



isec

Engenharia

Mestrado em Engenharia e
Gestão Industrial

Aplicação de um Estudo de Métodos e Tempos na MAHLE Componentes de Motores S.A.

Autor

Pedro Martim Sousa Marques

Orientador

José Luís Ferreira Martinho

Professor do Mestrado em Engenharia e
Gestão Industrial no Instituto Superior de
Engenharia de Coimbra

Coimbra, fevereiro 2021



isec

Engenharia

Departamento de Engenharia
Electrotécnica

**Aplicação de um Estudo de
Métodos e Tempos na MAHLE
Componentes de Motores S.A.**

Autor

Pedro Martim Sousa Marques

Orientador

José Luís Ferreira Martinho

Professor do Mestrado em Engenharia e Gestão
Industrial no Instituto Superior de Engenharia de
Coimbra

Supervisor

Nuno Martinho

Departamento de Engenharia na MAHLE
Componentes de Motores S.A.

Coimbra, fevereiro 2021

Agradecimentos

A realização do relatório aqui apresentado só foi possível graças ao apoio que recebi de algumas pessoas, quer na MAHLE Componentes de Motores S.A., quer no Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, a estas faço questão de agradecer:

Ao meu orientador Nuno Martinho, engenheiro na MAHLE, pela confiança, disponibilidade e por todo o acompanhamento prestado durante todo o período de estágio e na elaboração deste trabalho. Queria também aproveitar para agradecer a toda a equipa de Engenharia por todas as explicações, acompanhamento prestado durante o estágio, por todas as informações transmitidas e ajuda prestada dentro da área produtiva da fábrica.

A todos os operadores e colaboradores pela paciência empregue na explicação dos processos de produção e ajuda prestada no levantamento de dados.

Ao Professor José Martinho por toda a compreensão, paciência, ajuda disponibilizada e dedicação prestada durante esta fase.

Ao Professor José Manuel Torres Farinha pelas dicas e pelas diversas opções de estágio fornecidas numa fase inicial.

Resumo

A otimização de processos fabris tem sido um dos grandes objetivos das organizações e é com base em estudos necessários para atingir esse fim que este relatório de estágio foi desenvolvido. A diminuição de resíduos provenientes de processos industriais, o decréscimo dos custos adjacentes à produção e o melhoramento dos tempos/processos de fabrico, são alguns dos objetivos a atingir.

É sobre este último parâmetro que o trabalho de estágio aqui relatado incidiu, desenvolvido na MAHLE, empresa produtora de componentes para o setor automóvel. Numa primeira fase do estágio descrito neste relatório, foi efetuado o levantamento de dados nos postos de trabalho e células de produção, cronometrando o tempo do ciclo produtivo do material em questão. O estudo estendeu-se a toda a área produtiva da organização, tendo como alvo principal os elementos cuja procura é superior, os designados “big runners”. Após o seu levantamento, os dados foram analisados e, tendo em conta as necessidades, estes foram usados em cálculos de capacidade. Numa segunda fase foi aplicado um estudo de Métodos e Tempos a duas máquinas Retificadoras de Perfil que seriam adaptadas para desenvolver outras funções. Com estas modificações é expectável obter um incremento de produtividade graças à automatização do processo e uma diminuição da ocorrência de lesões musculares.

Deste modo, o presente documento tem como objetivo analisar os tempos de processamento dos diversos processos produtivos da empresa, que parâmetros influenciam os mesmos e como pode ser implementado um estudo de Métodos e Tempos. A avaliação de novos postos de trabalho com recurso a documentos específicos para levantamento de valores, a análise de indicadores e o estudo da produtividade vieram confirmar que a passagem para operações realizadas de forma automática irá levar a melhores resultados a nível produtivo, anulando assim o desgaste sentido pelo operador e a possibilidade de lesões da parte do mesmo. Para efetuar a implementação destes novos postos de trabalho foi necessária a elaboração de Métodos de Trabalho Padronizados (MTP) e de manuais de formação para os operadores encarregues da realização da operação.

Palavras chave: Otimização; métodos de medida; tempos; cronometragem; produtividade.

Abstract

The optimization of manufacturing processes has been one of the major objectives of organizations and it is based on the studies necessary to achieve this end that this internship report was developed. The reduction of waste from industrial processes, the decrease in costs adjacent to production and the improvement of manufacturing times / processes, are some of the objectives to be achieved.

It is on this last parameter that the internship work reported here focused on, developed at MAHLE, a company that produces components for the automotive sector. In a first phase of the internship described in this report, data were collected at workstations and production cells, timing the production cycle of the material in question. The study was extended to the entire productive area of the organization, having as main target the elements whose demand is higher, the so-called “big runners”. After its survey, the data were analyzed and, taking into account the needs, these were used in capacity calculations. In a second phase, a study of Methods and Times was applied to two Profile Grinding machines that would be adapted to develop other functions. With these changes it is expected to obtain an increase in productivity thanks to the automation of the process and a reduction in the occurrence of muscle injuries.

Thus, this document aims to analyze the processing times of the company's various production processes, what parameters influence them and how a study of Methods and Times can be implemented. The evaluation of new jobs using specific documents to collect values, the analysis of indicators and the study of productivity confirmed that the transition to operations carried out automatically will lead to better results at the productive level, thus eliminating wear and tear and the possibility of injury to the operator. In order to implement these new jobs, it was necessary to elaborate Standardized Work Methods (MTP) and training manuals for operators in charge of the operation.

Keywords: Optimization; measurement methods; times; timing; productivity.

Índice

Agradecimentos	i
Resumo	ii
Abstract.....	iii
Índice	iv
Índice de figuras	vii
Índice de tabelas	viii
Lista de abreviaturas	ix
1. Introdução	1
1.1 Motivação e objetivos.....	1
1.2 Estrutura do Relatório.....	2
2. Enquadramento teórico do tema	5
2.1 A evolução das filosofias de estudo de métodos e tempos.....	5
2.2 O Taylorismo.....	5
2.3 Frank and Lillian Gilbreth – A otimização e padronização dos movimentos	9
2.4 Alternativas ao Taylorismo	10
2.4.1 O sistema de produção desenvolvido pela Toyota – Toyota Production System (TPS)	10
2.4.2 Diferenças entre o Taylorismo tradicional e o sistema TPS aplicado a uma empresa do ramo automóvel	11
2.5 Metodologias de Estudo de Métodos e Tempos.....	16
2.5.1 Métodos de predeterminação de tempos (PMTS)	17
2.5.2 Método da Cronometragem	20
3. Apresentação do Grupo MAHLE	23
3.1 A MAHLE no mundo	23
3.2 Divisão do Grupo tendo em conta os processos e produtos fabricados.....	24
3.3 MAHLE 2030	26
3.4 O Sistema de Produção MAHLE (MPS).....	28
3.4.1 Pilares principais do MPS.....	30
3.4.2 Implementação do MPS – Caso de sucesso da fábrica Shenyang.....	32
3.5 MAHLE Componentes de Motores S.A. – Portugal	34
3.5.1 O produto fabricado em Portugal: Anel de pistão	35
3.5.2 Rota de fabrico ou Processo produtivo	37
3.5.3 Rota de fabrico – Principais operações.....	39
4. Recolha de Métodos e Tempos na MAHLE Componentes de Motores S.A.	41
4.1 Aplicação da Norma Interna MAHLE – Manual de Estudos e Métodos e Tempos – como guião para o levantamento de valores.....	41

4.1.1 Manual de implementação de um estudo de Cronoanálise.....	41
4.1.2 Metodologia a seguir num estudo de Métodos e Tempos	42
4.2 Template Run & Rate – Ferramenta de levantamento de tempos	45
4.3 Principais parâmetros intervenientes no tempo de ciclo	48
4.4 Organização dos valores retirados e atualização de valores considerados padrão	51
5. Estudo da introdução das Retificadoras de Perfil para realização das operações automáticas de Escovamento e Lixamento.....	55
5.1 Operações manuais de Escovamento externo e Lixamento cruzado	55
5.2 Operações automáticas de Escovamento externo e Lixamento cruzado	56
5.2.1 Escovamento externo dos anéis: RPF -12	56
5.2.2 Lixamento cruzado dos anéis: RPF-03.....	58
5.3 Análise da produtividade e eficiência.....	60
5.4 Criação de um MTP – Método de Trabalho Padronizado	66
5.6 Criação de manuais de Formação	67
6. Conclusões.....	69
7. Referências bibliográficas	71
8. Anexos.....	75

Índice de figuras

Figura 1- Diversas ideologias de otimização de produtividade e seu enquadramento temporal	5
Figura 2- A montagem de um Ford Model T após a intervenção de Frederick Taylor	8
Figura 3- Exemplo de um gráfico de decomposição de uma tarefa desenvolvido pelos Gilbreth's	9
Figura 4 Exemplo de produtos produzidos na MAHLE BU1 (bielas e anéis de pistão)	24
Figura 5- Sistemas de filtragem fabricados nas unidades BU2	25
Figura 6- Exemplo dos sistemas de gestão térmica em baterias desenvolvidos na MAHLE BU3	26
Figura 7- Representação da estratégia dupla seguida pelo grupo	28
Figura 8- Principais pilares do sistema MPS implementado nas fábricas do Grupo (fonte: MAHLE Componentes de Motores S.A.)	30
Figura 9- Nomenclatura dos diversos parâmetros num anel de pistão	36
Figura 10- Diversos tipos de anéis fabricados na MAHLE Componentes de Motores S.A.	36
Figura 11 Exemplo de anéis de pistão e os seus diversos parâmetros	37
Figura 12- Rota de fabrico do anel referência 098532120F (BMW)	38
Figura 13- Template de recolha de tempos usado na MAHLE	45
Figura 14 - Informações essenciais sobre o procedimento geral	46
Figura 15 - Condições de trabalho nas quais foi efetuado o levantamento de valores	47
Figura 16 - Campo disponível para a anotação das paragens de funcionamento	47
Figura 17- Dados referentes ao processo produtivo analisado	48
Figura 18- Campo relativo às informações importantes que foram observadas	48
Figura 19- Exemplo da geometria de um rebolo retificador (esquerda) e exemplo do funcionamento e constituição do mesmo (direita)	50
Figura 20- Deslocamentos efetuados pelo operador nas operações manuais de escovamento e lixamento cruzado	55
Figura 21- Máquinas Retificadoras de Perfil modificadas para as operações de escovamento e lixamento	56
Figura 22- Máquina Retificadora de Perfil nº12	57
Figura 23- Escova abrasiva já montada na RPF-12 (esquerda) e um exemplo de uma escova abrasiva com fibras de Nylon (direita)	57
Figura 24- Máquina Retificadora de Perfil nº 03	58
Figura 25-Anel a efetuar a operação de lixamento manual	59
Figura 26- Cabeçote LOESER montado na RPF-03, onde irá ser efetuado o lixamento automático	59
Figura 27- Deslocamentos efetuados pelo operador nas operações de escovamento externo e lixamento cruzado automáticas	60
Figura 28 - Comparação de tempos entre as operações realizadas de forma automática e de forma manual	64
Figura 29- Exemplo de um MTP	66
Figura 30- Excerto do Manual de Formação para a operação de Escovamento Automático	67
Figura 31- Painel de controlo FANUC (esquerda) e Painel auxiliar (direita)	68

Índice de tabelas

Tabela 1 - Representação dos resultados obtidos na fábrica da MAHLE em Shenyang.....	34
Tabela 2- Intervalo de diâmetros nos anéis produzidos	37
Tabela 3 - Principais parâmetros sobre os quais o operador atua durante a fabricação de uma peça.....	49
Tabela 4- Número de referências de anéis por linha e número de operações a que estes estão sujeitos.....	52
Tabela 5- Folha de cálculo desenvolvida para o anel referência 098532120F.....	53
Tabela 6 - Alteração de valores considerados padrão	54
Tabela 7- Análise de produção, de produtividade e da eficiência dos equipamentos automáticos	60
Tabela 8- Comparação dos tempos entre as operações manuais e automáticas	62

Lista de abreviaturas

BU1 – Business Unit 1
BU2 – Business Unit 2
BU3 – Business Unit 3
ESE – Escovadora Externa
ESI – Escovadora Interna
ESL – Escovadora Lateral
FEC – Fechadora
FFCC – Ferro Fundido Compressão com Cobertura
FFOC – Ferro Fundido Óleo com Cobertura
FIFO – First In First Out
GM – Genereal Motors
HVAC – Heating, Ventaliting and Air Conditioning
JIT – Just In Time
KPI – Key Performance Indicator
LAP – Lapidação/Lapidadora
LX/LIX – Lixadora/Lixamento
MPS – MAHLE Production System
MPS – MAHLE Production System
MTM – Method Time Measurement
MTP – Método de Trabalho Padronizado
NUMMI – New United Motor Manufacturing, Inc
OEE – Overall Equipment Effectiveness/Eficiency
PMTS – Predetermined Motion Time System
PVD – Physical Vapor Deposition
RPF – Retificadora de Perfil
RPM – Rotações por Minuto
RSR – Retificadora de Anel Único
SFM – Shop Floor Management
SMED – Single Minute Exchange of Die
TMU – Time Measurement Unit
TOP – Retificadora de Topo
TPM – Total Productive Maintenance
TPS – Toyota Production System
UAS – Universal Analysis System

1. Introdução

1.1 Motivação e objetivos

A produção representa o núcleo de todas as empresas industriais, sendo o planeamento e controlo da mesma um fator decisivo para o seu sucesso. A sempre crescente necessidade de otimização de sistemas industriais com o intuito de aumentar a performance, diminuir resíduos de produção e tempos de processamento, leva à atualização e à implementação de métodos de análise do trabalho.

É com base nesta procura constante por melhoramentos ao nível da eficiência organizacional, que foi desenvolvido o trabalho aqui apresentado e é com base nessa filosofia que foram aplicados os métodos aqui descritos. O estágio sobre o qual foi efetuado o relatório apresentado ao longo das páginas que se seguem está enquadrado na temática análise de Métodos e Tempos, tendo como principal enfoque os processos produtivos dentro de uma organização e qual o tempo dispendido em cada um deles. Este é o estudo sistemático dos sistemas de trabalho e tem como objetivos: o desenvolvimento de um método ideal, usualmente o que garante melhores resultados com o menor custo, a padronização desse método pelas diversas áreas da organização, a determinação do tempo gasto por um colaborador qualificado a trabalhar a um ritmo normal na realização de uma tarefa e a orientação do treino dos intervenientes de acordo com o método definido (MAHLE ,2006).

Este levantamento de dados fornece o tempo gasto no processo produtivo, permitindo à organização calcular o tempo necessário para a realização de uma encomenda. No entanto, um estudo de Métodos e Tempos não serve só para verificar o tempo que uma certa operação demora a ser realizada. Este pode também ser aplicado com o intuito de verificar a viabilidade de implementação de novos produtos ou processos de fabrico, como está representado no capítulo 5.

O estágio em questão realizou-se na MAHLE Componentes de Motores S.A., tendo sido iniciado a dia 1 de outubro e dado por terminado a 31 de julho. Este teve como intuito a obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial pelo Instituto Superior de Engenharia de Coimbra. O núcleo do mesmo foi o estudo dos tempos de ciclo nas várias linhas de produção dentro da empresa, a análise dos métodos de trabalho implementados e a implementar, da produtividade e de certos indicadores para avaliação da eficiência de novos equipamentos a implementar nas linhas de produção. Após o seu levantamento, estes dados foram analisados, comparados com valores anteriores e usados para cálculos de capacidade e para estimativas de tempos de processamento. O levantamento de dados estendeu-se a toda a área produtiva dentro da organização e seguiu a mesma direção da rota de fabrico recebida pelos operadores antes de iniciar o fabrico dos componentes. Devido à sua natureza, certas operações tiveram mais peso do que outras, sendo que estas levam a maiores tempos de ciclo ou representam passos fulcrais dentro da sequência produtiva e que não podem ser modificados.

Através do levantamento de dados relativos aos tempos de ciclo uma empresa pretende atingir os seguintes objetivos:

- atualização e padronização de um método de trabalho;
- padronização de valores para tempos de processamento;
- uso de valores retirados, que foram posteriormente verificados, e aplicação dos mesmos em cálculos de capacidade e estimativas de tempos de produção.

Para além dos objetivos referidos acima, um estudo de Métodos e Tempos também pode avaliar o impacto aquando da implementação de novos processos de fabrico. No caso do estágio aqui mencionado, os novos processos são representados pelas operações de escovamento e lixamento em Retificadoras de Perfil (RPF) que foram modificadas com o intuito de realizar estas tarefas de forma automática. Para tal, é necessário avaliar o esforço efetuado pelo operador na realização das operações manuais existentes e nas automáticas a implementar (efetuadas nas Retificadoras), as diferenças nos tempos de processamentos, a variação de produtividade e o nível de eficiência entre os diversos procedimentos. O Método de Trabalho Padronizado e os manuais de formação desenvolvidos servem como guia para que o operador possa consultar os passos a seguir e os parâmetros a cumprir.

1.2 Estrutura do Relatório

Estando dividido em 6 Capítulos, este relatório inicia-se com um enquadramento teórico - capítulo 2 - onde é apresentado o tema, a história e os desenvolvimentos do mesmo. É aqui também que é efetuado o levantamento de informação teórica sobre o estudo de Métodos e Tempos, desde as suas origens até aos sistemas aplicados nos dias de hoje. As diversas metodologias, desde o Taylorismo até ao sistema de produção desenvolvido pela Toyota (TPS), passando pelo estudo dos movimentos iniciado pelo casal Gilbreth, são explorados neste capítulo. Para além do acima referido, são introduzidos os principais conceitos atuais de levantamento de tempos, quer seja através de métodos de predeterminação de tempos, quer seja através de cronometragens e da posterior análise dos valores retirados.

De seguida é efetuada a apresentação do grupo MAHLE, das suas ideologias e subdivisões. A MAHLE Componentes de Motores S.A. também é exposta nesta fase, realçando o produto fabricado e os diversos passos que levam à obtenção desse produto. No sub-capítulo 3.4 é introduzido o sistema de produção MAHLE (MPS, MAHLE Production System), que abrange toda a organização, e os seus princípios. É também dado o exemplo da planta chinesa de Shenyang, onde foi aplicado este sistema de produção tendo sido obtido um feedback bastante positivo.

No capítulo 4 dá-se início à apresentação das ações efetuadas durante o estágio curricular, começando pela aplicação de uma norma interna ao Grupo e que se relaciona diretamente com a temática deste relatório, tendo sido aplicados alguns dos conceitos que esta engloba no levantamento de valores. O método aplicado para esta recolha e abrangência que um estudo de cronoanálise apresenta também estão descritos neste capítulo. A metodologia, as ferramentas aplicadas na tomada de tempos operacionais e quais os principais parâmetros que irão ditar o tempo final também se encontram aqui explicadas. No sub-capítulo 4.5 é apresentada a planinha operacional, desenvolvida durante o estágio, e onde se encontra a designação do material, a operação a realizar, o nome e número da máquina onde esta se realiza, o número de anéis por ciclo e o tempo do mesmo.

No capítulo 5 é apresentada a segunda fase prática efetuada durante o estágio. A adaptação de duas máquinas Retificadoras de Perfil levou a que fosse necessário criar um método de trabalho para as mesmas, desenvolver manuais de formação dos operadores, estudar os layouts implementados e os layouts a implementar e avaliar produtividades entre as diversas operações. Este estudo serviu como base que irá levar à aprovação ou rejeição destas novas alterações. As conclusões, apresentadas no capítulo 6, representam o somatório de todas as conclusões retiradas ao longo do estágio. Aqui são discutidas ideologias presentes no enquadramento teórico, os valores levantados ao longo do estágio e qual o impacto que um estudo de Métodos e Tempos tem numa organização. No final são apresentadas as referências bibliográficas que

permitiram a construção deste relatório e os anexos que neste caso contém os manuais de formação para as operações mencionadas no capítulo 5.

2. Enquadramento teórico do tema

2.1 A evolução das filosofias de estudo de métodos e tempos

Um dos grandes dilemas do mundo empresarial sempre foi o aumento da produtividade de uma empresa. Que estratégias adotar? Que melhorias a efetuar? Que passos a seguir? O Estudo do Trabalho (também referido como “Métodos e Tempos”) veio colmatar as lacunas que existiam, analisando o modo como são realizadas as ações, questionando métodos e processos e medindo o tempo de forma a estabelecer padrões.

Através da figura 1 é possível perceber a evolução das metodologias de otimização do trabalho efetuado, tendo em vista o aumento da produtividade individual e da eficiência da organização:

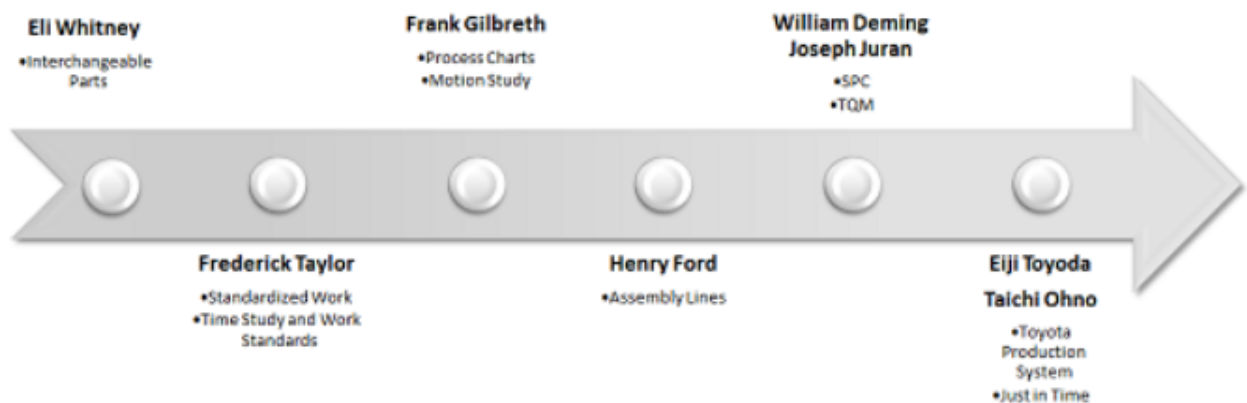


Figura 1- Diversas ideologias de otimização de produtividade e seu enquadramento temporal

2.2 O Taylorismo

Frederick Winslow Taylor, considerado como o pai da administração do trabalho fabril, foi um dos principais precursores de avanços na área da engenharia e gestão industrial. Especializado na área de métodos e tempos, efetuou grandes modificações no modo de produção fabril que vieram mais tarde a dar origem a sistemas de estudo como a cronoanálise (Anis, 2010). Começou a trabalhar numa grande metalúrgica localizada em Filadélfia, Estados Unidos da América, onde deu os primeiros passos no entendimento dos processos de conformação e fabricação de aço. Taylor apercebeu-se que era possível dividir as tarefas realizadas pelos operadores em operações mais simples, com um certo tempo de execução que os operadores teriam de cumprir. Em 1909 publicou o que viria a ser um dos seus maiores contributos, tendo sido designado por “The Principles of Scientific Management”, onde propunha que a decomposição e otimização dos métodos de trabalho iria levar a aumentos de produtividade. Um estudo baseado na forma como os processos eram realizados e como poderiam ser melhorados para benefício do colaborador e da organização.

É possível então afirmar que Frederick Winslow Taylor pretendia atingir dois objetivos ao efetuar o estudo de uma certa tarefa industrial:

- eliminar qualquer elemento ou movimento desnecessário para a realização da mesma;
- determinar o método de trabalho mais eficiente para a sua execução.

Nasceu assim o estudo de métodos e tempos e, sem noção do sucedido, viria a dar origem a um movimento que viria mais tarde a chamar-se “Taylorismo”, desempenhando um papel fulcral na segunda fase da revolução industrial.

A divisão de uma certa operação nas suas diversas fases rapidamente se demonstrou vantajosa, trazendo benefícios diversos, dos quais podem ser destacados:

- obtenção de uma melhor descrição do método a ser cronometrado;
- ao dividir uma operação nos diversos constituintes é possível perceber quais são os que causam maiores perdas de tempo. Este maior entendimento do processo fabril leva a uma melhor identificação de gargalos na organização;
- como todos os passos serão realçados, é possível verificar se o colaborador se encontra sujeito a um esforço excessivo ou não;
- o detalhe envolvido neste processo irá indicar, ou não, a necessidade de atualizar o método de trabalho escolhido.

Para perceber qual a razão que levou à enorme popularidade deste método, prolongando-se até aos dias de hoje, é necessário efetuar a decomposição do mesmo.

Para começar, o Taylorismo foca-se na operação em curso e não na fábrica como um todo. Assim, contrariamente a outras teorias que analisam organização como uma unidade coesa em que tudo se encontra interligado, Frederick Taylor decompõe as operações nos seus diversos passos, tornando a sua análise muito mais simples e com um nível de detalhe superior.

Graças a este percurso Taylor adquiriu conhecimentos práticos sobre o funcionamento de uma linha de processamento e montagem, algo que os administradores da altura não possuíam devido ao distanciamento entre eles e os trabalhadores. Contrariamente às restantes teorias formuladas nesta área, maioritariamente focadas na biologia do ser humano e nas ciências sociais, a teoria desenvolvida por Taylor é vigorosamente focada na área da engenharia e da física, decompondo operações ao pormenor, percebendo sempre o porquê de se realizarem e o seu papel no processo fabril. Frederick Winslow Taylor acreditava que o esforço excessivo a que os colaboradores estavam sujeitos era prejudicial para a organização, levando a uma diminuição de produtividade. Na sua mente, a otimização dos métodos de trabalho era a forma correta de melhorar os resultados obtidos e de manter a força laboral a trabalhar no seu melhor.

Como forma de garantir o entusiasmo dos operadores, Taylor implementou uma medida de “recebimento por peça”, onde os trabalhadores receberiam um aumento no salário tendo em conta as peças produzidas dentro do tempo requerido. Algo que foi muito bem recebido visto que até agora a única motivação que estes tinham era a de continuarem empregados.

O movimento iniciado por Taylor seguia quatro princípios base, sendo estes:

- Renovação de antigos métodos de avaliação do trabalho realizado, com a introdução de métodos científicos com o objetivo de otimizar a eficiência da organização.
- Ajustar o trabalho ao trabalhador, ou seja, em vez de distribuir os colaboradores sem planeamento prévio, deve ser efetuado um levantamento de dados para perceber quais os que melhor se adequam a certos processos, tendo como base a sua capacidade motora e motivação. Estes devem depois ser treinados para otimizar a tarefa que realizam.

- Após a implementação do método de trabalho mais eficaz, deve ser efetuada uma monitorização do mesmo, disponibilizando oportunidades de melhoria. As queixas ou sugestões dos colaboradores também devem ser registadas e avaliadas.
- O trabalho deve ser distribuído entre trabalhadores e supervisores, garantindo que o fluxo de processamento está otimizado.

Durante o século 20, diversas teorias foram desenvolvidas por Frederick Winslow Taylor com o intuito de melhorar a gestão e eficiência das empresas, levando a alterações profundas na sua estrutura organizacional.

Coincidentemente, foi nesta altura que Henry Ford deu início ao desenvolvimento dos automóveis que idealizou, estes viriam a ser denominados alfabeticamente de A a S. De todos os automóveis que produzidos pela Ford nesse período, o Model T foi o de maior sucesso. Implementando as teorias de gestão científica desenvolvidas por Taylor e dando especial atenção aos métodos e tempos adjacentes às operações, a Ford Motor Company produziu cerca de quinze milhões destes veículos entre 1908 e 1927. Os baixos custos de produção levaram a que o preço final do produto fosse inferior ao da concorrência, permitindo alcançar o objetivo de Henry Ford, a criação de um veículo que apelasse às massas (Saylor.org Academy, 2013).

A montagem de automóveis nos dias que correm é um processo altamente automatizado, sendo grande parte da instalação feita através de robots, facto que se torna mais evidente quando analisamos a montagem de painéis de carroceria numa viatura. No entanto, aquando da fundação da Ford Motor Company, a grande maioria dos processos eram feitos manualmente. Contrariamente ao que é efetuado hoje em dia, naquela altura o chassis estava fixo e eram os operadores que efetuavam as diversas operações de montagem, sendo necessária uma equipa de colaboradores para a montagem de cada automóvel. Estas variáveis tornavam o processo extremamente demorado e dispendioso, não sendo uma opção viável para Henry Ford atingir os seus objetivos. É aí que o seu caminho se cruza com o de Frederick Winslow Taylor, acabando por contratá-lo com o intuito de desenvolver um sistema mais eficiente e de menor custo.

O Taylorismo tem como base o pressuposto que a produtividade irá aumentar quando os colaboradores passarem a desempenhar tarefas que melhor se adequem às suas capacidades, como tal, Taylor aplicou as seguintes medidas à linha de produção da Ford Motor Company:

- A documentação das partes necessárias para a construção de um automóvel e a sua divisão por tamanhos. Foi indicado que as de maior dimensão ficassem estacionárias, ao passo que as mais pequenas seriam transportadas após requisição das mesmas. Apesar de ter levado a uma grande diminuição do tempo despendido no processo de produção, esta medida não era suficiente para concretizar os objetivos de Henry Ford.
- A emissão da ordem para que a carroceria do veículo fosse transportada pelas várias estações de montagem, ficando os operadores estacionários e divididos por células. Após a passagem por uma certa estação, os operadores responsáveis pela próxima fase tinham de transportar a viatura até ao seu local de trabalho, onde seriam efetuadas as operações necessárias. Este processo repetir-se-ia até a montagem estar completa (Saylor Academy, 2013).

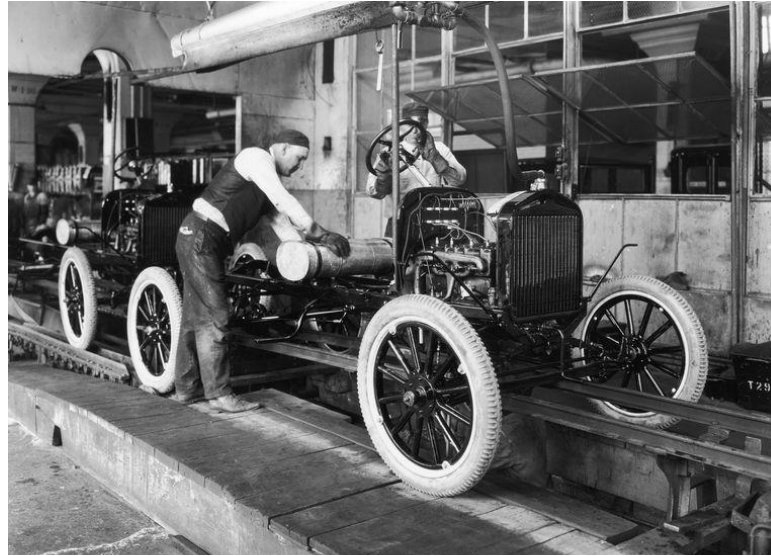


Figura 2- A montagem de um Ford Model T após a intervenção de Frederick Taylor

Após a implementação das medidas referidas (figura 2), Ford reparou que a colocação de ferramentas também poderia ser melhorada, levando a menores tempos de procura e, conseqüente, a um menor tempo de produção. Em 1913, apenas dez anos após o nascimento da Ford Motor Company, Henry Ford conseguiu diminuir o tempo de produção do Ford Model T de cerca de doze horas para noventa e três minutos, diminuindo também o custo total.

Henry Ford rapidamente percebeu que medidas que levem a reduções drásticas nos custos permitirão um menor preço final e, por consequência, a um aumento das vendas e da cota de mercado. Após a implementação das medidas desenvolvidas por Taylor e das ideologias defendidas por Ford, foram alcançados objetivos que mudaram para sempre o paradigma da industrial automóvel:

- Otimização das linhas de produção, garantindo que o fluxo produtivo seguiu sem interferências, a elevada velocidade e com uma diminuição dos custos adjacentes face às propostas implementadas anteriormente.
- Criação de um automóvel que até um operário fabril poderia adquirir, algo inédito naqueles tempos e que levou à venda de cerca de dez milhões de viaturas num período de dezasseis anos.
- O aumento do salário dos seus colaboradores de 2,83 dólares por nove horas de trabalho para 5,00 dólares por oito horas. Isto levou a um aumento da satisfação dos mesmos, a um melhor ambiente dentro da organização e a um incremento de potenciais clientes.

2.3 Frank and Lillian Gilbreth – A otimização e padronização dos movimentos

Nascido a sete de julho de 1868, Frank Bunker Gilbreth, rapidamente se tornou um discípulo de Frederick W. Taylor. A sua mulher, Lillian Gilbreth, seguiu as pisadas do marido, tornando-se uma ávida defensora dos direitos dos trabalhadores e de um sistema de melhoria contínua com o intuito de aumentar a produtividade.

O casal por vezes era considerado não só promotor do Taylorismo, mas também um competidor. Isto deve-se às diferentes perspetivas no que toca ao trabalho e ao trabalhador, sendo o estudo de Taylor mais relacionado com o tempo e a possível otimização do mesmo, e os desenvolvimentos levados a cabo pelo casal mais relacionados com a redução dos movimentos necessários na realização de uma tarefa (Scientific Management 101, 2020). O casal defendia a consistência e regulação de processos de fabrico dentro da organização, dando especial ênfase à eficiência global da mesma. Uma das principais ideologias defendidas por Frank e Lillian era a padronização de um método de trabalho que tenha demonstrado resultados positivos após a sua implementação, ou seja, quando é encontrada a forma mais eficiente de realização de uma tarefa, esta deve ser difundida por toda a organização. O trabalho realizado pelo casal nos anos 1920 e 1930 provou que ao reduzir o número de movimentos a realizar pelo operador, é possível obter resultados mais eficientes. Isto é algo que faz todo o sentido, pois ao diminuir o número de tarefas necessárias, diminuímos a probabilidade de ocorrência de erros durante o processo. Uma das experiências mais conhecidas realizadas por Frank e Lillian consistia na redução dos movimentos de colocação de um tijolo numa parede/muro de dezoito para cerca de cinco, diminuindo a fadiga do trabalhador e consequentemente o tempo gasto na operação (BMJ Journals, 2016).

A criação de gráficos e de diagramas para a decomposição de uma tarefa nas suas diversas operações foi uma das formas de análise desenvolvida pelos Gilbreth's. Assim, era possível identificar os passos a efetuar e estudar formas de otimização dos mesmos. Na figura 3 está representado um exemplo deste gráfico, desenvolvido pelo casal e aplicado na montagem de material de origem militar:

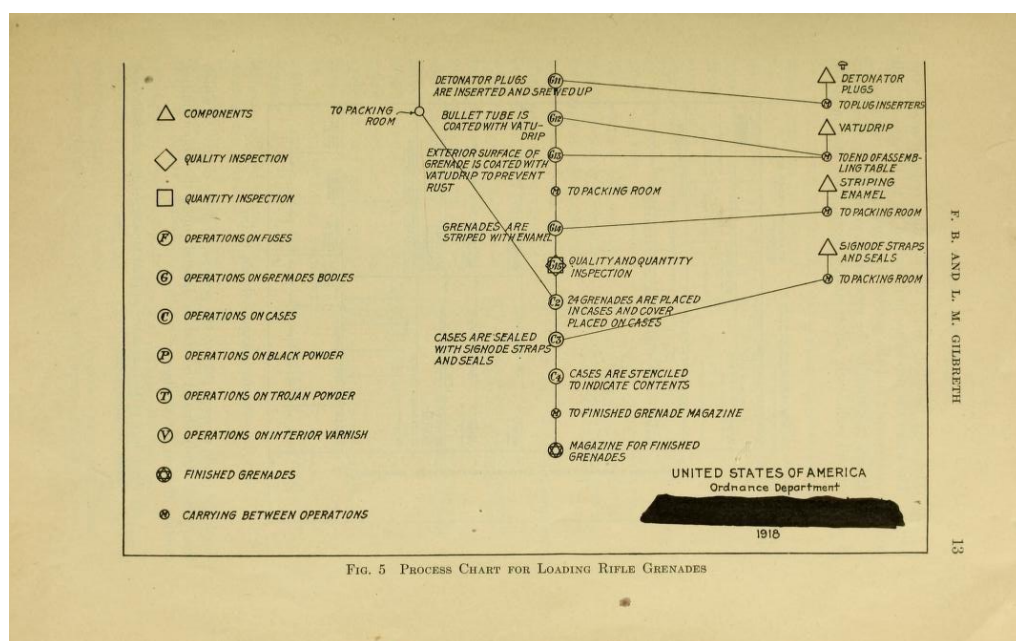


Figura 3- Exemplo de um gráfico de decomposição de uma tarefa desenvolvido pelos Gilbreth's

Ao desenvolver a sua teoria de gestão organizacional, o casal baseou-se em três pontos fundamentais:

- **Redução do número de movimentos de uma certa tarefa**

Ao decompor uma tarefa nas suas diversas fases e ao analisar os objetos necessários para a realização da mesma, foi possível diferenciar as operações fundamentais, daquelas que podiam ser removidas.

- **Focalização na relação: movimento a realizar / tempo gasto no mesmo**

Dada a sua formação em engenharia, Frank e Lillian estudaram de perto as diversas operações que estavam a ser realizadas de forma a obter o método mais eficaz para a realização das mesmas. A abordagem científica do casal permitiu analisar os problemas de uma forma que até agora não tinha sido pensada, uma vez que as teorias formuladas anteriormente teriam como base a psicologia e não a ciência/engenharia.

- **A relação entre lucros, satisfação dos colaboradores e eficiência**

O objetivo principal dentro de qualquer organização deve ser o aumento da eficiência individual, por conseguinte, isto irá levar ao aumento da eficiência global. Um nível de satisfação superior dentro da força laboral irá conduzir a um melhor ambiente dentro da organização, facilitando a obtenção de resultados positivos.

2.4 Alternativas ao Taylorismo

2.4.1 O sistema de produção desenvolvido pela Toyota – Toyota Production System (TPS)

O Taylorismo já provou ter diversas vantagens associadas, no entanto, isto não implica que seja o único sistema de melhoramento da eficiência a um nível fabril. Existem aqueles que acreditam que a uniformização representa o fim da criatividade e que uma política baseada somente em métodos e tempos irá comprometer o melhoramento contínuo, sendo o conhecimento reprimido pela hierarquização. O homem é assim considerado uma extensão da máquina e não um “ser social” capaz de gerar melhoramentos de valor no sistema existente.

Estes fatores tornam-se ainda mais relevantes quando consideramos o conceito de sistema de produção mais popular a nível global, o Toyota Production System ou TPS. A sua abordagem baseada na implementação de uma filosofia Lean e Just In Time, em que os componentes apenas são produzidos na hora certa, na quantidade requisitada pelo cliente e em que apenas estará em stock a matéria prima necessária para satisfazer cada encomenda. Os conhecimentos subentendidos no TPS podem ser agrupados em quatro regras que irão reger o design, a operação em causa e os possíveis melhoramentos para todas as atividades de cada produto ou serviço, sendo estas (Spear *et al*, 1999):

- Todo o trabalho deve ser altamente especificado de acordo com o seu conteúdo, parâmetros específicos, sequência a seguir e resultados esperados. Por exemplo, na montagem de um banco num automóvel na fábrica da Toyota, quer a ordem de aperto dos parafusos, quer o número de rotações necessárias, quer o binário necessário para garantir o aperto, são padronizados de forma a criar uma metodologia a seguir.

- A troca de informação com o cliente deve ser direta, de forma a obter respostas como “Sim” ou “Não”, facilitando o diálogo e o entendimento entre as duas partes.
- O processo de fabrico deve ser simples, direto e de fácil compreensão para todas as partes intervenientes.
- Qualquer melhoramento, por muito grande ou pequeno que seja, deve ser feito com a supervisão de alguém mais experiente dentro da organização de forma a diminuir a probabilidade de ocorrência de erros.

O uso de cartões Kanban, um cartão onde está definida a operação a ser realizada, o material e a pessoa responsável, servindo como referência visual para o progresso das tarefas em andamento, e a implementação de Círculos de Qualidade ou Círculos Kaizen, que tem como objetivo englobar todos os colaboradores no processo de melhoria contínua, gerando assim mais ideias englobadas no conceito de melhoria contínua, já se encontram implementados em organizações de todos os ramos (Pires, 2014). A aplicação destas duas metodologias, que são parte integrante do sistema de produção da Toyota, vieram revolucionar o mundo empresarial, tendo como principal pilar a redução de custos através da eliminação de desperdícios e a implementação do conceito de melhoria contínua. Como tal, ao implementarem sistemas baseados no TPS, as empresas conseguem diminuir resíduos e perdas, aumentando assim a sua produtividade e vantagem competitiva face aos concorrentes (Jörn-Henrik Thun *et al*, 2010).

O TPS engloba então duas abordagens principais:

- A implementação de uma metodologia Just In Time (JIT), o que leva a menores custos de stock/armazenamento, de produção e consequente a um aumento da eficiência da empresa.
- O grande respeito pelo ser humano e pelo seu papel no processo produtivo. Isto significa que todos os movimentos realizados pelo operador devem acrescentar valor ao produto a produzir, dando maior liberdade ao mesmo para atuar sobre o processo e gerar possíveis melhoramentos.

A aplicação deste sistema tem como principais objetivos:

- Eliminação de desperdícios, quer em processos produtivos e administrativos, quer em manutenção de máquinas e equipamentos.
- A melhoria deve ser transversal a todos os postos de trabalho, desde o “chão de fábrica” ou zona de produção até à administração de topo.
- Aumento da preocupação com o bem-estar e satisfação dos colaboradores enquanto realizam as suas tarefas, levando a um aumento de produção e possivelmente de qualidade.
- O aumento da produtividade com custos adjacentes mínimos devido à otimização dos métodos de trabalho e à diminuição dos desperdícios.

2.4.2 Diferenças entre o Taylorismo tradicional e o sistema TPS aplicado a uma empresa do ramo automóvel

Um exemplo claro da implementação do sistema TPS é fusão da Toyota com a General Motors, dando origem à New United Motor Manufacturing, Inc. ou NUMMI, localizada em Fremont na Califórnia, numa antiga fábrica de montagem de modelos como o Chevrolet Malibu ou Century. O objetivo desta planta era a produção de uma versão do Toyota Corolla que iria ser vendida sob a designação de Chevrolet Nova, sendo que a GM trataria das vendas e marketing, deixando o sistema de produção, o design e a montagem ao encargo da marca japonesa. Os dois gigantes

da indústria automóvel tinham objetivos complementares. A General Motors queria melhorar o seu sistema de produção e as linhas de montagem, absorvendo assim todos os conhecimentos que a marca japonesa adquiriu ao longo de décadas de alta eficiência no mundo automóvel. A Toyota queria difundir o seu método de trabalho, aumentando a produção de veículos nos Estados Unidos da América e, para tal, necessitava de informações sobre as cadeias de distribuição e fornecedores existentes (Adler, 1993).

Apesar de ambos os métodos referidos anteriormente terem o intuito de aumentar a eficiência e produtividade de uma empresa, existem diversas diferenças entre eles, destacando-se:

- A alteração de mentalidades adjacente ao passar dos tempos, algo visível se tivermos em conta que Frederick Taylor faleceu cerca de trinta e cinco anos antes do desenvolvimento dos primeiros passos do sistema de produção da Toyota. Este fator torna-se de grande importância se considerarmos todos os desenvolvimentos que ocorreram na indústria (especialmente automóvel) após o desenvolvimento das primeiras linhas de produção.
- A padronização de sistemas versus a existência de uma mentalidade disponível para melhorias e novas alterações. O Taylorismo defende que os sistemas devem ser padronizados e as suas tarefas fixas, diminuindo assim a probabilidade de ocorrência de erros. No entanto, a capacidade que o operador tem para desenvolver novas ideias de melhoria é estrangulada pela necessidade de normalizar as atividades. Por norma, sistemas baseados no TPS apresentam planos de melhoria contínua onde os operadores podem dar ideias que serão posteriormente analisadas e, em certos casos, implementadas.
- O Taylorismo não olha para a organização como unidade única e coesa, em vez disso divide as operações realizadas nos seus diversos passos facilitando assim a sua análise.
- O sistema de produção implementado na NUMMI permite que a troca de informação ocorra ao longo de toda a cadeia de gestão da empresa, desde os supervisores até aos operadores dos equipamentos, algo que se iniciou no tempo de Taylor e é cada vez mais notório.

Inicialmente ocorreram algumas discordâncias, dado que a GM apenas disponibilizou a fábrica de Fremont e esta apresentava graves problemas de funcionamento, chegando até a ser apelidada de “a pior fábrica do Grupo GM” tendo em conta a sua baixa eficiência. Esta estava organizada segundo as linhas tradicionais do Taylorismo, apresentando uma enorme quantidade de engenheiros a liderar linhas de produção das quais percebiam pouco. O abuso de álcool e drogas eram uma constante, a taxa de ociosidade era tão elevada que levou a que o nível de empregados aumentasse cerca de 20% através de subcontratação só para garantir que a força laboral era adequada às exigências. Em 1984 começaram as contratações, após ter sido acordado que a Toyota iria investir 100 milhões de dólares enquanto que a GM fornecia as instalações que passariam a designar-se por NUMMI. Os primeiros 450 colaboradores que iriam liderar as equipas de produção receberam um treino especial na fábrica da Toyota localizada em Takaota, Japão (Adler, 1995).

Diversas alterações ocorreram com esta fusão entre as duas empresas, aumentando a produtividade e eficiência, levando, no entanto, a uma maior carga de trabalho da parte do colaborador. É possível salientar duas modificações:

- Uma operação que na antiga planta da GM demoraria cerca de 45 segundos passou a demorar 60 segundos, isto deve-se maioritariamente ao incremento nos parâmetros de qualidade requisitados.

- Este aumento de qualidade levou a que os colaboradores passassem a ter de trabalhar a um ritmo mais elevado e de forma mais inteligente, ajustando-se às condições às quais estão afetos.

Apesar da falta de treino da maioria dos operários no que toca ao sistema de produção implementado, os resultados ultrapassaram as expectativas. O nível de produtividade da NUMMI era superior ao de qualquer outra fábrica do grupo General Motors, sendo quase duas vezes superior ao da sua antecessora, a GM-Fremont. Este podia até ser comparado ao da unidade de Takaoka, apesar desta ter muito mais experiência no sistema de produção da Toyota. A implementação deste sistema levou a quatro melhoramentos significativos (Adler, 1993):

- O aumento exponencial da qualidade, comprovado através de auditorias internas realizadas pela GM e por inquéritos ao consumidor, chegando este a ser bastante superior ao das outras unidades fabris dentro do grupo;
- O decréscimo da taxa de ociosidade dos 20-25% para os 3-4%;
- A eliminação do consumo de álcool e drogas;
- Aumento do trabalho em equipa e consequente aumento da rapidez de processamento de material;
- A participação em programas de sugestões para melhoria contínua aumentou dos 26% em 1986 para os 92% em 1991.

Este crescimento exponencial levantou uma questão: Como foi possível reverter uma situação tão crítica como a da GM-Fremont e transformar esta unidade num caso de sucesso em apenas uma questão de meses?

Uma possível explicação reside no medo que o encerramento da fábrica causou aos seus trabalhadores, visto que muitos destes já apresentavam uma idade relativamente avançada e, em certos casos, um historial problemático, pelo que tiveram dificuldade em obter emprego após o encerramento em 1982. Em certos casos foi só em 1984, quando a planta abriu sobre a designação de NUMMI, que estes saíram do desemprego, levando a uma grande alteração na forma como encararam esta nova oportunidade. Diversos relatos de trabalhadores confirmam que a forma de tratamento também sofreu mudanças drásticas, sendo que estes passaram a sentir que faziam parte de uma família e que cada um desempenhava funções diferentes, sentindo-se uma parte essencial da equipa de trabalho (Adler, 1993).

Outra hipótese reside na contratação de grande parte dos antigos colaboradores e militantes, até os que protestaram contra as condições propostas pela General Motors, levando a que apenas um pequeno grupo tenha sido deixado de fora. O maior investimento na socialização e a dispersão dos novos valores que a fusão iria implicar, também levou a um melhor entendimento entre a força laboral e a administração. Estes três fatores combinados com o anulamento da divisão entre operador e gestor/administrador, através da eliminação de lugares de estacionamento privados, cantinas separadas e introduzindo um uniforme idêntico para todos, levou a um aumento do grau de satisfação dentro da organização e, consequentemente, a incrementos na produtividade. Apesar da contribuição dos fatores em cima referidos, a principal razão do sucesso desta unidade reside no seu sistema de produção e em todas as práticas e políticas que este contempla.

Apesar de todas as empresas apresentarem as suas próprias técnicas de produção, procedimentos e políticas, existe sempre a possibilidade de efetuar grandes melhoramentos com o objetivo de aumentar a produtividade. O sistema implementado na NUMMI tem por base aquele que a Toyota aperfeiçoou ao longo de décadas de experiência, tendo sido modificado para atender às necessidades desta planta. A linha de produção baseia-se na filosofia “Just In

Time” ou “JIT” onde o produto é fabricado, produzido e transportado apenas quando existe a necessidade do mesmo, diminuindo assim stocks, custos de inventário e facilitando o cumprimento de prazos. A implementação de sistemas de melhoria contínua (Kaizen) inclui um programa de sugestões de melhoria, o constante aperfeiçoamento de processos de produção e a designação de equipas específicas para garantir a aplicação e monitorização dos melhoramentos. O modelo de melhoria contínua nasceu no Japão após Segunda Guerra Mundial, sendo que este país ficou completamente devastado a nível social e económico. O governo japonês iniciou então um projeto, combinando todas as áreas operacionais desde a produção à administração, com o intuito de restaurar a economia, os processos industriais e de voltar a tornar o Japão numa potência a nível mundial, dando assim origem à metodologia Kaizen (Adler, 1993).

Apesar do sistema de produção implementado na NUMMI ter como o base o desenvolvido pela Toyota, existem duas grandes diferenças entre os dois, a saber:

- O sistema implementado em Fremont tem um grande enfoque no contexto social em que o trabalho é realizado. Sendo que uma atmosfera que transmita confiança e com um objetivo em comum é crucial para o bom funcionamento da organização.
- Grande focalização na padronização do trabalho, consistência e implementação das suas estratégias e princípios. A passagem de informação entre a organização e os colaboradores também é um fator de especial importância. Relatos obtidos através de líderes de equipas de produção na NUMMI afirmam que esta preocupação com a padronização e obtenção de standards representa “A forma inteligente de interpretar e aplicar os estudos de Métodos e Tempos realizados por Taylor”.

Inicialmente, na GM-Fremont, o estudo de métodos e tempos era inteiramente feito por engenheiros, alguns sem experiência na área. Isto tornou-se um problema da implementação de tempos de ciclo e procedimentos sem consultar os colaboradores que estavam encarregues da operação, acabando estas ordens por ser ignoradas.

Contrariamente ao referido anteriormente, na NUMMI, os tempos eram cronometrados por líderes de equipa que conheciam ao pormenor o procedimento e onde este poderia ser melhorado. Deste modo, foi possível aumentar a motivação da força laboral, melhorar a qualidade do produto, aprimorar os processos de fabrico e a aumentar a eficiência.

De forma a obter um valor padrão, são seguidos diversos passos:

- Escolha da maneira mais eficaz de realização de uma operação;
- Divisão da operação nos seus diversos constituintes;
- Realização de um estudo para perceber como é que esta pode ser aperfeiçoada;
- Comparação do método obtido entre os diversos turnos de funcionamento da organização. Após a escolha do mais indicado, geralmente o que apresenta os melhores resultados com o menor custo, deve ser efetuada a sua padronização.

Para todos os colaboradores da NUMMI a padronização dos métodos de trabalho representava uma forma de diminuição das variações de performance dentro de uma certa operação, levando esta redução na variabilidade a diversos melhoramentos, tais como:

- Diminuição de acidentes, devido à facilidade de identificação dos possíveis fatores de risco, levando a um consequente aumento da segurança;
- Aumento da qualidade graças a uma melhor identificação do método mais eficaz de realizar uma operação;

- Melhor fluxo de material durante os processos fabris, levando a uma redução dos custos de inventário e um melhor controlo do mesmo;
- Rotação de horários entre colaboradores mais eficiente;
- Aumento da flexibilidade e melhor respostas às variações da procura.

Estes fatores permitem a possibilidade de alterar a velocidade de processamento de uma linha de produção numa questão de semanas. Algo deste género nunca foi efetuado na GM-Fremont, pois levaria a tempos de espera de cerca de meio ano, tendo em conta todos os cálculos e alterações às quais os colaboradores estariam sujeitos para cumprir os requisitos. Outra vantagem da padronização dos métodos de trabalho reside no facto de o controlo da operação estar destinado a quem a conhece melhor, ou seja, aos colaboradores que melhor efetuam os procedimentos adjacentes à mesma.

Apesar das vantagens enunciadas anteriormente, a de maior importância é talvez o facto da padronização de um Método de Trabalho permitir que seja efetuada uma melhoria contínua sobre uma base específica. Isto irá facilitar a identificação dos pontos a melhorar, das falhas, dos fatores de risco e das operações mais demoradas.

Uma vez que conhecimento dos colaboradores sobre o seu posto de trabalho aumenta, novas propostas de inovação e alterações nas linhas de produção serão idealizadas tendo por base experiências e dados reais. Contrariamente ao que passava na GM-Fremont, em que as propostas de melhoria da parte dos colaboradores eram ignoradas, na NUMMI áreas como a engenharia e administração trabalham em conjunto como um sistema de apoio. Assim, existe sempre uma equipa disponível para a resolução de problemas que, de outra forma, poderiam parar a produção.

A maior diferença entre o Taylorismo “tradicional” e o sistema orientado para a aprendizagem implementado na NUMMI reside nas condições que este irá oferecer ao trabalhador. Um sistema tradicional quase elimina a possibilidade de ocorrência de erros, no entanto, também elimina a capacidade de resposta a situações inesperadas e limita, de forma acentuada, a forma como o operador reage a atualizações e melhoramentos. A NUMMI faz uso de um sistema mais exigente sendo necessário o cumprimento de mais requisitos, todavia, a flexibilidade, a capacidade de resposta, a satisfação e os conhecimentos adquiridos são muito superiores. A diferença reside no facto da NUMMI ter optado por sistema dinâmico e cooperativo, desenhado para realçar todas as possibilidades de melhoria, com o intuito de melhorar o espírito crítico e o nível de conhecimentos dos colaboradores.

No entanto e, apesar de todos os melhoramentos estabelecidos, a Toyota anunciou o fecho desta planta conjunta em agosto de 2009, cerca de 25 anos depois da sua abertura. Os conhecimentos que a General Motors adquiriu com esta fusão provaram ser difíceis de aplicar nas restantes fábricas do grupo, dado que ainda se encontravam em funcionamento segundo antigos processos e sobre ideologias que pertenciam no passado. A implementação destas técnicas a todas as fábricas do grupo provou ser de extrema dificuldade e, com o passar dos anos, outros veículos apareceram no mercado que fizeram com que a procura por aqueles produzidos na NUMMI decrescesse para níveis prejudiciais. É especulado que desentendimentos entre a General Motors e a Toyota também tenham potenciado o fecho da planta, existindo dentro da sociedade industrial americana quem defenda que o grande objetivo da gigante japonesa era passar a ser o maior construtor automóvel a nível mundial, em parte usando os recursos disponibilizados pela GM.

2.5 Metodologias de Estudo de Métodos e Tempos

É então possível dividir este estudo da seguinte maneira: o estudo do tempo e o estudo dos movimentos necessários para a realização de uma operação. A primeira opção foi o núcleo dos estudos desenvolvidos por Taylor e representa o tempo gasto na realização de cada operação dentro de tarefa industrial. É através do levantamento de dados no local que os tempos de operação são padronizados, servindo, depois, de base para o cálculo do tempo de processamento estimado de um certo componente. O estudo dos movimentos adjacentes a uma certa tarefa tem o intuito de diminuir o número de passos a efetuar até chegar ao resultado final, eliminando os que não são fulcrais e otimizando os que o são. Este pode ser dividido em duas opções: estudo extensivo ou estudo intensivo. A primeira compreende todo o layout dos equipamentos no local e os transportes de maior esforço que são necessárias efetuar. Por sua vez, o estudo intensivo dos movimentos engloba as deslocções de menor esforço, tais como a movimentação dos dedos e das mãos.

Assim, é possível melhorar os sistemas de trabalho, otimizar processos, reduzir desperdícios, desenhar e conceber postos/linhas de trabalho e distribuir tarefas de acordo com as capacidades de cada um. A medição do tempo, por exemplo, permite o planeamento das operações e avaliar o seu grau de dificuldade, analisar o preço de certos produtos e calcular as necessidades de mão de obra. Após a escolha do método, este deve ser padronizado e descrito em detalhe, dividindo a tarefa nas suas diversas atividades, descrevendo pormenorizadamente cada uma. O conjunto de movimentos a efetuar pelo operador, as dimensões e a qualidade do material, as ferramentas, os equipamentos e os calibres devem ser especificados com clareza. Só assim garantimos que os padrões são preservados e de fácil consulta em qualquer altura. Uma vez escolhido e aprovado, o método deve ser distribuído por todos os postos de trabalho, sendo este colocado num local onde a sua presença seja evidente.

Os três passos abaixo sintetizam o procedimento a seguir aquando da implementação do novo sistema de estudo dos tempos (MAHLE, 2006):

- Desenvolvimento de um método de trabalho mais eficiente, garantindo os melhores resultados com o mínimo de gastos possível;
- Implementação do mesmo, com a respetiva explicação do procedimento a todos os envolvidos. A difusão do método deve abranger toda a fábrica e envolver todos os postos de trabalho (operadores, supervisores, engenheiros, etc.);
- Acompanhamento e monitorização dos resultados obtidos.

Ao efetuar um Estudo de Método e Tempos uma empresa espera atingir certos objetivos, a saber (MAHLE, 2006):

- Obtenção do tempo padrão/standard que uma pessoa qualificada, a trabalhar a um ritmo normal, despende na realização de uma certa operação;
- Capacidade de estudar os métodos de trabalho, melhorando-os;
- Fundamentação de decisões do tipo “make or buy?”;
- Racionalizar e otimizar o uso de recursos na Organização;
- Conceber e implementar Métodos de Trabalho ajustados às pessoas e aos objetivos da Organização;
- Dimensionar sistemas de operações que tenham em linha de conta a teoria das filas de espera;
- Apoiar os esforços e metodologias de melhoria contínua implementadas na Organização.

Existem diversas formas de efetuar um Estudo de Métodos e Tempos, no entanto, podemos dividir os métodos aplicados em dois grupos principais: os métodos de predeterminação de tempos, através de cálculos e do uso de dados históricos, e o método das cronometragens (medição direta). Estas opções formam duas famílias: métodos de cálculo, onde são aplicados maioritariamente procedimentos de predeterminação dos tempos, apresentados nos subcapítulos seguintes e métodos de medição direta, onde são usados cronómetros, vídeos ou cálculos estatísticos através da frequência de realização de uma atividade.

2.5.1 Métodos de predeterminação de tempos (PMTS)

Apesar das dúvidas que podem ser geradas quando se fala de um sistema de determinação de tempos sem ocorrência de medição dos mesmos, os sistemas de predeterminação podem ser considerados como métodos de cálculo. Fornecendo simulações de atividades a implementar e uma capacidade de planeamento do trabalho que será efetuado num certo posto de trabalho, este tipo de sistemas tornaram-se ferramentas de melhoria e racionalização dos recursos a considerar dentro de uma organização.

Estando integrados no grupo de métodos de cálculo de tempos, este método tem como principal vantagem a capacidade de implementação durante uma fase embrionária do projeto, não necessitando de uma linha de produção em funcionamento para determinação de valores (Bures *et al*, 2015).

2.5.1.1 Método MTM – Method Time Measurement

Este método foi desenvolvido por Harold Bright Maynard em 1948 e rapidamente foi difundido a diversos setores da indústria. A sua grande popularidade deve-se ao facto do seu criador não ter colocado nenhuma restrição legal à aplicação do mesmo, nem um preço para a sua implementação (Bures *et al*, 2015). Assim, o método MTM tornou-se o primeiro método de predeterminação de tempos disponível para o público, permitindo que todos pudessem usufruir e aplicar as suas metodologias. De forma a evitar erros na sua implementação, em 1953 foi criada a Diretoria Internacional de aplicação do MTM (MTM, 2020).

A grande focalização deste método está na racionalização do trabalho a efetuar, tendo sido esta a razão que levou a que em 1950 tenha sido implementado na fábrica da Volvo na Suécia. O trabalho realizado nesta planta levou à criação da Sociedade Sueca para o MTM, onde durante vários anos foi estudada a fisiologia do trabalho e novas tecnologias produtivas até que, em meados de 1970, a sociedade foi dissolvida. Mudanças no paradigma industrial levaram ao fecho desta associação, nomeadamente uma maior orientação para o mercado e para o desenvolvimento de produtos.

2.5.1.2 Método MTM -1

Descrito muitas vezes como “um procedimento de análise de qualquer manual de operações ou método nos seus movimentos básicos necessários para que este seja executado. Atribuindo a cada movimento um padrão de tempo predeterminado pela natureza do mesmo e pelas condições sob as quais ele é feito” (MTM, 2020). Os valores predeterminados são categorizados e divididos, sendo que cada movimento irá sofrer uma subcategorização de acordo com os parâmetros que irão afetar o tempo que um operador demora a desempenhar uma tarefa.

Os movimentos englobados no MTM-1 podem ser divididos em três grupos principais. Estes e as suas consequentes subdivisões encontram-se abaixo:

- 1) Realizados com dedos ou mãos
 - Alcançar
 - Apertar
 - Largar
 - Mover
 - Posicionar
 - Virar
 - Desativar
 - Aplicar pressão
- 2) Dependentes da visão do operador
 - Foco
 - Distância
- 3) Movimentações do corpo
 - Pés
 - Perna
 - Passo para o lado (esquerdo ou direito)
 - Rotação
 - Curvar, inclinar e ajoelhar
 - Sentar e ficar em pé
 - Andar

Cada um destes movimentos é classificado em unidades de medida temporal, TMU (Time-Measurement Unit). Estas variam entre o valor mínimo de dois (2.0 TMU) e o valor máximo de cinquenta e três ponto quatro (53.4 TMU), (MTM, 2020).

2.5.1.3 Método MTM – 2

Dado que uma análise MTM-1 considerada como de nível básico, é uma tarefa que consome uma enorme quantidade de tempo, foi necessário o desenvolvimento de algo igualmente competente, mas de implementação menos demorada. Assim, em 1965 foi aprovada uma diretoria para a criação de um novo sistema e através dos esforços combinados dos Estados Unidos da América, do Reino Unido e da Sociedade Sueca para o MTM, foi desenvolvido o MTM-2.

Tal como no método inicial, também este pode ser dividido num número de movimentos:

- Colocação e remoção de pesos
- Aplicação de pressão
- Ação ocular
- Movimentação de pés
- Dobrar e levantar

Apesar do nível de detalhe inferior ao MTM-1, o número de combinações muito inferior, cerca de trinta e nove códigos no MTM-2, versus mais de mil e seiscentos no método original, o novo

método garante uma simplicidade incomparável. Certos estudos já comprovaram que um analista de MTM com experiência consegue efetuar uma análise MTM-2 detalhada de um ciclo de trabalho de cerca de um minuto, num tempo de cem a cento e cinquenta minutos. Por comparação, a mesma análise segundo o método MTM-2 demora entre duas a três vezes mais (MTM, 2020).

2.5.1.4 Método MTM – UAS (Universal Analysis System)

Também conhecido como o terceiro nível dos procedimentos MTM, o UAS foi concebido para priorizar a velocidade em relação ao detalhe operacional e foi aplicado maioritariamente à indústria automóvel.

Sendo baseado em termos predeterminados, este método permite a simulação e o planeamento de tarefas sem ocorrência de paragem das linhas produtivas, tornando-se assim uma ferramenta não só de medição, mas também de melhoria e de otimização dos métodos de trabalho (Amaral *et al*, 2017).

Objetivos do método UAS (MTM (2020)):

- Realização de análises com grande rapidez e fluidez
- Reprodução de diversos métodos de trabalho
- Garantia de eficiência necessária para a realização de operações padrão
- Aplicação a nível universal

No entanto, para aplicar esta metodologia é necessário cumprir certos requisitos (MTM (2020)):

- Os colaboradores têm de apresentar um nível elevado de qualificação, motivação e de treino
- Existência de informação detalhada e de uma boa organização do trabalho a realizar
- Locais de trabalho considerados como padrão
- Semelhança entre as tarefas a realizar

Este método pode ser combinado com ferramentas Lean, tal como o SMED (Single Minute Exchange of Die). Neste caso, a ligação entre o MTM-UAS e a ferramenta SMED tem em vista a redução dos tempos de setup (tempo gasto na preparação para uma certa operação) de um certo equipamento (Amaral *et al*, 2017). Assim, é possível aumentar a flexibilidade da linha de produção.

Apesar da sua simplicidade, o método UAS é constituído por seis operações consideradas de nível básico (MTM,2020):

- Colocação de material noutra local
- Uso de ferramentas
- Operação em si
- Ciclos de movimento
- Movimentos do operador
- Controlo visual

Como foi referido anteriormente, podemos dividir os métodos de levantamento de tempos em: métodos de medição direta e métodos de cálculo. Por vezes são usados dados históricos, visto

que todas as empresas apresentam uma certa regularidade nas operações que realizam, facilitando assim a consulta de tempos adquiridos em situações passadas. No entanto, o erro associado a estes por vezes é elevado, em parte devido ao desconhecimento da veracidade dos valores consultados e das condições sobre as quais foram retirados.

O método das observações instantâneas representa uma recolha de dados onde são obtidas diversas medições intermitentes, instantâneas e com um intervalo de tempo aleatório. Contrariamente ao método das amostragens, os valores não serão alvo de análise numa fase posterior, ou seja, não serão formulados tempos standard com base no estudo de valores recolhidos. Apesar disto, o sistema de estudo em causa apresenta diversas vantagens, sendo adequado para tarefas intermitentes ou com ciclos demasiado longos para ter alguém a cronometrar os mesmos.

Este método é maioritariamente usado em cinco áreas distintas:

- Determinação de margens de repouso e de necessidades pessoais dos colaboradores, tendo por base os tempos de trabalho e de não-trabalho.
- Cálculo do nível de ocupação dos equipamentos dentro da unidade fabril e quais as ferramentas mais solicitadas.
- Tendo em conta o tempo total despendido para o levantamento de valores, este método permite calcular a percentagem adjacente a cada atividade observada.
- Cálculo de um tempo padrão para uma operação.
- Balanceamento de linhas de produção de acordo com o tempo de transformação de matéria prima (lead time, desde a entrada em armazém até ao produto acabado), otimização dos equipamentos considerados gargalos e consequente diminuição do tempo total de produção.

2.5.2 Método da Cronometragem

Dos vários métodos referidos no capítulo 2.5, o mais usual e de aplicação mais fácil é o da cronometragem, tendo sido este o aplicado durante o levantamento de valores efetuado no estágio. Terá sido efetuada uma tomada de tempos de processamento entre as diversas operações nas várias linhas de produção dentro da empresa, tendo especial atenção aos parâmetros escolhidos durante a operação. São estes parâmetros que irão afetar o tempo total e é o operador da máquina que ajusta os mesmos de acordo com fatores como: desgaste da ferramenta, não cumprimento das dimensões especificadas, curto prazos de entrega ou percalços encontrados durante a produção. É com base nestes tempos que podem ser elaborados novos planos de produção, que pode ser avaliada a performance de cada linha ou célula produtiva e que as diversas linhas dentro da fábrica podem ser equilibradas.

Para efetuar o levantamento de tempos são necessários certos equipamentos, tais como:

- Um cronómetro ou algum equipamento com a capacidade para medir o tempo;
- Uma caneta ou um lápis para assinalar os valores verificados;
- Um documento próprio para o efeito onde serão colocados todos os parâmetros, tempos retirados e informações importantes a anotar durante o estudo.

Ao contrário do método impulsionado por Taylor, durante o levantamento de dados não foi efetuada a divisão de uma operação nas suas diversas fases. Como a grande maioria dos processos presentes na MAHLE são efetuados de forma contínua, ou seja, o produto dá entrada na máquina e o operador apenas recolhe o produto final que seguirá para a próxima fase, sem

paragem durante processo, torna-se impraticável dividir uma operação em todas as suas componentes. Isto significa que os tempos de processamento retirados representam o período entre saídas de material processado, incorporando não só toda a fase produtiva, mas também o transporte e colocação do material nos suportes específicos por parte do operador, representado o tempo total que este fica num equipamento/operação. Este método será apresentado com maior detalhe na seção 4.1 onde está exemplificada a metodologia implementada para a realização deste relatório.

3. Apresentação do Grupo MAHLE

3.1 A MAHLE no mundo

Fundada em 1920, numa época em que o material base dos pistões era o ferro fundido cinzento, a empresa liderada pelos irmãos Mahle veio contrariar esta tendência usando pistões em alumínio. A ideia vingou e hoje em dia cerca de metade de todos os automóveis produzidos a nível mundial contêm componentes fabricados pela MAHLE, estando estes dispersos em várias áreas do automóvel. Apesar das elevadas receitas que a empresa tem obtido ao longo dos anos, certos problemas tornam-se cada vez mais evidentes. A volatilidade do mercado no qual a MAHLE se insere é uma preocupação constante, especialmente quando aliada a um abrandamento económico cada vez mais notório. Certos fatores de instabilidade económica e política também têm vindo a afetar a organização; destes podemos destacar os crescentes conflitos de política comercial e a incerteza trazida pelo Brexit.

Ao longo da história da MAHLE é possível realçar certos marcos, tais como (MAHLE, 2020):

- 1921: A primeira linha de produção em série de pistões em alumínio é criada;
- 1930: Primeiras camisas de pistão produzidas em aço nitrado;
- 1931: Sistema de pistão com porta anéis é patenteado;
- 1935: Início da produção de pistões perfilados de forma a combater os crescentes requisitos adjacentes a motores de combustão, especialmente no que toca à expansão térmica;
- 1944: No auge da produção, o nível de trabalhadores atingiu os seis mil e duzentos, considerando também a subcontratação;
- 1948: Lançamento dos primeiros pistões AUTOTHERMIK para efeitos de estudo, continuando a otimização da transferência de calor;
- 1949: Início da produção de cilindros de pistão com revestimento da superfície de trabalho cromada (CROMAL);
- 1950: A MAHLE Metal Leve S.A. em São Paulo, Brasil, é fundada;
- 1964: Início da produção em série de cilindros de pistão em alumínio com a superfície de contacto revestida a níquel-silício;
- 1967: Uso do revestimento para proteção superficial designado por NIKASIL;
- 1986: Abertura de nova planta para a produção de filtros de ar de origem polimérica, em Ohringen, Alemanha. Neste ano foram também desenvolvidos os primeiros sistemas de filtragem com zero corrosão, baixo peso e com propriedades isolantes no que toca ao som, também com base polimérica;
- 1991: Produção e lançamento de filtros para o ambiente na cabine;
- 1992: Introdução de novas tecnologias de revestimento;
- 1993: Aumento da aplicação de polímeros em sistemas de filtragem de ar, otimizando custos de produção e diminuindo o peso dos componentes;
- 1996: Introdução de novas ligas para a fabricação de pistões em série e implementação dos primeiros equipamentos robotizados;
- 2000 – 2009: Aquisição e introdução de novas tecnologias; Expansão para outros mercados; Fundação de inúmeros centros de cariz solidário; Criação de novos protótipos para colmatar problemas futuros;
- 2010- Nova fábrica de fabricação de sistemas de filtragem é aberta na China e integração de filtros de óleo 100% poliméricos integrados nos sistemas de gestão térmica;

- 2013-2018- Grandes alterações dentro do Grupo, expansão do mesmo e aquisição de novas tecnologias;
- 2019- Introdução de sistemas de carregamento wireless para veículos elétricos e aumento da presença no mercado para este tipo de mobilidade;
- 2020 – Celebração dos 100 anos da MAHLE.

3.2 Divisão do Grupo tendo em conta os processos e produtos fabricados

Devido à grande dimensão e posicionamento em diversas áreas do mercado, a MAHLE necessita criar subdivisões como forma de diferenciar as áreas de produção. Neste caso existem três unidades distintas:

- **Business Unit 1 ou BU1 – Componentes para motores de combustão interna**

Esta unidade engloba todos os sistemas de motores de combustão e os seus componentes, a MAHLE Componentes de Motores S.A., situada em Murte de e única fábrica do grupo presente em Portugal, faz parte desta subdivisão. Sendo a maior organização nesta área, a MAHLE está presente a nível global e o espectro de produtos desta unidade divide-se em: fabrico de pistões em alumínio ou em aço, anéis de pistão, rolamentos, camisas de pistão, sendo estes produtos aplicados à grande maioria de veículos motorizados, desde motos a pesados de mercadorias. A mentalidade de melhoria constante está presente em todas as atividades realizadas, tendo sempre em vista a redução das emissões e a otimização de motores de combustão interna.

Na Figura 4 estão representados alguns dos componentes de motores fabricados nas unidades BU1 do Grupo.



Figura 4 Exemplo de produtos produzidos na MAHLE BU1 (bielas e anéis de pistão)

- **Business Unit 2 ou BU2 – Sistemas de filtração e seus periféricos**

Sistemas de filtração, sistema de bomba, radiadores de óleo para motores e transmissões. Todos estes componentes estão otimizados para aumentar a eficiência de um motor, enquanto as emissões globais são reduzidas. Assim, o nível de poluição do ar diminui e a existência de contaminantes no óleo e combustível é prevenida, aumentando a produtividade do motor, a sua vida útil e impedindo que este seja danificado devido a uma filtração deficiente.

Certos produtos têm o intuito de melhorar a vida a bordo do automóvel, através da filtragem do ar dentro da mesma, enquanto que outros previnem a ocorrência de fugas de óleo que levarão a danos no motor, aumentando assim a sua eficiência e vida útil. Um dos grandes desafios desta Unidade é a garantia de excelência de funcionamento nas diversas condições climáticas e ambientes aos quais o automóvel estará sujeito, visto que o mesmo motor/viatura é desenvolvido para operar em diversos continentes. Esta é, portanto, umas das principais áreas de estudo dentro da BU2. Novas aplicações para novos materiais estão constantemente a ser desenvolvidas, sendo que neste momento o objetivo passa pela substituição de certos componentes metálicos por polímeros mais resistentes e com custos de fabricação mais baixos (fonte: MAHLE Intranet. MAHLE Grupo – Produção. BU2, Filtration and Engine Peripherals).

A abordagem BU2 ao sistema de produção implementado e ao objetivo de excelência operacional, comum a todas as organizações, começa pelo estabelecimento de uma equipa multidisciplinar. Esta irá iniciar o processo transformação do sistema atual para um sistema Lean, sustentável, eficiente e que levará a grandes decréscimos nos níveis de consumo e poluição. Na Figura 5 estão representados alguns dos sistemas de filtragem produzidos na BU2:



Figura 5- Sistemas de filtragem fabricados nas unidades BU2

- **Business Unit 3 ou BU3 – Sistemas de gestão térmica**

A crescente eletrificação de sistemas de transmissão de força/movimento leva a um aumento do calor gerado pelos mesmos, sendo necessário otimizar as unidades de arrefecimento. Nos motores de combustão interna, uma melhor gestão do calor gerado irá levar a diminuições no consumo de combustível. Sendo pioneira no que toca à gestão do calor em baterias, a MAHLE garante que quer a temperatura, quer a distribuição da mesma, se mantêm constantes entre as células da bateria. Melhorias no conforto térmico dentro de veículo também estão a ser atingidas graças à otimização e desenvolvimento de novas formas de atuação de ar condicionado, levando a que a MAHLE seja a segunda maior distribuidora destes sistemas a nível global. Os produtos referidos, as células de combustível, os sistemas de gestão eletrónica e as inovações da mobilidade elétrica desenvolvidas pela MAHLE, são os únicos no mercado que garantem elevadas autonomias, altas eficiências e grandes vidas úteis, provando, mais uma vez, que esta

organização terá um grande peso num futuro da mobilidade com zero emissões (MAHLE Intranet. MAHLE Grupo). A Figura 6 representa as inovações desenvolvidas na MAHLE, garantindo um menor tempo de carregamento e uma diminuição do “stress” colocado na bateria:



Figura 6- Exemplo dos sistemas de gestão térmica em baterias desenvolvidos na MAHLE BU3

3.3 MAHLE 2030

A indústria automobilística está a passar por tremendas alterações e, como tal, o Grupo MAHLE tem de se adaptar às mesmas e escolher os diversos caminhos a seguir. Certos fatores têm de ser tidos no planeamento de investimentos e de apostas futuras, em especial: o crescimento populacional, a maior urbanização, a crescente importância económica da Ásia, mudanças climáticas, aquecimento global e as metas energéticas estipuladas pelos governos.

O aumento da eletrificação, a implementação de sistemas de “car-sharing”, o aumento do uso de transportes públicos e a existência de veículos de mobilidade autónoma, irão ditar o futuro da indústria automóvel. No entanto, a velocidade de implementação dos sistemas referidos está dependente de ideologias políticas e das soluções/avanços tecnológicos existentes no mercado.

Como líder em diversas áreas do ramo automóvel, o Grupo tem de analisar todas as oportunidades de negócio possíveis, focando-se especialmente naquelas que irão ditar a procura no mercado no futuro, as designadas “tendências”. Existem quatro tipos de tendências que influenciam a indústria automóvel, podendo estas vir estabelecer o rumo futuro do mercado:

- alterações climáticas, maioritariamente devido a metas que devem ser cumpridas para mitigar os efeitos do aquecimento global;
- a crescente urbanização;
- os aumentos populacionais;
- o impacto da Ásia nos mercados internacionais.

É a partir destas tendências que serão adotadas novas estratégias, quer de otimização de soluções já existentes, quer de inovações no ramo da mobilidade. A sistemas como a partilha de uma viatura entre várias pessoas e o crescente uso de transportes públicos, juntam-se opções como condução autónoma e o aumento da mobilidade elétrica, sendo que todas têm o objetivo de diminuir o nível de poluição a partir de soluções mais eficientes. No entanto, não é só ao nível da mobilidade que está a ocorrer uma grande digitalização dos sistemas empregues. A Indústria 4.0 trouxe consigo grandes avanços na informatização de sistemas já implementados e na análise de grandes quantidades de dados, alterando a forma como os fluxos de processamento e de informação são efetuados dentro de uma organização.

A implementação destas mudanças está dependente da capacidade dos técnicos, engenheiros e operadores, bem como das ideologias políticas do país onde está localizada a fábrica/empresa, sendo que é esperada uma continuação do crescimento das vendas de veículos elétricos, híbridos, assim como do uso de sistemas de partilha do mesmo veículo entre várias pessoas. Apesar desta procura por formas mais eficientes e menos poluentes de mobilidade, o motor de combustão interna continuará a ser o sistema mais usado, particularmente no transporte através de veículos pesados ou que envolva grandes distâncias.

De forma a manter a posição de líder de mercado, a MAHLE deve reforçar o seu estatuto, primeiramente no mercado base, cos motores de combustão interna, enquanto, paralelamente, investiga soluções técnicas em novas áreas.

Para que ocorra desenvolvimento é necessária estabilidade financeira; com isto em mente, o Grupo conta em aumentar o crescimento anual das vendas em 5% ao ano até 2030. Apesar da sua presença em todos os mercados, a MAHLE pretende intensificar as vendas em certas regiões da Europa, América do Norte e Sul, Ásia e Pacífico, garantindo assim, uma maior proteção contra flutuações do mercado. No futuro, a MAHLE pretende atingir três objetivos no desenvolvimento de motores de combustão: diminuir ao máximo as emissões de CO₂, otimizar a gestão térmica dentro do automóvel e melhorar a admissão de ar, quer para o motor, quer para o sistema de ventilação no interior da viatura. Contrariamente ao pensado pela população em geral, o Grupo acredita que ainda há muito para explorar e otimizar no que toca a motores de combustão interna. Apesar da crescente procura por veículos híbridos e elétricos, diversas fontes de informação sugerem que, à escala global, estes não representam uma opção viável num futuro próximo. Esta constatação torna-se ainda mais evidente quando temos em consideração os veículos de mercadorias e de transportes a longa distância, onde a médio prazo ainda não existem soluções. A combustão interna será então a tecnologia líder em anos vindouros, especialmente quando consideramos que é uma parte fulcral no funcionamento de um veículo híbrido, dado que este faz uso de um motor baseado na tecnologia referida anteriormente e de um motor elétrico, que, em certos casos, apenas alimenta sistemas periféricos como os piscas indicadores de mudança de direção ou o limpa para-brisas (MAHLE 2020, Dual Group Strategy).

A Figura 7 representa esta dupla estratégia a seguir, onde a MAHLE aproveita a posição de líder em diversos mercados para financiar os desenvolvimentos e investigações que irão representar o futuro da mobilidade.

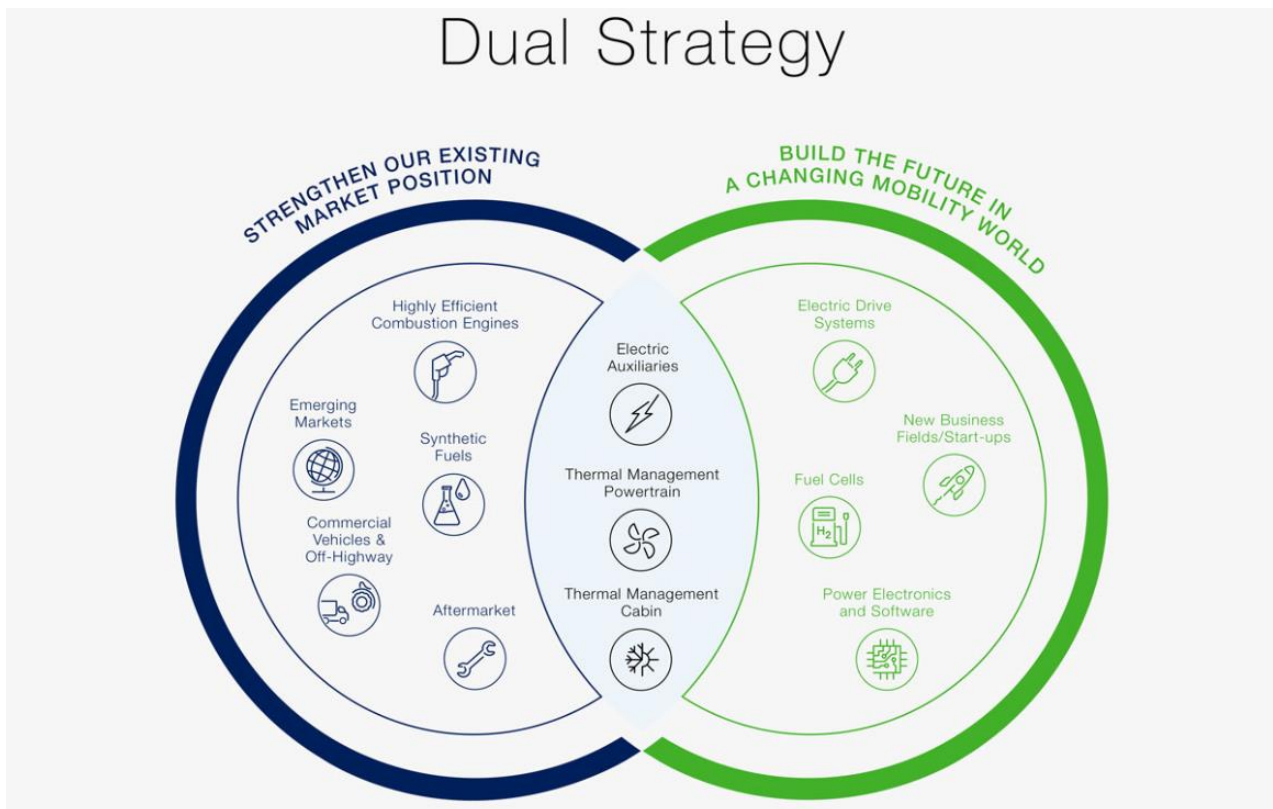


Figura 7- Representação da estratégia dupla seguida pelo grupo

Foi no ano de 2016 que a MAHLE investiu o maior valor da sua história neste tipo de tecnologias, cerca de setecentos e cinquenta milhões de euros que foram aplicados no aumento de centros de desenvolvimento e na contratação de mais colaboradores. Também foram dispensados fundos para áreas de mobilidade conectada, eficiência energética e novos materiais aplicados na construção de veículos.

Estes investimentos em atividades elétricas irão aumentar, com a meta de eletrificar ao máximo os componentes acessórios de um automóvel. Esta eletrificação não passará só por elementos como os compressores de ar condicionado, mas também por sistemas de alimentação para carros de passageiros e novas alternativas para a mobilidade urbana como as e-scooters. Apesar da crescente procura por sistemas de mobilidade alternativa, estes continuam a ser uma minoria dentro do mercado automóvel. De forma a otimizar tecnologias existentes e desenvolver novas, a MAHLE necessita de continuar a liderar o mercado no segmento da combustão interna, garantindo assim a estabilidade financeira necessária para o progresso de novas estratégias e abordagens.

3.4 O Sistema de Produção MAHLE (MPS)

Tendo como base a linha de pensamento de um sistema Kaizen, conhecido por descrever um processo de melhoria contínua e de avanço permanente onde todos os colaboradores estão envolvidos e metodologia desenvolvida pela Toyota designada por TPS (Toyota Production

System), o MPS (MAHLE Production System) tem como grande objetivo a criação de um sistema “*wast free*”, onde a produtividade é o foco principal.

Segundo a metodologia Kaizen, o sucesso tem como base pequenos passos que estão focados na melhoria contínua de sistema já existentes. Sendo assim, a MAHLE investe um valor avultado de recursos, quer monetários, quer humanos, na otimização dos seus sistemas com o intuito de diminuir o consumo de recursos e a poluição adjacente ao mesmo. Um dos principais temas de debate dentro da organização é a dicotomia “qualidade/tempo de entrega/custo” e qual destes fatores deve ter mais peso no planeamento de produção. Semelhante ao TPS, o MPS engloba uma parte técnica e uma parte comportamental, sendo que esta segunda tem o objetivo de alterar mentalidades e difundir o conceito de mudança de comportamentos, sempre procurando novas soluções mais eficientes que as anteriores (MAHLE Intranet).

A implementação de metodologias Lean de redução de desperdícios e otimização dos equipamentos e pessoal disponíveis, também está presente ao longo de todas as fábricas dentro do Grupo MAHLE.

O sistema de produção implementado na MAHLE foca-se em quatro aspetos essenciais:

- Otimização do retrabalho. Após as operações de maquinação é inevitável que certos elementos apresentem defeitos, no entanto, é possível reduzir os mesmos através de procedimentos de retrabalho. Estes representam a repetição de certas operações, com alteração de parâmetros e com intuito de remover imperfeições que foram observadas numa fase mais avançada.
- Diminuição da taxa de refugo. Esta taxa representa a percentagem de anéis que já ultrapassaram os parâmetros aceitáveis, levando a que seja impossível a sua venda ou uso, sendo estes considerados “lixo”.
- Aumento da precisão do *lead time*. Este período representa o intervalo de tempo entre a criação do pedido para um certo produto e a sua entrega ao cliente, englobando todo o processo de planeamento, processamento e as verificações de qualidade finais.
- Diminuição dos tempos de inatividade das máquinas, com especial ênfase nos “gargalos” dentro da fábrica. Estas máquinas requerem um funcionamento contínuo para garantir que não atrasam o processo global e não prejudicam a performance.

Objetivos a atingir com a aplicação do MPS:

- Atingir os crescentes requisitos para flexibilidade e fiabilidade exigidos pelos clientes;
- Aumentar qualidade, performance de entrega e custo para uma melhor satisfação do cliente;
- Alterar mentalidades através de uma liderança estável;
- Melhoramento contínuo de processos para eliminar resíduos, desperdícios e aumentar valor;
- Estabelecimento de novos valores standard / padrão.

3.4.1 Pilares principais do MPS

O sistema de produção desenvolvido e implementado pela MAHLE nas diversas unidades do grupo, pode ser esquematizado como está representado na figura 8:

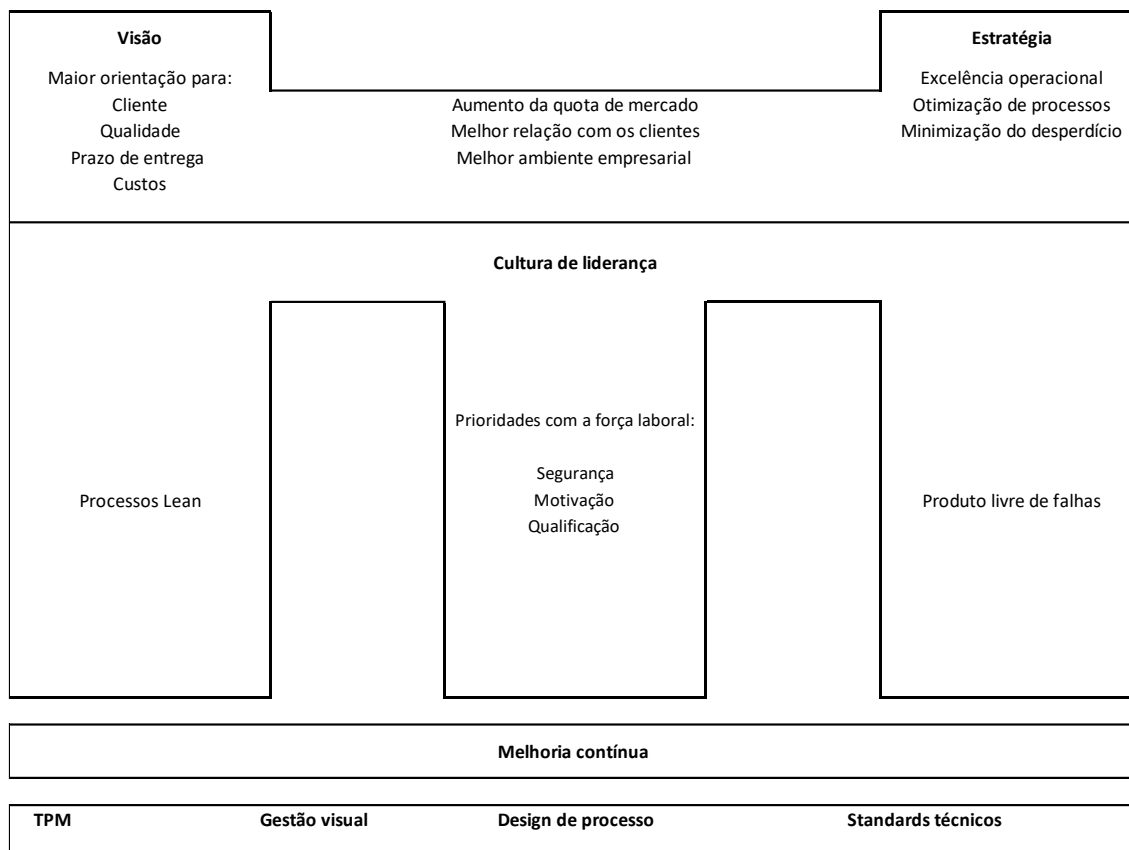


Figura 8- Principais pilares do sistema MPS implementado nas fábricas do Grupo (fonte: MAHLE Componentes de Motores S.A.)

Cultura de liderança: esta componente serve como bússola de excelência operacional dentro da organização, fazendo também a diferenciação de responsabilidade dentro da mesma.

Principais objetivos:

- Gestão e comunicação de “chão de fábrica”;
- Fortalecimento de relações entre as diversas áreas;
- Aconselhamento;
- Disseminação de um sistema organizacional Lean;
- Gestão de mudanças dentro da empresa.

Processos Lean: a criação de um fluxo de valor dentro da organização e a implementação de um sistema de produção flexível são as duas grandes áreas dentro deste componente.

Principais objetivos:

- Planeamento e controlo da produção;
- Fluxo de material;

- Gestão de stocks e de materiais em armazém;
- Implementação de metodologias JIT (“*Just in Time*”), onde só é produzida a quantidade necessária, no momento indicado, levando assim a drásticos cortes nos custos de armazenagem.

Prioridades a ter com a força laboral: sendo a componente mais importante dentro da MAHLE Componentes de Motores SA, a força laboral tem certas regalias únicas na região. A segurança, educação e qualificação, o desenvolvimento pessoal e a consciência ambiental são alguns dos fatores incutidos na mentalidade dos colaboradores. A existência de um médico e enfermeiro dentro das instalações e o pagamento de grande parte das despesas médicas são também benefícios exclusivos a esta organização.

Produto livre de falhas: sendo este um dos principais objetivos de qualquer organização, a MAHLE deposita um elevado grau de confiança nos seus processos e colaboradores, sem os quais não era possível atingir a performance desejada.

Quatro passos são necessários para obtenção do produto final:

- Projeto inicial;
- Prevenção e deteção de erros durante o processo;
- Eliminação de erros;
- Confirmação do processo.

Melhoria contínua ou Kaizen: uma vez que a MAHLE é uma organização onde os processos Lean estão sempre presentes, otimizando ao máximo os recursos disponíveis e anulando gastos desnecessários, a metodologia de melhoria contínua é fulcral para o sucesso do grupo. Como tal, para atingir aumentos de produtividade e diminuições dos custos inerentes ao processo produtivo, é necessário adotar estratégias de melhoria, onde a flexibilidade, organização e rapidez de execução são fatores fulcrais.

A criação de equipas multidisciplinares com elementos provenientes das várias áreas da organização com o intuito de resolver problemas padronizados e a implementação de metodologias Kaizen para a eliminação de desperdícios são as principais medidas de melhoria ininterrupta implementadas na MAHLE (MAHLE Intranet. MAHLE Grupo – Produção. MPS- Introduction, house of the MPS).

TPM (Total Productive Maintenance): No caso da MAHLE Componentes de Motores SA, a estrutura TPM subdivide-se em quatro componentes principais (MAHLE Intranet. MAHLE Grupo – Produção. MPS- Introduction, house of the MPS):

- Um sistema 5S – integrado no sistema Kaizen, esta metodologia possibilita o desenvolvimento de rotinas que levem a uma maior produtividade, arrumação, segurança, motivação dos colaboradores e a um melhor ambiente empresarial. Tem como base cinco princípios fundamentais: eliminar (“Seiri”), arrumar (“Seiton”), limpar (“Seiso”), normalizar (“Seiketsu”) e respeitar (“Shitsuke”). Como forma de verificar a implementação desta metodologia, a MAHLE efetua diversas auditorias ao longo do ano servindo como forma de avaliação.
- Manutenção autónoma: os colaboradores da fábrica têm vastos conhecimentos sobre as máquinas que operam e, como tal, conseguem efetuar certos procedimentos de manutenção sem a requisição de um técnico especializado. Sendo parte integrante do TPM e, envolvendo todas as áreas da organização, para fazer com que os operadores

fossem capazes de efetuar a manutenção foi necessário treinar os mesmos e modificar as máquinas para otimizar o tempo de intervenção. Tarefas como lubrificação, aperto de parafusos, limpeza, inspeção e monitoramento são efetuadas pelos colaboradores, aumentando assim o prazo entre intervenções de manutenção mais complexas que podem levar à paragem do equipamento.

- **Manutenção planeada:** o planeamento das intervenções de manutenção garante que não ocorrem paragens inesperadas na linha de produção e permite a otimização das mesmas, ou seja, é possível ajustar a manutenção de um equipamento com a sua necessidade de paragem.
- **Gestão/Manutenção antecipada de equipamentos:** ao invés de intervir num equipamento quando não há outra opção, a MAHLE efetua intervenções antecipadas, garantindo que os componentes do mesmo ainda se encontram na vida útil e eliminando assim a possibilidade falhas que poderão ser catastróficas. Apesar de garantir que os componentes de uma máquina não são levados ao limite das suas capacidades, esta metodologia incorpora custos acrescidos porque, em certas ocasiões, ainda é possível extrair mais horas de trabalho das partes em causa.

Gestão visual: esta componente é referente a todos os sistemas de identificação, através de cores ou de etiquetagem, dos objetivos definidos e das metas a atingir. A certas cores estão associadas certas conotações, sendo a sua definição explicada aos intervenientes no processo. O uso destes sistemas para demonstrar resultados permite que o seu entendimento seja mais fácil, rápido e de simples explicação.

Design de processo: nesta fase é efetuado o planeamento de processos e do trabalho padronizado, sempre seguindo uma metodologia Lean. A ergonomia do posto de trabalho, a rotatividade de turnos e os horários de trabalho são fatores de peso nesta avaliação.

Standards técnicos: com o intuito de atingir o nível de “fábrica padronizada”, sendo que todas as áreas da organização estão a seguir requisitos específicos que se encontram documentados, é necessário padronizar os equipamentos de fabricação. Isto é particularmente visível na empresa devido à grande variedade de ferramental utilizado em todas as operações.

3.4.2 Implementação do MPS – Caso de sucesso da fábrica Shenyang

O sucesso atingido com a implementação sistema de produção da MAHLE (MPS) na planta de Behr Duncan, rapidamente foi difundido a outras fábricas. Então, em junho de 2015 foi conduzida a primeira auditoria deste género na planta de Shenyang, na China, tendo sido obtido um resultado global inferior ao considerado “admissível”. Esta foi uma notícia inesperada e que levou a grandes modificações dentro da organização, sendo necessária a implementação de um novo sistema de produção ou a realização de alterações drásticas ao atual (MAHLE Intranet (2020), MPS).

De forma a acelerar o processo de implementação deste sistema de produção certas iniciativas devem ser levadas a cabo, tais como:

- Reorganização de produto acabado e de material recebido dentro do armazém de forma a melhorar o fluxo produtivo;
- Monitorização dos indicadores de performance (KPIs) através de um painel MPS;

- Aumento da comunicação entre áreas que serão de forma direta ou indireta afetadas pela implementação do novo sistema;
- Implementação de métodos mais simples e eficientes de limpeza dos postos de trabalho, de troca de horários, de planeamento das ordens de produção e de criação de novas instruções de trabalho.

A implementação deste sistema durou cerca de dois anos e teve início com o desenvolvimento um plano para lidar com as áreas mais preocupantes observadas em auditorias passadas. Eventos trimestrais foram levados a cabo para planear e prestar suporte à implementação deste novo sistema, através do respetivo treino dos colaboradores. As qualificações dos operadores também tiveram de ser aprimoradas, tendo sido desenvolvidas várias formações onde as diversas áreas de produção foram divididas e sujeitas a um treino específico de acordo com o trabalho que iriam desempenhar.

O envolvimento de colaboradores que desempenham papéis fulcrais no processo produtivo leva à identificação e possível remoção de atividades não geradoras de valor. Estas ações em conjunto com uma melhor análise das causas e duração de paragens de funcionamento levou a um aumento de output na ordem dos 44%. O melhor conhecimento do processo de produção e a eliminação de operações complementares não necessárias, levou a diminuições nos tempos de ajuste e preparação (“set-up”) de certos equipamentos, nomeadamente da máquina encarregue de criar o núcleo/internos de um radiador de automóvel, onde os tempos de “set-up” passou dos setenta e três minutos para os cinquenta e quatro minutos (MAHLE Intranet (2020), MPS).

A implementação de uma metodologia FIFO (first in, first out) em que o primeiro produto a ser requisitado e produzido é também o primeiro a ser entregue, levou a resultados significativos:

- Uma redução de 44% nos custos de inventário de peças que foram adquiridas e posteriormente armazenadas;
- Uma redução de 8% nos custos de armazenamento de produto acabado;
- Um aumento da eficiência em 33% graças à otimização do balanceamento das linhas de produção nas áreas de teste de fugas do radiador a baixa temperatura;
- Aumento da eficiência em 40% nas linhas de produção de sistemas de ventilação, aquecimento e ar condicionado (HVAC).

A tabela 1 enfatiza os efeitos após os dois anos de implementação do MPS:

Tabela 1 - Representação dos resultados obtidos na fábrica da MAHLE em Shenyang

	Resultados obtidos em Auditorias anteriores	
	2015	2017
Resultado global	42%	72%
Produtividade obtida	82%	93%
Percentagem de refugo/desperdício	0,52%	0,35%

É então possível concluir que a implementação do sistema de produção MAHLE (com as modificações necessárias para cada planta dentro do grupo) leva a aumentos significativos de produtividade, enquanto que a percentagem de produto desperdiçado devido a falhas de fabrico diminui.

3.5 MAHLE Componentes de Motores S.A. – Portugal

Corria o ano de 1989, quando o grupo brasileiro Cofap apresentou uma proposta de investimento ao governo português. Em setembro de 1990 foi realizada a escritura para a criação da empresa, passando a denominar-se como Cofapeuropa SA. Em 1992 e, durante nove meses, são treinados operadores na fábrica localizada no Brasil que ficariam então aptos para a produção, sendo que em dezembro deste ano foi produzido o primeiro milhão de segmentos na sucursal localizada em Murte de, Portugal. Hoje em dia MAHLE Componentes de Motores S.A. é uma das maiores fábricas do grupo, contando com mais de seiscentos trabalhadores.

Em 1997 e, após um processo de integração bem-sucedido, o Grupo MAHLE adquire a então Cofap S.A., com sedes no Brasil (hoje em dia MAHLE Metal Leve S.A.) e em Portugal (MAHLE Componentes de Motores S.A.), sendo esta empresa especializada na construção e desenvolvimento de segmentos para motores de combustão a gasóleo e a gasolina. Estes podem ser conformados a partir de ferro fundido ou aço e as suas funções variam entre compressão ou óleo. A MAHLE Componentes de Motores SA fornece ainda revestimentos em ligas de última geração aplicados por PVD (Physical Vapor Deposition), revestimentos em cromo e em cromo cerâmico. Os segmentos que recebem a deposição de material através de PVD apresentam um desgaste muito inferior, melhor capacidade de lubrificação do cilindro e levam a uma diminuição do atrito entre os componentes em contacto. Certos produtos necessitam de um aumento da dureza superficial e, para tal, é efetuado um tratamento de Nitretação. Este é um tratamento termoquímico onde feita a difusão de nitrogénio na superfície da peça, depositando uma camada exterior que tem no máximo três milímetros de espessura (MAHLE, 2020).

Principais marcos na história da MAHLE Componentes de Motores SA:

- 1992: Início da construção das instalações fabris;
- 1993: Arranque da produção;
- 1997: Integração no grupo MAHLE e produção do quinquagésimo milhão de segmentos;
- 2000: Alteração da designação para MAHLE Componentes de Motores SA e início da produção de segmentos em aço nitratado;
- 2001: Início da produção de segmentos com revestimento crómio-cerâmico;
- 2005: Início da produção de segmentos com revestimento em PVD (Physical Vapor Deposition);
- 2007: Head Plant para a Europa na produção de segmentos de pistão;
- 2010: Arranque da linha de segmentos para competição automóvel;
- 2011: Arranque da linha U-Flex e consequente ampliação da fábrica;
- 2012: Início da produção de segmentos em óleo nitratado de três peças;
- 2013: Desenvolvimento de um novo revestimento PVD para reduzir atrito e introdução do código Data Matrix nos segmentos.

Em Portugal a MAHLE encontra-se localizada numa área com 83.000 metros quadrados e tem uma capacidade de produção aproximada de 45 milhões de anéis ano. É uma das maiores empregadoras do concelho de Cantanhede, contando com cerca de 650 trabalhadores distribuídos por uma estrutura de três turnos. Estes encontram-se distribuídos pelos departamentos representados abaixo:

- Logística, que contém as Compras e o Armazém de material
- Engenharia
- Manufatura/Produção
- Qualidade
- Manutenção
- Recursos Humanos

3.5.1 O produto fabricado em Portugal: Anel de pistão

À medida que as temperaturas, pressões, velocidades de rotação e esforços a que os anéis de pistão de pistão estão sujeitos vão aumentando, a procura por sistemas mais eficientes, onde as perdas são diminuídas a valores mínimos, também sofre incrementos.

Para combater esta situação, protótipos com níveis de fricção reduzidos e consequentemente com maior vida útil, com melhores propriedades vedantes para gases e óleos e com melhor resistência mecânica, estão a ser desenvolvidos e testados. Novos revestimentos e variações de design do anel/segmento são desenvolvidas pelo Grupo MAHLE, com o intuito de otimizar o seu funcionamento na gama de motores de combustão interna equipados com componentes produzidos pela organização. Antes da sequência de operações que irá conformar e estabelecer as características finais do anel, este chega à MAHLE Componentes de Motores S.A. sobre a forma rolos de fita metálica. Na primeira fase de produção, a grande maioria dos anéis produzidos na empresa passa por uma enroladora, esta irá retirar a fita e cortar a mesma com as dimensões padronizadas para um anel de pistão. É esta primeira operação que irá criar o anel propriamente dito; as seguintes têm o intuito de melhorar as suas propriedades mecânicas, aliviar as tensões geradas, garantir que todos os parâmetros são cumpridos e aprimorar o acabamento do mesmo (MAHLE Intranet – Murtede).

Noutros casos, os anéis são gerados através do torneamento vertical, em que o anel chega sobre a forma de um pacote e onde são efetuadas duas operações: a remoção de material a nível interno e externo e consequente obtenção da geometria pretendida, e a fresagem, onde será a removido material, dando origem à abertura livre do anel (figura 9).

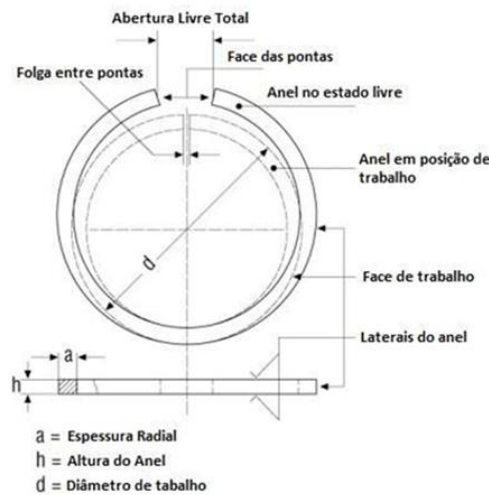


Figura 9- Nomenclatura dos diversos parâmetros num anel de pistão

De acordo com a sua função e posição, podemos dividir os anéis produzidos em três grupos diferentes como está demonstrado na figura 10:

- De primeira canaleta: este é o primeiro anel e, devido ao esforço que está sujeito, é também designado por anel de compressão e atua como selante, evitando a dispersão dos gases gerados durante a combustão (Perkins, 2020).
- De segunda canaleta: também designado por anel raspador. Tem como objetivo a limpeza da camisa do pistão, garantindo que a totalidade do óleo é distribuída. Caso este anel sofra alguma falha que afete o seu funcionamento, a lubrificação do pistão irá ocorrer de forma deficiente, levando a aumentos de temperatura devido a maiores forças de atrito entre os componentes.
- De terceira canaleta/anel de óleo: este anel funciona como vedante, ou seja, impede que os gases da combustão e o óleo entrem em contacto com outros componentes dentro do motor do veículo (Perkins, 2020)



Figura 10- Diversos tipos de anéis fabricados na MAHLE Componentes de Motores S.A.

3.5.2 Rota de fabrico ou Processo produtivo

A rota de fabrico engloba todas as operações, parâmetros e dimensões que o produto deve cumprir. Esta serve então de guia a seguir durante a produção de anéis, é também nela que estão estipulados os intervalos de valores que devem ser introduzidos nos equipamentos, de forma a garantir que as medidas se encontram dentro dos intervalos especificados.

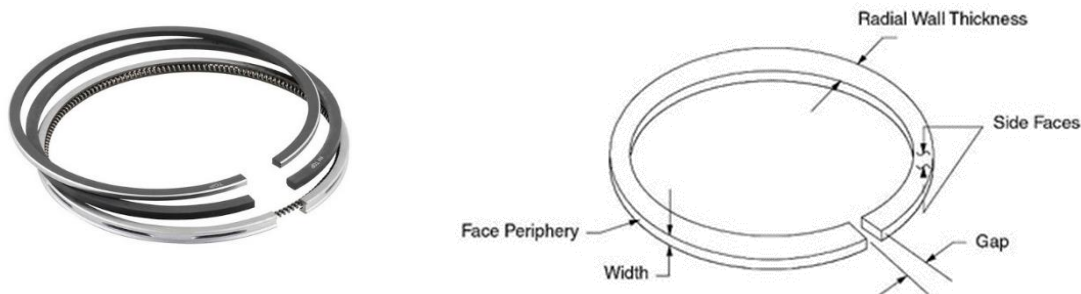


Figura 11 Exemplo de anéis de pistão e os seus diversos parâmetros

Na figura 11, observa-se a nomenclatura usada na descrição dos diversos parâmetros que constituem um anel. Um dos de maior importância é o gap, também referido como abertura total livre. Este representa a distância entre as duas extremidades do anel, um valor que tem de estar entre um certo intervalo para a peça ser aprovada. Devido aos esforços mecânicos que a peça sofre, não pode ser um bloco completamente unido tal como um anel de casamento, existe então a necessidade de remover uma certa quantidade de material para garantir que não ocorre deformação plástica do mesmo.

Parâmetros como altura radial, espessura, diâmetro interno e externo são a forma mais simples de distinguir os anéis para veículos pesados dos para veículos ligeiros numa primeira avaliação. A tabela 2 representa os intervalos de valores entre veículos que eu observei durante o estágio:

Tabela 2- Intervalo de diâmetros nos anéis produzidos

Tipo de veículo	Intervalo de valores para o diâmetro externo (em milímetros)
Ligeiro	72 – 76,5
Pesado	124 – 145

Existem seis linhas de produção na MAHLE Componentes de Motores SA, sendo que cada uma produz um tipo de anel específico. Estas são:

- Linha Aço Otto I-shaped
- Linha Aço PVD (PVD)
- Linha Ferro Fundido de Óleo com Cobertura (FFOC)
- Linha Ferro Fundido de Compressão com Cobertura (FFCC)
- Linha de Aço três peças

- Linha de Aço Comum

Os dados levantados durante o estágio foram obtidos através de observações realizadas em todas as linhas de produção, sendo que estas apresentam rotas de processo díspares. Como tal, existem centenas de anéis que poderão ser produzidos dentro da unidade fabril, dificultando a colocação de uma rota única. De forma a colmatar este problema, irá ser apresentada de seguida a rota de um dos anéis mais comuns (figura 12), o anel Otto I-shaped referência AN0072813-00000950 (098532120F), aplicados aos motores da BMW:

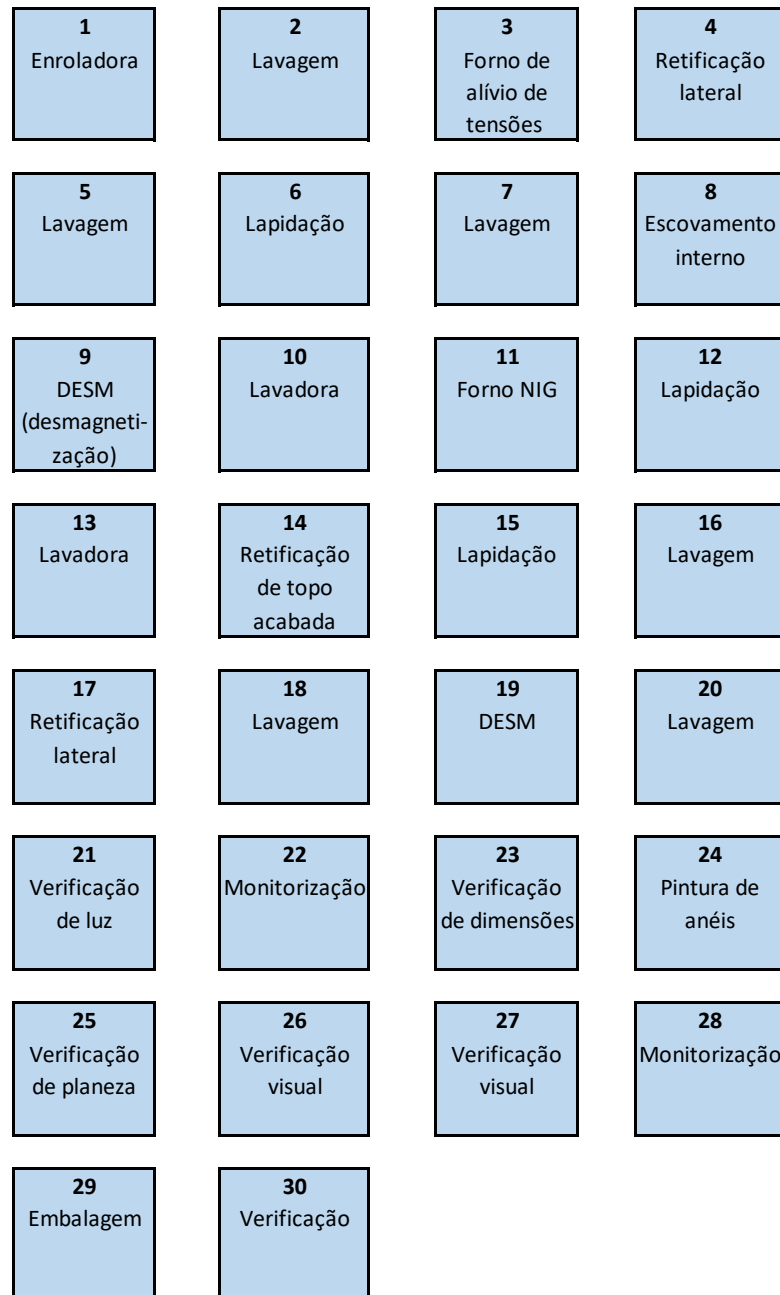


Figura 12- Rota de fabrico do anel referência 098532120F (BMW)

Os anéis de ferro fundido são os únicos que têm como origem o torneamento, sendo este da marca Dimaco, modelo CTB 170.

3.5.3 Rota de fabrico – Principais operações

- **Enroladora ou Torno de Forma Vertical**

Como foi referido no sub-sub-capítulo 3.5.1, os anéis fabricados na MAHLE Componentes de Motores S.A. iniciam a sua produção segundo duas formas distintas: através do corte de uma fita metálica colocada numa máquina enroladora ou através do torneamento pacote a pacote, num torno de forma vertical. No que toca ao primeiro processo, um tamanho padronizado de fita metálica é cortado e conformado para obter a ovalização pretendida para o anel. Este irá, de seguida, para o forno de alívio de tensões para eliminar os esforços internos gerados pelo corte e conformação do anel propriamente dito.

O torneamento compreende duas fases: a remoção de material a um nível externo e a abertura do gap através da fresagem. Numa primeira fase, o pacote de anéis roda a uma velocidade padrão enquanto que uma ferramenta remove o material em excesso, conferindo as dimensões e acabamento pretendidos. A segunda fase desta operação, a fresagem, faz uso de uma ferramenta de corte (várias serras de corte que se deslocam verticalmente no pacote de anéis), removendo assim o material e criando a abertura livre do anel. Este segundo processo apenas ocorre nos anéis de ferro fundido, FFOC e FFCC, e é considerado o mais importante durante todo o processo produtivo, determinando a forma como tensões estarão distribuídas ao longo da superfície da peça.

No que toca ao tempo de ciclo de cada uma das operações, existe uma grande disparidade, sendo que a enroladora apenas atua sobre um anel único e o torno maquina um pacote de certa de setenta e cinco anéis (este valor depende do diâmetro do anel em causa). Esta discrepância leva a que o tempo de ciclo de uma enroladora se situe entre dois e três segundos por anel e a operação completa de torneamento, remoção de material e fresagem, atinga facilmente os dez minutos.

- **Lavagem do anel**

Esta é a operação mais comum durante a rota e aquela que é efetuada após todas as operações de retificação ou de remoção de material. Tendo um tempo predefinido e constante, as lavadoras têm como objetivo a limpeza do anel, garantindo que as limalhas e a sujidade provenientes de operações anteriores são removidas.

- **Fornos de alívio de tensões**

Após a realização de certas operações, são geradas grandes tensões internas no anel. Como forma de aliviar as mesmas e de conferir uma maior dureza, estes são sujeitos a uma têmpera num forno.

- **Escovadora Lateral, Externa e Interna (ESL, ESE e ESI)**

Na MAHLE Componentes de Motores SA são efetuados três tipos de escovamentos: o lateral, externo e interno. No primeiro caso, é efetuada uma uniformização da face lateral do anel, limpando qualquer impureza ou rebarba proveniente de operações anteriores. No caso do escovamento externo, a face exterior é desgastada para que seja possível, nas operações seguintes, depositar a camada de revestimento que irá proteger a mesma. De forma a atingir um acabamento superior na parte interior do anel, é efetuado um escovamento, tendo este o objetivo

de remover qualquer imperfeição que possa estar na superfície. Nestes equipamentos podem ser ajustados parâmetros como tempo e pressão exercida pela escova (Batista, 2018).

- **Retificadora de Topo (TOP)**

Quando chega a este equipamento, o anel já sofreu várias operações que podem levar a disparidades na sua folga. Como tal, é necessário efetuar uma retificação da mesma, garantindo que todas as peças apresentam valores idênticos.

- **Retificadora de Perfil (RPF)**

Esta é uma operação de especial importância pois é a face externa de perfil que irá impedir que ocorra a passagem de gases de escape para o cárter do automóvel, estando esta em contacto direto com a camisa do cilindro.

- **Retificadora Lateral (RLD)**

Semelhante ao escovamento lateral, só que neste caso a escova é substituída por um reboło ou mó de esmeril.

- **Lapidadora (LAP)**

A lapidação é o primeiro contacto que o anel tem com uma camisa de pistão onde irá sofrer movimentos oscilatórios num meio abrasivo. O objetivo desta operação é garantir que existe o contacto correto entre o perfil do anel e o cilindro ou camisa de pistão (Batista, 2018).

- **Operação de lixamento (LX)**

Esta é a última operação que será efetuada no perfil do anel, sendo o acabamento da face que irá estar em contacto feito através de uma lixa abrasiva.

- **Verificações, monitorização e pintura**

Esta é a fase final do processo produtivo do anel, sendo que certas operações como a avaliação visual ou a verificação de dimensões, podem ser repetidas ao longo do mesmo. Aqui o colaborador analisa os valores fornecidos em parâmetro como a abertura livre, folga, planeza e o estado visual do anel; a existência de riscos ou marcas provenientes de operações anteriores pode levar à rejeição de lotes. Após estas operações é pintada uma faixa com uma cor característica (vermelho, verde ou amarelo), indicando o tipo de anel presente.

4. Recolha de Métodos e Tempos na MAHLE Componentes de Motores S.A.

Como foi referido no sub-capítulo 2.5.2, durante o estágio foi implementado o método da Cronometragem. Este sistema de levantamento e avaliação de valores é aplicado quando o objetivo passa pela oficialização de tempos padrão (standard), quando é necessário efetuar a criação de novos métodos de trabalho ou atualização de antigos e quando é necessária a reavaliação de valores considerados padrão. Após a sua recolha, os tempos devem ser analisados e os diversos parâmetros envolvidos escrutinados. Este processo de verificação e análise é designado por cronoanálise (MAHLE, 2006).

Quatro fatores, comuns a todos os métodos de tiragem de tempos, irão levar a uma necessidade de reavaliação dos valores considerados padrão, a saber: a implementação de um novo processo de fabrico, a introdução de novos equipamentos e ferramentas, as alterações no lay-out da unidade fabril e a necessidade de atualizar valores de processamento. As alterações mencionadas afetam direta e indiretamente os tempos de processamento, sendo necessário avaliar os mesmos de forma a perceber se existe a necessidade de tomar medidas de melhoramento de performance; em certos casos chega-se à conclusão que as modificações efetuadas levam a decréscimos de produtividade. Caso seja adquirido um equipamento novo ou sejam introduzidos novos produtos a fabricar, o método de trabalho existente deve ser atualizado ou substituído por um mais recente, contabilizando todas as alterações efetuadas.

4.1 Aplicação da Norma Interna MAHLE – Manual de Estudos e Métodos e Tempos – como guião para o levantamento de valores

4.1.1 Manual de implementação de um estudo de Cronoanálise

O método da cronometragem também pode ser designado por cronoanálise como referência ao estudo que será feito com base nos valores levantados. No decorrer deste estágio, foi apresentada uma Norma interna originária da unidade MAHLE Metal Leve S.A. em Itajubá (Brasil), tendo sido requisitado um estudo da mesma e das metodologias que esta compreendia.

Este Manual sintetiza o procedimento, as operações a efetuar e a abrangência das mesmas, o método de determinação de tempos e os conceitos adjacentes a um estudo de Métodos e Tempos segundo as normas MAHLE. Como está referido neste documento, “O estudo de Métodos e Tempos poderá ser usado para determinar o Tempo Padrão que uma pessoa qualificada e devidamente treinada, deveria gastar para executar uma operação a um ritmo normal de trabalho” (MAHLE, 2006). Foi então com base neste documento, que segue uma metodologia de cronometragem e posterior cronoanálise (análise dos valores cronometrados), que foram levantados os valores de tempos de ciclo que serão apresentados nos capítulos que se seguem.

Os tempos levantados representam o tempo total de operação, isto significa que contrariamente ao que Taylor defendia, em que cada operação devia ser dividida nos seus diversos passos e cada um destes seria cronometrado, os valores aqui apresentados contemplam todo o processo, desde a colocação do anel nos equipamentos até à sua saída pós maquinação.

Um trabalho no âmbito da cronoanálise deve fazer uso de várias técnicas, tais como:

- Tomada de tempos operacionais (cronometragem);
- Avaliação do nível de fadiga do operador;
- Cálculo ou renovação do tempo standard;
- Avaliação do ritmo de trabalho do operador;

- Determinação do método de trabalho mais eficiente;

Neste método é efetuada a divisão de uma tarefa nos seus diversos elementos, sendo cada um destes cronometrado de seguida. A velocidade usada pelo colaborador e o tempo selecionado podem ser ajustados durante a cronometragem, de forma a que um operador qualificado, a trabalhar a um ritmo normal, possa executar a operação dentro do tempo especificado. A este tempo é dada a designação de tempo normal, sendo depois adicionadas tolerâncias para necessidades pessoais ou interferências ao processo, obtendo-se então o tempo standard (padrão) para a operação em causa. Este deverá voltar a ser avaliado sempre que ocorrerem alterações no lay-out dos equipamentos, sempre que seja introduzido um novo processo de fabrico ou um novo produto/material.

As tolerâncias adicionadas ao tempo normal dividem-se em três categorias (MAHLE, 2006):

- **Fadiga:** fator aplicado ao tempo normal que contempla a fadiga sentida pelo operador, tanto a nível físico como mental. Este valor tem em consideração fatores ergonómicos, ou seja, varia conforme a operação. Operações que causem mais desconforto e que sejam efetuadas em posições menos “naturais” irão apresentar fatores ergonómicos mais evidentes.
- **Necessidades pessoais:** percentual acrescido ao tempo normal e que considera o tempo gasto pelo operador na realização das suas necessidades pessoais (WC, café, água, etc.). O fator usado varia conforme a distância percorrida pelo mesmo na realização das suas necessidades.
- **Interferências:** este fator é aplicado ao tempo normal e visa cobrir todas as paragens que são inerentes ao processo produtivo, tais como: trocas de ferramentas, ajustes a efetuar, tempo gasto no setup da máquina, controle de qualidade, atuação de supervisão no posto, etc. Este percentual pode ser obtido através do levantamento de dados no posto de trabalho, através de amostragens ou pelo estudo de dados históricos/tempos informais.

4.1.2 Metodologia a seguir num estudo de Métodos e Tempos

Os valores obtidos serão depois utilizados como parâmetros para a execução do processo de produção, como forma de balancear linhas de produção e sincronizar as diversas operações aí realizadas, na programação e controlo da produção. Doze passos poderão ser abrangidos por este tipo de estudo, no entanto, nem sempre existe a possibilidade ou disponibilidade para garantir o cumprimento da totalidade dos mesmos. A procura por certos materiais ou escassez dos mesmos, por exemplo no caso de amostras de um certo produto, torna impossível que todo o processo de levantamento de valores seja preenchido.

Os doze pontos que devem ser cumpridos num estudo de Métodos e Tempos são (MAHLE, 2006):

Cronometragem

Nesta fase, são retirados os tempos operacionais das diversas tarefas para posterior análise. Cinco aplicações relativamente a este parâmetro são de especial importância, a saber:

- A verificação de valores considerados standard/padrão;
- A reavaliação de valores padronizados;
- A implementação de um novo padrão;
- A criação e difusão de um método de trabalho novo;
- A atualização de gráficos.

Cronoanálise

Após a recolha de valores através da cronometragem vem a análise dos mesmos. Esta irá ser baseada nos tempos de operação, na ergonomia do posto de trabalho, na mão de obra adjacente à operação, nos equipamentos usados e na localização do posto de trabalho.

É através deste estudo que serão oficializados os novos tempos operacionais, disponibilizados nos roteiros de fabricação e de acordo com o plano de ação do método de trabalho definido.

Método de trabalho

De forma a racionalizar a mão de obra disponível, reduzir custos, aumentar produtividade e eficiência, é definida uma sequência de passos, racional e simples, designada por método de trabalho. Esta sequência será disponibilizada no posto de trabalho e inclui as ferramentas e os movimentos necessários para a realização das tarefas.

Manuais e instruções operacionais

Durante um estudo de Métodos e Tempos todos os conceitos, procedimentos, responsabilidades e a sequência de ações a efetuar devem ser anotados para consulta no futuro. Assim, áreas como a produção e administração irão dispor de informações atualizadas e de fácil consulta, permitindo uma melhor organização destes ramos dentro da empresa.

Amostragem de dados reais

Pelo meio de observações no local, controlo de tempos através de apontamentos e graças a relatórios gerados internamente, é possível recolher tempos de processamento, de preparação ou ajuste do equipamento (*set-up*).

Este levantamento de dados tem quatro objetivos principais:

- Verificação de valores considerados padrão;
- Detecção de falhas operacionais e administrativas;
- Reavaliação de tolerâncias adjacentes a certos valores padrão;
- Avaliação dos planos de ação-reação implementados.

Análise da variedade de produtos da fábrica e estudo do plano económico de vendas

Através do levantamento de dados sobre a procura de produtos já fabricados ou a fabricar e do estudo previsões de vendas, é possível adequar o fluxo de processamento e a capacidade produtiva. Deste modo, o balanceamento das linhas produtivas torna-se mais fácil e exequível e as necessidades adjacentes a cada máquina também são identificadas de forma mais acessível.

Cálculo de carga-máquina e das necessidades de mão de obra

O levantamento de valores de volume de produção e de tempos de reais de programação/ajuste permite: verificar a capacidade real de cada equipamento, calcular a mão de obra necessárias para a realização de uma tarefa e gerir a necessidade de horas extra.

Fluxograma de produto

É graças ao levantamento de dados efetuado neste parâmetro que são redesenhados os *lay out's* da empresa, sendo que o agrupamento de produtos por famílias, células e mini fábricas também tem como base o fluxograma obtido. Em situações atípicas pode ocorrer a montagem de novas células de processamento e até de novas fábricas. Este é considerado um tópico fulcral na organização de equipamentos dentro da área de produção.

Fluxogramas operacionais

A análise e sondagem de dados relacionados com o fluxo operacional dentro da fábrica irá ditar se serão impostas novas medidas ou se será efetuada uma atualização das que se encontram em vigor.

Esta recolha e consequente estudo dos valores obtidos apresenta cinco aplicações possíveis:

- Verificação de manuais e de instruções operacionais;
- Atualização ou criação de novos manuais e instruções operacionais;
- Organização de áreas de produção e de administração;
- Racionalização da mão de obra disponível;

Balanceamento de linhas de produção, células de processamento e mini fábricas

A grande finalidade deste parâmetro é a definição do número de equipamentos presente nas áreas produtivas, tendo sempre em linha de conta as necessidades de mão obra adjacentes aos mesmos. Em combinação com estes valores, é efetuada uma análise de capacidade, um levantamento das quantidades produzidas e da procura futura; assim, será demonstrada a necessidade, ou não, de obter mais máquinas.

Criação de gráficos representativos da relação homem-máquina

A criação destes diagramas de estudo está dependente da análise sucinta do Método de Trabalho implementado, tendo em conta os tempos retirados durante a cronometragem e que foram posteriormente analisados durante a cronoanálise.

Cinco aplicações advêm do uso de gráficos homem-máquina:

- A implementação de melhorias no posto de trabalho;
- Um melhor aproveitamento dos equipamentos disponíveis;
- A otimização dos custos de mão de obra;
- Comparação entre o Método atual e o proposto, realçando os ganhos e perdas.

Análise dos indicadores de produtividade da fábrica

De forma a avaliar a eficiência e desempenho da unidade fabril, os seus objetivos e a implementação de medidas e planos de ação/reação em caso de falhas, é efetuado o acompanhamento dos resultados obtidos a um nível mensal, semestral e anual.

4.2 Template Run & Rate – Ferramenta de levantamento de tempos

A componente basilar do estágio curricular que decorreu na MAHLE de Componentes de Motores S.A., e no qual se baseia este relatório, foi o levantamento através da cronometragem e a análise de tempos de processamento. Os valores descritos no subcapítulo anterior e todos os observados foram anotados num documento próprio e desenvolvido pela MAHLE designado por Run & Rate, em conjunto com as condições de funcionamento durante a operação. Este documento tem como base as linhas de pensamento presentes no “Manual de Estudos e Métodos e Tempos” (MAHLE, 2006). A figura 13 representa a folha usada na MAHLE para a aplicação deste método, onde está representada a tarefa em causa, a descrição dos seus elementos, dos equipamentos em funcionamento, do operador e do responsável pelo levantamento dos dados e do tempo total da operação, entre outros fatores.

Capacity Analysis - RUN & RATE																																																				
Data	07/07/2020		Responsável	Pedro Marques																																																
OPA	689534		Início	14:36																																																
PN P50	098 34888 OFX2		Fim	15:39																																																
PN PB0																																																				
Máquina	RPF-12 (ESC)		Duração	1:03:00																																																
Tempos para escovamento após PVD (RPF-12)																																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Parâmetro</th> <th>Valor</th> <th>Unidade</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>rotação da árvore principal</td><td>max= +300</td><td>rpm</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>			Parâmetro	Valor	Unidade							rotação da árvore principal	max= +300	rpm													<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Tempos ciclo</th> </tr> <tr> <th>Control</th> <th>Tempo (seg)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>69,4620</td></tr> <tr><td>2</td><td>69,3840</td></tr> <tr><td>3</td><td>69,4800</td></tr> <tr><td>4</td><td>69,4800</td></tr> <tr><td>5</td><td>69,5160</td></tr> <tr><td>6</td><td>69,2340</td></tr> <tr><td>7</td><td>69,5100</td></tr> <tr><td>8</td><td>69,4320</td></tr> <tr><td>9</td><td>69,4260</td></tr> <tr><td>10</td><td>69,3720</td></tr> </tbody> </table>		Tempos ciclo		Control	Tempo (seg)	1	69,4620	2	69,3840	3	69,4800	4	69,4800	5	69,5160	6	69,2340	7	69,5100	8	69,4320	9	69,4260	10	69,3720
Parâmetro	Valor	Unidade																																																		
rotação da árvore principal	max= +300	rpm																																																		
Tempos ciclo																																																				
Control	Tempo (seg)																																																			
1	69,4620																																																			
2	69,3840																																																			
3	69,4800																																																			
4	69,4800																																																			
5	69,5160																																																			
6	69,2340																																																			
7	69,5100																																																			
8	69,4320																																																			
9	69,4260																																																			
10	69,3720																																																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Segmentos</th> <th>9</th> <th>pç</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Tempo de ciclo</td> <td>69,43</td> <td>segundos</td> </tr> </tbody> </table>			Segmentos	9	pç	Tempo de ciclo	69,43	segundos																																												
Segmentos	9	pç																																																		
Tempo de ciclo	69,43	segundos																																																		
Tempos de paragem																																																				
	(minutos)	Descrição																																																		
1																																																				
2																																																				
3	5	Colocação de mais anel na máquina (1ª vez)																																																		
4																																																				
5																																																				
6																																																				
Dados de produção																																																				
	Ciclo	Hora Início	Hora Fim	Productividade																																																
		14:36	15:36																																																	
Quantidade processada	396			Instantanea 467 seg/hora																																																
Quantidade rejeitada	0			T. decorrido 1,00 h																																																
% de Refugo	0,00%			Medida 396 seg/hora																																																
Observações																																																				
Primeira vez a utilizar a RPF daí o tempo gasto na colocação de anel																																																				

Figura 13- Template de recolha de tempos usado na MAHLE

O documento referido é constituído por cinco partes essenciais:

- Dados essenciais sobre a máquina, tipo de material, lote ao qual pertence e duração total da operação de recolha de dados;
- Condições de trabalho: principais parâmetros a anotar, tempos de ciclo da peça/conjunto de peças (sem paragens) e número de peças trabalhadas por ciclo;
- Tempos de paragem: intervalo de tempo durante o qual a máquina não se encontra em funcionamento. Isto pode ser devido a ajustes, colocação de mais material, necessidades pessoais do operador, etc. As paragens aqui anotadas são referentes ao intervalo escolhido no ponto seguinte;
- Dados de produção: aqui é escolhido um intervalo de tempo (15,20,30, etc., em minutos) e é anotada a quantidade de material processado, bem como a quantidade rejeitada;
- Observações: nesta zona devem ser colocadas informações importantes que afetem os parâmetros acima referidos.

Dados essenciais sobre o processo – Figura 14

Nesta área devem ser colocadas informações gerais, tais como: a data e o nome da pessoa responsável pelo levantamento de dados, mas também informações específicas como o número da OPA (lote), o tipo de material que está a ser trabalhado e em que máquina. Para além dos parâmetros acima enunciados, deve ser colocado a hora de início do estudo e a hora em que este foi dado por terminado (tempo total de permanência no local).

O correto preenchimento destas informações é de extrema importância, visto que permite saber qual é o material que está a ser processado, a que ordem de trabalho pertence, em que linha está a ser efetuada a operação e em que máquina.

Capacity Analysis - RUN & RATE			
Data		Responsável	
OPA		Início	
PN P50		Fim	
PN PBO			
Máquina		Duração	

Figura 14 - Informações essenciais sobre o procedimento geral

Condições de trabalho – Figura 15

É nesta fase que são retirados os tempos de ciclo em condições ideais (sem paragens) e é com base neles que será fornecido o tempo padrão/standard. Para tal, devem ser medidos dez tempos de ciclo e deve ser anotado o número de anéis processados por ciclo. Os parâmetros de maior importância fornecidos pela máquina ou pelo operador (rotação, velocidade, tempo de ciclo, etc) também devem ser registados nas respetivas unidades de medição.

Condições de trabalho

Parâmetros	Valor	Unidades

Peças por ciclo		anéis
Tempo standard	0	seg

Tempos de ciclo

Control	Tempo (seg)
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

Figura 15 - Condições de trabalho nas quais foi efetuado o levantamento de valores

Tempos de paragem – Figura 16

Os tempos de paragem aqui descritos representam todas as pausas de funcionamento da máquina durante o intervalo de tempo escolhido para a recolha de dados. Estas podem ser referentes a trocas de ferramental, colocação de mais material, ajustes, necessidades pessoais do operador, etc.

Tempos de paragem

Minutos	Descrição
1	
2	
3	
4	
5	
6	

Figura 16 - Campo disponível para a anotação das paragens de funcionamento

Dados de produção – Figura 17

No segmento descrito como dados de produção é escolhido um intervalo de tempo e é anotada a sua hora de início e de fim. Este valor varia de acordo com a dimensão da pausa de funcionamento, por exemplo, se for anotada uma paragem de 10 minutos, deve ser considerado um intervalo de maiores dimensões (20-30 minutos), em vez que um relativamente curto (10-15 minutos). As quantidades de material processado e rejeitado também devem ser indicadas; isto irá fornecer automaticamente a percentagem de refugo durante o intervalo de tempo escolhido. Para além dos valores referidos acima, o template também apresenta a produtividade instantânea e a produtividade medida, sendo a primeira baseada na razão entre o número de

segmentos processados por ciclo e no tempo de ciclo médio (standard). A produtividade medida também consiste na razão entre duas variáveis, sendo estas: a quantidade de material processado no intervalo durante o intervalo de tempo e o valor do mesmo (em horas).

Dados de produção			Produtividade	
	Início	Fim		
Ciclo			Produtividade instantânea	0
Quantidade process.			Tempo de ciclo	0
Quantidade rejeitada			Produtividade medida	0
% refugo		0%		

Figura 17- Dados referentes ao processo produtivo analisado

Observações – Figura 18

No final do template encontramos a área destinada às observações. É aqui que devemos colocar as informações mais pertinentes que foram observadas durante a totalidade do processo de recolha de dados.

Observações

Figura 18- Campo relativo às informações importantes que foram observadas

4.3 Principais parâmetros intervenientes no tempo de ciclo

O tempo de ciclo está diretamente ligado a certos parâmetros sobre os quais o operador encarregue da máquina pode atuar, estando os principais representados na tabela 3. Ao realizar um levantamento de valores é necessário ter em consideração que os tempos de ciclo não serão iguais entre os diversos turnos de funcionamento. Isto deve-se ao desgaste que a ferramenta sofre com o passar do tempo, levando a que por vezes seja necessário aumentar o tempo de maquinação para obter os resultados pretendidos (por exemplo na Lapidção), mas também ao número de tarefas que o operador tem de realizar. Caso o operador esteja encarregue de diversas máquinas pode ter de diminuir ou aumentar o output das mesmas, de forma a atingir os valores de produtividade pretendidos.

Tabela 3 - Principais parâmetros sobre os quais o operador atua durante a fabricação de uma peça

Designação	Unidade
Velocidade de rotação	Rotações por minuto (RPM)
Velocidade de corte	Milímetros por revolução (mm/ver)
Avanço	Milímetros
Tempo de lapidação	Segundos
Tempo de escovamento	Segundos

Uma alteração em qualquer um destes fatores irá levar a um aumento ou decréscimo no tempo total de processamento, sendo que este é fornecido num cronómetro disponibilizado em certos equipamentos. Como tal, as modificações efetuadas nos mesmos são da responsabilidade do colaborador. Este baseia as suas ações na rota de fabricação, pois é lá que estão estipulados os intervalos de valores aceitáveis, as velocidades e os tempos a implementar, as operações anteriores e as que serão efetuadas futuramente e ainda os códigos a colocar em certos equipamentos. A rota ou o fluxo produtivo é, portanto, a base de todo o sistema de produção.

Apesar do levantamento de valores através da cronometragem e a sua posterior análise, certos tempos já se encontravam padronizados, tendo ocorrido uma disparidade entre o valor assumido (padrão) e o novo valor retirado no local. Isto deve-se maioritariamente a alterações nos parâmetros de processamento referidos na tabela 3 com o intuito de atingir certos objetivos como uma qualidade superior.

A seguinte lista de equipamentos representa os que são de maior relevância dentro da MAHLE Componentes de Motores S.A., correspondendo também a possíveis gargalos:

- Escovadora Lateral, Externa e Interna (ESL, ESE e ESI)
- Retificadora de Topo (TOP)
- Retificadora de Perfil (RPF)
- Retificadora de Topo de anel único (RSR)
- Retificadora Lateral (RLD)
- Lapidadora (LAP)
- Operação de lixamento (LX)

Das máquinas acima referidas, aquelas cujas intervenções de manutenção são de maior demora são as retificadoras. É também nestes equipamentos que existe um maior desgaste de componentes, sendo o rebolo aquele que sofre mais desgaste e que representa a parte fulcral desta operação. Após fabricação, certas peças necessitam de ser retificadas, e isto deve-se à presença de rebarbas metálicas provenientes de operações passadas ou a pequenas discrepâncias entre as dimensões estipuladas na rota de fabrico e as obtidas através da medição das peças no local. Um rebolo é constituído por um conjunto de materiais, normalmente à base de óxidos e de minerais abrasivos, que são conformados numa matriz com forma circular (Sree Balamurugan, 2018). É este componente que irá entrar em contacto com a peça a maquinar, removendo as imperfeições causadas por operações anteriores.

Existem cinco aplicações que são atingidas através do uso de um rebolo abrasivo, sendo estas:

- Desbaste de material;
- Corte de material;
- Afiamento de peças específicas que normalmente irão efetuar outras operações;
- Retificação de peças e componentes.

A criação destes componentes é um processo de elevada complexidade e precisão, dado que este irá sofrer elevadas velocidades de rotação, temperaturas e pressões. A própria constituição do disco deve ser estudada ao pormenor, garantindo que as elevadas tensões e esforços a que este está sujeito enquanto está em rotação não levam a uma falha destrutiva durante o processo. Como tal, a sua vida útil também irá depender das aplicações e dos esforços a que este estará sujeito. Sendo um produto consumível, irá necessitar de ser trocado, sendo que o tempo despendido nesta operação depende do nível de experiência do operador e é, por isso, muito difícil obter um valor padronizado. Dada a fragilidade do rebolo a impactos, uma queda pode ser suficiente para causar uma fragmentação destrutiva no mesmo, sendo necessário um elevado nível de atenção durante o seu manuseamento. Na figura 19 está representada a geometria de um rebolo já preparado para a utilização, a sua constituição e forma de funcionamento.

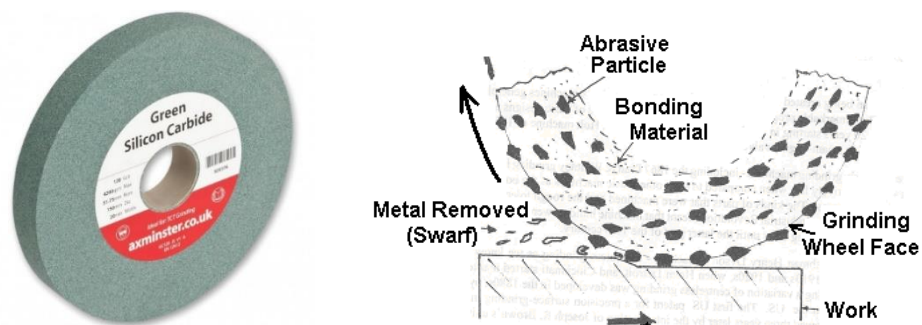


Figura 19- Exemplo da geometria de um rebolo retificador (esquerda) e exemplo do funcionamento e constituição do mesmo (direita)

Como foi referido, o rebolo é a parte fundamental na retificação de uma peça única ou de um conjunto. Esta é uma operação de grande desgaste e, como tal, é necessário garantir que as arestas de corte do rebolo estejam devidamente perfiladas para as peças seguintes. Este processo de restabelecimento da capacidade de corte é designado por “dressagem” e o seu valor está diretamente relacionado com o tempo total de ciclo medido.

Na maioria dos equipamentos acompanhados durante o estágio na MAHLE Componentes de Motores S.A., este processo é realizado após a retificação de um anel ou de um conjunto, sendo que em certos casos pode ser efetuado durante a operação em questão. Assim, o tempo que será padronizado como sendo o “tempo de ciclo” será diretamente afetado, dado que só ocorre a entrada de mais material após a realização desta operação e os seus valores podem variar de trinta segundos a mais de um minuto. Esta necessidade de dressagem constante pode indicar que o material que constitui o rebolo não é o indicado para a operação que está a ser efetuada ou que o procedimento assim o exige para garantir o desempenho ideal durante a retificação (NAG Abrasivos, 2018).

Três objetivos principais advêm da dressagem de um rebolo, sendo estes:

- Remoção da camada abrasiva mais desgastada da face de contacto. Este conceito torna-se mais fácil de entender se considerarmos que o rebolo é constituído por diversas camadas e, à medida que estas vão sendo desgastadas, é realizada uma remoção de material que irá garantir que a face de trabalho está sempre nas condições ideais de funcionamento;

- Necessidade de alinhamento da face de contacto do rebolo com o eixo de rotação do equipamento;
- Criação de um perfil na face de trabalho do rebolo (NAG Abrasivos, 2018).

4.4 Organização dos valores retirados e atualização de valores considerados padrão

Durante o estágio foi desenvolvida uma folha de cálculo onde seriam colocadas as diversas referências dos anéis fabricados na MAHLE Componentes de Motores S.A., as operações e as máquinas onde foram efetuadas, o tempo de processamento e o número de anéis processado por ciclo. Este documento tinha como objetivo a organização dos valores retirados de acordo com a rota seguida pelo material e, como tal, cada operação teria identificado o respetivo material, a máquina na qual estava a ser maquinado, o número de anéis por ciclo e o tempo do mesmo. A ordem de operações segue a rota de produção do respetivo material.

O número muito elevado de anéis presente na MAHLE Componentes de Motores S.A. torna impossível a sua colocação todos numa tabela. Para exemplificar isto, foi desenvolvida a tabela 4, que representa a diversidade de anéis sobre os quais foram retirados os tempos. Se considerarmos as cinquenta e nove referências da tabela 4, divididas por seis linhas de produção e com uma média de trinta operações por linha, obtemos um número total de tempos de cerca de mil setecentos e setenta. Convém ter em atenção que aqui não se encontram descritos todos os anéis presentes nas diversas linhas de produção da MAHLE, apenas aqueles aos quais foram retirados tempos de produção.

Devido ao tamanho da folha de cálculo global, na tabela 5 apenas está apresentado o anel referência 098532120F (BMW). Como é visível, nem todas as operações apresentam o número de anéis por ciclo. Isto deve-se ao facto de que em operações de lavagem, de alívio de tensões e de desmagnetização o número de peças é extremamente elevado e variável. Este esquema foi aplicado a grande parte dos anéis fabricados na empresa, sendo aqueles que representam a maior porção da produção (“big runners”) a prioridade deste estudo. Apesar de parecer plausível efetuar a soma do tempo gasto em todas as operações e assim obter o tempo total de processamento do anel, isto não corresponde à realidade. As paragens, o tempo gasto na produção de um lote completo, o tamanho de cada encomenda, a prioridade que certos anéis têm em relação a outros, o planeamento da produção entre outros fatores, levam a que não exista um valor standard para o processamento total de um material.

Tabela 4- Número de referências de anéis por linha e número de operações a que estes estão sujeitos

Tipo de linha produtiva	Referências de anéis por linha	Nº de operações por linha (varia entre referências)
Linha Aço Otto I-shaped	10	26 - 42
Linha Aço PVD	12	29 - 38
Linha Ferro Fundido de Óleo com Cobertura (FFOC)	12	25 - 32
Linha Ferro de Compressão com Cobertura (FFCC)	11	23 - 32
Linha Aço três peças	6	15 - 20
Linha Aço Comum	8	17 - 24
Total de referências	59	Aproximadamente 30 operações por linha

Tabela 5- Folha de cálculo desenvolvida para o anel referência 098532120F

Referência: 098532120F			
Operação	Máquina	Tempo (segundos)	Anéis/ciclo
ENR	ENI-01	1,25	1
LAV	LAV-39	720	-
FAT	FAT-32	28800	-
RLA	RLD-02	1,05	1
LAV	LAV-30	840	-
LAP	LAP-17	72	20
LAV	LAV-42	900	-
ESI	ESI-04	30	30
DESM	DESM-01	-	-
LAV	LAV-48	840	-
NIG	NIG	25200	-
LAP	LAP-14	90	24
LAV	LAV-15	780	-
RTZ	RTZ-14	78	7
LAP	LAP-20	102	24
LAV	LAV-40	1080	-
RLD	RLD-05	0,57	1
LAV	LAV-49	960	-
DESM	DESM-02	-	-
LAV	LAV-47	1020	-
LUZ	LUZ-01	1,17	1
MNT	MNT-01	4,2	1
SPT	SPT-01	1,13	1
PNT	PNT-01	180	25
PLN	PLN	0,2	1
VIS	VIS	660	45
VIS-02	VIS-02	550	45
MNT-02	MNT-02	5,7	1
EMB	EBM	-	FIN
VER	VER	-	FIN

No caso da retificadora de perfil número nove, RPF-09, (uma das diversas retificadoras existentes na empresa), ocorreu um aumento do tempo de processamento considerado padrão e usado em cálculos de dezanove (19) segundos para vinte e dois (22) segundos por peça. Esta discrepância já havia sido identificada pelos operadores encarregues deste equipamento em específico, contudo, só através do levantamento de valores no local é que pode ser confirmada. Este incremento prova que uma otimização do processo nem sempre leva a uma diminuição do tempo gasto no mesmo, às vezes, para atingir certos requisitos de qualidade e acabamento (como foi o caso), é necessário aumentar o tempo de maquinação da peça. Caso o acabamento fosse inferior ao desejado pelo cliente os lotes de material processado poderiam ser rejeitados ou, se isto fosse verificado numa fase mais avançada da rota de fabrico, o material poderia ser considerado “refugo” (ou lixo) pois seria demasiado tarde para reverter o que já tinha sido efetuado em operações anteriores.

Considerando que uma vara de anéis apresenta cerca de quinhentos e oitenta e dois anéis (582), valor que irá depender do diâmetro dos mesmos, esta alteração levou a modificações nos tempos gerais de processamento.

Tabela 6 - Alteração de valores considerados padrão

Fase do processo	Tempo de processamento de um anel com diâmetro de 1,30 milímetros	Tempo de processamento de vara completa, em minutos
Antes do levantamento de valores (valor padrão)	Tempo = 19 segundos	184,3 minutos
Após o levantamento de valores (valor padrão atualizado)	Tempo = 22 segundos	213,4 minutos

Os valores obtidos não consideram as paragens para ajustar certos parâmetros do equipamento, colocações de mais material ou paragens que possam ocorrer durante a produção.

Por vezes, o tempo de processamento ou de ciclo é confundido com o takt time. Estes dois conceitos, facilmente confundidos, distinguem-se de uma forma bastante simples: o tempo de ciclo representa o tempo necessário para que uma unidade, única ou em conjunto, de produto seja processada. O takt time representa a razão entre o tempo disponibilizado para a produção e o número de peças encomendadas pelo cliente, tendo como objetivo uniformizar o ritmo produtivo e o ritmo de consumo/de entrega. Ou seja, representa o tempo de processamento total para obter a encomenda efetuada pelo cliente. Este é definido pela procura do mercado e é um fator fulcral na criação de planos de contingência para oscilações na procura.

O takt time é uma unidade de tempo e pode ser definido pela fórmula:

- $$Takt\ time = \frac{\text{Tempo de produção}}{\text{Número de peças a produzir}}$$

De forma a evitar problemas a nível de entrega, devido a avarias em equipamentos, atrasos produtivos ou imparidades nas peças obtidas, o tempo total de produção do lote a entregar deve ser menor que o takt time correspondente, dando assim margem de manobra à empresa.

5. Estudo da introdução das Retificadoras de Perfil para realização das operações automáticas de Escovamento e Lixamento

5.1 Operações manuais de Escovamento externo e Lixamento cruzado

Até agora, quer o escovamento externo, quer o lixamento cruzado, quer o escovamento interno eram feitos de forma manual, com grande desgaste físico da parte do operador. Os passos a efetuar pelo mesmo encontram-se exemplificados no trajeto a seguir na figura 20.

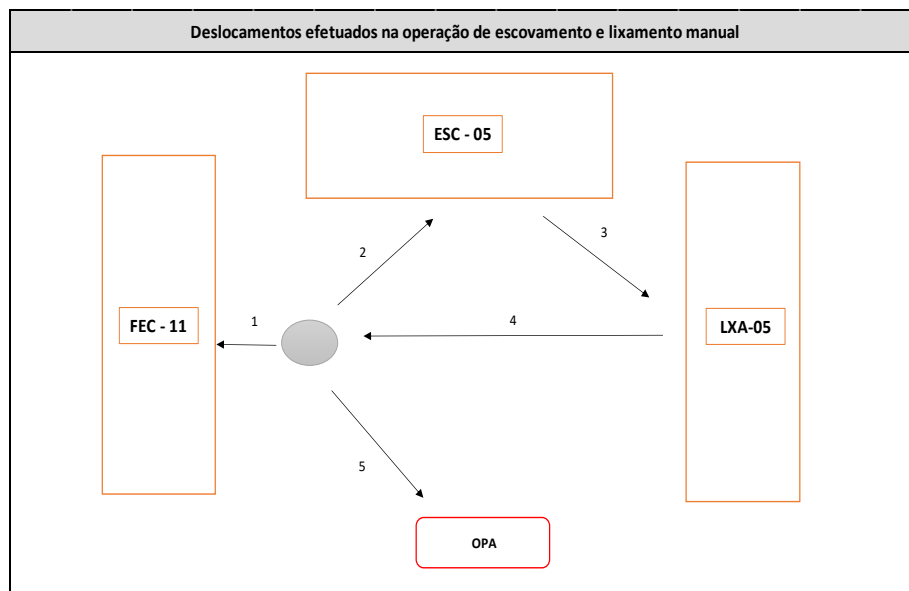


Figura 20- Deslocamentos efetuados pelo operador nas operações manuais de escovamento e lixamento cruzado

Sendo o lixamento cruzado efetuado imediatamente a seguir ao escovamento externo, o operador acaba por transportar os anéis de uma operação para a outra. A figura 20 representa os deslocamentos efetuados pelo mesmo durante as operações manuais, sendo a sequência efetuada segundo a ordem:

- Aperto da árvore com anel na Fechadora (FEC-11)
- Escovamento do mesmo na ESC-05
- Lixamento na LXA-05
- Desaperto do anel na FEC-11
- Colocação do anel já processado na OPA (lote), onde irá seguir para as próximas operações

Devido a este grande esforço várias queixas foram reportadas à enfermaria da empresa e a produtividade apresentava elevados decréscimos ao longo do turno.

5.2 Operações automáticas de Escovamento externo e Lixamento cruzado

Com o intuito de solucionar os problemas gerados pelas operações efetuadas manualmente, foi desenvolvida uma alternativa: o escovamento externo e o lixamento cruzado através de uma Retificadora de Perfil. A figura 21 representa as duas máquinas onde irão ser realizadas as operações automáticas.

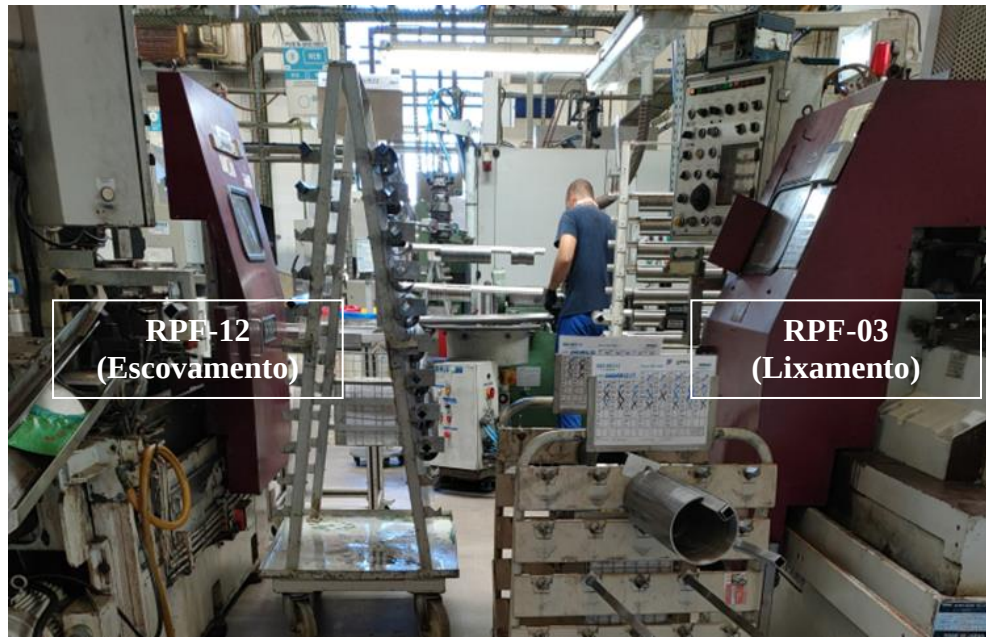


Figura 21- Máquinas Retificadoras de Perfil modificadas para as operações de escovamento e lixamento

5.2.1 Escovamento externo dos anéis: RPF -12

O escovamento externo automático efetuado na Retificadora de Perfil nº12 (figura 22) consiste em escovar a face de contacto do anel com uma escova abrasiva, de modo a eliminar impurezas antes da deposição da camada externa de PVD e a arredondar os raios dos chanfros: externo superior; externo inferior e das pontas. Estas são operações necessárias sempre que haja deposição de revestimentos finos deste género, de modo a melhorar a aderência e a diminuir o fator de concentração de tensões devido aos chanfros arredondados. Todos estes factores contribuem significativamente para o refugo (desperdício) dos anéis nas linhas de PVD, daí a importância da operação (MAHLE, 2020 a)).



Figura 22- Máquina Retificadora de Perfil nº12

A escova rebolo FLAP (figura 23) que irá substituir o rebolo “convencional” usado numa RPF é composta por fibras de nylon empregnadas com óxido de alumínio. Estas são utilizadas para polir, remover rebarbas ou arredondar cantos “vivos” (MAHLE, 2020a)). Como foi referido no subcapítulo 4.4 o rebolo dressador é um disco que será utilizado para a retificação do material, isto deve-se a pequenas imperfeições (por exemplo rebarbas metálicas) provenientes de operações passadas. Como tal, e de forma a melhorar o processo de escovamento externo dos anéis, foi colocada uma escova no local onde normalmente se encontraria um rebolo.

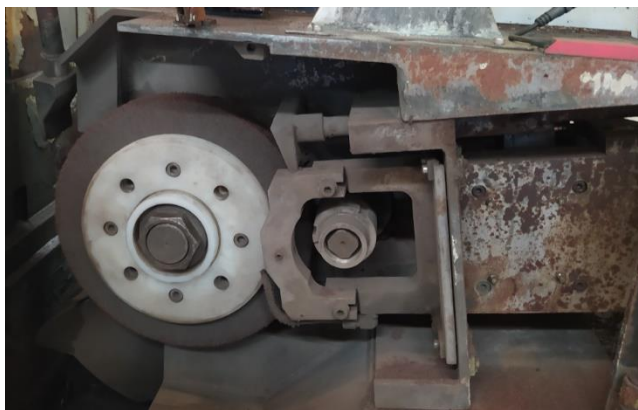


Figura 23- Escova abrasiva já montada na RPF-12 (esquerda) e um exemplo de uma escova abrasiva com fibras de Nylon (direita)

A figura 23 representa a fase final do projeto, já com a escova montada, funcional e pronta para a operação de escovamento de um pacote de anéis. Como é visível esta é semelhante a um rebolo, o que levou a que a troca fosse feita com relativa facilidade.

Tendo em conta elevada complexidade e esforço físico adjacente ao processo dito “manual”, será de esperar um tempo de ciclo superior face à operação automatizada. Neste caso, é necessária a montagem de uma árvore com anéis (conjunto de anéis) e a sua movimentação manualmente entre operações, causando desgaste e aumentando a possibilidade de ocorrência de lesões no operador, chegando por vezes a originar tendinites. De salientar que no método

manual o operador tem de efetuar a montagem de uma árvore, colocar a mesma na escovadora e de seguida na lixadora, podendo uma destas operações estar parada enquanto este efetua uma das outras, diminuindo assim a produtividade total. A nova metodologia irá garantir o carregamento automático de anéis, sendo apenas requisitado ao operador a colocação e remoção de uma vara com anéis no equipamento, a chamada “alimentação da máquina”.

5.2.2 Lixamento cruzado dos anéis: RPF-03

Semelhante ao procedimento referido no sub-sub-capítulo 5.2.1, o rebolo dressador da Retificadora de Perfil nº03 (RPF-03) foi substituído por uma lixa abrasiva para acabamento. Contudo, este é um processo mais complexo devido às alterações necessárias para colocar todo o suporte para a lixadora.



Figura 24- Máquina
Retificadora de Perfil nº 03

Esta é uma das etapas do acabamento final da face de contacto do anel. O objetivo desta operação é a diminuição da rugosidade desta face garantindo valores que se encontram dentro do intervalo normalizado; assim, o anel não provocará riscos quando está em operação no motor. No interior da RPF-03 toda a maquinaria que albergava o rebolo foi substituída por um cabeçote LOESER, tendo sido efetuadas as necessárias modificações para processar um pacote de anéis que é de dimensão inferior ao usado lixamento cruzado manual (MAHLE, 2020 b)).

As principais alterações do cabeçote LOESER são:

- Colocação de rolo de contacto de 50mm de largura e respetivo ferramental para o acomodar;
- Colocação de lixa de 50mm de largura e respetivo ferramental de guiamento da lixa.



Figura 25-Anel a efetuar a operação de lixamento manual



Figura 26- Cabeçote LOESER montado na RPF-03, onde irá ser efetuado o lixamento automático

Na figura 27 estão representados os movimentos a efetuar nas operações realizadas de forma automática, é visível que quando comparada com a figura 20 existe um menor número de movimentos a efetuar:

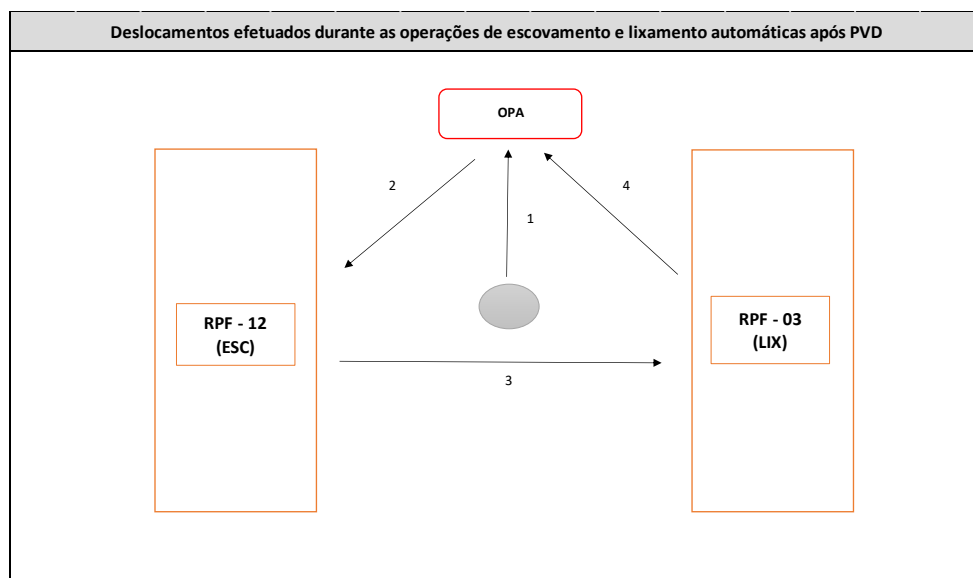


Figura 27- Deslocamentos efetuados pelo operador nas operações de escovamento externo e lixamento cruzado automáticas

Nas operações automáticas (figura 27) apenas é solicitado ao operador que se desloque até à OPA, onde estão os anéis para operação, e que coloque uma vara com material nas máquinas RPF, seguindo sempre a ordem especificada na rota.

5.3 Análise da produtividade e eficiência

Através tabela 7 é possível comparar a produtividade das operações manuais e automáticas, tendo como base o número de anéis produzidos por hora. Para obter o valor teórico basta considerar o número de anéis por ciclo e o tempo de ciclo; contudo, este nem sempre corresponde à realidade devido à existência de diversas paragens. Como tal, é necessário obter o valor real através de uma recolha de dados no local ou consultando as anotações do operador no final do turno.

Tabela 7- Análise de produção, de produtividade e da eficiência dos equipamentos automáticos

	Levantado no local		Valores teóricos			Valores reais		
	Nº anéis / ciclo	Tempo / ciclo instantâneo (seg.)	Produtividade teórica 100% (anéis/hora)	OEE teórico (%)	Nº anéis / turno teórico	Nº anéis / turno real	Produtividade real (anéis/hora)	OEE real (%)
ESC antes PVD manual	39	60,2	2.330	80%	13.982	7.800	1040	45%
ESC após PVD manual	23	129,0	642	80%	3.851	2.300	552	48%
LIX manual	23	131,2	631	80%	3.787	2.300	345	49%
ESC antes PVD automático	9	69,3	468	80%	2.806	2.376	396	68%
ESC após PVD automático	9	69,3	468	80%	2.806	2.376	396	68%
LIX automático	10	91,2	395	80%	2.368	2.100	350	71%
						turno = 7,5h		

O OEE real (Eficiência Global do Equipamento, em percentagem) nas operações automáticas também é bastante superior ao das realizadas manualmente, tendo tendência para aumentar, visto que este foi o primeiro funcionamento da máquina e, por isso, as paragens foram superiores. Por esta razão também é expectável que a produtividade destas operações aumente para valores próximos dos teóricos com a maturidade do processo.

Como foi referido anteriormente, o esforço e complexidade adjacente às operações manuais fazem com que exista uma grande diferença entre a produção expectável (teórica) e a real. Isto é visível no escovamento manual antes de PVD, onde teoricamente seriam produzidos mais de treze mil anéis por turno, mas, na realidade, apenas são produzidos um máximo de sete mil e oitocentos. Na tabela 8 estão apresentados os valores levantados quer para as operações manuais, quer para as operações automáticas. Se compararmos a operação denominada por “1”, escovamento manual antes da deposição da camada PVD, e operação de escovamento automática (“3”), podemos ver que o tempo é superior na operação automática. No entanto, como foi mencionado anteriormente, o cansaço acumulado pelo operador não permite que o valor médio se mantenha ao longo do turno, ao contrário do que acontece nas operações automáticas. Como tal, podemos considerar os valores de produtividade para as operações manuais como sendo em condições ideais (valores ótimos) sendo que estes irão diminuir ao longo do turno, levando a um decréscimo de produtividade ao longo do mesmo, contrariamente ao que se passará na operação automática. Os valores para as operações automáticas serão constantes dentro do mesmo tipo de material, quer a operação se realize antes ou depois da deposição da camada externa de revestimento PVD.

Tabela 8- Comparação dos tempos entre as operações manuais e automáticas

		Tempo por operação (minutos)										Tempo médio
1	Operação de escovamento manual antes da deposição da camada PVD	0,834	0,834	0,834	0,834	0,834	0,834	0,834	0,834	0,834	0,834	0,834
2	Operação de escovamento manual depois da deposição da camada PVD	2,278	2,1593	2,1044	2,1356	2,2582	2,1047	2,1188	2,0728	2,1225	2,1477	2,1502
3	Operação de escovamento automático	1,1572	1,158	1,1531	1,1532	1,1526	1,1543	1,1572	1,1542	1,1555	1,1532	1,15485
4	Operação de lixamento manual	2,5149	1,5678	2,3503	2,2146	1,5482	3,006	2,1102	-	-	-	2,187428571
5	Operação de lixamento automático	1,5192	1,521	1,5196	1,5207	1,5192	1,5209	1,5187	1,5216	1,5194	1,5196	1,51999

O sequenciamento das operações, apresentado na figura 28, representa as diversas tarefas realizadas pelo operador durante a operação de escovamento seguida de lixamento, a sua respetiva ordem e o tempo global adjacente. Quando comparado com o percurso necessário para a realização das mesmas tarefas, mas num cenário “manual”, sem a automatização da alimentação da máquina e com a necessidade de montagem da árvore de anéis, é visível a diferença no número de passos a realizar pelo operador. Aqui está representada então a sequência de operações a realizar pelo operador nas operações manuais e automáticas.

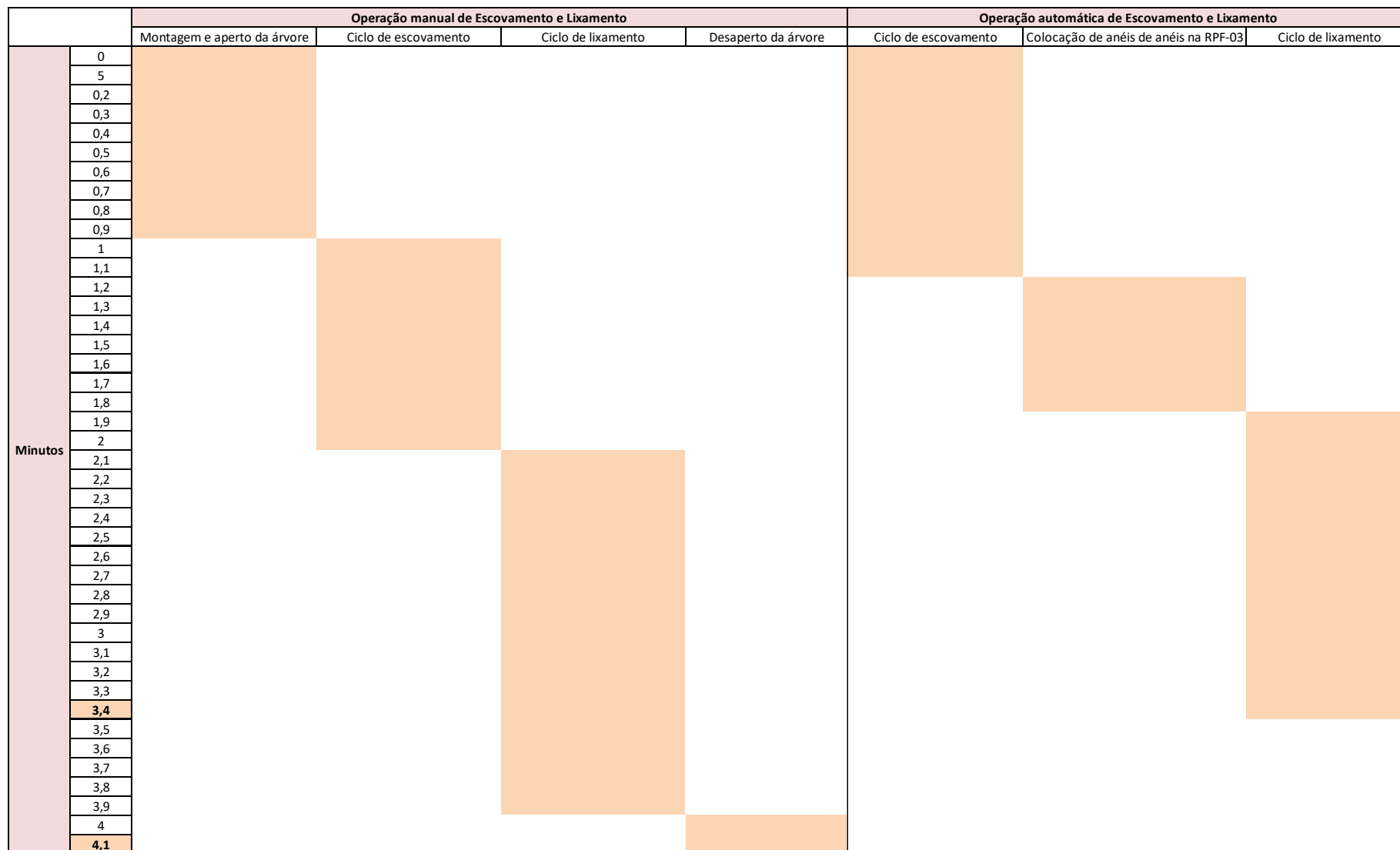


Figura 28 - Comparação de tempos entre as operações realizadas de forma automática e de forma manual

Em suma, a transformação de máquinas que inicialmente serviriam para a retificação do perfil de um anel de pistão em máquinas que efetuam o escovamento e lixamento automáticos da face de contacto, levou a duas grandes alterações:

- Diminuição do esforço físico da parte do operador que até agora causou diversas lesões e a queixas na enfermaria da empresa. Este decréscimo deve-se maioritariamente à eliminação do processo de montagem, transporte das árvores de anel (figura 26) com pesos de 8,2 e 9,9 quilos e martelagem das mesmas para melhor fechamento; este processo é realizado nas operações antes e após a deposição da camada PVD. A alimentação das máquinas automáticas é agora feita por meio de uma vara com anéis, com um peso de 4,2 quilos e de fácil transporte. A eliminação da necessidade de apertar o anel numa árvore/pacote levou a que as máquinas fechadoras (FEC) fossem retiradas do processo geral, isto pode ser verificado quando comparamos as figuras 20 e 27;
- Aumento da produtividade a longo prazo. Apesar de inicialmente os valores de produtividade serem superiores na operação manual em comparação com a automática, o grande número de paragens e o sempre crescente cansaço do operador leva a que, no final do turno, esta tendência seja invertida. Esta maior produtividade numa fase inicial por parte das operações manuais deve-se ao facto de estas serem realizadas utilizando um número de anéis muito superior do que as automáticas, por exemplo, o lixamento manual usa vinte e três anéis e o automático apenas dez; todavia, a inexistência de paragens para as operações automáticas irá reverter esta tendência.

5.4 Criação de um MTP – Método de Trabalho Padronizado

Após a realização de um estudo de Métodos e Tempos nos novos postos de trabalho foi necessária a explicação e difusão das alterações e do sistema implementado. Para tal, foi criado um MTP tal como o da figura 29:

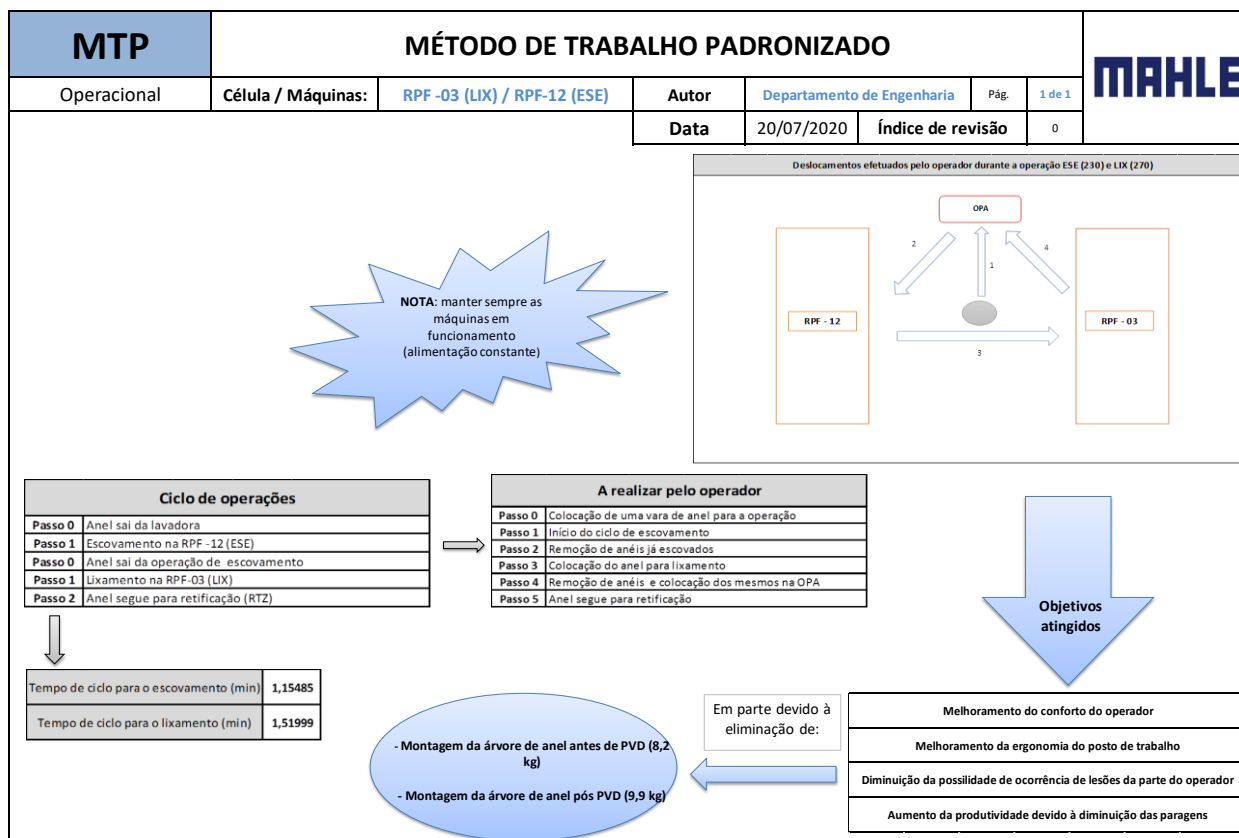


Figura 29- Exemplo de um MTP

Este será distribuído pelo posto de trabalho ou, no caso da figura acima, colocado numa zona social onde será mais fácil de consultar. Um Método de Trabalho Padronizado deve explicitar os seguintes parâmetros:

- Tempos gastos em preparação (setup) da máquina para a operação e tempo estimado da operação, neste caso 1,15485 minutos e 1,51999 minutos;
- Passos a seguir desde o início da operação até à sua conclusão, indicando quais as máquinas onde esta é realizada, designado como “Ciclo de operações” na figura 29;
- O ciclo de tarefas que o operador tem de realizar, bem como a ordem das mesmas e, em certos casos, o tempo gasto por tarefa, designado por “A realizar pelo operador” na figura 29;
- O layout do posto de trabalho com o respetivo caminho a seguir pelo operador, ou seja, o esquema com os deslocamentos efetuados pelo operador na figura 29;
- Informações importantes sobre o processo em si e sobre os objetivos atingidos com a implementação do novo método de trabalho.

5.6 Criação de manuais de Formação

Sendo dois processos novos na MAHLE Componentes de Motores S.A., foi necessário desenvolver, com base nos manuais já existentes para as Retificadoras de Perfil, dois guiões de formação para os operadores, estando estes representados nos anexos A e B. Numa situação ideal seriam colocados operadores com experiência no uso deste tipo de máquinas e, nessas condições, o nível de formação necessário iria ser muito inferior. No entanto isto pode não ocorrer, sendo inteiramente possível que o operador colocado nestas operações nunca tenha lidado com uma máquina Retificadora de Perfil. Assim, é necessário garantir que este se sente confortável ao ler o manual e irá perceber sem dificuldade os passos a seguir para a realização do escovamento e lixamento automáticos em RPF.

Os manuais têm como objetivo a explicação de diversos parâmetros para a execução das operações, a saber:

- Os diversos comandos e opções disponíveis na máquina, presentes nos vários painéis;
- O ferramental necessário para a realização da operação e os passos para a montagem do mesmo;
- Os passos de preparação e as diversas aferições geométricas a efetuar (variações, distâncias e intervalos de valores a cumprir);
- A programação a efetuar antes de iniciar a operação.

Nestes documentos são colocadas ilustrações com o intuito de guiar o operador na realização da tarefa, por exemplo a figura 30, onde está descrito parte do processo de montagem da bucha de fechamento e as componentes envolvidas no mesmo:

LIXADORA FACE DE CONTACTO
MAHLE Componentes de Motores S.A., Murtede, Disp. EEP39Q Data 24.07.2020 Página 13/19
Nº Id. XX-XX-XXX Versão YY

7.2 Montagem da Bucha de Fechamento

7.2.1 Aliviar os Parafusos Central e abrir o suporte da bucha

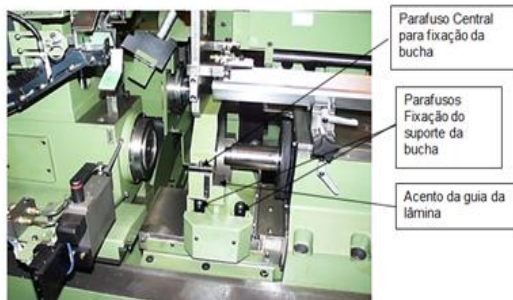


Figura 7 - Lixadora Face de Contacto (porta aberta)

- Introduzir a bucha;
- Encostar a bucha nos batentes. (alinhando pela base de acentamento da guia da lâmina);
- Reapertar o parafuso central.

8.2 Preparação da máquina

8.2.1 Carga máquina e posicionamento dos rebolos:

- Pressionar "Empurrador de Anéis" até que os anéis encostem na chapa apoio da lâmina.
- Comutar a máquina para "CARREGADOR". - Pressionar "PARTIDA CICLO".
- Se a medição em processo estiver ligada, comutar para "DESLIGADA".
- Comutar a máquina para "MANUAL".
- Com o comutador em rebolo e através dos botões "DIAL DE AVANÇO LIGA" + "DIAL DE AVANÇO", posicione cabeçote da lixa em frente ao pacote de anéis a ser trabalhado.
- Para nos certificarmos de que a lixa está junto aos anéis podemos rodar a lixa manualmente, para sentir qual a posição em que começa a contactar os anéis.
- Pressionar "PRE REGULAGEM TOTAL".

8.2.2 Para avançar ou recuar rebolo/escova rebolo FLAP (ajustes finos):

- Comutar o selector para "REBOLO".
- Posicione o avanço do dial em 10/1 (se o ajuste for pequeno).
- Pressionar "DIAL DE AVANÇO LIGA" e através do "DIAL de AVANÇO" posicione o rebolo no ponto desejado.
- Pressionar "PRE REGULAGEM TOTAL".

Figura 30- Excerto do Manual de Formação para a operação de Escovamento Automático

Aplicação de um Estudo de Métodos e Tempos na MAHLE Componentes de Motores S.A.

Os diversos painéis de comandos (exemplo Figura 31) presentes nos equipamentos também devem ser apresentados e os seus controles descritos ao pormenor. Estes controlam todos os parâmetros da máquina, bem como a sua atividade.



Figura 31- Paine de controlo FANUC (esquerda) e Paine auxiliar (direita)

6. Conclusões

A otimização dos tempos de processamento é algo de extrema importância em empresas como a MAHLE Componentes de Motores S.A., especialmente quando consideramos a grande variedade de produtos, equipamentos e processos de fabrico presentes na mesma. Como tal, todos os métodos que permitam otimizar o fluxo de material a produzir e diminuir o tempo de paragem de uma máquina irão levar consequentemente uma maior eficiência da parte das mesmas.

O núcleo do trabalho aqui apresentado é a análise do tempo de ciclo global que uma operação demora a ser realizada, não efetuando a sua divisão nos seus diversos passos, mas sim analisando esta como uma tarefa única. Sendo assim, podiam ser aplicadas duas metodologias de análise de tempos: a medição direta (ex: Cronometragem) ou a medição indireta (Ex: Predeterminação de tempos). Tendo em conta que as linhas de produção da MAHLE já se encontram perfeitamente funcionais e estabelecidas, o segundo método torna-se obsoleto, pois a sua principal vantagem reside na capacidade de obter valores de processamento teóricos para linhas produtivas ainda em fase embrionária. Como tal, foi aplicado um estudo de cronometragem baseado norma interna “Manual de Estudos e Métodos e Tempos”. Após o levantamento, os valores retirados e todos os parâmetros adjacentes foram organizados numa folha de cálculo do Excel (ex: Tabela 5) para posterior consulta e análise. Assim, foi possível padronizar tempos de ciclo para materiais cujos valores ainda não tinham sido retirados e atualizar os existentes que, devido à modificação de certos parâmetros de funcionamento com o intuito de atingir uma melhor qualidade, sofreram alterações ao longo do tempo. Seguindo as linhas de pensamento implementadas aquando da recolha e análise de valores, foi efetuado o estudo de viabilidade para a implementação de dois novos métodos de fabrico: o escovamento e lixamento automáticos em Retificadora de Perfil. Foram então levantados valores de tempos de ciclo entre as operações implementadas de momento (manuais) e as a implementar (automáticas), foi feito um estudo comparativo entre produtividades e eficiências globais dos equipamentos (OEE) e o esforço realizado pelo operador foi igualmente analisado. Assim, foi possível concluir que, ao passar a efetuar as operações de escovamento externo e lixamento cruzado de forma automática, este irá sofrer um esforço físico muito inferior, diminuindo assim a probabilidade de ocorrência de lesões, e a eficiência destas tarefas atingirá valores superiores ao obtidos manualmente. Sendo este procedimento algo que até hoje não tinha sido implementado dentro da MAHLE e, apesar das semelhanças com a operação de retificação de perfil, foi necessário desenvolver manuais de formação que permitissem aos operadores entender quais os passos a seguir, a sua ordem, que ferramentas usar, que parâmetros cumprir e que comandos utilizar.

O estudo aqui realizado provou a importância de um método de trabalho adaptado às necessidades da organização. Método este que deve ser padronizado e ajustado de acordo com as especificações de cada operação. No caso da MAHLE Componentes de Motores S.A., a atualização de certos valores veio confirmar que para atingir os requisitos de qualidade definidos pelos clientes foi necessária a alteração de determinados parâmetros de funcionamento. Esta alteração levou, em certos casos, ao aumento do tempo total de ciclo, tendo sido provado que uma otimização de um processo nem sempre leva a uma diminuição do tempo gasto no mesmo.

É possível resumir os principais contributos do trabalho realizado durante o estágio em vários pontos principais:

- A atualização de valores considerados padrão, mas que sofreram alterações ao longo do tempo e ainda não tinham sido retirados.

- O levantamento dos valores de processamento para os anéis que têm o maior peso na produção global, os designados big-runners.
- O levantamento de valores de processamento para amostras de material com o intuito de obter um valor padrão para novos materiais.
- A organização dos valores por linha de produção, material, operação e os respetivos tempos, facilitando a sua consulta.
- A avaliação dos efeitos resultantes da implementação de novas máquinas que irão realizar operações de forma automática.
- O desenvolvimento de manuais de formação que explicam o processo aos operadores que vão usar as novas máquinas.

No que toca ao futuro da MAHLE Componentes de Motores S.A. penso que este passará pelo aumento das operações que são realizadas de forma automática, sendo que a fábrica ainda está muito dependente do trabalho manual. No entanto, e como foi apresentado neste relatório, a unidade de Cantanhede apenas produz anéis de pistão para motores de combustão interna (maioritariamente a gasóleo) e, se olharmos para o futuro da indústria da mobilidade, podemos perceber que este não irá passar pelo uso de combustíveis fósseis. Logo, para que esta fábrica continue em funcionamento terá de sofrer grandes alterações, adaptando-se às necessidades futuras que poderão passar pela mobilidade elétrica ou por aumento exponencial do uso de híbridos. Apesar dos veículos de mobilidade híbrida apresentarem um motor a combustão, a sua grande maioria usa motores a gasolina e, como foi mencionado acima, a MAHLE é especializada em motores diesel. Isto leva à conclusão de que independentemente do futuro da indústria automóvel, quer a curto quer a longo prazo, a MAHLE Componentes de Motores S.A. necessitará de grandes modificações para se manter ativa neste meio.

Por fim, numa nota pessoal, foi através deste estágio que tive o meu primeiro contacto com o ambiente industrial, que até agora conhecia apenas no contexto teórico. Apesar de ter noção da importância do tempo que uma peça demora a ser processada mesmo antes de iniciar o estágio, não tinha ainda a perceção de que poucos segundos poderiam afetar de forma tão significativa o tempo total de fabricação de um lote. Deste modo, o estágio aqui relatado constituiu, sem dúvida, uma grande mais valia para o meu futuro a nível profissional.

7. Referências bibliográficas

- Adler, P. (1993). *Time-and-Motion Regained*. Harvard Business Review, Reprint 93101, January-February 1993.
- Adler, P. (1995). *Democratic Taylorism: The Toyota Production System at NUMMI*. University of Southern California.
- Amaral, R., Caliari, J., Salvador, C., Pinto, G, Junior, W. (2017). *Balancing shock absorbers manufacturing Line with the MTM -UAS methodology*. XXXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção.
- Anis, G. (2010). *A Importância dos Estudos de Tempos e Métodos para Controle da Produtividade e Qualidade*. MBA em Qualidade e Produtividade, Universidade Nove de Julho, UNINOVE.
- Batista, R. (2018). *Processo de alteração do alicate de transporte dos anéis na operação de torneamento de forma*. Relatório de Estágio para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, Especialização em Construção e Manutenção de Equipamentos Mecânicos. Departamento de Engenharia Mecânica do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra.
- BMJ Journals (2016). *Frank and Lillian Gilbreth: scientific management in the operating room*. <http://qualitysafety.bmj.com/>. (Página internet oficial). Visitado a 06/2020.
- Bures, M. e Pivodova, P. (2015). *Comparison of Time Standardization Methods on the Basis of Real Experiment*. ELSEVIER.
- business.com (2018). Caramela, S. *The Management Theory of Frank and Lillian Gilbreth*. <https://www.business.com/articles/management-theory-of-frank-and-lillian-gilbreth/>. (Página internet oficial). Visitado a 06/2020.
- Costa, F. (2016). *Estudo de Tempos e Métodos de Produção na Área da Montagem da Produção*. Tese de Mestrado, Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto.
- Danny's Engine Portal (2020). *File Fit Piston Rings – How To Properly File Fit Rings For Critical End-Gap*. <https://dannysengineportal.com/file-fit-piston-rings-how-to-properly-file-fit-rings-for-critical-end-gap/>. (Página internet oficial). Visitado a 7/2020.

Aplicação de um Estudo de Métodos e Tempos na MAHLE Componentes de Motores S.A.

Engineering and Tecnology (2010). Wheatley, M. *Moving on from time and motion*. <https://eandt.theiet.org/content/articles/2010/12/moving-on-from-time-and-motion/>. (Página internet oficial). Visitado a 06/2020.

Ferreira, A. (2017). *Desenvolvimento da metodologia TPM numa empresa do ramo automóvel*. Relatório de Estágio apresentado para obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, Instituto Superior de Engenharia de Coimbra.

Gilbreth, F. et Gilbreth, L. (1921). *Process Charts by Frank M. Gilbreth and L.M. Gilbreth*. The American Society of Mechanical Engineers, 29 West Thirty-Ninth Street, New York.

Harvard Business Review. Adler, P. (1993). *Time-and-Motion Regained*. <https://hbr.org/1993/01/time-and-motion-regained>. (Página internet oficial). Visitado a 06/2020.

Jörn-Henrik Thun, Martin Drüke, Andre Grübner (2010). *Empowering Kanban through TPS-Principles - An Empirical Analysis of the Toyota Production System*. International Journal of Production Research, Taylor & Francis, 2010, pp.1. ff10.1080/00207540903436695ff.fhal-00559598f

Lean Lab (2020). Lean Manufacturing, Lean Thinking History. <http://www.leanlab.name/lean-thinking-history>. (Página internet oficial). Visitado a 11/2020.

MAHLE (2006). *Manual de Estudos de Métodos e Tempos*. MAN 03, Revisão Nº 05. MAHLE Metal Leve S.A., Itajubá.

MAHLE (2011). *Steel Compression Rings with Reduced Radial Wall Thickness*. Tech information from MAHLE Clevite Inc.

MAHLE (2020) a). *Manual de formação provisório para a Retificadora nº12 - Escovamento*. MAHLE Componentes de Motores S.A., Murtede, Portugal.

MAHLE (2020) b). *Manual de formação provisório para a Retificadora nº03 - Lixamento*. MAHLE Componentes de Motores S.A., Murtede, Portugal.

MAHLE (2020). About MAHLE, Dual Group Stategy. <https://www.mahle.com/en/about-mahle/>. (Página internet oficial). Visitado a 04/2020.

MAHLE (2020). <https://www.mahle.com/en/>. (Página internet oficial). Visitado a 04/2020.

MAHLE Intranet (2020). MAHLE Grupo – Murtede.

MAHLE Intranet. MAHLE Grupo – Produção. BU1, Kaizen, MPS.

MAHLE Intranet. MAHLE Grupo – Produção. BU2, Filtration and Engine Peripherals.

MAHLE Intranet. MAHLE Grupo – Produção. BU3, Systems and Methods, MBPS.

MAHLE Intranet. MAHLE Grupo – Produção. MPS- Introduction, house of the MPS.

MAHLE Intranet. MAHLE Murtede, História, Produtos.

MAHLE Intranet. MAHLE Murtede, o grupo MAHLE.

Marques, C. (2008). *Tempos e Métodos – “Optimização de Processos e Tempos de Produção” na Faurecia, Assentos para Automóvel, Lda*. Relatório de Projeto Final, Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Medium (2019). Medium, Worst to Best – Lessons from NUMMI. <https://medium.com/10x-curiosity/worst-to-best-lessons-from-nummi-4cde7eb41f21>. (Página internet oficial). Visitado a 06/2020.

Montagna (2020). Ferramentas Abrasivas, Escovas de Aço, Escovas Abrasivas, Cerdas de Nylon Abrasivo. <https://montagna.com.br/1007/FERRAMENTAS-ABRASIVAS/ESCOVAS-DE-A%C3%87O/ESCOVAS-CIRCULARES-CERDAS-DE-NYLON-ABRASIVO>. (Página internet oficial), Brasil. Visitado a 05/2020.

MTM (2020). MTM Systems. <https://www.ukmtm.co.uk/systems/mtm-1/>. (Página internet oficial). Visitado a 08/2020.

NAG Abrasivos (2018). Como dressar rebolos: tudo sobre dressagem de rebolo abrasivo. <http://nagabrasivos.com.br/blog/como-dressar-rebolos-tudo-sobre-dressagem-de-rebolo-abrasivo/>. (Página internet oficial), Brasil. Visitado a 05/2020.

Perkins (2020). Cylinder Componentes, Piston rings have triple purpose. https://www.perkins.com/en_GB/aftermarket/overhaul/overhaul-components/cylinder-components/piston-rings.html. (Página internet oficial). Visitado a 07/2020.

Aplicação de um Estudo de Métodos e Tempos na MAHLE Componentes de Motores S.A.

Pires, A. (2014). *A Implantação no Gemba do Círculo de Kaizen*. Congresso Nacional de Excelência em Gestão, ISSN 1984-9354, Brasil.

Saylor Academy (2013). *Scientific Management Theory and the Ford Motor Company*. The Saylor Foundation. <https://resources.saylor.org/wwwresources/archived/site/wp-content/uploads/2013/08/Saylor.orgs-Scientific-Management-Theory-and-the-Ford-Motor-Company.pdf>. (Página internet oficial). Visitado a 05/2020.

Scientific Management 101 (2020). *Frank and Lillian Gilbreth*. <https://scientificmanagement101.wordpress.com/frank-and-lillian-gilbreth/>. (Página internet oficial). Visitado a 06/2020.

Scientific Management 101. *Time and Motion Studies*. <https://scientificmanagement101.wordpress.com/time-and-motion-studies/> (Página internet oficial). Visitado a 06/2020.

Soluções Industriais (2020). Retífica plana e cilíndrica, Brasil. https://www.solucoesindustriais.com.br/empresa/instalacoes_e Equipamento industrial/fresadora-hipoyde/produtos/ferramentas/retifica-plana-e-cilindrica. (Página internet oficial). Visitado a 05/2020.

Souza, E (2012). *Proposta e aplicação de um modelo de Cronoanálise para os setores de soldagem e montagem de uma empresa de agronegócios*. Trabalho Final de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção, pelo Curso de Engenharia de Produção da Faculdade Horizontina.

Spear, Steven & Bowen, H. Kent. (1999). *Decoding the DNA of the Toyota Production System*. Harvard Business Review. 77.

Sree Balamurugan (2018). *What is Grinding wheel and it's Uses?* <http://www.sreebalamuruganindustries.in/what-is-grinding-wheel-and-its-uses/>. (Página internet oficial). Visitado a 05/2020.

Tardin, M., Elias, B., Ribeiro, P., Ferreguete, C. (2013). *Aplicação de conceitos de Engenharia de Métodos em uma Panificadora. Um estudo de caso na Panificadora Monza*. XXXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, ABEPRO.

8. Anexos

Anexo A – Manual de formação provisório para a Retificadora nº12 – Escovadora da face de contacto

ESCOVADORA FACE DE CONTACTO

MAHLE Componentes de Motores S.A., Murte de, Dep. EEP39Q
76/137

Data 16/12/2020

Página

Nº Id. XX-XX-XXX Versão YY

1	Objectivos	78
2	Âmbito	79
3	Termos / Definições	79
4	Descrição dos Comandos	80
4.1	Painel de Comandos FANUC	80
4.2	Painel do Operador.....	82
4.3	Painel Auxiliar	85
5	Periféricos	86
5.1	Ferramental	86
5.1.1	Lâmina	86
5.1.2	Bucha de Fechamento	87
5.1.3	Localizadores	87
5.1.4	Guia da Lâmina.....	87
5.1.5	Colares	87
5.2	Ferramentas.....	88
5.2.1	Escova Abrasiva.....	88
6	Aferições e Preparação da máquina	89
6.1	Montagem da Escova	89
6.2	Montagem da Bucha de Fechamento	90
6.2.1	Aliviar os Parafusos Central e abrir o suporte da bucha	90
6.2.2	Centragem da Bucha	90
6.3	Montagem dos Colares.....	92
6.4	Montagem da Lâmina da Guilhotina	92
6.5	Montagem da Guia da lâmina	93
6.6	Montagem dos Localizadores	93
6.7	Preparação e Referenciamento – Seleção do modo escova	94
6.8	Programação da Máquina.....	94
6.9	Preparação da Máquina.....	95

ESCOVADORA FACE DE CONTACTO

MAHLE Componentes de Motores S.A., Murtede, Dep. EEP39Q
137

Data 16/12/2020

Página 77/

Nº Id.	XX-XX-XXX	Versão	YY
--------	-----------	--------	----

6.9.1	Carga máquina e posicionamento dos rebolos	95
-------	--	----

6.9.2	Para avançar ou recuar rebolo/escova rebolo FLAP (ajustes finos):	96
-------	---	----

6.9.3	Para recuar ou avançar o rebolo/escova rebolo FLAP (para recuar):	96
-------	---	----

6.9.4	Para aproximar da peça e referenciar início e fim de escovamento:	96
-------	---	----

6.9.5	Correção Transversal (Centragem / ressalto)	97
-------	---	----

6.9.6	Correção longitudinal do diâmetro maior / menor ou face maior / menor	97
-------	---	----

7	Observações Finais	98
---	--------------------------	----

ESCOVADORA FACE DE CONTACTO

MAHLE Componentes de Motores S.A., Murte de, Dep. EEP39Q
78/137

Data 16/12/2020

Página

Nº Id. XX-XX-XXX Versão YY

Objectivos

Até agora, o escovamento externo era feito de forma manual, com grande desgaste físico da parte do operador. Foi então criada uma alternativa, o escovamento externo através de uma Retificadora de Perfil. A Escova Rebolo FLAP é composta por fibras de nylon impregnadas com óxido de alumínio. Estas são utilizadas para polir, remover rebarbas ou arredondar cantos “vivos”.

Para tal, foi desenvolvido este procedimento que pretende atingir os seguintes objetivos:

- Formar os operadores na operação de escovamento antes e após PVD na Retificadora de Perfil nº20, equipada com a escova rebolo FLAP RPF MA AO71-400x203,2x37MM 93629361;
- Explicar todos os comandos dos painéis de comandos FANUC, do operador e auxiliar;
- Fornecer ao operador toda a informação sobre os periféricos, ferramental e ferramentas implementadas;
- Explicar todo o procedimento de aferições e preparação da máquina para a operação;
- Descrever a programação necessária.



Figura 32 - Escovadora de Face de Contacto

ESCOVADORA FACE DE CONTACTO

MAHLE Componentes de Motores S.A., Murtede, Dep. EEP39Q
137

Data 16/12/2020

Página 79/

Nº Id.	XX-XX-XXX	Versão	YY
--------	-----------	--------	----

Âmbito

Este procedimento destina-se á usinagem de anéis na fábrica de Murtede.

A operação de escovamento externo automático situa-se:

- 1º Escovamento após lapidação e antes de PVD;
- 2º Escovamento após PVD e antes de lixamento cruzado.

Termos / Definições

Considerar as definições da IP atual presente na IUA.

ESCOVADORA FACE DE CONTACTO

MAHLE Componentes de Motores S.A., Murte de, Dep. EEP39Q
80/137

Data 16/12/2020

Página

Nº Id. XX-XX-XXX Versão YY

Descrição dos Comandos

Painel de Comandos FANUC

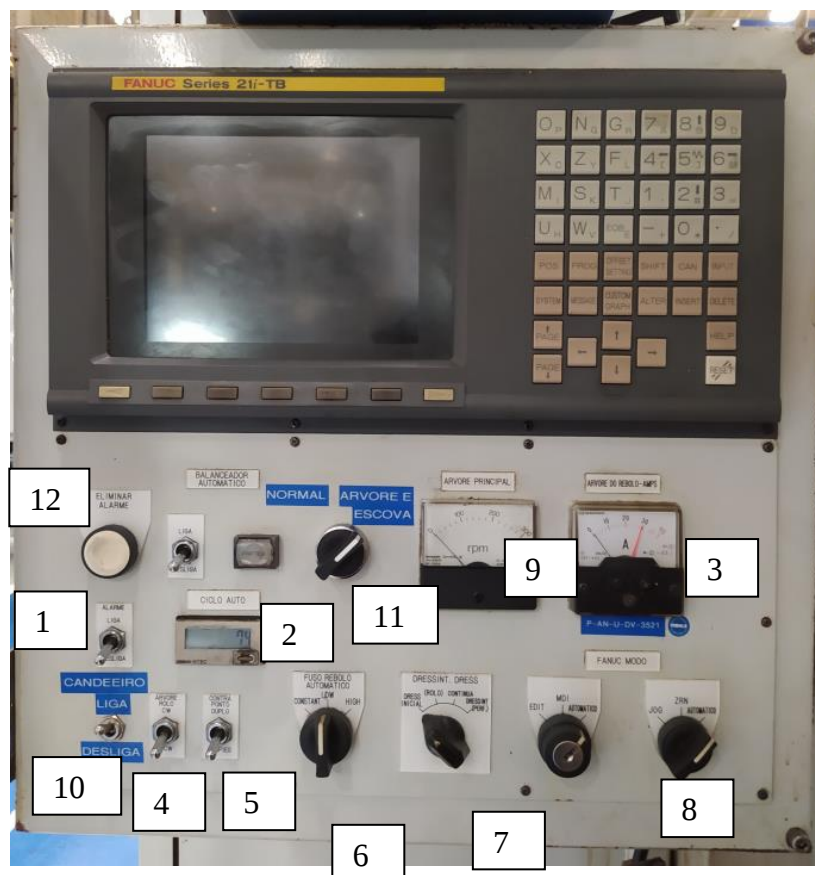


Figura 33- Painel de Comandos FANUC

- 1 - Interruptor de liga e desliga alarme: Activa ou desactiva o alarme sonoro.
- 2 - Contador de ciclos: Contagem do número de ciclos completos executados pela máquina.

ESCOVADORA FACE DE CONTACTO

MAHLE Componentes de Motores S.A., Murtede, Dep. EEP39Q
137

Data 16/12/2020

Página 81/

Nº Id.	XX-XX-XXX	Versão	YY
--------	-----------	--------	----

- 3 - Amperímetro da árvore do rebolo: Indica o consumo do motor do rebolo e inclui um sistema de protecção de alarme em que se regula o consumo máximo que o motor pode absorver para o caso de alguma deficiência este faz parte parar a máquina e entra em alarme.

- 4 - Selector do sentido de rotação do rolo

CW - Sentido de rotação horário

CCW - Sentido de rotação anti-horário

- 5 - Contra ponto - Normalmente comutado em simples, pois só trabalhamos com um contraponto móvel.

- 6 - Velocidade do fuso do rebolo
 - Constant - Mantém sempre a mesma velocidade periférica fazendo a compensação do desgaste do rebolo.
 - Low - rpm mínimo
 - High - rpm máximo

- 7 - Selector de dressador: Função apenas para RPF perfil

- 8 - Fanuc Modo

- Edit - Para introdução de novos programas ou copiar.
- MDI - Para alterações no programa manualmente
- Automático
- Jog - Para movimentos em manual dos eixos
- ZRN - Para referenciar os eixos nos zero máquina.
- Automático

- 9 - Tacómetro: Indica rotação da árvore de anéis

ESCOVADORA FACE DE CONTACTO

MAHLE Componentes de Motores S.A., Murte de, Dep. EEP39Q
82/137

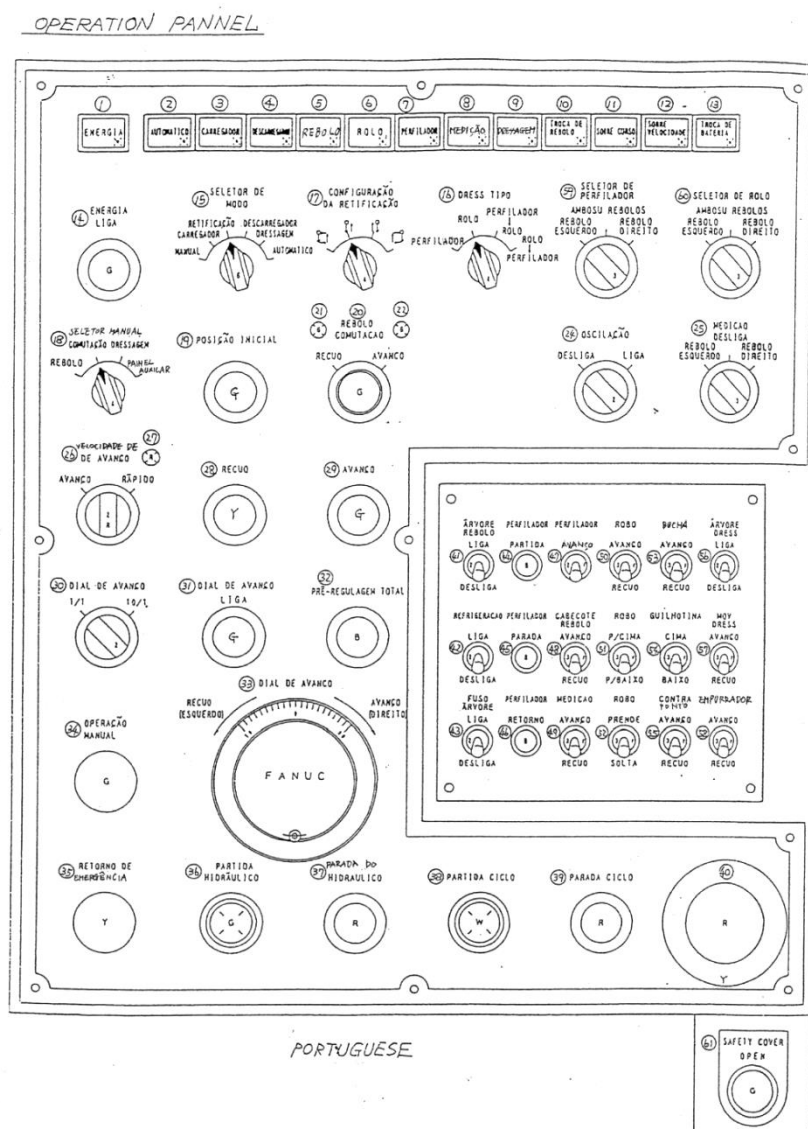
Data 16/12/2020

Página

Nº Id. XX-XX-XXX Versão YY

- 10 - Interruptor para ligar/desligar o candeeiro
- 11 - Seletor do modo escova
- 12 - Interruptor para eliminação do alarme

Painel do Operador



ESCOVADORA FACE DE CONTACTO

MAHLE Componentes de Motores S.A., Murtede, Dep. EEP39Q
137

Data 16/12/2020

Página 83/

Nº Id.	XX-XX-XXX	Versão	YY
--------	-----------	--------	----

- De 1 - 13 sinalizadores luminosos de fundição de estado da máquina e defeitos.
- 14 - Botão para colocar os comandos sob tensão
- 15 - Selector de modo operativo
- 16 - Selector de tipo de dressagem - Função apenas para RPF perfil
- 17 - Selector de sequência de operação dos rebolos
- 18 - Selector de modo operativo em manual
- 19 - Botão de posição inicial para colocar os eixos nos zero máquina.
- 20 - Selector de comutação de rebolo
- 21 - 22 - Sinalizadores de estado da comutação.
- 24 - Selector de activar / desactivar oscilação do rebolo
- 25 - Selector de activar / desactivar o sistema de medição.
- 26 - Selector de velocidade de avanço
(avanço normal / rápido)
- 27 - Sinalizador de avanço rápido ligado.
- 28 -29 - Botões de avanço e recuo dois eixos seleccionados em manual (ponto 15)
- 30 - Selector de relação por impulso do DIAL avanço
- 31 - Botão de activação de DIAL avanço
- 32 - Botão de pré regulagem total para memorizar posições de trabalho.

ESCOVADORA FACE DE CONTACTO

MAHLE Componentes de Motores S.A., Murtede, Dep. EEP39Q
84/137

Data 16/12/2020

Página

Nº Id.	XX-XX-XXX	Versão	YY
--------	-----------	--------	----

- 33 - Tambor incrementador de DIAL avanço
- 34 - Botão de activação em modo bimanual dos movimentos em manual de passo a passo.
- 35 - Retorno de emergência ao ponto de origem
- 36 - Activação do grupo hidráulico
- 37 - Paragem do grupo hidráulico
- 38 - Partida de ciclo automático ou semi-automático
- 39 - Paragem do ciclo
- 40 - Paragem de emergência
- De 41 - 58 - Accionamentos individuais para operações em manual.
- 61 - Desencravar cadeados eléctricos de segurança das protecções.
- 66 – Liga/Desliga a segurança do rebolo.

ESCOVADORA FACE DE CONTACTO

MAHLE Componentes de Motores S.A., Murte de, Dep. EEP39Q
137

Data 16/12/2020

Página 85/

Nº Id. XX-XX-XXX Versão YY

Painel Auxiliar

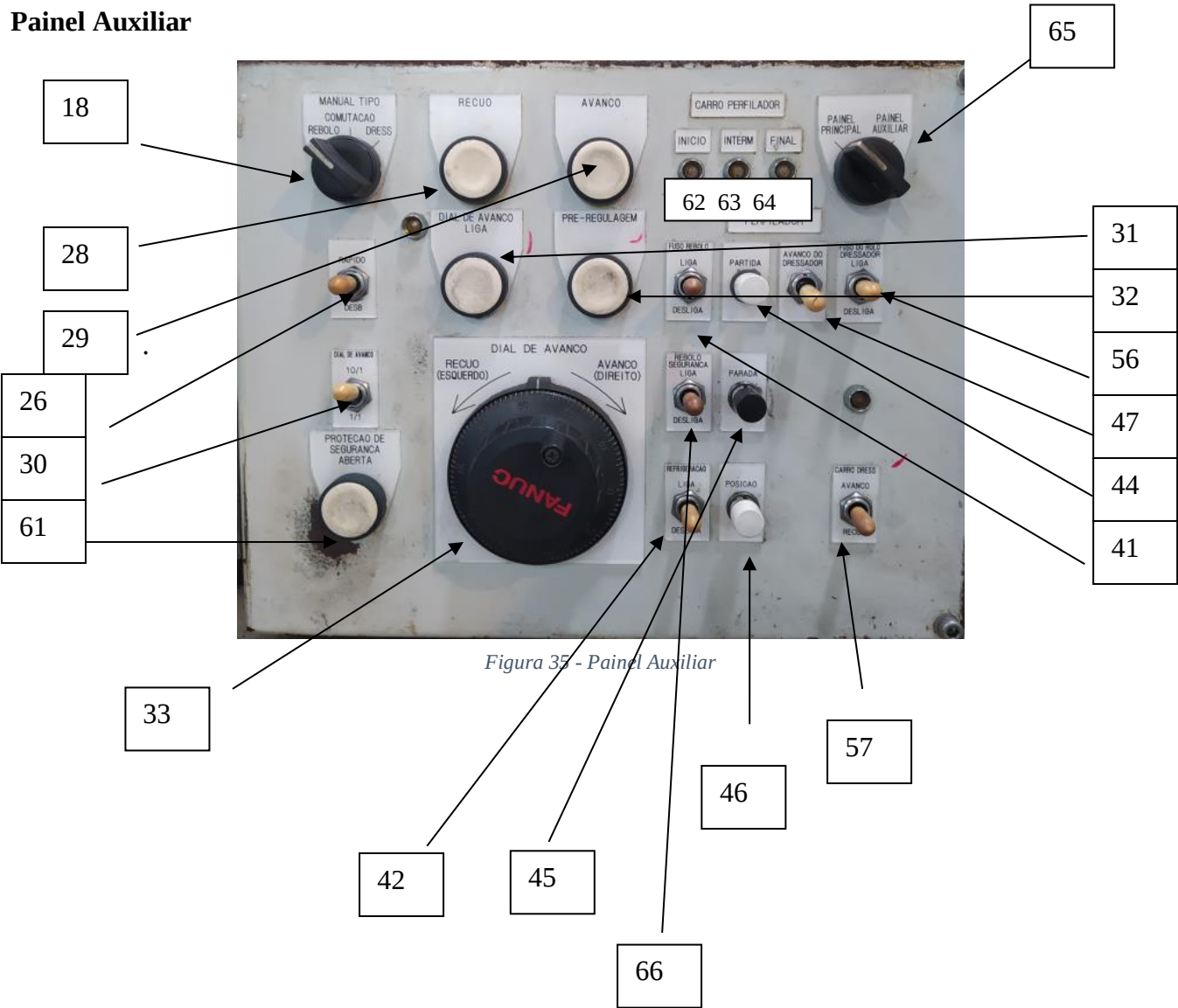


Figura 35 - Painel Auxiliar

ESCOVADORA FACE DE CONTACTO

MAHLE Componentes de Motores S.A., Murtede, Dep. EEP39Q
86/137

Data 16/12/2020

Página

Nº Id. XX-XX-XXX Versão YY

Periféricos

- Filtro Oberlin para filtração do fluido refrigerante – Apenas para função normal e rectificadora de perfil (RPF);
- Suporte para vara colectora de anéis;
- Sistema de exaustão

Ferramental

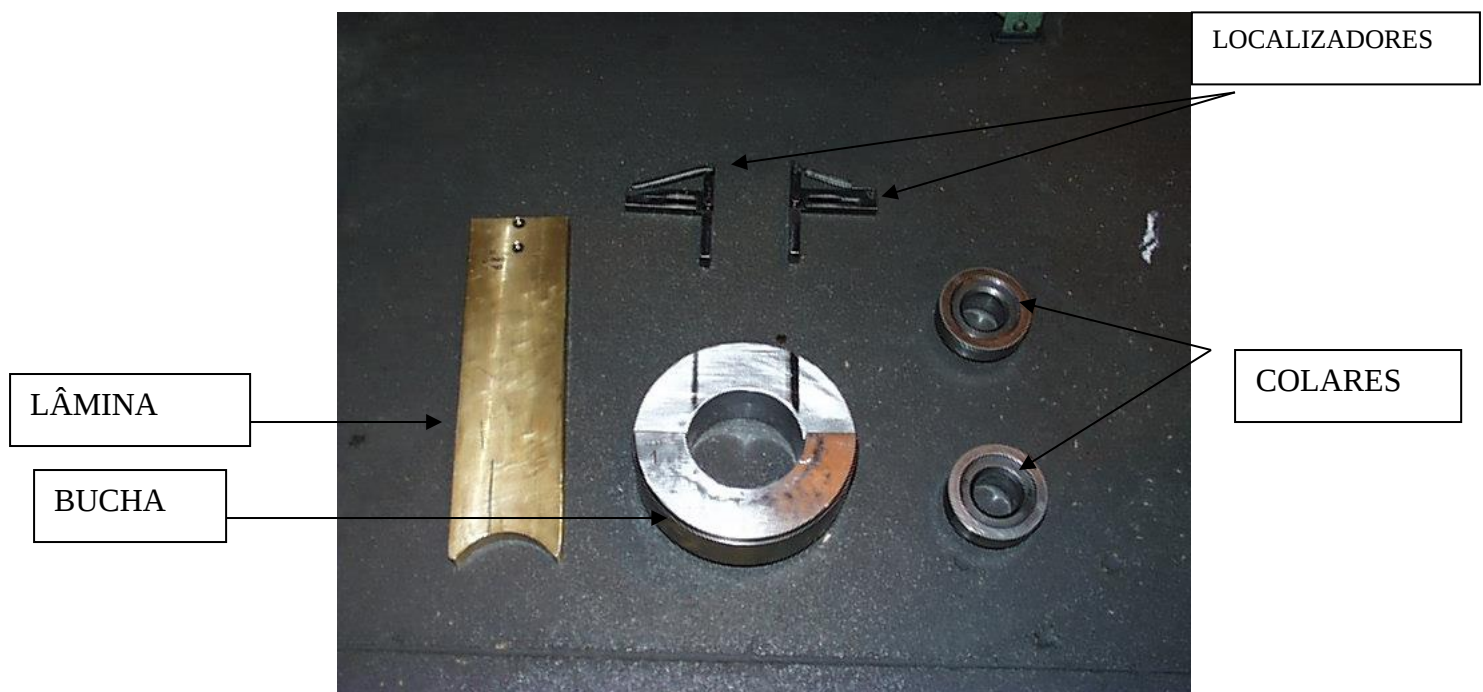


Figura 36 - Ferramental

Lâmina

É uma peça normalmente em latão e que varia na sua largura e espessura consoante o diâmetro e altura do anel a escovar.

Destina-se a empurrar os anéis do alimentador para dentro da bucha de fechamento.

ESCOVADORA FACE DE CONTACTO

MAHLE Componentes de Motores S.A., Murtede, Dep. EEP39Q
137

Data 16/12/2020

Página 87/

Nº Id. XX-XX-XXX Versão YY

Bucha de Fechamento

Peça em aço rectificada e que se destina a fechar os anéis num diâmetro pré-determinado.

Os diâmetros desta variam consoante os diâmetros dos anéis a rectificar.

Localizadores

São peças em aço e que se destinam a centrar / guiar os anéis desde o alimentador até à guia da lâmina quando estes são empurrados pela guilhotina.

Guia da Lâmina

Peça em aço que para além de manter guiada a guilhotina, efectua um pré-fechamento dos anéis antes de entrarem na bucha.

Colares

Peças cilíndricas em aço tratado e que se destinam a prender os anéis e transmitir-lhes um movimento de rotação durante o escovamento.

O diâmetro destes colares varia em função do diâmetro dos anéis a escovar.

ESCOVADORA FACE DE CONTACTO

MAHLE Componentes de Motores S.A., Murtede, Dep. EEP39Q
88/137

Data 16/12/2020

Página

Nº Id. XX-XX-XXX Versão YY

Ferramentas

Escova Abrasiva



Figura 37 - Escova Abrasiva

- Rebolo FLAP RPF MA AO71-400x203,2x37MM 93629361

A Escova Rebolo FLAP é composta por fibras de nylon impregnadas com óxido de alumínio e são utilizadas para polir, remover rebarbas ou arredondar cantos vivos.

- Remover a rebarba na face de contacto;
- Remover marcas de lapidação ou bombeamento;
- Arredondamento dos chanfros do gap;
- Arredondamento dos chanfros inferior e superior da face de contacto;
- Remover riscos, batidas, marcas na face de contacto.

ESCOVADORA FACE DE CONTACTO

MAHLE Componentes de Motores S.A., Murtede, Dep. EEP39Q
137

Data 16/12/2020

Página 89/

Nº Id. XX-XX-XXX Versão YY

Aferições e Preparação da máquina

Montagem da Escova

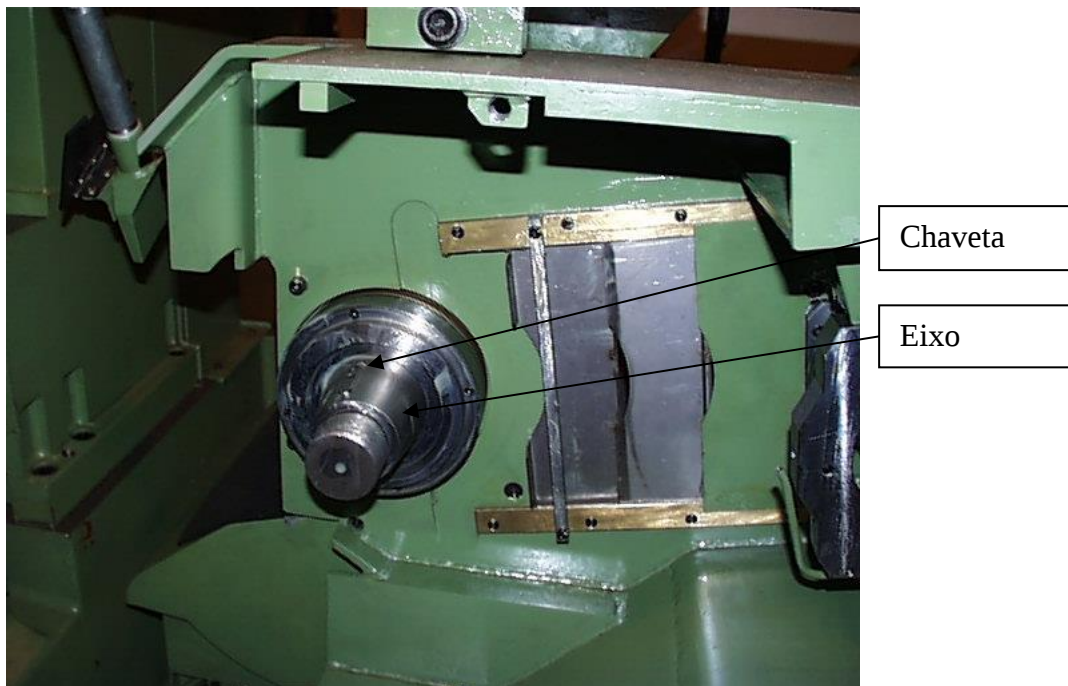


Figura 38 - Montagem da Escova

- Montar as flanges de Nylon na Escova;
- Montar o conjunto flange+escova no eixo do rebolo;
- Após garantir o perfeito assentamento, colocar a porca e apertar com a chave.

ESCOVADORA FACE DE CONTACTO

MAHLE Componentes de Motores S.A., Murte de, Dep. EEP39Q
90/137

Data 16/12/2020

Página

Nº Id. XX-XX-XXX Versão YY

Montagem da Bucha de Fechamento

Aliviar os Parafusos Central e abrir o suporte da bucha



Parafuso Central
para fixação da
bucha

Parafusos de
fixação do suporte
da bucha

Assento da guia da
lâmina

Figura 39 - Escovadora Face de Contacto (porta aberta)

- Introduzir a bucha;
- Encostar a bucha nos batentes. (alinhando pela base de acendimento da guia da lâmina);
- Reapertar o parafuso central.

Centragem da Bucha

- Fixar o relógio comparador na haste do contraponto móvel no lugar do colar;
- Fazer o apalpador encostar no interior da bucha na zona cilíndrica (paralela);
- Aliviar os parafusos de fixação, 20 da Figura 40 - Bucha de Aperto
- Com os parafusos de ajuste lateral/altura do suporte centrar a bucha com o contraponto, 8 e 10 da Figura 40 - Bucha de Aperto

ESCOVADORA FACE DE CONTACTO

MAHLE Componentes de Motores S.A., Murtede, Dep. EEP39Q

Data 16/12/2020

Página 91/

137

Nº Id. XX-XX-XXX Versão YY

NOTA: A variação máxima permitida é de 0,01 mm.

- Reapertar os parafusos de fixação do suporte da bucha;
- Verificar novamente a centragem;
- Caso necessário proceder a reajustes.

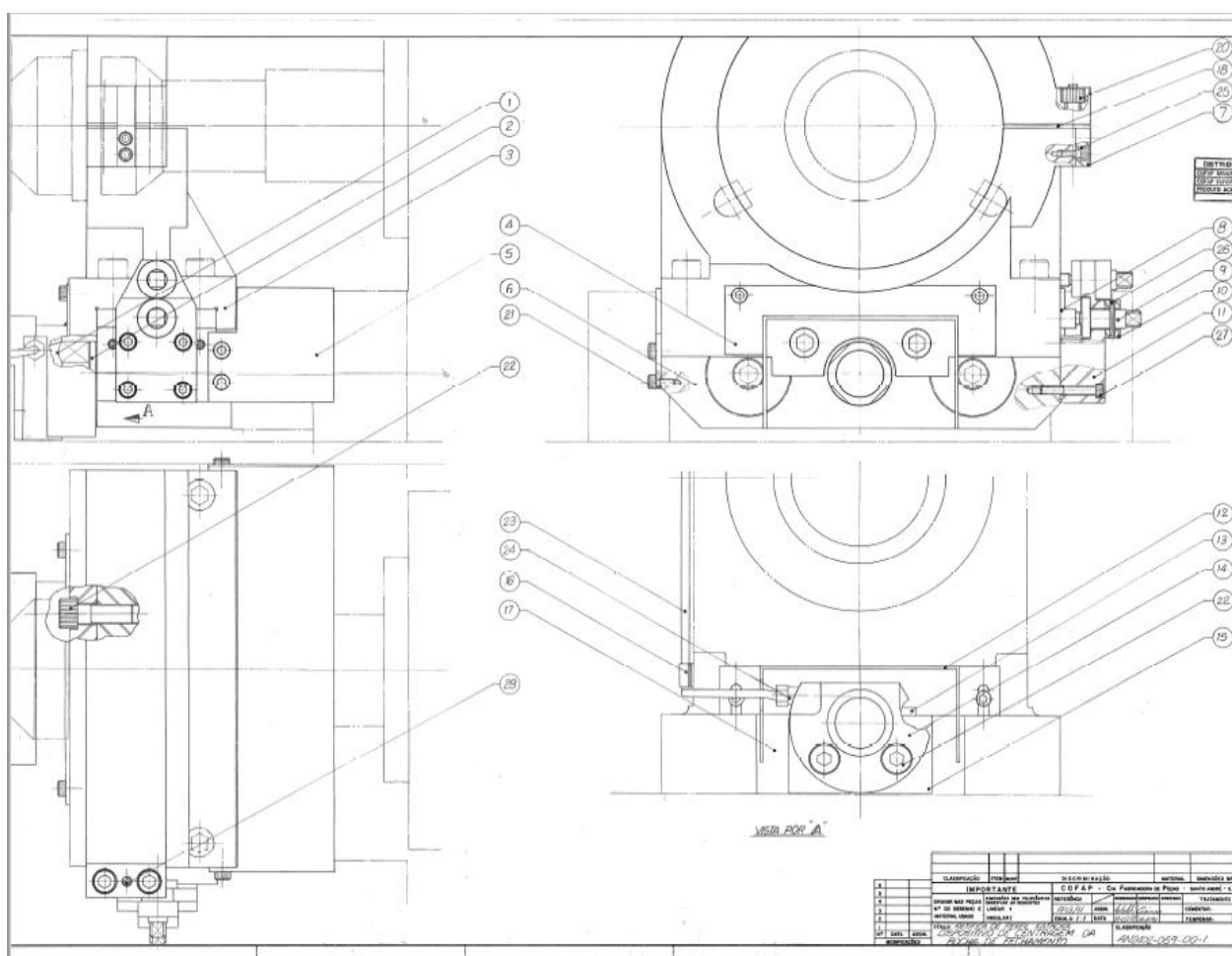


Figura 40 - Bucha de Aperto

ESCOVADORA FACE DE CONTACTO

MAHLE Componentes de Motores S.A., Murte de, Dep. EEP39Q
92/137

Data 16/12/2020

Página

Nº Id. XX-XX-XXX Versão YY

Montagem dos Colares

Ter em atenção para que os colares fiquem bem acentos nos encostos.

- Introduzir os colares nos seus suportes (contraponto e arraste);
- Colocar o o’ring no interior;
- Colocar a anilha de aperto;
- Colocar o parafuso e apertar.

Montagem da Lâmina da Guilhotina

- Descer o suporte da guilhotina;
- Colocar a lâmina e apertar os parafusos de fixação desta;
- Verificar se o curso da guilhotina necessita de ajuste (deve penetrar dentro da bucha aproximadamente 0,5 mm.
- Verificar a centragem actuando nas guias da lâmina



Ajuste da profundidade de penetração da lâmina.

Figura 41 - Ajuste da Lâmina

ESCOVADORA FACE DE CONTACTO

MAHLE Componentes de Motores S.A., Murte de, Dep. EEP39Q
137

Data 16/12/2020

Página 93/

Nº Id.	XX-XX-XXX	Versão	YY
--------	-----------	--------	----

NOTA: A regulação da penetração da guilhotina é executada através da porca especial e contraporca do acoplamento do cilindro com o suporte da lâmina.

Montagem da Guia da lâmina

- Colocar a guia sobre a bucha;
- Verificar com os dedos a centragem desta com a bucha e apertar os parafusos.

Montagem dos Localizadores

- Colocar meia vara de anéis sobre as réguas;
- Posicionar “empurrador” avanço até encostar nos anéis;
- Actuando nos manípulos para abrir e fechar as réguas, afinar por forma a que o centro dos anéis coincida aproximadamente com o centro do empurrador;
- Regular as réguas longitudinalmente com ligeira folga entre as extremidades e os localizadores;
- Ajustar os localizadores mais baixos que as réguas - 0,5 mm.

ESCOVADORA FACE DE CONTACTO

MAHLE Componentes de Motores S.A., Murte de, Dep. EEP39Q
94/137

Data 16/12/2020

Página

Nº Id. XX-XX-XXX Versão YY

Preparação e Referenciamento – Seleção do modo escova



Seletor do modo escova ou modo rectificação.

Figura 42 - Modo Escova (Painel FANUC)

Programação da Máquina

Definir a configuração da rectificadora em função do número de rebolos a utilizar:

Núm. Pacotes	Núm. rebolos	Config.	Rebolo a programar
01	01	↑ ↓	Direito

ESCOVADORA FACE DE CONTACTO

MAHLE Componentes de Motores S.A., Murte de, Dep. EEP39Q
137

Data 16/12/2020

Página 95/

Nº Id.	XX-XX-XXX	Versão	YY
--------	-----------	--------	----

- **Em função da configuração definida, programar os dados para escovamento:**

- Todos os parâmetros estão disponíveis na IP que está na IUA.
- Pressionar a tecla "RETIF" no painel do visor. (Se a opção não estiver disponível, pressionar a tecla "AUX GRAPH" no painel do cnc)
- Seleccione o rebolo esquerdo ou direito através das teclas "PAG ANT" e "PRÓX PAG" .
- Posicione o cursor sob o valor a ser modificado através das teclas
- Digite o novo valor e pressionar "INPUT" (Para cancelar o valor antes de pressionar INPUT, pressionar "CAN".)
- Após programar todos os valores, pressionar "POS".
- Programe os dados da dressagem: (apenas para função RPF perfil)
- Pressionar a tecla "DRESS" no painel do visor.
- Posicione o cursor sob o valor a ser modificado através das teclas
- Digite o novo valor e pressionar "INPUT" (Para cancelar o valor antes de pressionar INPUT, pressionar CAN).
- Após programar todos os valores, pressionar a tecla "POS".

Preparação da Máquina

Carga máquina e posicionamento dos rebolos

- Pressionar "Empurrador de Anéis" até que os anéis encostem na chapa apoio da lâmina.
- Comutar a máquina para "CARREGADOR ". - Pressionar "PARTIDA CICLO".
- Se a medição em processo estiver ligada, comutar para “DESLIGADA “
- Comutar a máquina para "MANUAL ".
- Com o comutador em rebolo e através dos botões "DIAL DE AVANÇO LIGA" + "DIAL DE AVANÇO", posicione a escova (rebolo) em frente ao pacote de anéis a ser escovado.
- Para nos certificarmos de que a escova está junto aos anéis podemos rodar a escova manualmente, para sentir qual a posição em que começa a contactar os anéis.

ESCOVADORA FACE DE CONTACTO

MAHLE Componentes de Motores S.A., Murtede, Dep. EEP39Q
96/137

Data 16/12/2020

Página

Nº Id. XX-XX-XXX Versão YY

- Pressionar "PRE REGULAGEM TOTAL".

Para avançar ou recuar rebolo/escova rebolo FLAP (ajustes finos):

- Comutar o selector para "**Rebolo**".
- Posicione o avanço do dial em 10/1 (se o ajuste for pequeno).
- Pressionar "DIAL DE AVANÇO LIGA" e através do "DIAL de AVANÇO" posicione o rebolo no ponto desejado.
- Pressionar "PRE REGULAGEM TOTAL".

Para recuar ou avançar o rebolo/escova rebolo FLAP (para recuar):

- Comutar o selector para "REBOLO"(posicione o avanço em rápido)..
- Pressionar "RETORNO ou AVANÇO" até o ponto desejado.
- Pressionar "PRÉ REGULAGEM TOTAL".

Para aproximar da peça e referenciar início e fim de escovamento:

- Comutar o selector para "REBOLO"(posicione o avanço em rápido)..
- Pressionar "RETORNO ou AVANÇO" até o ponto desejado (6mm dos anéis.
- Ligue o rebolo e o fuso porta peça.
- Através do "DIAL DE AVANÇO" aproxime a escova (rebolo) até tocar os anéis.
- Para nos certificarmos de que a escova está junto aos anéis podemos rodar a escova manualmente, para sentir qual a posição em que começa a contactar os anéis.
- Pressionar "PRÉ - REGULAGEM TOTAL".
- Pressionar "OPERAÇÃO MANUAL" e "RECUO DO CABEÇOTE".
- Pressionar o "DIAL DE AVANÇO LIGA" e através do "DIAL DE AVANÇO" avance o valor do avanço da escova necessário.

ESCOVADORA FACE DE CONTACTO

MAHLE Componentes de Motores S.A., Murte de, Dep. EEP39Q
137

Data 16/12/2020

Página 97/

Nº Id. XX-XX-XXX Versão YY

- Pressionar "PRÉ - REGULAGEM TOTAL".

Correção Transversal (Centragem / ressalto)

- Posicione o selector em "COMUTAÇÃO".
- Comutar a máquina para "MANUAL"
- Pressionar "DIAL DE AVANÇO LIGA" e através do "DIAL DE AVANÇO" acerte a posição do rebolo.
- Pressionar "PRÉ - REGULAGEM TOTAL".
- Comutar a máquina para AUTOMÁTICO.

Correção longitudinal do diâmetro maior / menor ou face maior / menor

- Posicione o selector em "REBOLO".
- Comutar a máquina para MANUAL.
- Pressionar "DIAL DE AVANÇO LIGA" e através do "DIAL DE AVANÇO" recue ou avance o rebolo.
- Pressionar "PRÉ - REGULAGEM TOTAL".

ESCOVADORA FACE DE CONTACTO

MAHLE Componentes de Motores S.A., Murtede, Dep. EEP39Q
98/137

Data 16/12/2020

Página

Nº Id. XX-XX-XXX Versão YY

Observações Finais

- Para interromper os ciclos de rectificação, basta pressionar "PARADA DO CICLO" e aguardar o término do ciclo em execução.
- Para reinício da operação, basta pressionar "PARTIDA DO CICLO".
- Para interromper o ciclo actual, pressionar "RETORNO DE EMERGÊNCIA": reinício do ciclo, será necessário descarregar o pacote de anéis, posicionando o selector em "DESCARREGADOR" e pressionando "PARTIDA DO CICLO".
- Em caso de emergência, pressionar o botão “EMERGÊNCIA”. Toda a máquina será desligada, incluindo o hidráulico e o cnc.
- Para reinício da operação:
 - Destruar o botão "EMERGÊNCIA".
 - Pressionar o botão "ENERGIA LIGA".
 - Pressionar "PARTIDA DO HIDRÁULICO".
 - Definir a posição original dos 3 eixos novamente (Comutação, Rebolo e Dressagem).
 - Comutar para “AUTOMÁTICO”.

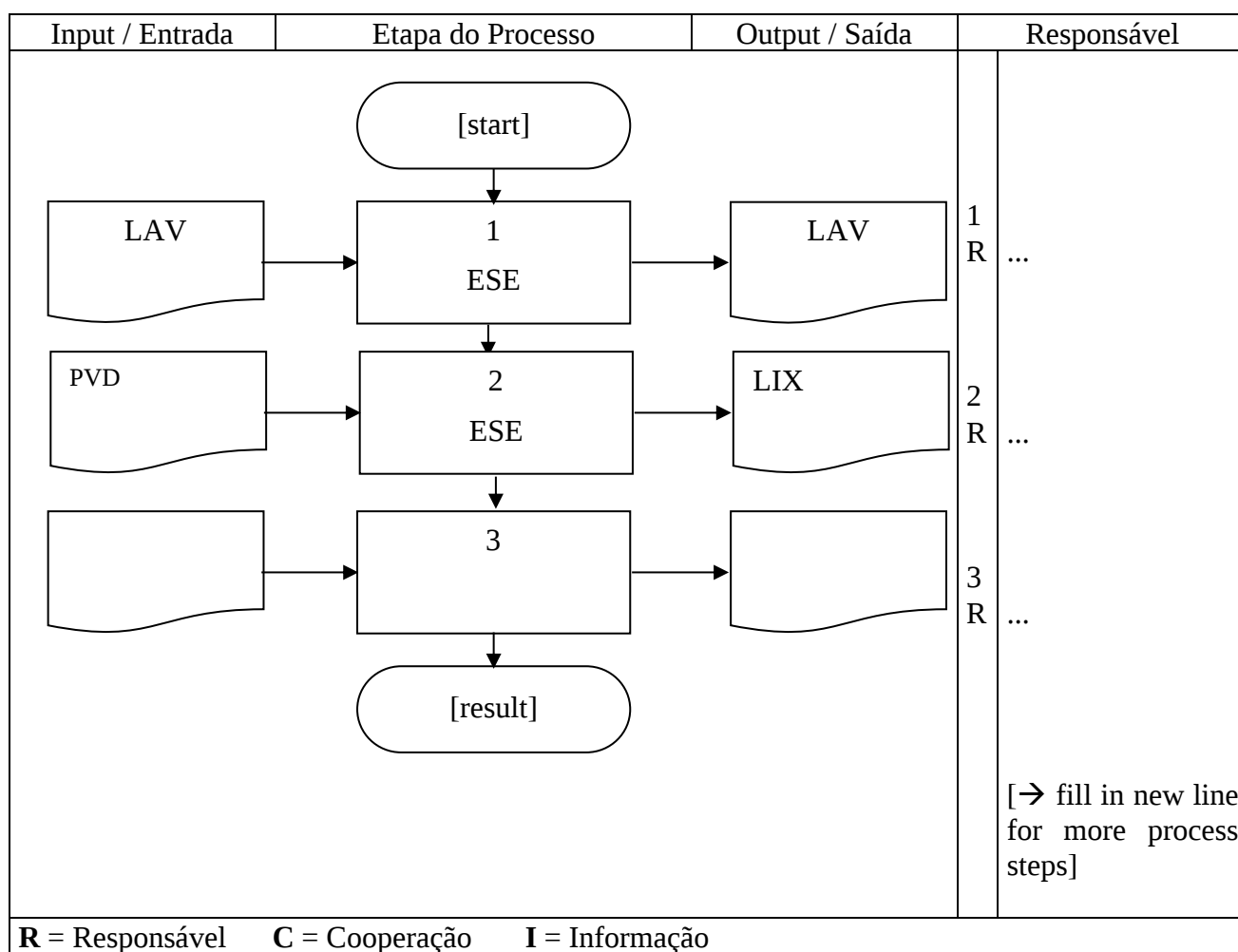
ESCOVADORA FACE DE CONTACTO

MAHLE Componentes de Motores S.A., Murtede, Dep. EEP39Q
137

Data 16/12/2020

Página 99/

Nº Id. XX-XX-XXX Versão YY



Descrição da Modificação	
Aprovado por:	
Verificado por:	
Autor:	

Este documento foi aprovado electronicamente.

“NOME DA NORMA” (Maiúsculas) – (Arial 11)



ESCOVADORA FACE DE CONTACTO

MAHLE Componentes de Motores S.A., Murtede, Dep. EEP39Q
100/137

Data 16/12/2020

Página

Nº Id.	XX-XX-XXX	Versão	YY
--------	-----------	--------	----

Anexo B – Manual de formação provisório para a Retificadora nº03 – Lixamento da face de contacto

LIXADORA FACE DE CONTACTO

MAHLE Componentes de Motores S.A., Murte de, Dep. EEP39Q
102/137

Data 16/12/2020

Página

Nº Id.	XX-XX-XXX	Versão	YY
1	Objetivos		104
2	Âmbito		105
3	Termos / Definições		105
4	Descrição dos Comandos		106
4.1	Painel de Comandos FANUC		106
4.2	Painel do Operador.....		108
4.3	Painel auxiliar		111
5	Periféricos		111
5.1	Ferramental		112
5.2	Lâmina		112
5.3	Bucha de Fechamento		112
5.4	Localizadores		113
5.5	Guia da Lâmina.....		113
5.6	Colares		113
5.7	Lixa/cinta abrasiva de 50mm de largura		114
6	Aferições e Preparação da Máquina.....		115
6.1	Montagem da lixa.....		115
6.2	Montagem da Bucha de Fechamento		115
6.2.1	Aliviar os Parafusos Central e abrir o suporte da bucha		115
6.2.2	Centragem da Bucha		116
6.3	Montagem dos Colares.....		117
6.4	Montagem da Lâmina da Guilhotina		117
6.5	Montagem da Guia da lâmina		119
6.6	Montagem dos Localizadores		119
7	Preparação e Referenciamento.....		119
7.1	Programação da máquina		119
7.2	Preparação da máquina		120
7.2.1	Carga máquina e posicionamento dos rebolos:.....		120
7.2.2	Para avançar ou recuar rebolo/escova rebolo FLAP (ajustes finos):		120
7.2.3	Para recuar ou avançar o rebolo/escova rebolo FLAP:		121

LIXADORA FACE DE CONTACTO

MAHLE Componentes de Motores S.A., Murtede, Dep. EEP39Q
103/137

Data 16/12/2020

Página

Nº Id.	XX-XX-XXX	Versão	YY
--------	-----------	--------	----

7.2.4	Para aproximar da peça e referenciar início e fim de lixamento.....	121
-------	---	-----

7.2.5	Correção Transversal (Centragem / ressalto).....	121
-------	--	-----

7.2.6	Correção longitudinal do diâmetro maior / menor ou face maior / menor	122
-------	---	-----

8	Observações Finais	122
---	--------------------------	-----

LIXADORA FACE DE CONTACTO

MAHLE Componentes de Motores S.A., Murtede, Dep. EEP39Q
104/137

Data 16/12/2020

Página

Nº Id. XX-XX-XXX Versão YY

Objetivos

O lixamento cruzado constitui uma das etapas do acabamento final da face de contacto do anel. O objetivo desta operação é a diminuição da rugosidade desta face garantindo valores que se encontram dentro do intervalo normalizado, assim o anel não provocará riscos quando está em operação no motor.

Como esta operação é efetuada a seguir ao escovamento externo pós PVD, que é altamente desgastante para o operador, foi desenvolvida uma opção alternativa: o lixamento cruzado automático em RPF.

Para tal foram necessárias certas alterações, sendo estas:

- A troca de toda a maquinaria que albergava o rebolo foi substituída por um cabeçote LOESER com as necessárias modificações para processar um pacote de anéis de 37mm ao invés dos 130mm do lixamento cruzado manual.
- Colocação de um rolo de contacto de 50mm de largura e respectivo ferramental para o acomodar no cabeçote;
- Colocação de uma lixa de 50mm de largura e respectivo ferramental de guiamento da lixa.



Figura 43 - Lixadora de Face de Contacto

LIXADORA FACE DE CONTACTO

MAHLE Componentes de Motores S.A., Murtede, Dep. EEP39Q
105/137

Data 16/12/2020

Página

Nº Id.	XX-XX-XXX	Versão	YY
--------	-----------	--------	----

Âmbito

Este procedimento destina-se á usinagem de anéis na fábrica de Murtede.
A operação de lixamento situa-se: após PVD e após escovamento externo.

Termos / Definições

Considerar as definições da IP actual presente na IUA.

LIXADORA FACE DE CONTACTO

MAHLE Componentes de Motores S.A., Murte de, Dep. EEP39Q
106/137

Data 16/12/2020

Página

Nº Id. XX-XX-XXX Versão YY

Descrição dos Comandos

Painel de Comandos FANUC

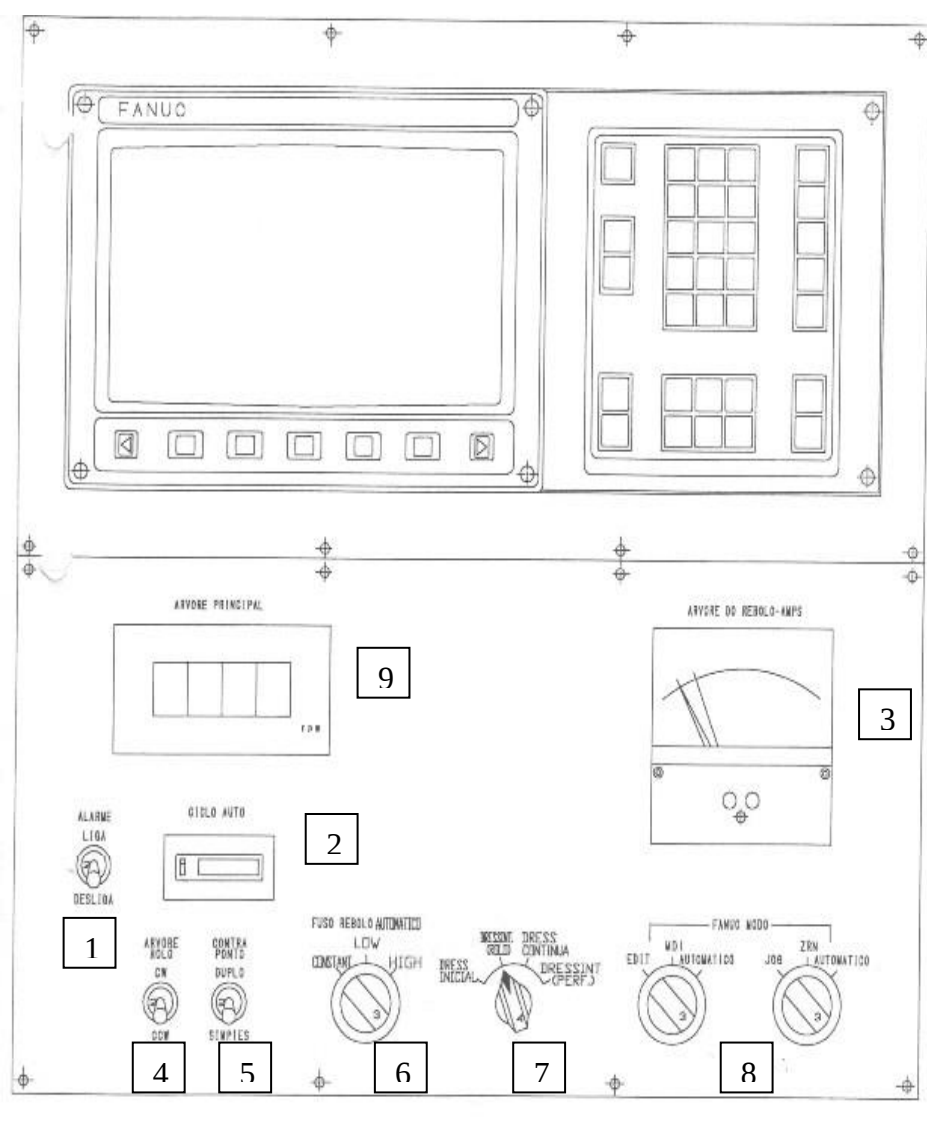


Figura 44 - Painel de Comandos FANUC

LIXADORA FACE DE CONTACTO

MAHLE Componentes de Motores S.A., Murtede, Dep. EEP39Q
107/137

Data 16/12/2020

Página

Nº Id. XX-XX-XXX Versão YY

- 1 - Interruptor de liga e desliga alarme: Activa ou desactiva o alarme sonoro.
- 2 - Contador de ciclos: Contagem do número de ciclos completos executados pela máquina.
- 3 - Amperímetro da árvore do rebolo: Indica o consumo do motor do rebolo e inclui um sistema de protecção de alarme em que se regula o consumo máximo que o motor pode absorver para o caso de alguma deficiência este faz parte parar a máquina e entra em alarme.
- 4 - Selector do sentido de rotação do rolo
 - CW - Sentido de rotação horário
 - CCW - Sentido de rotação anti-horário
- 5 - Contra ponto - Normalmente comutado em simples, pois só trabalhamos com um contraponto móvel.
- 6 - Velocidade do fuso do rebolo
 - Constant - Mantém sempre a mesma velocidade periférica fazendo a compensação do desgaste do rebolo.
 - Low - rpm mínimo
 - High - rpm máximo
- 7 - Selector de dressador: Função apenas para RPF perfil
- 8 - Fanuc Modo
 - Edit - Para introdução de novos programas ou copiar.
 - MDI - Para alterações no programa manualmente
 - Automático -

LIXADORA FACE DE CONTACTO

MAHLE Componentes de Motores S.A., Murte de, Dep. EEP39Q
108/137

Data 16/12/2020

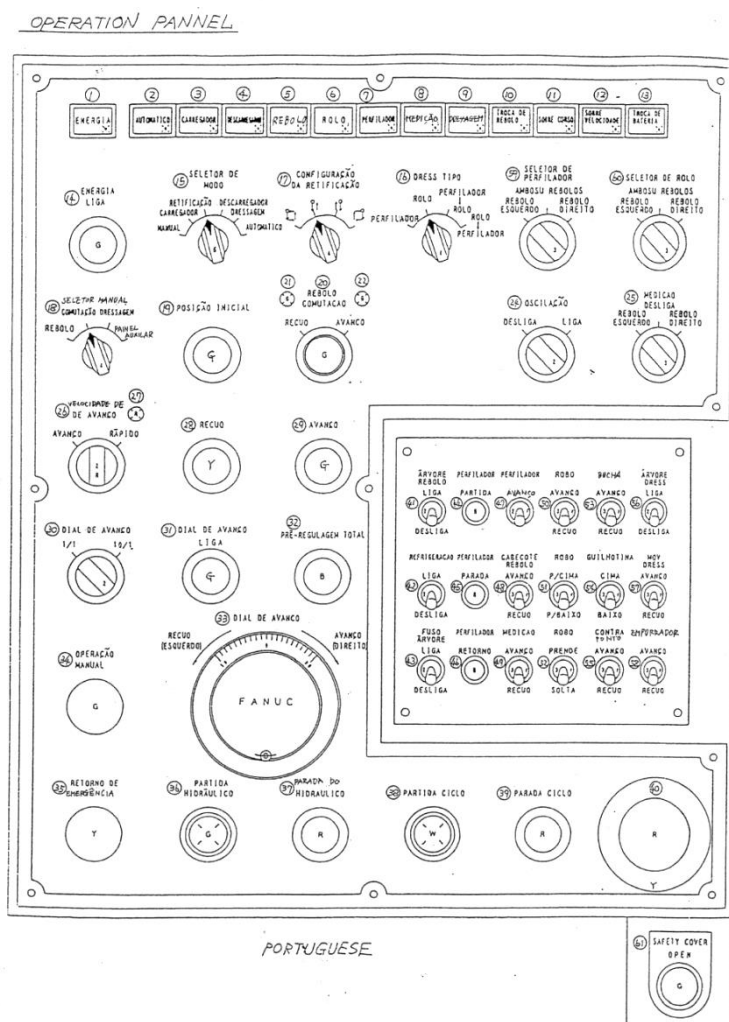
Página

Nº Id. XX-XX-XXX Versão YY

- Jog - Para movimentos em manual dos eixos
- ZRN - Para referenciar os eixos nos zero máquina.
- Automático

- 9- Tacómetro: Indica rotação da árvore de anéis

Painel do Operador



LIXADORA FACE DE CONTACTO

MAHLE Componentes de Motores S.A., Murtede, Dep. EEP39Q
109/137

Data 16/12/2020

Página

Nº Id.	XX-XX-XXX	Versão	YY
--------	-----------	--------	----

- De 1 - 13 sinalizadores luminosos de fundição de estado da máquina e defeitos.
- 14 - Botão para colocar os comandos sob tensão
- 15 - Selector de modo operativo
- 16 - Selector de tipo de dressagem - Função apenas para RPF perfil
- 17 - Selector de sequência de operação dos rebolos
- 18 - Selector de modo operativo em manual
- 19 - Botão de posição inicial para colocar os eixos nos zero máquina.
- 20 - Selector de comutação de rebolo
- 21 - 22 - Sinalizadores de estado da comutação.
- 24 - Selector de activar / desactivar oscilação do rebolo
- 25 - Selector de activar / desactivar o sistema de medição.
- 26 - Selector de velocidade de avanço
(avanço normal / rápido)
- 27 - Sinalizador de avanço rápido ligado.
- 28 -29 - Botões de avanço e recuo dois eixos seleccionados em manual (ponto 15)
- 30 - Selector de relação por impulso do DIAL avanço
- 31 - Botão de activação de DIAL avanço

LIXADORA FACE DE CONTACTO

MAHLE Componentes de Motores S.A., Murte de, Dep. EEP39Q
110/137

Data 16/12/2020

Página

Nº Id.	XX-XX-XXX	Versão	YY
--------	-----------	--------	----

- 32 - Botão de pré regulagem total para memorizar posições de trabalho.
- 33 - Tambor incrementador de DIAL avanço
- 34 - Botão de activação em modo bimanual dos movimentos em manual de passo a passo.
- 35 - Retorno de emergência ao ponto de origem
- 36 - Activação do grupo hidráulico
- 37 - Paragem do grupo hidráulico
- 38 - Partida de ciclo automático ou semi-automático
- 39 - Paragem do ciclo
- 40 - Paragem de emergência
- De 41 - 58 - Accionamentos individuais para operações em manual.
- 61 - Desencravar cadeados eléctricos de segurança das protecções.
- 66- Abertura e fecho do sistema de protecção.

LIXADORA FACE DE CONTACTO

MAHLE Componentes de Motores S.A., Murte de, Dep. EEP39Q
111/137

Data 16/12/2020

Página

Nº Id. XX-XX-XXX Versão YY

Painel auxiliar

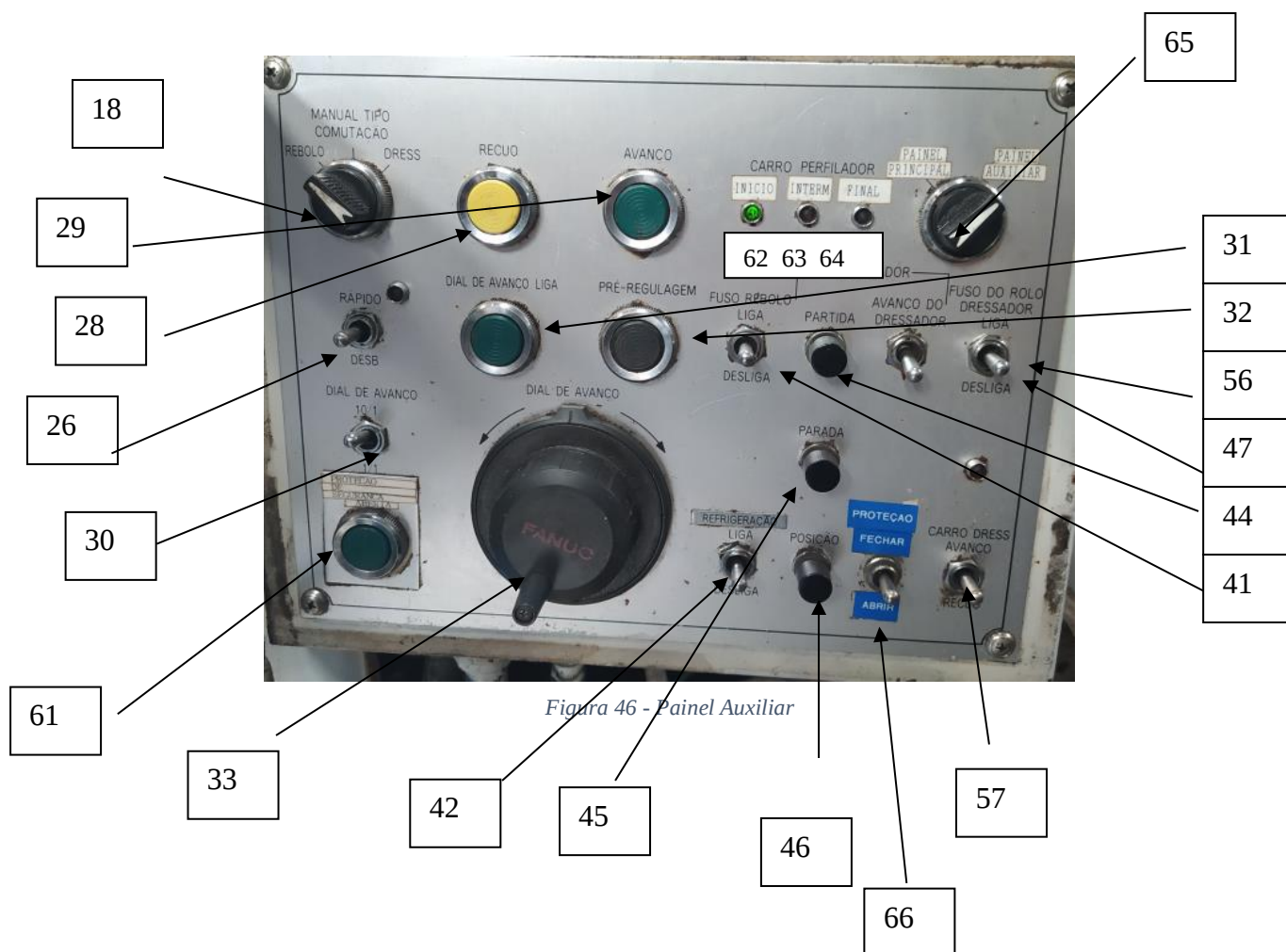


Figura 46 - Painel Auxiliar

Periféricos

- Filtro Oberlin para filtração do fluido refrigerante – Apenas para função normal e rectificadora de perfil (RPF);
- Suporte para vara colectora de anéis;
- Sistema de exaustão.

LIXADORA FACE DE CONTACTO

MAHLE Componentes de Motores S.A., Murtede, Dep. EEP39Q
112/137

Data 16/12/2020

Página

Nº Id. XX-XX-XXX Versão YY

Ferramental

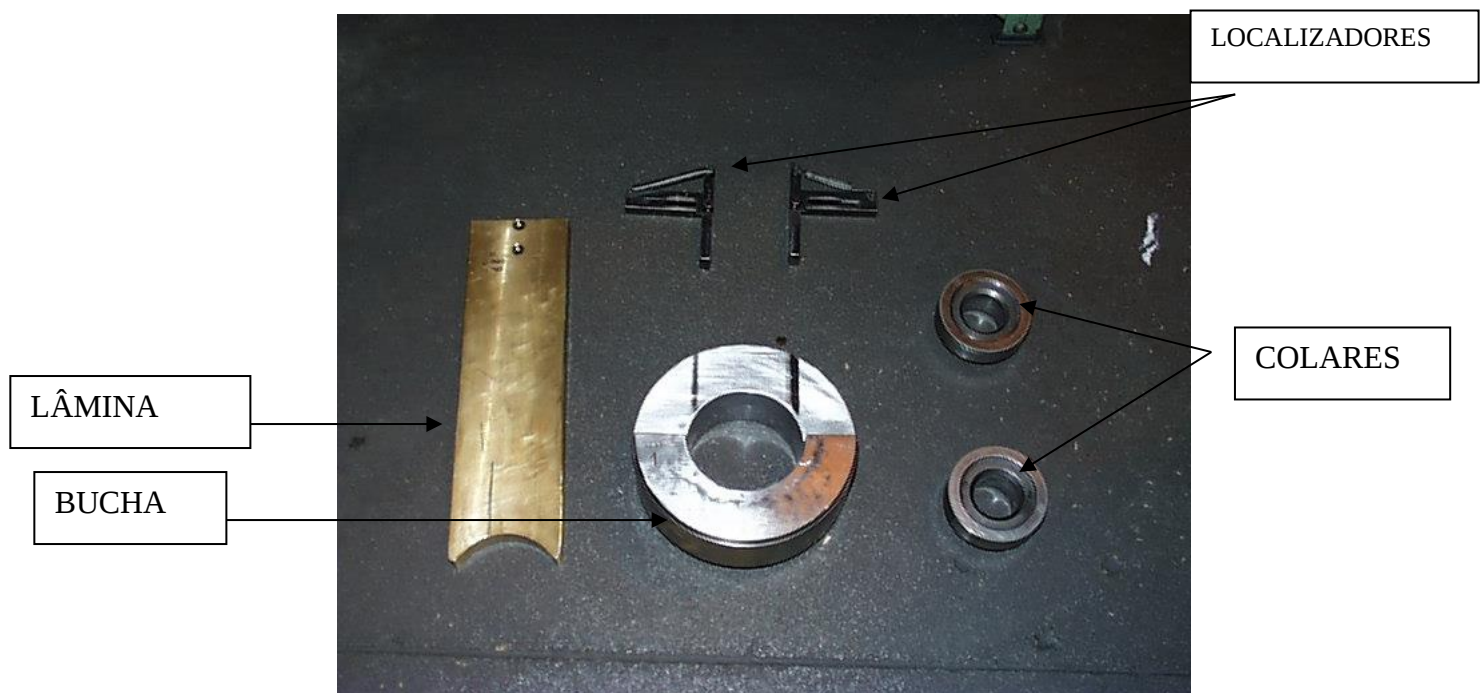


Figura 47 - Ferramental

Lâmina

É uma peça normalmente em latão e que varia na sua largura e espessura consoante o diâmetro e altura do anel a escovar.

Destina-se a empurrar os anéis do alimentador para dentro da bucha de fechamento.

Bucha de Fechamento

Peça em aço rectificada e que se destina a fechar os anéis num diâmetro pré-determinado.

Os diâmetros desta variam consoante os diâmetros dos anéis a rectificar.

LIXADORA FACE DE CONTACTO

MAHLE Componentes de Motores S.A., Murtede, Dep. EEP39Q
113/137

Data 16/12/2020

Página

Nº Id. XX-XX-XXX Versão YY

Localizadores

São peças em aço e que se destinam a centrar / guiar os anéis desde o alimentador até à guia da lâmina quando estes são empurrados pela guilhotina.

Guia da Lâmina

Peça em aço que para além de manter guiada a guilhotina, efectua um pré-fechamento dos anéis antes de entrarem na bucha.

Colares

Peças cilíndricas em aço tratado e que se destinam a prender os anéis e transmitir-lhes um movimento de rotação durante o escovamento.

O diâmetro destes colares varia em função do diâmetro dos anéis a escovar.

LIXADORA FACE DE CONTACTO

MAHLE Componentes de Motores S.A., Murtede, Dep. EEP39Q
114/137

Data 16/12/2020

Página

Nº Id. XX-XX-XXX Versão YY

Lixa/cinta abrasiva de 50mm de largura



Figura 48 - Lixa Abrasiva

LIXADORA FACE DE CONTACTO

MAHLE Componentes de Motores S.A., Murtede, Dep. EEP39Q
115/137

Data 16/12/2020

Página

Nº Id. XX-XX-XXX Versão YY

Aferições e Preparação da Máquina

Montagem da lixa

- Abrir a porta traseira;
- Removem-se as porcas de fixação dos rolos;
- Alivia-se a lixa rodando o rolo superior ligeiramente no sentido oposto ao sentido de trabalho;
- Remove-se a lixa a substituir e coloca-se uma nova com os respectivos suportes
- Estica-se a lixa operando em manual a função “film on”
- Quando a lixa estiver esticada desligar a função “film on” e colocar as porcas de aperto assim como os suportes da lixa.

Montagem da Bucha de Fechamento

Aliviar os Parafusos Central e abrir o suporte da bucha

LIXADORA FACE DE CONTACTO

MAHLE Componentes de Motores S.A., Murte de, Dep. EEP39Q
116/137

Data 16/12/2020

Página

Nº Id. XX-XX-XXX Versão YY



Parafuso Central
para fixação da
bucha

Parafusos de
fixação do suporte
da bucha

Assento da guia da
lâmina

Figura 49 - Lixadora Face de Contacto (porta aberta)

- Introduzir a bucha;
- Encostar a bucha nos batentes. (alinhando pela base de acentamento da guia da lâmina);
- Reapertar o parafuso central.

Centragem da Bucha

- Fixar o relógio comparador na haste do contraponto móvel no lugar do colar;
- Fazer o apalpador encostar no interior da bucha na zona cilíndrica (paralela);
- Aliviar os parafusos de fixação, 20 da Figura 50 - Bucha de Aperto
- Com os parafusos de ajuste lateral/altura do suporte centrar a bucha com o contraponto, 8 e 10 da Figura 50 - Bucha de Aperto

NOTA: A variação máxima permitida é de 0,01 mm.

- Reapertar os parafusos de fixação do suporte da bucha;
- Verificar novamente a centragem;
- Caso necessário proceder a reajustes.

LIXADORA FACE DE CONTACTO

MAHLE Componentes de Motores S.A., Murtede, Dep. EEP39Q
117/137

Data 16/12/2020

Página

Nº Id. XX-XX-XXX Versão YY

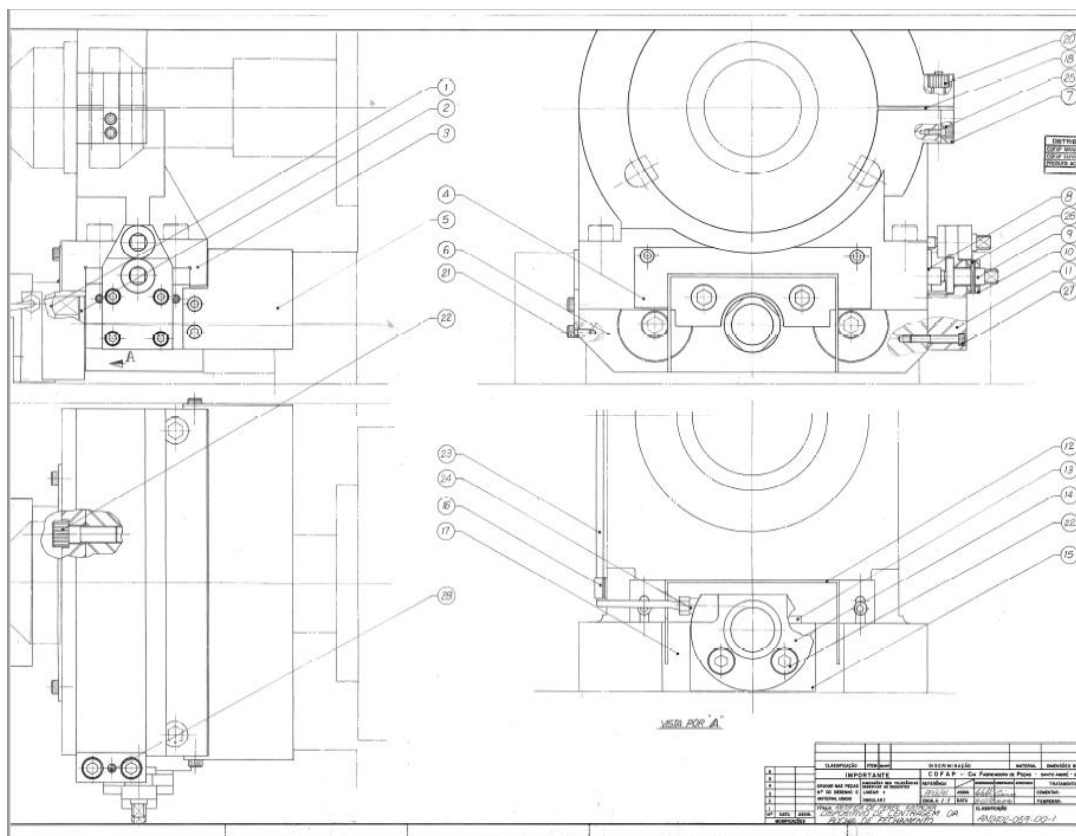


Figura 50 - Bucha de Aperto

Montagem dos Colares

Ter em atenção para que os colares fiquem bem acentos nos encostos.

- Introduzir os colares nos seus suportes (contraponto e arraste);
- Colocar o o'ring no interior;
- Colocar a anilha de aperto;
- Colocar o parafuso e apertar.

Montagem da Lâmina da Guilhotina

- Descer o suporte da guilhotina;

LIXADORA FACE DE CONTACTO

MAHLE Componentes de Motores S.A., Murtede, Dep. EEP39Q
118/137

Data 16/12/2020

Página

Nº Id.	XX-XX-XXX	Versão	YY
--------	-----------	--------	----

- Colocar a lâmina e apertar os parafusos de fixação desta;
- Verificar se o curso da guilhotina necessita de ajuste (deve penetrar dentro da bucha aproximadamente 0,5 mm).



Ajuste da profundidade de penetração da lâmina.

Figura 51 - Ajuste da Lâmina

- Verificar a centragem actuando nas guias da lâmina.

NOTA: A regulação da penetração da guilhotina é executada através da porca especial e contraporca do acoplamento do cilindro com o suporte da lâmina.

LIXADORA FACE DE CONTACTO

MAHLE Componentes de Motores S.A., Murtede, Dep. EEP39Q
119/137

Data 16/12/2020

Página

Nº Id. XX-XX-XXX Versão YY

Montagem da Guia da lâmina

- Colocar a guia sobre a bucha;
- Verificar com os dedos a centragem desta com a bucha e apertar os parafusos.

Montagem dos Localizadores

- Colocar meia vara de anéis sobre as réguas;
- Posicionar “empurrador” avanço até encostar nos anéis;
- Atuando nos manípulos para abrir e fechar as réguas, afinar por forma a que o centro dos anéis coincida aproximadamente com o centro do empurrador;
- Regular as réguas longitudinalmente com ligeira folga entre as extremidades e os localizadores;
- Ajustar os localizadores mais baixos que as réguas - 0,5 mm.

Preparação e Referenciamento

Programação da máquina

Definir a configuração da rectificadora em função do número de rebolos a utilizar

Núm. Pacotes	Núm. rebolos	Config.	Rebolo a programar
01	01	↑↓	Direito

Em função da configuração definida, programar os dados para escovamento:

- Todos os parâmetros estão disponíveis na IP que está na IUA.
- Pressionar a tecla "RETIF" no painel do visor. (Se a opção não estiver disponível, pressionar a tecla "AUX GRAPH" no painel do cnc)

LIXADORA FACE DE CONTACTO

MAHLE Componentes de Motores S.A., Murtede, Dep. EEP39Q
120/137

Data 16/12/2020

Página

Nº Id.	XX-XX-XXX	Versão	YY
--------	-----------	--------	----

- Seleccione o rebolo esquerdo ou direito através das teclas "PAG ANT" e "PRÓX PAG" .
- Posicione o cursor sob o valor a ser modificado através das teclas
- Digite o novo valor e pressionar "INPUT"(Para cancelar o valor antes de pressionar INPUT, pressionar "CAN".)
- Após programar todos os valores, pressionar "POS".
- Programe os dados da dressagem.
- Pressionar a tecla "DRESS" no painel do visor. (apenas para função RPF perfil)
- Posicione o cursor sob o valor a ser modificado através das teclas
- Digite o novo valor e pressionar "INPUT" (Para cancelar o valor antes de pressionar INPUT, pressionar CAN).
- Após programar todos os valores, pressionar a tecla "POS".

Preparação da máquina

Carga máquina e posicionamento dos rebolos:

- Pressionar "Empurrador de Anéis" até que os anéis encostem na chapa de apoio da lâmina.
- Comutar a máquina para "CARREGADOR ". - Pressionar "PARTIDA CICLO".
- Se a medição em processo estiver ligada, comutar para “DESLIGADA “
- Comutar a máquina para "MANUAL ".
- Com o comutador em rebolo e através dos botões "DIAL DE AVANÇO LIGA" + "DIAL DE AVANÇO", posicione cabeçote da lixa em frente ao pacote de anéis a ser trabalhado.
- Para nos certificarmos de que a lixa está junto aos anéis podemos rodar a lixa manualmente, para sentir qual a posição em que começa a contactar os anéis.
- Pressionar "PRE REGULAGEM TOTAL".

Para avançar ou recuar rebolo/escova rebolo FLAP (ajustes finos):

- Comutar o selector para "REBOLO".
- Posicione o avanço do dial em 10/l (se o ajuste for pequeno).

LIXADORA FACE DE CONTACTO

MAHLE Componentes de Motores S.A., Murte de, Dep. EEP39Q
121/137

Data 16/12/2020

Página

Nº Id. XX-XX-XXX Versão YY

- Pressionar "DIAL DE AVANÇO LIGA" e através do "DIAL de AVANÇO" posicione o rebolo no ponto desejado.
- Pressionar "PRE REGULAGEM TOTAL".

Para recuar ou avançar o rebolo/escova rebolo FLAP:

Para recuar:

- Comutar o selector para "REBOLO"(posicione o avanço em rápido).
- Pressionar "RETORNO ou AVANÇO" até o ponto desejado.
- Pressionar "PRÉ REGULAGEM TOTAL".

Para aproximar da peça e referenciar início e fim de lixamento

- Comutar o selector para "REBOLO"(posicione o avanço em rápido).
- Pressionar "RETORNO ou AVANÇO" até o ponto desejado (6mm dos anéis.
- Ligue o rebolo e o fuso porta peça.
- Através do "DIAL DE AVANÇO" aproxime a lixa (rebolo) até tocar os anéis.
- Para nos certificarmos de que a lixa está junto aos anéis podemos rodar a lixa manualmente, para sentir qual a posição em que começa a contactar os anéis.
- Pressionar "PRÉ - REGULAGEM TOTAL".
- Pressionar "OPERAÇÃO MANUAL" e "RECUO DO CABEÇOTE".
- Pressionar o "DIAL DE AVANÇO LIGA" e através do "DIAL DE AVANÇO" avance o valor do avanço da escova necessário.
- Pressionar "PRÉ - REGULAGEM TOTAL".

Correção Transversal (Centragem / ressalto)

- Posicione o selector em "COMUTAÇÃO".
- Comutar a máquina para "MANUAL"
- Pressionar "DIAL DE AVANÇO LIGA" e através do "DIAL DE AVANÇO" acerte a posição do rebolo.
- Pressionar "PRÉ - REGULAGEM TOTAL".

LIXADORA FACE DE CONTACTO

MAHLE Componentes de Motores S.A., Murte de, Dep. EEP39Q
122/137

Data 16/12/2020

Página

Nº Id. XX-XX-XXX Versão YY

- Comutar a máquina para AUTOMÁTICO.

Correção longitudinal do diâmetro maior / menor ou face maior / menor

- Posicione o selector em "REBOLO".
- Comutar a máquina para MANUAL.
- Pressionar "DIAL DE AVANÇO LIGA" e através do "DIAL DE AVANÇO" recue ou avance o rebolo.
- Pressionar "PRÉ - REGULAGEM TOTAL".

Observações Finais

- Para interromper os ciclos de rectificação, basta pressionar "PARADA DO CICLO" e aguardar o término do ciclo em execução.
- Para reinício da operação, basta pressionar "PARTIDA DO CICLO".
- Para interromper o ciclo actual, pressionar "RETORNO DE EMERGÊNCIA": reinício do ciclo, será necessário descarregar o pacote de anéis, posicionando o selector em "DESCARREGADOR" e pressionando "PARTIDA DO CICLO".
- Em caso de emergência, pressionar o botão “EMERGÊNCIA”. Toda a máquina será desligada, incluindo o hidráulico e o cnc.
- Para reinício da operação:
 - Destravar o botão "EMERGÊNCIA".
 - Pressionar o botão "ENERGIA LIGA".
 - Pressionar "PARTIDA DO HIDRÁULICO".
 - Definir a posição original dos 3 eixos novamente (Comutação, Rebolo e Dressagem).
 - Comutar para “AUTOMÁTICO”.

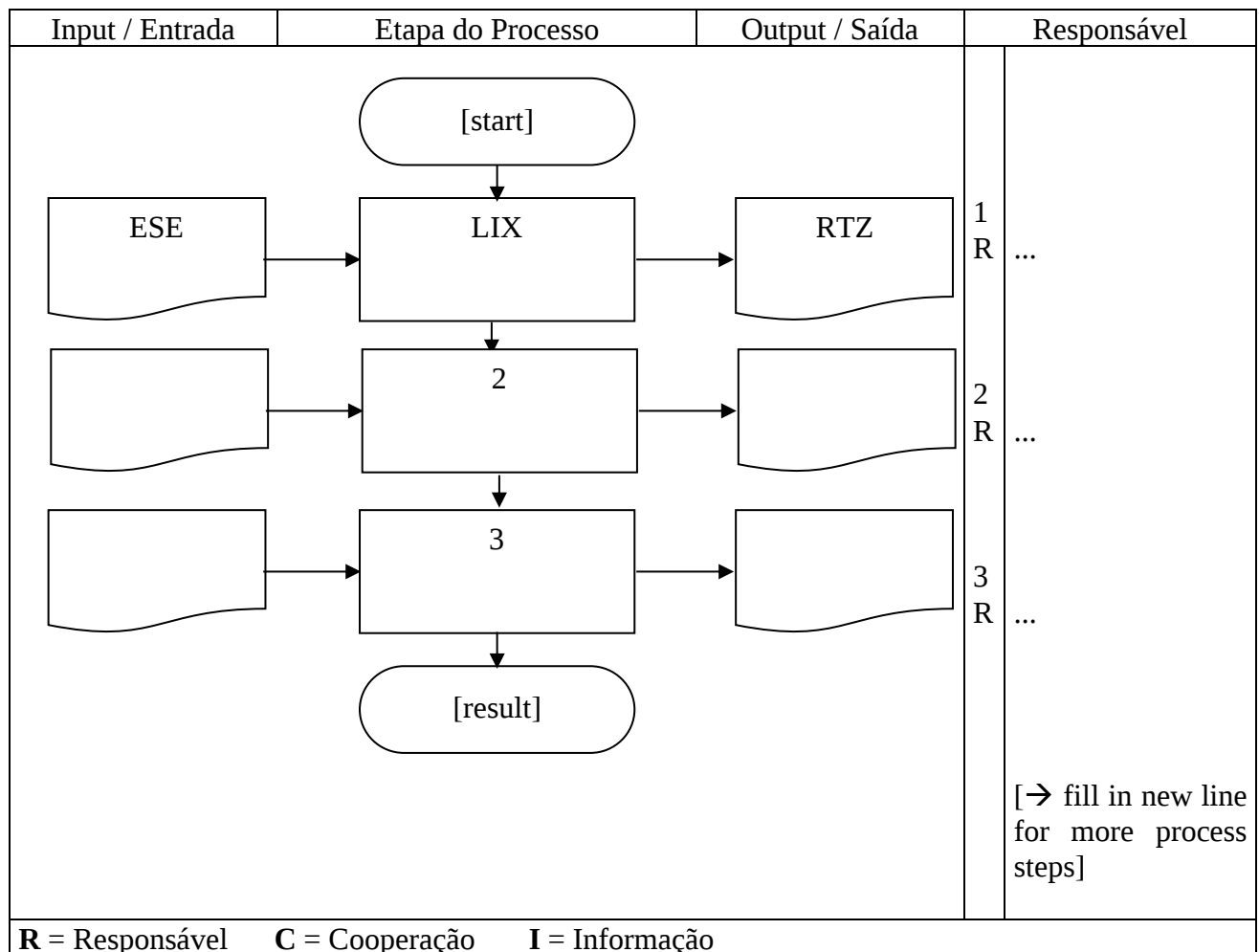
LIXADORA FACE DE CONTACTO

MAHLE Componentes de Motores S.A., Murtede, Dep. EEP39Q
123/137

Data 16/12/2020

Página

Nº Id. XX-XX-XXX Versão YY



Descrição da Modificação	
Aprovado por:	
Verificado por:	
Autor:	

Este documento foi aprovado electronicamente.