		
Falta identificação de papéis		Marcar papéis	Tedim	11/07	OK		
Caixas espalhadas		Retirar caixas e colocar no local indicado	Tedim	10/07	OK		
Falta de organização nas máquinas e falta de limpeza		arrumar material Responsabilizar e limpar	Tedim	11/07	OK		
Falta de organização e identificação de materiais na mesa de PC's helicoides		organizar mesa dos computadores	Tedim	09/07	OK		
Falta de organização nos cabos das máquinas de solda e computadores		organizar e prender cabos elétricos			OK		
Falta de organização e identificação de equipamentos e produtos		organizar e identificar materiais			OK		

Figura 71 - Plano de ações 5S's - CHPD