



ANÁLISE DOS MODOS DE FALHAS E SEUS EFEITOS EM QUINADORAS E GUILHOTINAS

RUI DE SÁ CRISTINO

julho de 2023

ANÁLISE DOS MODOS DE FALHAS E SEUS EFEITOS EM QUINADORAS E GUILHOTINAS

Rui de Sá Cristino

2023

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica

isen

P.PORTO

ANÁLISE DOS MODOS DE FALHAS E SEUS EFEITOS EM QUINADORAS E GUILHOTINAS

Rui de Sá Cristino

1210213

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica - Ramo Construções Mecânicas, realizada sob a orientação do Doutor Alexandre Gonçalves Santos Santiago Sottomayor e coorientação do Doutor António José de Sousa Ferreira Da Silva.

2023

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica

isen

P.PORTO

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, devo um enorme agradecimento à Adira, empresa que me acolheu e me deu todas as condições de trabalho para desenvolver a minha dissertação. Foram 6 meses de muita aprendizagem e muito companheirismo por isso só tenho de agradecer à Adira por todo o carinho prestado. Ao longo destes 6 meses tive vários orientadores, tendo todos eles contribuindo para a realização deste trabalho. Todos tiveram um papel fundamental para a concretização deste trabalho desde a engenheira Cátia Pereira, ao engenheiro André Silva e ao meu tutor Luís Panta. O departamento do *Service* foi todo ele excecional, mas devo um especial agradecimento ao engenheiro João Dias por toda a sua orientação, por todos os conselhos, pela amizade e por todos os dias me tornar um profissional melhor com todos os seus ensinamentos e opiniões. A todos os membros da empresa que me acompanharam durante este período um muito obrigado, pela paciência e pelas várias sugestões dadas que me ajudaram a ultrapassar os inúmeros obstáculos.

Ao meu orientador, professor doutor Alexandre Sottomayor e ao meu coorientador, professor doutor Ferreira da Silva o meu obrigado, por todas as orientações, ensinamentos e opiniões que me deram ao longo do período de realização deste projeto e ao longo do meu trajeto no Mestrado de Engenharia Mecânica. Ao meu grande companheiro de estágio, João Esteves, por toda a amizade, companheirismo e por toda a partilha de amizade.

A toda a minha família, principalmente aos meus pais, Rui e Rosalina Cristino, por acreditarem em mim, estarem sempre a meu lado e por me darem sempre motivação para continuar e nunca desistir do que tinha sonhado. Muito obrigado, pois, se hoje consegui concluir mais uma etapa na minha formação devo-o a eles. Aos meus amigos mais chegados que sempre me apoiaram, Renato, Catarina, Rafaela, Noé, Edgar, Júlio, Madalena, Pedro e Raquel.

A finalização desta dissertação foi o fechar de um ciclo de 5 anos de estudo, iniciada com a licenciatura realizada na cidade de Viana do Castelo em Engenharia Mecânica e finalmente o mestrado em Engenharia Mecânica com ramo em Construções Mecânicas na cidade do Porto.

A todos o meu obrigado!

Rui de Sá Cristino

página propositadamente em branco

RESUMO

As máquinas são equipamentos industriais que durante a sua operação podem ter avarias/anomalias que afetam ou condicionam o seu funcionamento normal. Este tipo de problemas impede o correto funcionamento da máquina provocando perdas de produção, aumentando assim os tempos de ciclo para o fabrico de novas peças.

Por estes motivos, é fundamental criar procedimentos e instruções de manutenção para minimizar todas as falhas ocorrentes nas máquinas evitando a ocorrência de avarias.

O presente trabalho consistiu na análise de avarias em guilhotinas e quinadoras da empresa Adira, tendo principalmente atenção às falhas ocorridas nas máquinas produzidas atualmente. Na elaboração deste trabalho e após a recolha dos dados sobre as avarias, foi feita uma seleção tendo por base três parâmetros de seleção em três máquinas distintas, sendo depois estas classificadas através do método FMEA. A análise FMEA permitiu classificar as avarias selecionadas tendo em conta a sua gravidade, permitindo assim encontrar possíveis causas.

Foi assim possível identificar oportunidades de melhoria para contrariar essas avarias fazendo-se um breve estudo sobre possíveis soluções a implementar. Foi feito o dimensionamento dos cilindros de uma quinadora PA assim como o estudo para a respetiva aplicação de um filtro de ar no depósito do óleo, também, um estudo de redimensionamento da geometria do fuso de uma quinadora BB como um estudo à barra dos calcadores de uma guilhotina.

Posteriormente foram criadas *check-list* de manutenção para quinadoras e guilhotinas assim como uma nova folha de serviço para as assistências técnicas.

Este trabalho teve ainda como objetivo a otimização de alguns processos de trabalho, como a criação de uma ferramenta para fazer intervenções aos calcadores de uma guilhotina, realizando testes estruturais aos seus componentes e verificando-se assim a sua resistência quando estes estão sujeitos a esforços. Incutiu-se ainda a ideia que a Adira está a desenvolver processos internos de modo a implementar ferramentas como o *Service Mobile* e os óculos monolulares para se fazer assistência remota de uma forma a que as soluções sejam otimizadas e mais eficientes, sendo feito ainda uma apresentação de alguns processos do controlo de qualidade para materiais adquiridos pela Adira.

Pode-se concluir, que a maioria dos casos de estudos que foram selecionados para a análise, alcançaram resultados positivos. Em relação às oportunidades de melhoria para diminuir as avarias, estas têm sido todas implementadas tendo resultados mais otimistas, ao invés da otimização de processos em que alguns deles ainda não foram aplicados, apesar de todas as ideias serem aprovadas pelos respetivos departamentos inseridos no estudo.

PALAVRAS-CHAVE

Avaria; FMEA; Guilhotina; Óleo-hidráulica; Quinadora.

página propositadamente em branco

ABSTRACT

Machines are industrial equipment that during their operation may have malfunctions / anomalies that affect or condition their normal operation. This type of problems prevents the correct operation of the machine causing production losses, thus increasing the cycle times for the manufacture of new parts.

For these reasons, it is essential to create procedures and maintenance instructions to minimize all failures occurring in the machines avoiding the occurrence of breakdowns.

The present work consisted in the analysis of malfunctions in guillotines and press brakes of the company Adira, mainly of the failures occurred in the machines currently produced. In the elaboration of this work and after the collection of the data on the malfunctions, a selection was made based on three selection parameters in three different machines, which were then classified through the FMEA method. The FMEA analysis allowed to classify the selected malfunctions taking, into account their severity, thus allowing us to find possible causes.

It was thus possible to identify opportunities for improvement to counter these failures by making a brief study of possible solutions to be implemented. It was done the sizing of the cylinders of a PA press brake and with the respective application of an air filter in the oil tank, also, a study of resizing the geometry of the spindle of a BB press brake as to the bar of the hold-downs of a guillotine.

Subsequently, several maintenances checklists were created, as well a new service sheet for technical assistance.

This work also aimed to optimize some work processes, such as the creation of a tool to make interventions to the hold-downs of a guillotine, performing structural tests to its components and thus verifying their resistance when they are subject to stress. It was also instilled the idea that Adira is developing internal processes in the order to implement tools such as Service Mobile and monocular glasses to make remote assistance in a way that the solutions are optimized and more efficient, and also a presentation of some quality control processes for materials purchased by Adira.

It can be concluded that most of the case studies that were selected for the analysis, achieved positive results. Regarding the opportunities for improvement to reduce breakdowns, these have all been implemented with more optimistic results, rather than the optimization of processes in which some of them have not yet been applied, despite the fact all the ideas have been approved by the respective departments inserted in the study.

KEYWORDS

Malfunction; FMEA; Guillotine; Hydraulic oil; Press brake.

página propositadamente em branco

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS	VII
ÍNDICE DE TABELAS	XI
LISTAS DE SIGLAS E SÍMBOLOS	XIII
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Contextualização	1
1.2. Objetivos	2
1.3. Metodologia	2
1.4. Estrutura do relatório	3
1.5. Local/empresa de acolhimento	3
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1. Quinadoras e guilhotinas	5
2.1.1. Utilização de quinadoras e guilhotinas no setor metalomecânico	5
2.1.2. Processo de quinagem	6
2.1.3. Constituintes de uma quinadora	9
2.1.4. Tipos de quinadoras	10
2.1.5. Processo de corte	13
2.1.6. Constituintes de uma guilhotina	15
2.1.7. Tipo de guilhotinas	16
2.2. Avarias em máquinas de conformação e corte de chapa	17
2.2.1. Avarias associadas às quinadoras e guilhotinas	17
2.2.2. Automação industrial	18
2.2.3. Óleo-hidráulica	19
2.2.4. Estado da arte das avarias em quinadoras e guilhotinas	30
2.3. Métodos para a análise de avarias	31
2.3.1. Análise de modo e efeito de falha (FMEA)	31
2.3.2. Método de elementos finitos	34
2.3.3. Manutenção industrial	35
2.3.4. Gestão da qualidade	37
2.3.5. Trabalhos de implementação do FMEA	38
3. DESENVOLVIMENTO	42
3.1. Entidade acolhedora	42
3.2. Objetivos do trabalho	43
3.3. Principais avarias em quinadoras e guilhotinas	43
3.3.1. Quantidade de avarias das máquinas em produção	44
3.3.2. Tipo de avarias nas máquinas selecionadas	45
3.3.3. Apresentação do modelo para a análise FMEA das avarias	47
3.3.4. Análise FMEA às principais avarias encontradas	49

3.3.5. Criação de um modelo FMEA para posteriores avarias analisadas pela Adira	53
3.4. Identificação de oportunidades de melhoria para a concepção e construção de novas máquinas.....	53
3.4.1. Dimensionamento dos cilindros	54
3.4.2. Adaptação de um filtro de ar na tampa do depósito do óleo.....	64
3.4.3. Redimensionamento do fuso das quinadoras BB	66
3.4.4. Análise ao suporte dos calcadores.....	69
3.5. Manutenção de avarias nas máquinas Adira	71
3.5.1. Criação de uma <i>check list</i> de manutenção para as máquinas Adira	71
3.5.2. Criação de uma nova folha de serviço	74
3.6. Otimização de processos de trabalho	76
3.6.1. Desenvolvimento de um equipamento para a manutenção/reparação dos calcadores de uma guilhotina.....	76
3.6.2. <i>Service mobile</i>	96
3.6.3. Assistências remotas	97
3.6.4. Implementação de processos de qualidade	98
4. IMPLEMENTAÇÃO E ANÁLISE AOS RESULTADOS	99
4.1. Planeamento da implementação	99
4.2. Implementação	100
4.3. Recolha e análise dos resultados	101
4.3.1. Análise crítica dos resultados.....	104
5. CONCLUSÃO	105
5.1. Conclusões finais	105
5.2. Limitações e trabalhos futuros.....	106
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	107
APÊNDICES	111
Apêndice A- Formulário FMEA.....	111
Apêndice B- <i>Check-list</i> de manutenção para quinadoras	113
Apêndice C- <i>Check-list</i> de manutenção para guilhotinas.....	115
Apêndice D- Nova folha de serviço	117
Apêndice E- Desenhos técnicos da ferramenta	119
ANEXOS	121
Anexo A- Circuito hidráulico da quinadora PA13530.....	121
Anexo B- Condições para o aperto dos parafusos	123
Anexo C- Antiga folha de serviço	125

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1- Evolução das quinadoras ao longo dos anos (adaptado de [2]).	5
Figura 2- Exemplificação de quinagem de uma caixa [3].	6
Figura 3- Posições relativas da chapa durante o processo de quinagem e das ferramentas utilizadas [4].	6
Figura 4- Tabela e ilustração representativa para o cálculo da tonelagem requerida [7].	7
Figura 5- A- Mesa Bombeada [9]. B- Matriz com os batentes ajustáveis (elaboração própria). C- Cunhas da mesa bombeada (elaboração própria).	8
Figura 6- Influência das inclusões no aparecimento de fissuras no processo de quinagem [9].	9
Figura 7- Componentes da quinadora PA através de uma vista frontal (adaptado de [2]).	9
Figura 8- Componentes da quinadora PA através de uma vista traseira (adaptado de [2]).	10
Figura 9- Representação de uma aresta após o corte numa guilhotina [4].	14
Figura 10- Componentes da guilhotina GV através de uma vista frontal (elaboração própria).	15
Figura 11- Componentes da guilhotina GV através de uma vista traseira (elaboração própria).	15
Figura 12- Sequência típica utilizada para a implementação de um automatismo (adaptado de [24]).	18
Figura 13- A-Localização dos <i>drives</i> num quadro elétrico numa quinadora PA13530. B-Exemplo de um <i>drive</i> (elaboração própria).	18
Figura 14- A- Suporte e relé. B- Suporte do relé. C- Relé (elaboração própria).	19
Figura 15- Esquema da construção de um sistema hidráulico (adaptado de [28]).	20
Figura 16- Variação da viscosidade com a temperatura [29].	21
Figura 17- Consequência da alteração do IV com a temperatura (elaboração própria).	21
Figura 18- A-Bomba hidrodinâmica; B-Bomba hidrostática [27].	22
Figura 19- Representação da geometria de uma tubagem [31].	23
Figura 20- Detalhes construtivos de um depósito [32].	24
Figura 21- A- Esquema de um arrefecedor a ar/óleo. B-Esquema de um arrefecedor a água/óleo [33].	25
Figura 22- Principais partes da constituição de uma mangueira hidráulica [28].	25
Figura 23- Localização e identificação de alguns constituintes de um cilindro (adaptado de [36]).	27
Figura 24- A- Caudal de avanço. B- Caudal de retorno [26].	29
Figura 25- Vedante utilizado num cilindro (elaboração própria).	30
Figura 26- Etapas para a implementação do processo FMEA (adaptado [45]).	32
Figura 27- Exemplo de um formulário FMEA com colunas adicionais k e k^* para considerar as influências de custo para a tomada de decisão (retirado de [45]).	32
Figura 28- Diferentes malhas aplicadas na mesma geometria [51].	35
Figura 29- Tipos de manutenção existentes (adaptado de [52]).	35
Figura 30- Nível de qualidade vs Custo crescente [60].	38
Figura 31- Instalações da Adira em Vila Nova de Gaia (adaptado de [7]).	42
Figura 32- A-Óculos introduzidos para assistências remotas [70]. B- Controlo da qualidade[71]. C- Design da folha de apresentação do <i>Service Mobile</i> [72]. D- Exemplo de um calcador utilizado numa guilhotina [73].	43
Figura 33- Apresentação da quinadora PA13530 produzido na Adira [74].	55

Figura 34- A- Cilindro hidráulico utilizado na quinadora PA13530. B- Cilindro hidráulico invertido [73].	56
Figura 35- Identificação dos componentes do cilindro hidráulico utilizados nas quinadoras PA13530 (adaptado de [73]).	56
Figura 36- Sistema de bombeamento hidráulico (adaptado de [73]).	57
Figura 37- Bloco do filtro de pressão de uma quinadora PA 13530 (adaptado de [73]).	57
Figura 38- Bloco hidráulico principal de uma quinadora PA13530 (adaptado de [73]).	57
Figura 39- Rendimentos volumétricos e mecânicos da bomba de 25 cm ³ à pressão de trabalho de 240 bar [76].	59
Figura 40- Caudal produzido pela bomba 25 cm ³ à pressão de trabalho de 240 bar .	59
Figura 41- Potência do motor elétrico à pressão de trabalho de 240 bar.	60
Figura 42- Rendimentos volumétricos e mecânicos da bomba 25 cm ³ à pressão de trabalho de 215 bar [75].	61
Figura 43- Rendimentos volumétricos e mecânicos da bomba 32 cm ³ à pressão de trabalho de 215 bar.	62
Figura 44- Caudal produzido pela bomba 32 cm ³ à pressão de trabalho de 215 bar.	62
Figura 45- A- Apresentação de um depósito sem tampa e com uma grande acumulação de óleo nas proximidades da tampa. B- Fuga de óleo na soldadura do fundo do depósito.	64
Figura 46- Apresentação de um depósito apenas com a tampa e com tubo de retorno de óleo. .	65
Figura 47- Marcação do suporte do filtro na tampa do depósito.	65
Figura 48- Implementação de um filtro de óleo no depósito do óleo.	65
Figura 49- Metal líquido utilizado para a soldadura a frio.	66
Figura 50- Apresentação da quinadora BB3515 produzida na Adira [76].	67
Figura 51- Constituintes do fuso de uma quinadora BB3530 (adaptado de [73]).	67
Figura 52- Representação tolerâncias iniciais consideradas na caixa dos rolamentos [73].	68
Figura 53- A- Representação das tolerâncias finais na caixa dos rolamentos. B- Geometria da caixa dos rolamentos [73].	69
Figura 54- Etapas de montagem do fuso de uma quinadora BB [73].	69
Figura 55- Representação da interação entre a barra de fixação dos calcadores e os calcadores ((adaptado de [73])).	70
Figura 56- Diluente aplicado na limpeza da barra dos calcadores.	70
Figura 57- Cabeçalho das folhas de manutenção da <i>check list</i> utilizado para as máquinas Adira. .	71
Figura 58- Representação de uma quinadora para a colocação dos pontos danificados analisados durante a manutenção, representada na <i>check list</i> .	72
Figura 59- Documento pré-idealizado para a identificação da próxima manutenção programada.	73
Figura 60- Representação de uma guilhotina para a colocação dos pontos danificados analisados durante a manutenção, representada na <i>check-list</i> .	73
Figura 61- Folha de serviço preenchida após a realização de uma intervenção.	74
Figura 62- Nova folha de serviço preenchida após a realização de uma intervenção.	75
Figura 63- Representação de um calcador com os seus respetivos constituintes (adaptado de [73]).	76
Figura 64- A- Posicionamento do calcador em função do ponteiro. B- Pressão aplicada na mola para a colocação do freio.	77
Figura 65- A- Calcador devidamente montado com todos os seus elementos. B- Calcadores montados numa guilhotina GHR-1040.	78

Figura 66- Sugestão 1 de uma ferramenta para fazer manutenção/reparação aos calcadores.....	78
Figura 67- Sugestão 2 de uma ferramenta para fazer manutenção/reparação aos calcadores.....	79
Figura 68- Sugestão 3 de uma ferramenta para fazer manutenção/reparação aos calcadores.....	80
Figura 69- Sugestão 4 de uma ferramenta para fazer manutenção/reparação aos calcadores.....	81
Figura 70- Sugestão 5 de uma ferramenta para fazer manutenção/reparação aos calcadores.....	81
Figura 71- Constituintes da ferramenta selecionada.....	83
Figura 72- Pontos de fixação da base da ferramenta, utilizadas durante as simulações.	85
Figura 73- Ilustração da aplicação da força no centro da base.....	85
Figura 74- Resultados do deslocamento máximo para o estudo de convergência da base.	87
Figura 75- Resultados da tensão de Von Mises para o estudo de convergência da base.	87
Figura 76- Tensão de <i>Von Mises</i> quando aplicada a carga na peça.	88
Figura 77- Representação do deslocamento na peça em estudo.	88
Figura 78- Fator de segurança da base da ferramenta.	88
Figura 79- Pontos de fixação da barra de guiamento da ferramenta, utilizadas durante as simulações.....	89
Figura 80- Ilustração da aplicação da força na barra de guiamento da ferramenta.....	89
Figura 81- Resultados do deslocamento máximo para o estudo de convergência da barra de guiamento.	90
Figura 82- Resultados da tensão de Von Mises para o estudo de convergência da barra de guiamento.	90
Figura 83- Tensão de <i>Von Mises</i> na barra de guiamento da ferramenta.	91
Figura 84- Representação dos deslocamentos na barra de guiamento.	91
Figura 85- Representação do fator de segurança da barra de guiamento.	92
Figura 86- Pontos de fixação do ponteiro central da ferramenta, utilizadas durante as simulações.	92
Figura 87- Ilustração da aplicação da força no ponteiro central da ferramenta.	93
Figura 88- Resultados do deslocamento máximo para o estudo de convergência do ponteiro central.	94
Figura 89- Resultados da tensão de Von Mises para o estudo de convergência do ponteiro central.	94
Figura 90- Tensão de <i>Von Mises</i> no ponteiro central.	94
Figura 91- Apresentação dos deslocamentos no ponteiro central de menores dimensões da ferramenta.	95
Figura 92- Coeficiente de segurança do ponteiro de menores dimensões.	95
Figura 93- Óculos monoculares <i>Vuzix M400</i> [70].....	97
Figura 94- Diagrama de <i>Gantt</i> da implementação das propostas sugeridas.	99
Figura 95- Comparação das avarias recolhidas utilizando a folha FMEA.....	101
Figura 96- Comparação das avarias utilizando o filtros de ar no depósito.....	102
Figura 97- Número de reclamações tendo em conta as datas admitidas.....	103

página propositadamente em branco

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1- Representação dos tipos de quinagem e as suas respectivas características (adaptado de [4]).	7
Tabela 2- Representação das quinadoras hidráulicas existentes e as suas características (adaptado de [2], [7], [14]).	11
Tabela 3- Representação das quinadoras elétricas existentes e as suas características (adaptado de [2], [7], [14]).	12
Tabela 4- Representação das quinadoras eletro-hidráulicas e as suas características (adaptado de [2], [7], [14]).	13
Tabela 5- Representação dos tipos de corte e as suas características (adaptado de [4], [17]).	14
Tabela 6- Representação de algumas guilhotinas hidráulicas existentes e as suas características (adaptado de [2], [7], [14]).	16
Tabela 7- Vantagens e Desvantagens do óleo-hidráulica relativamente às transmissões mecânicas (adaptado de [26]).	19
Tabela 8- Sistema ISO VG com as correspondentes viscosidades [28].	22
Tabela 9- Representação geométrica e características das bombas de engrenagens (adaptado de [26] e [27]).	23
Tabela 10- Recomendações para utilização de mangueiras (adaptado de [34]).	25
Tabela 11- Indicação das velocidades em relação à pressão de trabalho [26].	26
Tabela 12- Representação de exemplos de válvulas de comando e regulação (adaptado de [35]).	27
Tabela 13- Principais categorias de cilindros hidráulicos (adaptado de [26], [28],[36]).	28
Tabela 14- Relação entre o fator de carga e a velocidade do pistão (adaptado de [36]).	28
Tabela 15-Indicação dos métodos para o cálculo dos caudais induzidos (adaptado de [26]).	29
Tabela 16- Estado da arte de avarias em quinadoras e guilhotinas (elaboração própria).	30
Tabela 17- Tipos de elementos utilizados assim como as suas explicações (adaptado de [51]).	34
Tabela 18- Níveis de manutenção e as suas características (adaptado de [52], [55]).	36
Tabela 19- Origem dos principais problemas da qualidade (adaptado de [60]).	38
Tabela 20- Trabalhos elaborados sobre a implementação do FMEA (elaboração própria).	39
Tabela 21- Quantidade de avarias nas quinadoras em produção.	44
Tabela 22- Quantidade de avarias nas guilhotinas em produção.	44
Tabela 23- Justificação para a escolha das avarias para as quinadoras PA.	45
Tabela 24- Justificação para a escolha das avarias para as quinadoras BB.	46
Tabela 25- Justificação para a escolha das avarias para as guilhotinas GH.	47
Tabela 26- Formulário criado para utilizar o método FMEA para a análise das avarias.	48
Tabela 27- Valores em função dos critérios de ocorrência.	48
Tabela 28- Valores em função dos critérios de severidade.	48
Tabela 29- Valores em função dos critérios de deteção.	49
Tabela 30- Análise FMEA às falhas existentes nas quinadoras PA.	49
Tabela 31- Análise FMEA às falhas existentes nas quinadoras BB.	51
Tabela 32- Análise FMEA às falhas existentes nas guilhotinas GH.	52
Tabela 33- Cabeçalho do formulário construído para analisara as falhas através do método FMEA.	53
Tabela 34- Especificações das quinadoras PA produzidas pela Adira [7].	54

Tabela 35- Especificações técnicas e estruturais da quinadora utilizada no estudo (adaptado de [74]).	55
Tabela 36- Parâmetros do circuito hidráulico da quinadora.	58
Tabela 37- Massa dos Componentes considerados para o recuo dos cilindros	63
Tabela 38- Tomada de decisão da sugestão, tendo em conta alguns parâmetros selecionados. ...	82
Tabela 39- Especificações dos componentes da ferramenta construída.	83
Tabela 40- Propriedades do material utilizado na construção dos constituintes da ferramenta [77].	84
Tabela 41- Estudo da convergência da malha para a base da ferramenta.	86
Tabela 42- Estudo da convergência da malha para a barra de guiamento da ferramenta.	90
Tabela 43- Estudo da convergência da malha para o ponteiro central da ferramenta.	93
Tabela 44- Categorias existentes de uma ordem de serviço.	96
Tabela 45- Indicação dos departamentos envolvidos na implementação das novas sugestões apresentadas.	100
Tabela 46- Análise dos objetivos propostos.	105

LISTAS DE SIGLAS E SÍMBOLOS

Lista de abreviaturas

BB	<i>Blue Blender</i>
CAD	<i>Computer Aided Design</i>
CNC	Controle Numérico Computadorizado
D	Deteção
DEMATEL	<i>Decision Making Trial and Evalution Laboratory</i>
FMEA	<i>Failure Mode and Effects Analysis</i>
GH	Guilhotina Hidráulica
GV	Guilhotina Variável
IPA	<i>Importance Performance Analysis</i>
ISEP	Instituto Superior de Engenharia do Porto
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
ISO VG	<i>International Standards Organization Viscosity Grade</i>
IV	Índice de Viscosidade
Máx.	Máximo
MEF	Método dos Elementos Finitos
Mín.	Mínimo
MPT	Manutenção Produtiva Total
NP	Norma Portuguesa
NPR	Número de Prioridade de Risco
O	Ocorrência
P.Porto	Instituto Politécnico do Porto
PA	<i>Press Accuracy</i>
PF	<i>Press Fast</i>
PH	<i>Press Heavy</i>
S	Severidade
SAE	<i>Society of Automotive Engineers</i>
SAG	Serviço de Assistência em Garantia
SAT	Serviço de Assistência Técnica
SIN	Serviço de Instalação
SPG	Serviço de Peças em âmbito de Garantia
SRD	Serviço de Reparação de Departamento
SVP	Serviço de Venda de Peças

Lista de símbolos

A	Área	m ²
A _a	Área de avanço	mm ²
A _c	Área da coroa	mm ²
A _p	Área do pistão	mm ²
A _r	Área de recuo	mm ²
c	Cilindrada	cm ³ /rot
d _h	Diâmetro da haste	mm
d _p	Diâmetro do pistão	mm
D _t	Diâmetro mínimo de uma tubagem	mm
e	Espessura	mm
E	Módulo de Young	MPa
F	Força	N
F _a	Força de avanço	N
F _{extensão}	Força de extensão	N
F _{retração}	Força de retração	N
g	Aceleração da gravidade	m/s ²
h	Altura do líquido	m
l _o	Comprimento equivalente de encurvadura	mm
n	Velocidade de rotação da bomba	rpm
p	Pressão	Pa, kgf/cm ² ou bar
P _{ac}	Potência de acionamento	W ou J/s
Pr	Pressão hidrostática	Pa
Q	Caudal	l/min ou m ³ /s
Q _a	Caudal de avanço	l/min
Q _b	Caudal da bomba	l/min
Q _i	Caudal induzido	l/min
Q _{ia}	Caudal induzido de avanço	l/min
Q _{ir}	Caudal induzido de retorno	l/min
Q _r	Caudal de retorno	l/min
r	Razão entra as áreas	-
S	Coeficiente de segurança	-
t	Tempo	s
V	Tonelagem bruta	N/mm ²
v	Velocidade	m/s
v _a	Velocidade de avanço	m/min
v _r	Velocidade de retorno	m/min
v _t	Velocidade da tubagem	cm/s
W	Trabalho	W/s

η_g	Rendimento da bomba	%
η_m	Rendimento mecânico da bomba	%
η_v	Rendimento volumétrico da bomba	%
ρ	Densidade	kg/m ³

Lista de unidades

%	Porcentagem
Bar	bar
Cv	Cavalo
cm	Centímetro
cm ³	Centímetro cúbico
cm ³ /rot	Centímetro cúbico por rotação
cm/s	Centímetro por segundo
cm ²	Centímetro quadrado
°C	Grau celsius
J	Joule
J/s	Joule por segundo
kg	Quilograma
Kg/m ³	Quilograma por metro cúbico
l	Litro
l/min	Litro por minuto
MPa	Mega Pascal
m	Metro
m ³ /s	Metro cúbico por segundo
m/min	Metro por minuto
m/s	Metro por segundo
m/s ²	Metro por segundo quadrado
m ²	Metro quadrado
mm	Milímetro
mm/s	Milímetro por segundo
N	Newton
N.m	Newton metro
N/m ²	Newton por metro quadrado
N/mm ²	Newton por milímetro quadrado
Pa	Pascal
Psi	Psi ou libra-força por polegada quadrada
kgf/cm ²	Quilograma força por centímetro quadrado
kg/m ³	Quilograma por metro cúbico
kN	Quilo Newton

kW	Quilo Watt
rpm	Rotações por minuto
s	Segundo
St	Stokes
W	Watt
W/s	Watt por segundo

Lista de termos

<i>Blended curvature-based mesh</i>	Malha baseada numa curvatura combinada.
<i>Bourdon</i>	Sensor mecânico para medir pressão, denominado por manómetro.
<i>Backoffice</i>	Departamento que recebe os pedidos de assistência técnica.
<i>Back-up</i>	Cópia de segurança de um conjunto de dados.
<i>Chamado</i>	Nomenclatura dada ao pedido de assistência técnica por parte do cliente.
<i>Check-list</i>	Lista utilizada para a verificação de determinadas tarefas.
<i>Direct drive</i>	Componente elétrico de automação.
<i>Failure Mode and Effect Analysis</i>	Análise de modo e efeito de falha.
<i>Filtro off-line</i>	Tipo de filtro, utilizado para filtrar as impurezas de um sistema hidráulico.
<i>Fixed geometry</i>	Geometria fixa.
<i>Framework</i>	Desenvolvimento de um software.
<i>Know-how</i>	Conhecimento prático.
<i>Life cost based</i>	Determinado valor que é calculado em função do custo de vida.
<i>Mesh</i>	Malha.
<i>Pen-drive</i>	Dispositivo para o armazenamento de documentos.
<i>Premium</i>	Alta qualidade, especial.
<i>Pressure</i>	Pressão.
<i>Roller/slider</i>	Apoio deslizante.
<i>Service</i>	Departamento de assistência técnica da Adira.
<i>Service Mobile</i>	Software utilizado para realizar as folhas de serviço.
<i>Servo drive</i>	Componentes elétrico de automação.
<i>Sheet-metal</i>	Chapa de metal.
<i>Standard</i>	Cumprir uma norma de fabricação ou um modelo tipo.
<i>Strength</i>	Força.
<i>Ticket do chamado</i>	Número do pedido associado à requisição de assistência por parte do cliente.
<i>Troubleshooting</i>	Procura um conjunto de ideais para solucionar problemas.

1. INTRODUÇÃO

A dissertação aqui apresentada está dividida em vários capítulos, descrevendo toda a pesquisa e trabalho que foi elaborado.

Através deste primeiro capítulo apresentamos a contextualização do tema, os objetivos que se pretendem atingir, a estrutura que o documento vai apresentar e finalmente a empresa de acolhimento para a realização do trabalho.

1.1. Contextualização

O setor da metalomecânica tem tido uma enorme evolução, progressão e desenvolvimento tendo sido uma indústria com um crescimento elevado nos últimos anos. Focalizando nas indústrias de conformação e corte de chapa, ambas são fundamentais para a produção de muitos componentes mecânicos e estruturais, mesmo com geometrias complexas.

Com isto, existem variados tipos de quinadoras e guilhotinas com vários tipos de acionamento para fazer diferentes tipos de tarefas, permitindo ultrapassar todos os tipos de obstáculos. O acionamento mais utilizado, tanto nas quinadoras como nas guilhotinas, é o acionamento hidráulico uma vez que permite o desenvolvimento de forças elevadas, em relação ao acionamentos elétrico, necessário por exemplo nas quinadoras, de chapa com maior comprimento e espessura.

A escolha de uma quinadora recai sobre quatro pontos, o curso da máquina (ascendente ou descendente), o tamanho máximo da chapa a ser quinada que deve ser removido lateralmente, a força requerida (tonelagem) e por fim, mas não menos importante, o comprimento máximo da chapa a ser quinada. Em relação a uma guilhotina é necessário também ter atenção a alguns fatores importantes como a espessura, o comprimento de chapa que se quer cortar e também o alcance do esbarro para saber até que largura se pode cortar.

Pede-se que na conformação da chapa não haja qualquer problema a nível de dobragem, como por exemplo, empeno da chapa devido a excesso de força aplicada e no corte de chapa que este seja linear, para que posteriormente não seja necessário aplicar nenhum tipo de acabamento para contrariar este tipo de problemas.

Para executar esse tipo de trabalho, é essencial que as máquinas estejam em perfeitas condições de funcionamento e devidamente programadas e instaladas, de acordo com o tipo de produto a ser fabricado. Com isto, é importante fazer uma avaliação prévia antes de começar a fabricar algum componente de modo que a sequência de fabrico não esteja comprometida.

A análise dos modos de falhas são um fator fundamental para prevenir que as máquinas não estejam em constante paragem. Por isso, é necessário encontrar as causas para posteriormente se trabalhar em futuras soluções ou melhorias, para evitar possíveis avarias que acontecem com algum tipo de frequência.

Após todo este trabalho de recolha de informação, análise e procura de soluções, é possível introduzir conteúdos de *Troubleshooting* para retroalimentação de uma empresa ou mesmo criar uma ordenação destes acontecimentos para que no futuro o processo de manutenção e atendimento ao cliente ser mais eficiente e acelerado.

1.2. Objetivos

O principal objetivo desta dissertação é a análise de modo de falhas e os seus efeitos em quinadoras e guilhotinas na empresa Adira, para que posteriormente o atendimento ao cliente seja efetuado de uma forma clara, sem dúvidas do problema a que o cliente se está a referir e de uma forma mais rápida. Com isso, também será possível identificar algum tipo de modificação a ser feita nas máquinas de modo que esse tipo de falha não se repita tão frequentemente.

Desta forma é possível estruturar de uma forma sequencial os objetivos propostos para esta dissertação, nomeadamente:

- Levantamento das principais avarias nas diversas quinadoras e guilhotinas em produção;
- Tendo por base a seleção de avarias, fazer uma análise dos modos de falha e seus efeitos através do método FMEA;
- A partir da análise FMEA identificar oportunidades de melhoria na conceção e construção dos novos equipamentos;
- Criação das oportunidades de melhoria para retroalimentação de conhecimento interno da empresa;
- Criação de uma nova folha de serviço e *check-list*, através da estruturação de um conjunto de dados a serem introduzidos nos relatórios das intervenções dos clientes;
- Otimização de processos para melhorar alguns procedimentos de manutenção, assistência remota, verificação da qualidade dos produtos e planeamento de trabalhos.

1.3. Metodologia

Para a realização deste trabalho foi necessária uma passagem por algumas etapas para se posteriormente análise das avarias das guilhotinas e quinadoras, nomeadamente:

- Recolha de informação, para a realização do estado da arte sobre quinadoras e guilhotinas, avarias em máquinas de conformação e corte de chapa e métodos para análise de avarias;
- Análise das possíveis avarias nas máquinas atualmente em produção, tendo como base as assistências técnicas realizadas ao longo dos últimos dois anos (2021 e 2022);
- Definição de parâmetros distintos de seleção para a análise FMEA;
- Análise das avarias selecionadas através do método FMEA;
- Possíveis otimizações em alguns constituintes dos equipamentos, assim como soluções para evitar possíveis avarias;
- Implementação de novas técnicas para solucionar essas avarias de forma mais célebre;
- Construção de novos relatórios de assistência técnica, tendo em conta as principais avarias encontradas;
- Introdução de procedimentos de qualidade para o material rececionado e otimização de alguns processos para melhorar a assistência técnica fornecida ao cliente;

- Implementação e análise das sugestões apresentadas tendo em conta os departamentos envolvidos;
- Produção e finalização do relatório da dissertação.

1.4. Estrutura do relatório

O documento aqui descrito está dividido em 5 capítulos principais, tendo em cada um deles uma explicação do que é feito nesse capítulo.

O capítulo 1 apresenta numa primeira fase uma contextualização sobre o tema a apresentar e os objetivos que eram necessários alcançar, seguidamente é feita uma descrição da metodologia de como foi realizado o trabalho, depois a estrutura da dissertação e numa fase final uma apresentação da empresa de acolhimento.

O capítulo 2 retrata o desenvolvimento do trabalho, focando-se principalmente em quinadoras e guilhotinas, fazendo também um apanhado geral sobre avarias mais recorrentes. Tem ainda dois subcapítulos onde se expõe alguns conteúdos de óleo-hidráulica e automação, fundamentais para perceber as avarias nesse tipo de máquinas. Sendo assim, existe outro subcapítulo que descreve o conceito de FMEA, MEF e um complementar que aborda de uma forma sucinta os tipos de manutenção existentes e definição de qualidade.

No capítulo 3, inicialmente descreveu-se a entidade acolhedora, os objetivos no trabalho e as principais avarias encontradas nas máquinas Adira, onde com base nessa informação será feita uma análise FMEA e sugeridas possíveis soluções para evitar essas avarias. Serão ainda apresentados novos modelos de relatórios de assistência técnica e *check-list*, assim como possíveis procedimentos de qualidade. Ainda neste capítulo se apresenta outros tipos de otimizações de processos realizados na Adira.

O capítulo 4 apresenta a implementação de todas as oportunidades de melhoria e processos assim como a sua análise de resultados.

No capítulo 5 são apresentadas as conclusões finais do trabalho desenvolvido e algumas limitações sentidas assim como alguns trabalhos futuros que sejam possíveis de ser elaborados.

1.5. Local/empresa de acolhimento

A dissertação desenvolvida foi realizada na Adira Metal Forming Solutions localizada em Vila Nova de Gaia, no âmbito de um estágio curricular que teve a duração de aproximadamente 6 meses.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo apresenta uma abordagem mais fundamental ao tema que vai ser estudado, desenvolvido e elaborado. Primeiramente faz-se uma análise à utilização de quinadoras e guilhotinas no setor da metalomecânica sendo que depois é feita uma descrição mais pormenorizada das características das quinadoras e guilhotinas.

Posteriormente é feita uma avaliação mais geral a avarias que já tenham sido registadas em ambas as máquinas, fazendo depois uma análise ao tipo de elementos e instalações que são aplicadas nestes equipamentos.

Por fim, é feita uma análise ao conceito de FMEA, MEF e ao conceito de qualidade e também é feita uma breve introdução aos tipos de manutenção existentes.

2.1. Quinadoras e guilhotinas

Neste primeiro ponto da revisão bibliográfica que constitui da dissertação, é feita uma descrição geral das quinadoras e guilhotinas existentes, assim com algumas das suas características.

2.1.1. Utilização de quinadoras e guilhotinas no setor metalomecânico

A indústria da metalomecânica tem tido uma enorme evolução e as empresas têm de competir em mercados dinâmicos e globais tendo de ter objetivos para a satisfação do cliente, têm de criar valor na elaboração dos seus processos, produtos e serviços e também procurar a inovação. Por isso a utilização da computação aliada à engenharia de processos constitui um influente meio para que as empresas possam aprimorar a gestão do processo e interagir com mercados de forma mais eficiente e eficaz [1].

Nesse sentido as máquinas têm sofrido inúmeras alterações tecnológicas de modo a ser mais funcionais e de mais fácil utilização para os operadores. As quinadoras e guilhotinas têm assumido uma grande importância no setor da metalomecânica e, conseqüentemente, essas máquinas também tiveram uma evolução na geometria, no comando numérico ou mesmo no tipo de acionamento, como se pode observar na Figura 1.

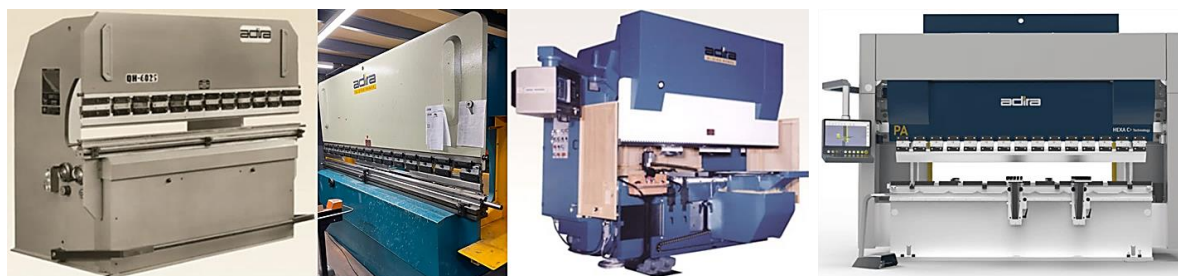


Figura 1- Evolução das quinadoras ao longo dos anos (adaptado de [2]).

As quinadoras têm a versatilidade de conseguir executar vários tipos de quinagem (Figura 2) correspondendo a vários tipos de exigência ou a diferentes tipos de negócios, sendo um grande aliado à produção em grande escala, como na produção de vários tipos de perfis, na elaboração de estruturas metálicas mais complexas ou mesmo no fabrico de chapas de coberturas.

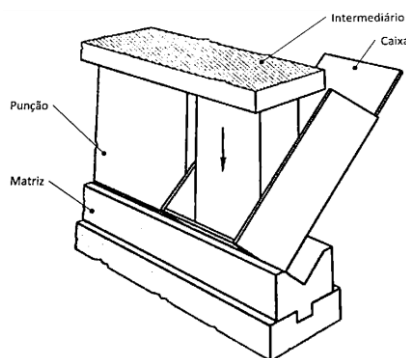


Figura 2- Exemplificação de quinagem de uma caixa [3].

As guilhotinas também são muito importantes neste mercado uma vez que numa fase inicial é necessário cortar o material para posteriormente se proceder à quinagem. As guilhotinas têm a capacidade de cortar vários tipos de material como aço, inclusive inox, alumínio, entre outros, dependendo sempre da espessura da chapa que se vai cortar.

2.1.2. Processo de quinagem

A quinagem é caracterizada por ser um processo de conformação plástica aplicado a peças obtidas a partir de chapas planas. Este processo (Figura 3) consiste na obtenção de uma dobra linear através da penetração de uma ferramenta que têm o nome de punção numa ferramenta aberta designada por matriz [4].

Podemos então dizer que a quinagem não é mais que um processo de flexão elasto-plástica aplicado a uma viga retilínea, que têm a capacidade de dar uma rigidez adicional às peças fabricadas em chapa metálica [5].

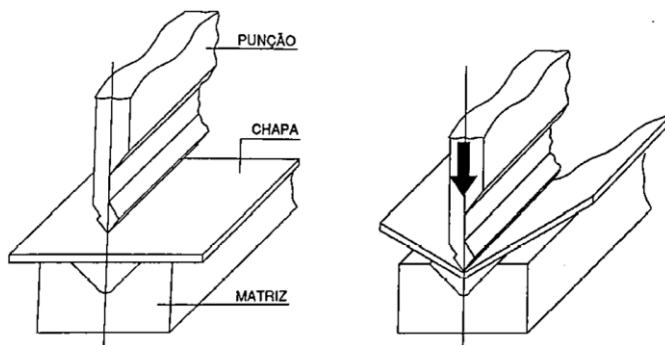


Figura 3- Posições relativas da chapa durante o processo de quinagem e das ferramentas utilizadas [4].

O processo de quinagem está sempre dependente da força aplicada e do valor de penetração, sendo que, se estes dois parâmetros não estiverem associados à espessura da chapa podemos danificar o punção e a matriz. Mesmo assim, com o ângulo definido da matriz e do punção, é preciso ter em conta a medida de penetração para atingir o ângulo de quinagem pretendido, dependendo sempre do raio natural de quinagem e da quantidade de recuperação elástica que ocorre, depois de as ferramentas já não estarem a aplicar qualquer tipo de pressão sobre a peça [6].

Por essa razão, através de tabelas como a da Figura 4 é possível calcular a força necessária para a quinagem em função da espessura, do material e da abertura do "V" da matriz utilizada. Para calcular a tonelagem é necessário utilizar a Equação (1).

$$\begin{aligned} V &= 8 \times e & e &\leq 10; \\ V &= 10 \times e & e &\geq 12 \end{aligned} \quad (1)$$

Onde V é a tonelagem bruta em N/mm², e é a espessura em mm. Para outros materiais é necessário corrigir o valor de forma proporcional de acordo com a nova resistência à tração, ou seja, para o alumínio é necessário dividir o valor obtido da tabela por 2, mas por exemplo para o aço inoxidável é necessário multiplicar o valor da tabela por 1,6.

v	6	8	10	12	16	20	22	25	32	40	50	63	80	90	100	110	125	140	160	200	250	320	400	500
b	4	5,5	7	8,5	11	14	15,5	17,5	22	28	35	44	56	63	70	78	88	98	112	140	175	224	280	350
ri	1	1,3	1,6	2	2,5	3,5	3,5	4	5	6,5	8	10	13	14	16	17	20	22	25	31	35	50	63	78
• 0,8	8	6	4																					
1,0	14	9	7	5																				
1,25		19	12	9	6																			
1,5			18	14	10	7																		
2,0				28	19	14	12	11																
2,5					32	23	21	18	13															
3,0						36	32	27	19	15														
4,0							52	38	28	21														
5,0								63	47	35	26													
6,0									72	53	39	29												
6,5									84	62	46	34												
7,0										104	76	56	41	36										
8,0											105	77	56	48	42									
10												130	94	80	70	62	53	46						
12													123	107	94	80	69	59						
14														134	114	98	83	63						
16															155	133	112	84						
18																175	147	107	83					
20																	188	140	106	78				
25																		234	175	128	98			
30																			266	193	146	112		

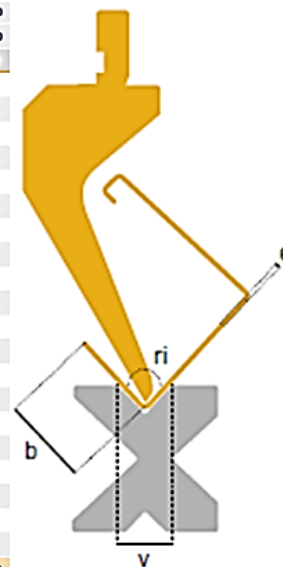


Figura 4- Tabela e ilustração representativa para o cálculo da tonelagem requerida [7].

Apesar da técnica utilizada no processo de quinagem, uma peça não pode ser quinada numa sequência arbitrária, uma vez que a geometria e as ferramentas impõem restrições da forma como a peça pode ser reposicionada [8]. As técnicas mais utilizadas de quinagem são a quinagem livre e a quinagem forçada. Na Tabela 1 estão representadas e descritas essas técnicas e algumas das suas características.

Tabela 1- Representação dos tipos de quinagem e as suas respectivas características (adaptado de [4]).

Tipo de quinagem	Representação da quinagem	Conceito	Características
Quinagem livre ou quinagem no ar		Este tipo de quinagem utiliza o efeito de flexão simples através do contacto entre a chapa e as ferramentas.	-É necessário menos força; -Menos desgaste nas ferramentas pois as pressões são mais baixas; -Permite utilizar as mesmas ferramentas para obter diferentes ângulos, o que permite reduzir os custos.
Quinagem forçada ou quinagem a fundo		Nesta quinagem a chapa é esmagada entre o punção e a matriz, e por isso é forçada a moldar-se ao contorno das ferramentas.	-Quinagem mais precisa, mas os raios interiores são mais apertados; -O ângulo mantém-se em quinagens sucessivas em chapas iguais; -Maior desgaste nas ferramentas; -Necessárias forças superiores; -Maior resistência da chapa quinada.

Contudo, é importante referir que até há alguns anos era utilizado outro tipo de quinagem que se denominava quinagem em três pontos, onde dentro da matriz havia uns batentes ajustáveis (Figura 5-A) que permitia aplicar à aba da quinagem uma força uniformemente distribuída. Era utilizado este processo pois ao longo da matriz a penetração do punção era maior nas pontas do que no centro [4]. Este processo tinha muitas limitações pois a máquina tinha muitas complexidades, o que tornava extremamente dispendioso o uso desta técnica. Atualmente, este processo foi substituído pelo uso de cunhas na mesa bombeada permitindo fazer a quinagem constante ao longo de um grande comprimento através da aplicação de uma força constante (Figura 5-B e C).

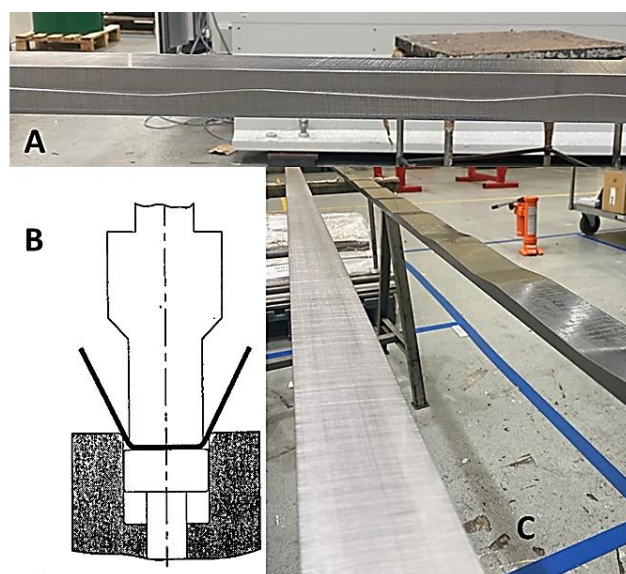


Figura 5- A- Mesa Bombeada [9]. B- Matriz com os batentes ajustáveis (elaboração própria). C- Cunhas da mesa bombeada (elaboração própria).

Um dos grandes problemas da quinagem é a compensação do retorno elástico após a quinagem, pois mesmo tentando ser controlado muitas vezes esse controlo não é feito com eficácia. Este retorno elástico também pode depender do material que estamos a quinar e do tipo de quinagem que se vai fazer, tendo influência direta nas ferramentas utilizadas [10].

Também existem outros problemas que podem causar a fratura da peça produzida. Sendo assim, podemos admitir que quando o comprimento de quinagem é pequeno, a fratura inicia-se nos bordos da chapa. Já quando o comprimento de quinagem é maior, começa a haver deformação na zona interior da chapa, pois neste caso o estado de tensão a que está sujeito a chapa é mais severo o que provoca um menor aparecimento de fissuras na periferia, resultando depois na fratura no interior da chapa. O estado superficial dos bordos da chapa pode ser uma causa de fratura pois a preparação deste pode contribuir para o aparecimento de pontos de concentrações de tensões, tendo muitas vezes que se submeter as chapas a tratamentos térmicos para melhorar a resistência dos bordos e diminuir as tensões instaladas [9].

Por fim, se a chapa possuir anisotropia, por ter sido laminada podendo originar defeitos (Figura 6) pois a laminagem a frio faz com que haja um alinhamento preferencial das impurezas, inclusões e fendas. Para combater este problema devemos garantir que a direção de quinagem seja perpendicular à laminagem, principalmente em materiais frágeis com dimensão de grão elevada e se eventualmente isto não puder ser aplicado têm-se de aumentar o raio de dobragem [9].

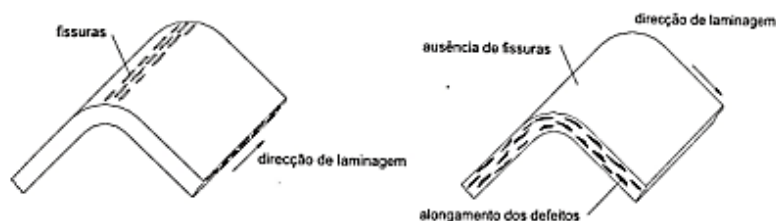


Figura 6- Influência das inclusões no aparecimento de fissuras no processo de quinagem [9].

Contudo, existem outros tipos de teorias que dizem que o efeito da pressão hidrostática na quinagem é um fator importante uma vez que a deformação aumenta com a pressão e assim retarda o crescimento de vazios [11].

Para combater este tipo de problemas apresentados, tem havido um desenvolvimento no estudo de ferramentas com outras características em relação às utilizadas no típico processo de quinagem. O uso de equipamentos com uma base metálica de suporte e uma parte polimérica têm sido uma das propostas que têm alcançado elevados resultados na diminuição dos defeitos de quinagem [12].

2.1.3. Constituintes de uma quinadora

As quinadoras são constituídas por vários elementos que desempenham várias funcionalidades, desde o auxílio à quinagem ou mesmo a própria segurança da máquina. Para essa representação dos elementos, foi utilizado uma quinadora PA (acionamento hidráulico) da Adira para uma representação mais genérica. Na Figura 7 é apresentada a quinadora com uma vista frontal.

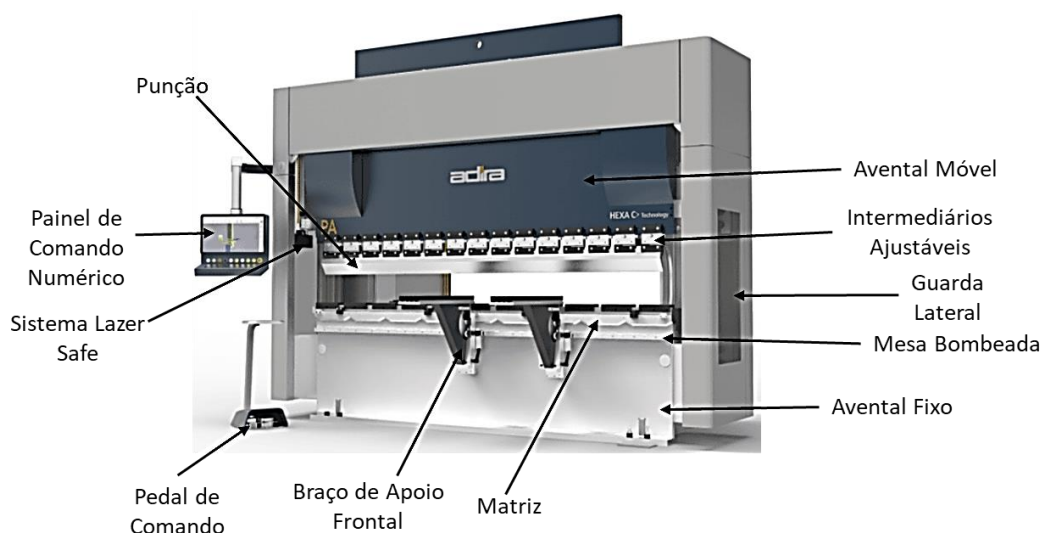


Figura 7- Componentes da quinadora PA através de uma vista frontal (adaptado de [2]).

Já na Figura 8 é apresentada a quinadora com uma vista de traseira e apresentação de outros elementos e constituintes.

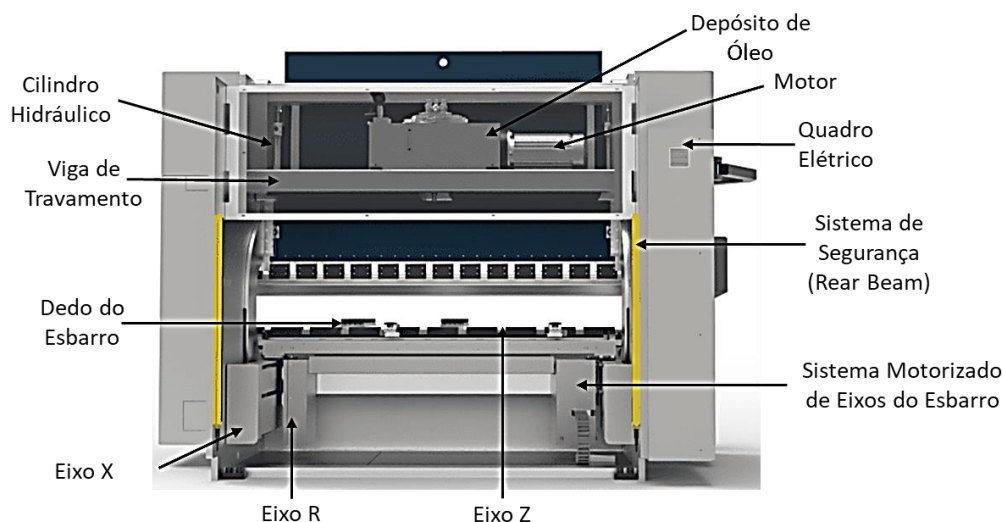


Figura 8- Componentes da quinadora PA através de uma vista traseira (adaptado de [2]).

2.1.4. Tipos de quinadoras

A quinadora desempenha um papel fundamental ao fabricar peças de trabalho, destacando-se pela sua capacidade principal de realizar quinagens precisas em peças que exigem esse processo específico. Estas máquinas têm muitas características que as distinguem umas em relação às outras, tendo as ferramentas ligadas ou ao avental fixo ou ao móvel. O avental móvel pode ser acionado por diferentes tipos de acionamentos como os mecânicos, acionamentos hidráulicos, elétricos e eletro-hidráulicos.

Estes tipos de máquinas são caracterizadas por conterem uma mesa comprida e estreita, que permite a instalação de várias ferramentas à sua estrutura, permitindo a produção de várias geometrias, podendo ser simples ou complexas [9].

- **Quinadoras mecânicas**

As quinadoras mecânicas foram as primeiras a serem construídas e este tipo de acionamento baseia-se na transmissão de energia mecânica ao avental. A energia necessária é acumulada sob a forma de energia cinética através do volante de inércia e também do motor que o aciona. Este mecanismo trabalha através de uma embraiagem e o movimento transmite-se através de engrenagens e de um sistema biela-manivela, produzindo assim um movimento alternado do avental.

Este tipo de máquinas devido ao proveito de energia cinética, é capaz de atingir elevadas cadências em relação à sua potência instalada, sendo que o curso destas máquinas é curto e não é possível de ajustar, assim como a força e a velocidade de aplicação, implicando assim que alguns tipos de quinagem não sejam possíveis fazer [4].

Devido às suas limitações, este tipo de mecanismos já não é utilizado na produção de quinadoras, tendo passado a ser utilizados outro tipo de acionamentos mais vantajosas como por exemplo o acionamento hidráulico.

• Quinadoras hidráulicas

As quinadoras hidráulicas são as mais produzidas e utilizadas atualmente. Estes tipos de máquinas são caracterizados pela utilização de cilindros hidráulicos no acionamento, o que permite um fácil e eficaz controlo de todos os parâmetros de trabalho, carga e penetração.

Quando o avental se movimenta devido à soma de pressão exercida pelo seu peso e da pressão para vencer a contrapressão que sustenta o avental em vazio, o óleo desloca-se para a câmara superior do cilindro, sendo que a velocidade é limitada pelo diâmetro das mangueiras, ou seja, quanto maior for o diâmetro mais elevada é a sucção de óleo à saída da bomba, sendo que a rapidez está dependente da resposta que as válvulas têm [13]. É importante sublinhar que este tipo de equipamentos permitem a instalação de um comando numérico, o que permite controlar os movimentos de descida e de subida do avental móvel, podendo ser interrompidos sempre que necessário, ficando assim a máquina com uma maior segurança em comparação com as quinadoras mecânicas.

Na Tabela 2 estão representadas duas marcas que produzem quinadoras com acionamento hidráulico, equipadas com comando numérico.

Tabela 2- Representação das quinadoras hidráulicas existentes e as suas características (adaptado de [2], [7], [14]).

Quinadoras hidráulicas	Representação da quinadora	Características
PA/PA Plus (Adira)		-Maior rapidez no ciclo de trabalho; -Consumo de energia reduzido; -Quando a máquina está parada a rotação do motor é muito baixa; -Programação das velocidades de trabalho e do ângulo integral de quinagem.
PH-Press Heavy (Adira)		-Elevado rendimento e performance na produção de elementos; -Executa trabalhos com elevada precisão e complexidade; -Consome energia de uma forma mais competente e eficiente; -Elevadas velocidades de trabalho.
H-Brake HD Ultra (Darley)		-Permite fazer ciclos rápidos; -Permite fazer vários tipos de quinagem; -Usa um sistema de segurança através de feixes de lasers; -Utiliza um sistema de medição de ângulo através de um laser.

Este tipo de quinadoras hidráulicas CNC apresentadas na Tabela 2 permitem fazer uma sequência de quinagem contínua, fazendo uma programação da peça que se deseja quinar. Para além disso, a quinadora têm informações sobre todos os punções e matrizes necessários para o operador fazer os diferentes tipos de trabalho. Este tipo de evolução nas quinadoras também permite que se faça o cálculo de profundidades de quinagem e as respetivas posições dos esbarros. Neste tipo de

quinadora é possível controlar todos os parâmetros que sejam necessários para a produção de vários tipos de peças [15].

• Quinadoras elétricas

As quinadoras elétricas são outro tipo de acionamento que surgiu neste tipo de máquinas de forma a tornar o consumo energético mais sustentável. Nas quinadoras elétricas o avental é movimentado através de um ou dois fusos de esferas. O acionamento neste tipo de máquinas pode ser feito de três formas, em que a primordial foi através de um sistema constituído por um motor, uma correia e uma polia. O segundo método, que é utilizado nas versões atuais, consiste na utilização de um motor elétrico que se encontra situado por cima do fuso acoplado com uma caixa redutora e por último, o sistema que está a ser testado atualmente é constituído somente pelo motor e por um fuso. Este tipo de acionamento têm uma característica importante pois trata-se de um sistema que só consome energia quando o avental se movimenta. Também se caracteriza pela inexistência de óleo, sendo que em termos de manutenção estas máquinas têm menos avarias em relação às hidráulicas [13].

Na Tabela 3 estão representadas duas empresas/marcas que produzem quinadoras elétricas, com indicação das suas características.

Tabela 3- Representação das quinadoras elétricas existentes e as suas características (adaptado de [2], [7], [14]).

Quinadoras elétricas	Representação da quinadora	Características
<i>BB-Blue Blender</i> (Adira)		-Fácil e rápida manutenção devido á baixa complexidade mecânica; -Tempo de ciclo reduzido, pois não há paragem na mudança de velocidade; -Redução do consumo de energia; -Distribuição de carga na quinagem.
<i>H-Brake Ultra Dual Drive</i> (Darley)		-Produtividade 30% maior em relação às quinadoras hidráulicas; -Até 50% de economia de energia e baixas emissões de CO₂; -Trabalho caracterizado pelo reduzido barulho durante o processo de quinagem; -Não existe óleo no circuito.

A maioria das quinadoras elétricas fabricadas atualmente utiliza um sistema de acionamento por fuso de esferas, que está conectado a um servomotor. Estas têm comando numérico atuando diretamente no servomotor durante o percurso do avental independentemente da sua posição [13].

• Quinadoras eletro-hidráulicas

As quinadoras eletro-hidráulicas, ou também denominadas de híbridas, são caracterizadas pela combinação do acionamento elétrico e também do acionamento hidráulico. Este sistema é composto por um servomotor ligado através de um eixo a uma bomba hidráulica de pistão axial, que se encontra submersa num reservatório de óleo. Quando essa bomba está a funcionar, é

estabelecida a pressão no sistema, permitindo o movimento do avental da quinadora. Quando o operador não está a fazer qualquer tipo de peça o hidráulico está parado devido à ausência de válvulas, assim como a ligação direta do servomotor à bomba. Podemos ainda assim afirmar que este tipo de acionamento usa metade do óleo necessário do que usam as quinadoras hidráulicas [13].

Na Tabela 4 estão representadas quinadoras eletro-hidráulicas de dois fabricantes, com as suas representações físicas e também algumas das suas características.

Tabela 4- Representação das quinadoras eletro-hidráulicas e as suas características (adaptado de [2], [7], [14]).

Quinadoras eletro-hidráulicas	Representação da quinadora	Características
PF-Press Fast (Adira)		-Consumo energético mais eficiente; -Têm capacidade para integrar células robotizadas na máquina; -Acionamento por servomotores; -Capaz de produzir trabalhos com elevada complexidade e precisão; -Elevado rendimento/performance.
H-Brake Hybrid Premium (Darley)		-Têm uma baixa capacidade de óleo; -Capaz de economizar 50% de energia; -A sua produtividade é 30% maior em relação às quinadoras hidráulicas; -Consegue aplicar uma elevada tonelagem durante a quinagem.

Ambas as quinadoras apresentadas na tabela anterior têm comando numérico o que facilita o processo de quinagem ao operador.

2.1.5. Processo de corte

O processo de corte é um método que consiste na separação de um determinado material, sendo que o corte mais utilizado é através da utilização de guilhotinas que por intermédio das suas lâminas permite recortar ou formar produtos para várias indústrias.

Este processo é muito simples porque basta posicionar a chapa entra as duas lâminas, (uma móvel e outra fixa). O processo pode ser dividido em duas fases, inicialmente o corte e só depois se dá rotura, mas no caso das chapas finas a fase de rotura é por vezes impercetível, ficando assim com um corte melhor se a espessura do material que se está a cortar for reduzida. Através da análise da superfície de corte é possível distinguir a zona de penetração das lâminas, que é brilhante, suave e bem definida, pois a zona de fratura é caracterizada pela superfície rugosa e com grânulos como se pode observar na Figura 9 [4].

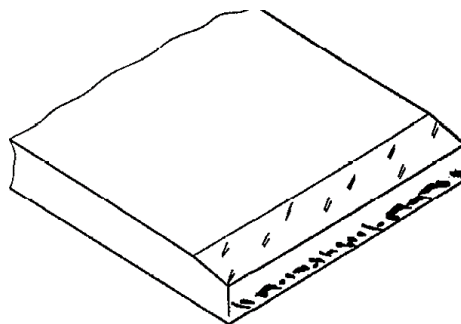


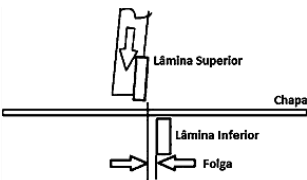
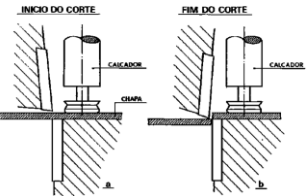
Figura 9- Representação de uma aresta após o corte numa guilhotina [4].

O processo de corte depende de vários parâmetros como o ângulo de corte, a folga entre lâminas, o ângulo de ataque da lâmina e por fim a velocidade de corte.

O ângulo de corte é o ângulo que mede a inclinação da aresta de corte da lâmina móvel em relação à fixa, na direção do comprimento. Já a folga entre lâminas é caracterizada pela distância entre as arestas de corte quando há o cruzamento da lâmina móvel com a fixa. Em relação ao ângulo de ataque da lâmina, a lâmina móvel deve cortar a chapa com uma certa inclinação para melhorar a qualidade do corte e evitar o aparecimento do fenómeno de duplo corte. Por fim, a velocidade de corte é a velocidade de descida do porta-lâminas tendo influência no corte. [16]

As características anteriormente apresentadas têm influência nas técnicas de corte utilizadas. As técnicas de corte mais utilizadas são o corte paralelo e o corte oscilante, podendo na Tabela 5 analisar, a sua representação e algumas das suas características.

Tabela 5- Representação dos tipos de corte e as suas características (adaptado de [4], [17]).

Tipo de corte	Representação do corte	Conceito	Características
Corte paralelo		Este tipo de corte mantém sempre a distância entre a lâmina inferior e superior, sendo que o porta-lâminas têm um percurso inclinado em relação à chapa.	-É possível utilizar uma lâmina de 4 gumes ou de 2 gumes; -Superfície de corte mais estável ao longo do comprimento; -Variação do ângulo de corte; -Qualidade do guiamento do porta-lâminas.
Corte oscilante		Este tipo de corte percorre uma trajetória circular em torno de um eixo quando a lâmina móvel desce.	-Ajuste fácil da folga entre lâminas; -Não permite variação do ângulo de corte, limitando as guilhotinas; -Menor qualidade do corte em relação ao corte paralelo; -Manutenção fácil e económica.

Os tipos de corte anteriormente apresentados têm alguns problemas, principalmente a nível da qualidade de acabamento das arestas cortadas. Normalmente o material cortado tem sempre problemas, uma vez que quando é cortado não está apoiado por nenhum elemento da máquina e consequentemente o material cortado têm sempre tendência a torcer, a ficar com flecha ou mesmo a fazer arco.

Quando a tira cortada tem evidências de flexão, significa que as cargas aplicadas foram dispersas causando tensões de compressão. Este problema está relacionado com o ângulo das principais tensões de compressão e também com a inclinação das suas ligações. Este tipo de problemas numa fase mais crítica pode provocar a fissuração do material cortado na zona periférica do corte, podendo este fenómeno de fissuração acontecer mais facilmente em materiais com espessuras mais elevadas [18].

2.1.6. Constituintes de uma guilhotina

As guilhotinas são constituídas por vários elementos, que têm evoluído ao longo do tempo de modo que o corte de chapa seja mais preciso e mais fácil de executar. Na Figura 10 será apresentada uma vista frontal de uma guilhotina GV da Adira com a respetiva legenda dos seus constituintes.



Figura 10- Componentes da guilhotina GV através de uma vista frontal (elaboração própria).

Na Figura 11 é apresentada a mesma guilhotina com uma vista de traseira e apresentação de outros elementos e constituintes.

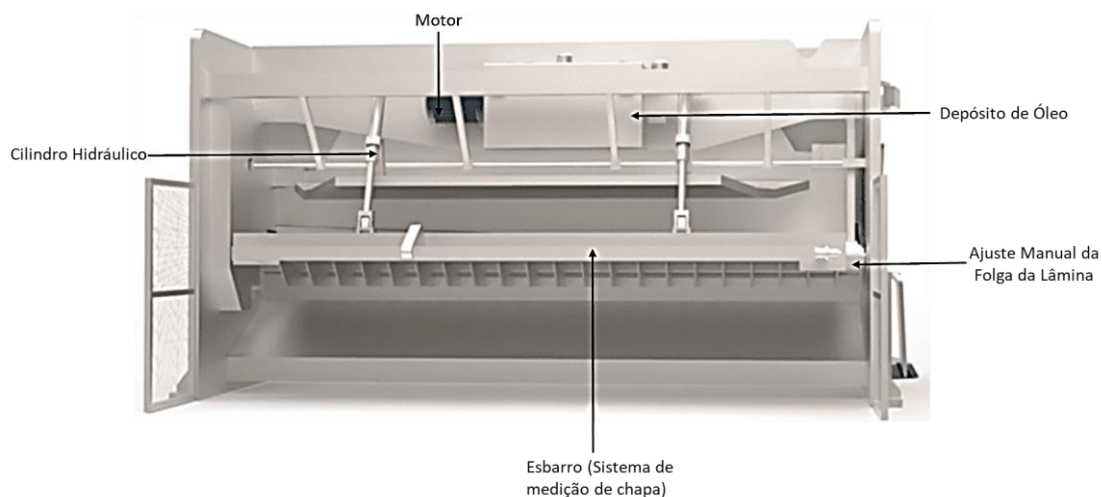


Figura 11- Componentes da guilhotina GV através de uma vista traseira (elaboração própria).

2.1.7. Tipo de guilhotinas

As guilhotinas são máquinas que são constituídas por uma estrutura que contém uma mesa que suporta a lâmina fixa, uma lâmina móvel e um porta lâminas, podendo ter vários tipos de acionamento. As guilhotinas têm ainda calcadores que são utilizados para segurar o material durante o processo de corte.

Os tipos de acionamento existentes nas guilhotinas é o acionamento mecânico e o hidráulico.

- **Guilhotinas mecânicas**

As guilhotinas mecânicas têm um acionamento do porta lâminas através do motor de acionamento que está ligado a uma transmissão que aciona um volante de inércia. Contudo existe uma embraiagem que está ligada ao movimento do volante a um redutor, que seguidamente aciona um sistema de biela-manivela. Esta é uma estrutura que é soldada devido à sua facilidade de ser produzida, tornando-se menos frágil [4].

Este tipo de guilhotinas apesar de já não serem produzidas, tinham algumas vantagens como uma enorme rapidez no corte de peças, uma elevada velocidade de corte que minimizava os problemas de corte como a flecha, o arco ou a torção. Este tipo de equipamentos tem pouca qualidade no corte de chapas com alta espessura, onde o problema de flexão se agrava [4].

- **Guilhotinas hidráulicas**

As guilhotinas hidráulicas atualmente são as mais produzidas sendo, o seu sistema de acionamento constituído por um grupo hidráulico de potência, um conjunto de válvulas hidráulicas de comando e, também, cilindros de acionamento.

Estas guilhotinas são fabricadas em construção soldada formando assim um único monobloco e permitindo que se consiga adotar cursos longos, o que é importante no corte de chapas com espessuras elevadas, tendo também uma proteção contra sobrecargas, evitando a rotura das lâminas. No entanto este acionamento tem alguns constrangimentos uma vez que há uma menor rapidez do corte e as folgas necessárias têm de ser mais elevadas, originado assim uma maior necessidade de a força de calcamento ser mais elevada, para assim se conseguir manter a chapa em posição e reduzir a tendência à flexão durante o corte [4]. Na Tabela 6 estão representadas duas marcas que produzem guilhotinas com acionamento hidráulico.

Tabela 6- Representação de algumas guilhotinas hidráulicas existentes e as suas características (adaptado de [2], [7], [14]).

Guilhotinas hidráulicas	Representação da guilhotina	Características
GH (Adira)		-Força de calcamento elevada, proporcional à força de corte; -Ajuste do comprimento de corte para o aumento da cadência de corte em chapas mais curtas; -Regulação manual ou automático da folga entre lâminas.

GV (Adira)		-Suporta lâminas até 4 gumes; -Corte de grandes espessuras; -Corta tiras menos torcidas em chapas com espessuras baixas; -Elevado rendimento e capaz de produzir trabalhos complexos e precisos.
M-Shear (Darley)		-Produz pouco ruído durante o seu funcionamento; -Ajuste totalmente automático do ângulo de corte e da folga; -As tiras cortadas de pequena dimensão e espessura não sofrem torção.

Todas estas guilhotinas apresentadas na tabela anterior contêm comando numérico, o que permite que quando se define a espessura, a própria máquina realize o ajuste automático da folga para o corte de respetiva chapa.

2.2. Avarias em máquinas de conformação e corte de chapa

Neste segundo ponto, são descritas algumas avarias predominantemente existentes em máquinas de conformação de chapa (quinadoras) e corte de chapa (guilhotinas), assim como breves descrições dos sistemas preponderantes neste tipo de máquinas.

2.2.1. Avarias associadas às quinadoras e guilhotinas

As avarias associadas a este tipo de equipamentos estão relacionadas com os componentes elétricos ou do seu grupo hidráulico, pois este é o acionamento mais utilizado em quinadoras e guilhotinas. Os problemas em sistemas hidráulicos têm sido um motivo de grande investigação, uma vez que o próprio projeto da máquina e escolha dos componentes têm influência no sistema hidráulico e nos seus problemas [19].

Uma das principais causas de problemas hidráulicos nas quinadoras e guilhotinas, deve-se à contaminação dos sistemas hidráulicos, fugas e também à falta de manutenção, afetando assim o desempenho da máquina e consequentemente o aumento do tempo de inatividade e a diminuição de produtividade [20]. Já os problemas ao nível de automação têm mais facilidade a ser resolvidos uma vez que muitas vezes o problema trata-se de um simples relé ou de um cabo traçado. Estes problemas devem-se ao desgaste de componente, ou seja, à perda ou remoção das características originais do constituinte [21].

Nos subcapítulos seguintes serão retratados e estudados estes sistemas e também os seus componentes elétricos e hidráulicos.

2.2.2. Automação industrial

A automação industrial substitui algumas ações humanas por determinados mecanismos que podem trabalhar isoladamente ou em conjunto, movidos por uma fonte externa e com capacidade de realizar ciclos de operações que se podem repetir. A automação permitiu aumentar a produtividade e a qualidade de qualquer elemento a ser fabricado dependendo de elementos robóticos para este tipo de processos [22].

Estes tipos de sistemas são flexíveis e são capazes de controlar processos, sendo fácil alterar as características de um circuito de controlo recorrendo a relés ou comutadores. Assim, podemos considerar que os objetivos a atingir com a automação podem ser enquadrados em dois níveis, sendo o primeiro da segurança e o segundo do mercado [23]. Para a posterior implementação desses automatismos é necessário seguir uma sequência de passos que estão representados na Figura 12.

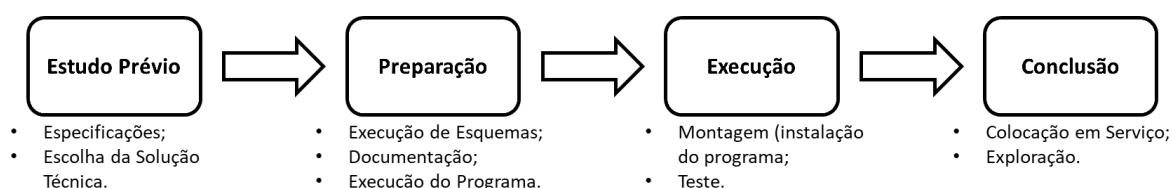


Figura 12- Sequência típica utilizada para a implementação de um automatismo (adaptado de [24]).

Nas quinadoras e nas guilhotinas, ao longo dos anos tem havido uma enorme evolução na automação, facilitando a sua utilização por parte do operador. Os constituintes mais utilizados são relés e *drives* devido ao seu baixo custo e à sua fácil implementação no processo da máquina.

• Drives

Os *drives* (Figura 13) são componente utilizados nas quinadoras e nas guilhotinas para controlar a posição de um determinado eixo da máquina, dando indicação do início do funcionamento dos servomotores.

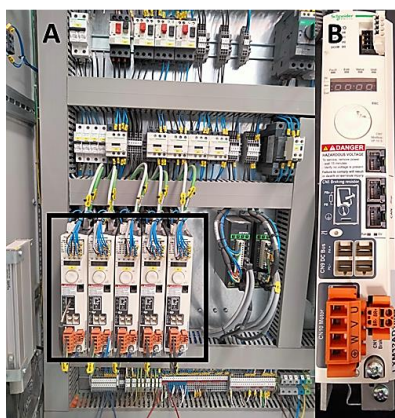


Figura 13- A-Localização dos *drives* num quadro elétrico numa quinadora PA13530. B-Exemplo de um *drive* (elaboração própria).

• Relés

Os relés são componentes eletromecânicos, isto é, a partir de uma corrente elétrica podem fechar ou abrir circuitos, utilizando os princípios do eletromagnetismo e através de um sistema mecânico

interno. A escolha de um relé (Figura 14) para uma determinada aplicação vai ser definida consoante as suas características. Num relé a bobina é enrolada num fio esmaltado de espessura muito fina, sendo que através do número de espiras e essa espessura é possível determinar a sua resistência e a intensidade do campo, que vai ser produzido quando ela for submetida a uma tensão. Podemos assim concluir que a tensão e a corrente de acionamento vão determinar o número de espirais influenciando assim também o tamanho do relé [25].

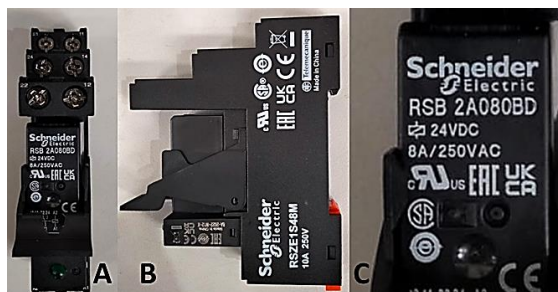


Figura 14- A- Suporte e relé. B- Suporte do relé. C- Relé (elaboração própria).

2.2.3. Óleo-hidráulica

O óleo-hidráulica é um meio de transmissão, comando e controlo de energia utilizando óleo pressurizado. Estes tipos de meios de transmissão hidráulicos oferecem vantagens e desvantagens em relação às soluções mecânicas, como podemos ver na Tabela 7.

Tabela 7- Vantagens e Desvantagens do óleo-hidráulica relativamente às transmissões mecânicas (adaptado de [26]).

Vantagens	Desvantagens
-Movimentos suaves, silenciosos e livres de vibrações; -Possibilidade de inverter o sentido do andamento; -Alta sensibilidade na regulação das velocidades de trabalho; -Fácil controlo das forças e paragens dos cilindros; -Elevada proteção contra sobrecargas; -Auto lubrificação de todos os componentes.	-Podem surgir fugas de óleo pelas uniões do sistema; -Devido à elasticidade do sistema de transmissão podem surgir problemas em alguns mecanismos do circuito; -A compressibilidade do óleo, em conjunto com a elasticidade das tubagens podem causar anomalias; -No arranque do sistema é necessário retirar o ar do circuito.

A pressão é um parâmetro que têm muita importância sendo esta caracterizada por uma força exercida por unidade de superfície. A pressão é dada pela Equação (2).

$$p = \frac{F}{A} \quad (2)$$

Onde p é pressão em Pa (sendo as unidades mais utilizadas em hidráulica o kgf/cm², bar ou psi), o F é a força em N e A é a área onde é aplicada a força em m².

A pressão hidrostática, é a pressão atuada numa coluna de líquido, sendo escrita através da Equação (3).

$$Pr = \rho * g * h \quad (3)$$

Onde P_r é a pressão hidrostática em Pa, ρ é a densidade em kg/m^3 , g é a aceleração da gravidade em m/s^2 e h é a altura do líquido em m.

Outro conceito fundamental quando se estuda óleo-hidráulica é o Princípio de Pascal que é caracterizada por uma pressão aplicada num ponto qualquer de um líquido estático, aplicando forças iguais em áreas iguais [27]. Com base na Lei de Pascal temos a Equação (4).

$$\Delta p_B = \Delta p_A \Leftrightarrow \frac{F_B}{A_B} = \frac{F_A}{A_A} \Leftrightarrow \frac{F_B}{F_A} = \frac{A_B}{A_A} \quad (4)$$

A produção de calor num determinado sistema hidráulico é motivada pelo movimento do líquido tendo em conta mudanças de direção, viscosidade e resistência ao escoamento do óleo no interior dos componentes e das tubagens. Essas mudanças de direção do fluido num sistema deste tipo aumenta a produção de calor uma vez que existe o choque das moléculas entre si. Se a velocidade do fluido for aumentando ao longo do tempo a produção de calor no sistema será maior. Sendo assim na construção de um sistema hidráulico deve-se ter cuidado nas curvas utilizadas, uma vez que estas devem ter o maior raio possível para evitar perdas excessivas por turbulência. Por isso a colocação de cotovelos a 90° deve ser evitada, para impedir o enrugamento do tubo, aumentando assim a resistência à passagem do fluxo [28].

A pressão diferencial é a diferença de pressão entre dois pontos do sistema e esta pode indicar que o movimento do líquido sujeito a pressão faz parte da energia de trabalho do sistema ou medição da quantidade de energia entre dois pontos [28].

Estes tipos de sistemas hidráulicos estão baseados num esquema representativo que demonstra todos os grupos e elementos necessários para a constituição desses sistemas. Esse esquema está representado na Figura 15.

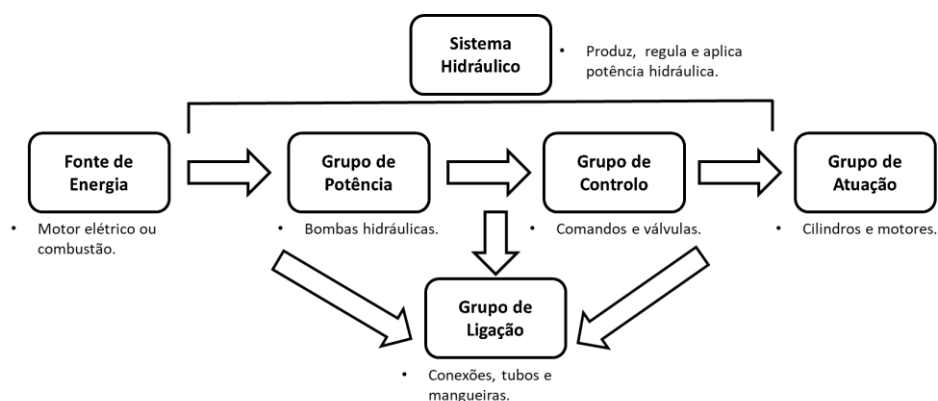


Figura 15- Esquema da construção de um sistema hidráulico (adaptado de [28]).

• Fluido hidráulico e suas características

O fluido hidráulico é um componente fundamental para qualquer sistema hidráulico pois dele depende a capacidade de transmitir energia, de lubrificar e de dissipar calor. O fluido hidráulico têm características que devem ser controladas como a sua temperatura e o seu índice de viscosidade [27].

A viscosidade é caracterizada pela resistência das moléculas de um líquido a deslizarem umas sobre as outras, sendo que quanto maior seja a viscosidade menor será a sua fluidez. Esta é uma propriedade do óleo que pode interferir no rendimento das máquinas, assim como a temperatura

a que óleo se encontra, que pode ser um fator prejudicial [28]. Através da Figura 16 é possível observar o efeito da temperatura na viscosidade de um determinado óleo.

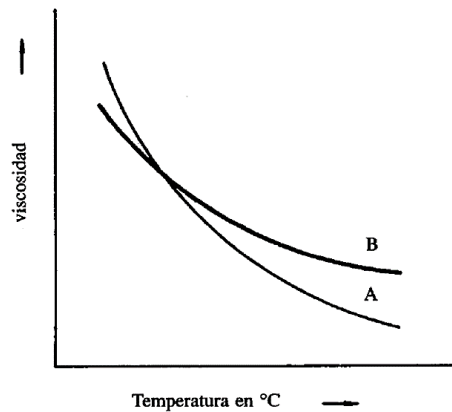


Figura 16- Variação da viscosidade com a temperatura [29].

Analisando o gráfico da figura anteriormente representada, vemos que a curva A revela a variação da viscosidade de um óleo clássico usado como lubrificante, já a curva B indica o comportamento de um óleo usado para transmissões hidráulicas, pois denota-se uma diminuição da viscosidade menos acentuada com a temperatura [29].

O IV é o valor que indica como a mudança de temperatura altera a viscosidade de um determinado fluido, ou seja, se um índice de viscosidade for elevado existe pouca alteração com a temperatura [28]. O IV de um fluido pode ser melhorado através do uso de aditivos, permitindo assim minimizar o impacto da temperatura sobre a viscosidade. Ao nível molecular quando se aplica um aditivo a baixas temperaturas as moléculas contraem, já a altas temperaturas as moléculas expandem. Os aditivos podem, também, ser inibidores de oxidação, inibidores de corrosão, aditivos antiespumantes, aditivos de anti desgaste, aditivos de extrema pressão ou aditivos para resistir à inflamação. Através da Figura 17 é possível observar a consequência da alteração do IV com a introdução de aditivos.

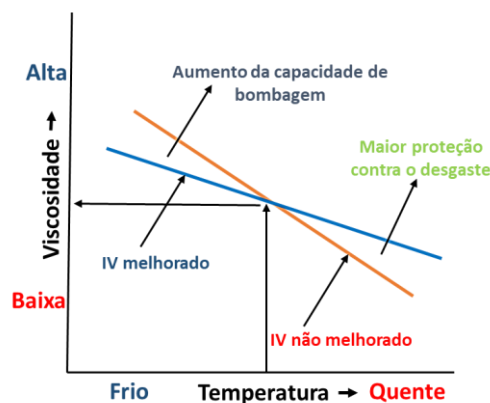


Figura 17- Consequência da alteração do IV com a temperatura (elaboração própria).

Os óleos podem ser classificados em vários tipos de sistemas (ISO, SAE,...), sendo que o sistema ISO é o mais aplicado em lubrificantes industriais. Os valores que indicam o grau ISO representam o ponto médio de uma faixa de viscosidade entre 10% acima e abaixo desse valor, sendo que todas as viscosidades são determinadas a 40°C. Na Tabela 8 está representado o sistema ISO VG com as respectivas viscosidades.

Tabela 8- Sistema ISO VG com as correspondentes viscosidades [28].

ISO standard 3448 ASTM D-2422	Ponto médio de viscosidade cSt	Viscosidade cinemática, cSt	
		mínimo	máximo
ISO VG 2	2,2	1,98	2,42
ISO VG 3	3,3	2,88	3,52
ISO VG 5	4,6	4,14	5,06
ISO VG 7	6,8	6,12	7,48
ISO VG 10	10	9,00	11,0
ISO VG 15	15	13,5	16,5
ISO VG 22	22	19,8	24,2
ISO VG 32	32	28,8	35,2
ISO VG 46	46	41,4	50,6
ISO VG 68	68	61,2	74,8
ISO VG 100	100	90,0	110
ISO VG 150	150	135	165
ISO VG 220	220	198	242
ISO VG 320	320	288	352
ISO VG 460	460	414	506
ISO VG 680	680	612	748
ISO VG 1000	1000	900	1100
ISO VG 1500	1500	1350	1650

- **Grupo de potência**

Em todos os circuitos óleo-hidráulicos é necessário a existência de um grupo gerador de caudal e pressão para assim se conseguir produzir energia suficiente para mover vários tipos de atuadores como motores ou cilindros. A função de um sistema hidráulico é promover a conversão de energia elétrica (normalmente produzida por um motor elétrico) em energia mecânica que depois é convertida em energia hidráulica (através de uma bomba) para lançar um fluido pressurizado no sistema [30].

As bombas podem ser do tipo hidrodinâmica (Figura 18-A) e hidrostática (Figura 18-B), podendo ser de deslocamento fixo ou de deslocamento variável. As bombas hidráulicas podem ser classificadas como positivas de fluxo pulsante ou não-positivas de fluxo contínuo. Existem diversos tipos de bombas utilizadas em sistemas hidráulicos, incluindo bombas manuais, bombas de engrenagens, bombas de palhetas, bombas de pistão e bombas de parafuso.

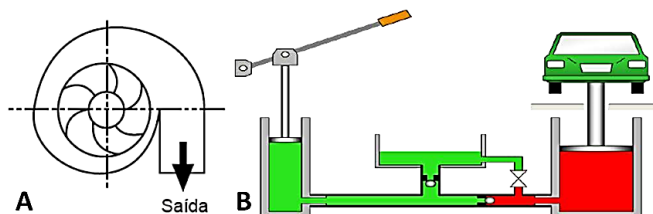


Figura 18- A-Bomba hidrodinâmica; B-Bomba hidrostática [27].

Nas guilhotinas e quinadoras, as bombas de engrenagens são amplamente utilizadas nos sistemas hidráulicos. Essas bombas de engrenagens podem ser classificadas em dois tipos: bombas de engrenagens externas e bombas de engrenagens internas.

As bombas de engrenagens externas são as mais utilizadas devido ao seu baixo custo. Estruturalmente este tipo de bomba é constituída por uma carcaça com orifícios de entrada e de saída e um mecanismo de bombagem composto por duas engrenagens, sendo que este tipo bombas contém uma engrenagem motora que está ligada a um eixo que se encontra conectado a

uma engrenagem movida [29]. A bomba de engrenagem de dentes internos consiste numa engrenagem externa, cujo dentes se engrenam numa circunferência que contém uma engrenagem maior [27]. Nos sistemas industriais as bombas mais tipicamente usadas são as bombas de engrenagens interna. Na Tabela 9 estão representadas as engrenagens descritas anteriormente assim como algumas das suas características.

Tabela 9- Representação geométrica e características das bombas de engrenagens (adaptado de [26] e [27]).

Bombas de engrenagens	Representação esquemática	Características
Bomba de engrenagem exterior		-Menor rendimento (de 85% a 90%); -Muito ruidosas; -Atingem pressões elevadas (300 bar); -Caudais oscilam entre a 0,5 a 225 l/min para velocidades de 1500 rpm.
Bomba de engrenagem interior		-Rotação do veio de entrada; -Bombas robustas e de fácil manutenção; -O bombeamento é reversível; -Resiste aos efeitos de cavitação; -Resiste a baixas temperaturas.

As bombas apresentam características importantes que devem ser consideradas ao selecionar uma bomba específica para um determinado circuito hidráulico. Essas características incluem o rendimento volumétrico, o caudal, a pressão, a potência de acionamento e a cilindrada. O rendimento volumétrico é causado por fugas internas no sistema de que resulta um menor fluxo de saída de óleo. Normalmente as bombas de pistão têm uma eficiência volumétrica de aproximadamente 90%. As bombas de palheta e engrenagem têm uma eficiência volumétrica de aproximadamente 85% a 95% [31].

Para se calcular o caudal que atravessa uma determinada tubagem, é necessário definir a área do tubo e um delimitado espaço (Figura 19) [31].

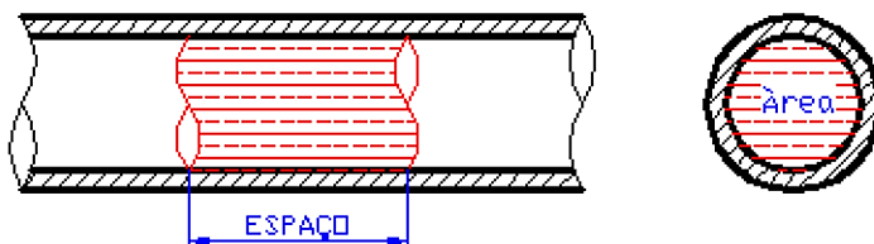


Figura 19- Representação da geometria de uma tubagem [31].

Para calcular o caudal utilizamos a Equação (5).

$$Q = \frac{V}{t} = \frac{A * e}{t} = A * v \quad (5)$$

Onde Q representa o caudal em m³/s, t o tempo em s e v a velocidade em m/s. No caso das bombas de engrenagens existe sempre uma pequena folga entre o dente e carcaça por isso o caudal para dimensionar a bomba têm de ser o caudal nominal e não o teórico.

A potência de acionamento é no fundo o trabalho executado por unidade de tempo. Esta definição é dada pela Equação (6).

$$P_{ac} = \frac{W}{t} = \frac{F * e}{t} = F * v = p * A * v \quad (6)$$

Onde P corresponde à potência de acionamento em J/s e W é o trabalho efetuado em J. A potência de acionamento também pode ser fornecida em CV ou KW através da Equação (7) ou Equação (8).

$$P_{ac} = \frac{p * Q}{450} \text{ em [CV]} \quad (7)$$

$$P_{ac} = \frac{p * Q}{600 * \eta_g} \text{ em [kW]} \quad (8)$$

- **Grupo e ligação e dos constituintes auxiliares**

Um circuito hidráulico é constituído por vários constituintes auxiliares, que são necessários para o funcionamento normal deste sistema, sendo estes elementos, os depósitos, filtros, manómetros, pressostatos, arrefecedores, vedantes, mangueiras e conexões entre outros.

A função principal dos depósitos é o armazenamento do óleo hidráulico suficiente para alimentar os vários elementos de trabalho. O tanque de armazenamento também deve permitir a dissipação de calor através das suas paredes (calor gerado durante o trabalho no circuito hidráulico) que são geralmente em aço ou alumínio. O reservatório contém uma placa divisória que impede que o fluído, quando retorna vá diretamente à linha de sucção. Sendo assim é criada uma zona de repouso onde as impurezas de maior dimensão sedimentam. Na Figura 20 está presente a representação detalhada da construção de um depósito de armazenamento de óleo.

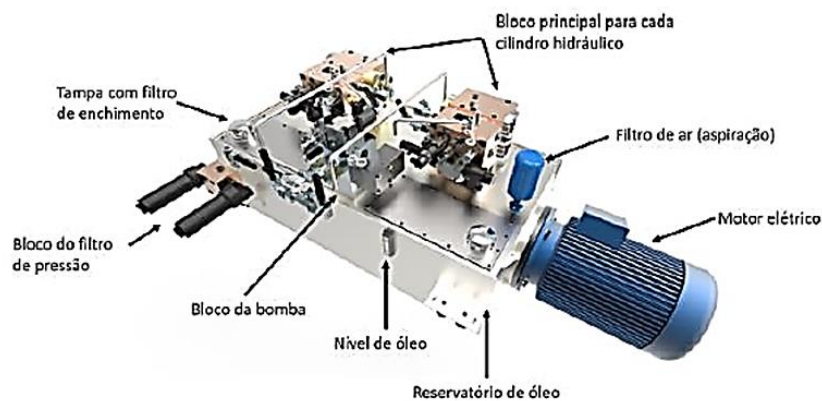


Figura 20- Detalhes construtivos de um depósito [32].

Os filtros num circuito hidráulico são utilizados para filtrar possíveis partículas de sujidade que podem provocar possíveis perdas de produção, causar desgaste excessivo e pode causar falha prematura dos componentes. Existem vários tipos de filtro tais como os filtros de sucção interna e externa, os filtros de pressão, os filtros com linha de retorno e por fim os *filtros off-line*.

Nos circuitos hidráulicos é necessário medir o diferencial de pressão, sendo para isso utilizados dois tipos de manómetros: o de *Bourdon* e o de núcleo móvel. Também é necessário ter um pressostato para haver a transformação de um sinal de pressão hidráulico, num sinal elétrico quando há variação de pressão [28].

Os arrefecedores são utilizados quando os sistemas hidráulicos aquecem acima do nível de temperatura ideal do sistema e quando os reservatórios não têm dimensão necessária para manter o óleo à temperatura adequada [33]. Os arrefecedores utilizados são os arrefecedores a ar/óleo (Figura 21-A) e os arrefecedores a água/óleo (Figura 21-B).

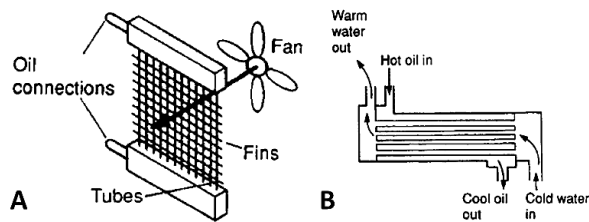


Figura 21- A- Esquema de um arrefecedor a ar/óleo. B-Esquema de um arrefecedor a água/óleo [33].

Por fim as mangueiras e as conexões também são importantes num circuito hidráulico uma vez que fazem as ligações entre os vários elementos do circuito. Na Figura 22 é possível observar as três principais partes construtivas de uma mangueira hidráulica.

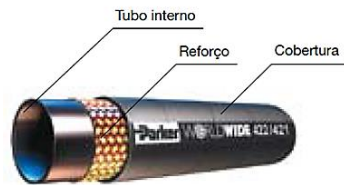
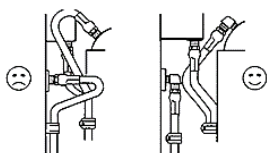


Figura 22- Principais partes da constituição de uma mangueira hidráulica [28].

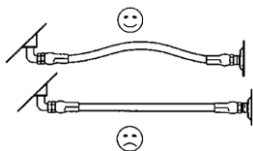
Para a instalação das mangueiras é necessário ter alguns cuidados para que o seu mau posicionamento não provoque problemas no funcionamento de uma máquina. Algumas dessas recomendações estão representadas na Tabela 10.

Tabela 10- Recomendações para utilização de mangueiras (adaptado de [34]).

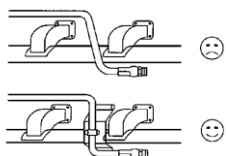
Recomendações para a instalação as mangueiras		
Ilustração	Explicação	
	A mangueira enfraquece quando utilizada de forma torcida, seja pela instalação ou aplicação. Com a pressão esta tende a desprender a conexão, podendo eliminar este fenómeno com juntas oscilantes.	
	Raios de curvatura mais amplos evitam o colapso e a restrição do fluxo da linha.	
	Situações onde o raio mínimo de curvatura é excedido provocam redução da vida útil da mangueira.	



O uso de adaptadores e/ou conexões curvas, quando necessário evitam o uso de comprimentos excessivos de mangueira e tornam a instalação mais fácil para a manutenção.



A pressão pode alterar o comprimento da mangueira uma vez que é necessário considerar uma folga na linha para compensar as variações de comprimento da mangueira.



A utilização das abraçadeiras é benéfica uma vez que estas melhoram as instalações da mangueira, evitando assim, proximidade com ambientes de alta temperatura ou abrasão.

A incorreta instalação das mangueiras e das conexões pode dar origem a [28]:

- Torção da mangueira;
- Rotura da mangueira através do desgaste da cobertura por abrasão;
- Raio de curvatura inferior ao mínimo;
- Endurecimento da mangueira por calor excessivo;
- Incompatibilidade química com o fluído;
- Migração do fluído para a cobertura;
- Restrição do tubo interno por vácuo.

Para o dimensionamento deste tipo de elementos hidráulicos é necessário ter em conta alguns critérios como o comprimento da tubagem, os caudais e as variações da temperatura ou pequenas variações da viscosidade. Cumpridas estas condições podem ser usadas no dimensionamento das tubagens as velocidades indicadas na Tabela 11 [26].

Tabela 11- Indicação das velocidades em relação à pressão de trabalho [26].

Tubulação	Pressão (bar)				Velocidade (cm/s)
	20	50	100	>200	
Tubulação de Pressão	300	400	500	600	
Tubulação de Retorno	300				
Tubulação de Sucção	100				

Por interpolação é possível obter as velocidades para tubagens de pressão ou podemos utilizar a Equação (9) [26].

$$v_t = 121,65 * p^{\left(\frac{1}{3,3}\right)} \quad (9)$$

Onde v_t corresponde à velocidade da tubagem em cm/s. Para estabelecer os diâmetros mínimos necessários às tubagens, utiliza-se a Equação (10).

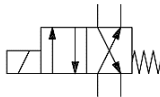
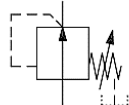
$$D_t = \sqrt{\frac{Q}{0,015 * \pi * v_t}} \quad (10)$$

Onde D_t corresponde ao diâmetro mínimo da tubagem em mm e o valor 0,015 é um fator de conversão.

• Grupo de controlo

As válvulas de comando são constituídas pelas válvulas direcionais que direcionam o óleo no interior dos sistemas. Já as válvulas de regulação são as válvulas manométricas e fluxométricas que regulam respetivamente a pressão e o caudal, quer seja no circuito hidráulico ou num determinado ramal. As servo-válvulas também são elementos importantes, uma vez que estes tipos de válvulas se aplicam no controlo da posição, da velocidade ou da força de um atuador hidráulico. Na Tabela 12 estão representados dois exemplos o primeiro de uma válvula de comando e o segundo de uma válvula de regulação.

Tabela 12- Representação de exemplos de válvulas de comando e regulação (adaptado de [35]).

Válvulas de comando e regulação	
Representação esquemática	Explicação
	Válvula de controlo direcional 4/2 acionada através de uma solenoide e com retorno feito por uma mola.
	Válvula redutora de pressão de duas entradas controladas diretamente, tendo uma válvula com um dreno piloto externo

• Grupo de atuação

Os atuadores de um sistema hidráulico podem ser lineares ou rotativos convertendo energia hidráulica em energia mecânica através de um motor (atuador rotativo) ou cilindro (atuador linear). Os atuadores rotativos, são constituídos pelos motores que transformam a energia hidráulica em energia mecânica, através de rotação, sendo que o funcionamento dos motores é inverso ao das bombas. Os atuadores lineares são constituídos pelos cilindros (utilizados em quinadoras e guilhotinas), desenvolvendo trabalho num movimento retilíneo de avanço e recuo, mediante um determinado caudal e pressão de óleo [36]. Através da Figura 23 é possível observar os constituintes de um cilindro hidráulico.

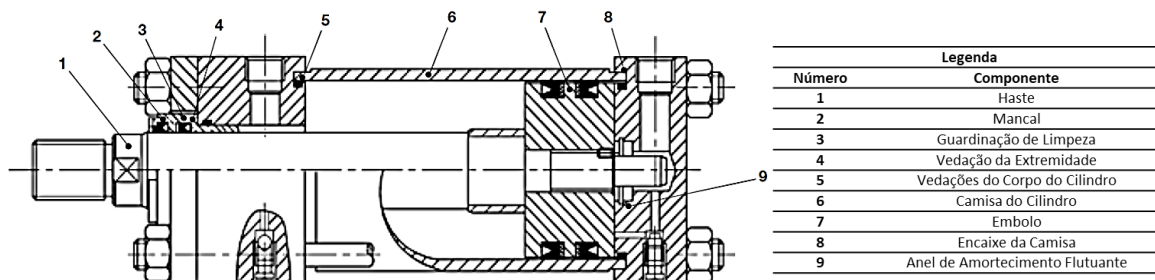
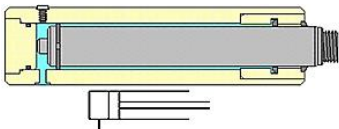
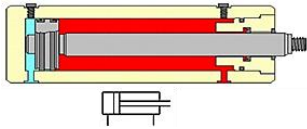
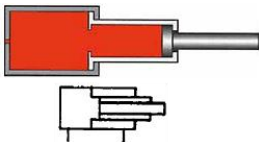


Figura 23- Localização e identificação de alguns constituintes de um cilindro (adaptado de [36]).

Existem três categorias principais de cilindros hidráulicos, sendo estes os cilindros de simples efeito, os cilindros de duplo efeito e os cilindros telescópicos. Todos estes cilindros devem ser dotados de

purgas para retirar o ar, pois o ar provoca a diminuição da eficiência do sistema, podendo dar origem a alguns problemas como movimentos irregulares, falta de precisão na paragem ou vibrações. Na Tabela 13 estão representadas as três categorias de cilindros existentes, assim como uma breve explicação do seu funcionamento.

Tabela 13- Principais categorias de cilindros hidráulicos (adaptado de [26], [28],[36]).

Categorização dos cilindros		
Tipo de cilindro	Representação	Funcionamento
Cilindro de simples efeito		Cilindro no qual a pressão do fluido é aplicada em somente uma direção para mover o pistão.
Cilindro de duplo efeito		Cilindro através do qual a pressão do fluido é aplicada ao elemento móvel em qualquer uma das direções.
Cilindro telescópico		Cilindro que têm várias hastes montadas, para atingir um maior comprimento de trabalho, podendo ser de simples ou de duplo efeito.

Para a utilização de cilindro hidráulicos em quinadoras e guilhotinas é necessário fazer o dimensionamento do tamanho do cilindro e do caudal do óleo hidráulico. Para calcular as forças geradas um cilindro quando se dá a extensão ou a retração do cilindro é necessário utilizar a Equação (11) e a Equação (12), respetivamente [26].

$$F_{\text{extensão}} = p \text{ (MPa)} * \frac{\pi * D_p^2}{4} * 0,9 = p \text{ (bar)} * \frac{\pi * D_p^2}{40} * 0,9 \quad (11)$$

$$F_{\text{retração}} = p \text{ (MPa)} * \frac{\pi * (D_p^2 - d_h^2)}{4} * 0,9 = p \text{ (bar)} * \frac{\pi * (D_p^2 - d_h^2)}{40} * 0,9 \quad (12)$$

Sendo que D_p corresponde ao diâmetro do pistão em mm, d_h corresponde ao diâmetro da haste do pistão em mm e 0,9 é o coeficiente de atrito dos rolamentos, juntas e partes móveis do cilindro.

O fator de carga é a relação entre a carga real e a força teórica de saída do cilindro. A Tabela 14 indica a relação entre o fator de carga e a velocidade do pistão.

Tabela 14- Relação entre o fator de carga e a velocidade do pistão (adaptado de [36]).

Velocidade do pistão (mm/s)	Fator máximo de carga
8 a 100	70%
101 a 200	30%
201 a 300	10%

Para o cálculo do caudal é necessário calcular o caudal de avanço para que o cilindro ao estender-se atinja uma determinada velocidade de avanço, sendo este conceito dado pela Equação (13).

$$Q_a = v_a * A_p \quad (13)$$

Sendo que Q_a é o caudal de avanço em l/min, v_a é a velocidade de avanço do cilindro em m/min e A_p a área do pistão em m^2 .

O caudal de retorno necessário preciso para que o cilindro ao retornar atinja a velocidade de retorno é dado pela Equação (14).

$$Q_r = v_r * A_c \quad (14)$$

Sendo que Q_r é o caudal de retorno em l/min, v_r é a velocidade de retorno do cilindro em m/min e A_c a área da coroa em m^2 .

Depois do cálculo do caudal de avanço e retorno é necessário verificar a possibilidade de existir caudal induzido (Q_i), ou seja, quando é fornecido um caudal, o caudal de entrada e de saída podem ser diferentes em cilindros diferenciais como é possível ver na Figura 24 [26].

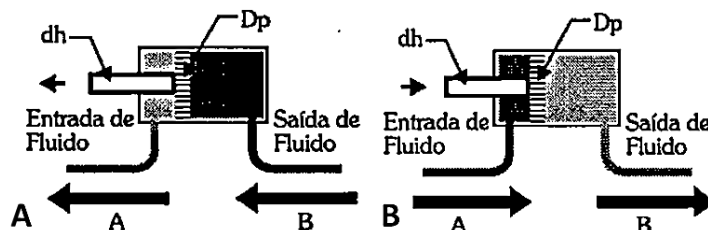


Figura 24- A- Caudal de avanço. B- Caudal de retorno [26].

Sendo assim existem dois métodos para o cálculo do caudal induzido (Q_i) [26]:

- **Método 1-** através das velocidades de avanço e de retorno;
- **Método 2-** através da razão entre as áreas do pistão e da coroa.

Através da Equação (15) é descrita a razão (r) entre as áreas do pistão (A_p) e da coroa (A_c).

$$r = \frac{A_p}{A_c} = \frac{\pi * \frac{D_p^2}{4}}{\pi * \frac{(D_p^2 - D_h^2)}{4}} \quad (15)$$

Na Tabela 15 estão retratados os métodos abordados anteriormente, onde (Q_b) representa o caudal da bomba.

Tabela 15-Indicação dos métodos para o cálculo dos caudais induzidos (adaptado de [26]).

Método 1	Caudal induzido no avanço (Q_{ia}):		Condição:
	$Q_{ia} = v_a * A_c$	$Q_{ir} = v_r * A_p$	
			$Q_{ia} < Q_b$
Método 2	Caudal induzido no retorno (Q_{ir}):		Condição:
	$Q_{ir} = Q_b * r$	$Q_{ia} = Q_b / r$	
			$Q_{ir} \geq Q_b$

Os cilindros são protegidos contra choques através do uso de amortecedores, havendo assim uma diminuição do movimento do cilindro, podendo este constituinte ser instalado em qualquer dos lados do cilindro [27].

Por fim os vedantes (Figura 25) são elementos fundamentais na hidráulica pois é deles que depende a estanquicidade dos cilindros evitando assim possíveis fugas e contaminações no sistema hidráulico, podendo causar possíveis avarias. Os vedantes em hidráulica têm de:

- Evitar fugas de óleo da câmara do cilindro;

- Suportar elevadas pressões produzidas no circuito;
- Devem ser resistentes ao desgaste;
- Não se devem degradar por contacto com o óleo.



Figura 25- Vedante utilizado num cilindro (elaboração própria).

Existem vedantes de muitos tipos como: o-ring, v-ring, anel raspador ou anel guia, sendo estes tipos de vedantes constituídos por um tipo de material macio, sendo fixados numa combinação de anéis, formando assim um conjunto de vedação, para se conseguir fazer a separação de fluídos distintos que possam circular num sistema hidráulico, proporcionado assim o bom funcionamento da máquina.

2.2.4. Estado da arte das avarias em quinadoras e guilhotinas

As avarias em quinadoras e guilhotinas já foram estudadas por outros autores, estando algumas dessas avarias e posteriores soluções apresentadas na Tabela 16.

Tabela 16- Estado da arte de avarias em quinadoras e guilhotinas (elaboração própria).

Referências bibliográficas	Descrição do trabalho
Improved Design of Hydraulic Bending Machine [37]	Este artigo apresenta um novo projeto para solucionar a grande quantidade de avarias na parte hidráulica de uma quinadora, mantendo a sua estrutura original. O artigo propõe uma análise aos cilindros hidráulicos, onde são realizados os cálculos para o seu dimensionamento e a sua posterior validação. Percebeu-se assim que a precisão e a eficiência de trabalho de um sistema hidráulico de uma quinadora foi melhorado. Esta modificação nos cilindros, permitiu que a operação de montagem continuasse simples, mantendo um desempenho fiável e um elevado fator de segurança durante o seu trabalho, permitindo que a quinagem seja um processo sem tantas interrupções devido às avarias nos seus cilindros.
Desenvolvimento e Validação de um Sistema Inovador de Compensação de Deformação numa Quinadora [38]	Este trabalho teve como objetivo o estudo das deformações causadas nos aventais das quinadoras durante o processo de quinagem, o que provoca avarias e possíveis falhas no processo de quinagem. A partir deste estudo foi possível solucionar estes problemas através da inserção de um rasgo perto da mesa do avental fixo incorporando os cilindros hidráulicos que impõem uma contra carga para autocompensar a deformação do avental durante a quinagem. O sistema mostrou-se útil na correção da deformação, mas a sua implementação era muito dispendiosa.

The Development of a Machine Vision System for Adaptive Bending of Sheet Metals [39]	Este artigo descreve a quinagem como um processo de conformação comum amplamente utilizado na indústria de chapas metálicas. Um dos grandes problemas na quinagem é o controle da quantidade de retorno elástico. Sendo assim foi desenvolvida uma máquina capaz de medir a carga e os dados de deslocamento do punção através de um programa computacional que é incorporado à máquina para fotografar o processo de quinagem, extraindo as suas características. Os dados obtidos da imagem fotografada, podem ser usados para controlar a qualidade do produto. Com esta análise é possível determinar de uma forma correta a força necessária para fazer qualquer tipo de quinagem impedindo avarias nos componentes da máquina devido à colocação de parâmetros errados para uma determinada quinagem.
Structural Analysis and Optimization of Press Brakes [40]	O objetivo deste artigo é entender a origem dos erros de paralelismo de flexão na quinagem que provoca desgaste nos intermediários. Este problema pode ser reduzido com o uso de uma metodologia de otimização estrutural. Para minimizar este problema foi então estudado a inclusão de calços nos intermediários diminuindo o seu desgaste precoce e a possível paragem da máquina em funcionamento.
Dynamic Analysis of a Guillotine Shearing Machine [41]	Este artigo tem como objetivo o estudo de uma guilhotina quanto sua à sua rigidez, resistência, vibração, tensões dinâmicas e fator de segurança enquanto a guilhotina está em funcionamento. As características de vibração e resistência da máquina e do porta-lâminas, quando a espessura das chapas é alterada, também são examinadas. O artigo conclui que a vibração da máquina pode provocar avarias, se não for controlada através de uma manutenção condicionada.
Numerical Analysis of the Deformation of a Shearing Machine Tool under Excessive Blade Clearance [42]	Este artigo estuda casos típicos de guilhotinas que foram analisados usando software de elementos finitos. As cargas que causam deformação elástica na estrutura da máquina surgem da deformação plástica da chapa que está sendo cortada, sendo o seu comportamento modelado pela lei de <i>Johnson-Cook</i> modificada. Verificou-se que a folga excessiva sobrecarrega consideravelmente a máquina em comparação com a folga normal, devido a forças laterais consideráveis. Como resultado, a base da máquina sofre deformação oscilatória e a chapa é parcialmente cortada e principalmente dobrada provocando avarias em componentes da máquina como os cilindros hidráulicos, a lâmina e os calcadores. Esta análise ajuda entender os problemas estruturais da máquina e possíveis avarias.

2.3. Métodos para a análise de avarias

Neste terceiro ponto que integra a revisão bibliográfica desta dissertação, é realizada uma descrição da metodologia FMEA utilizada para a identificação de avarias, possíveis causas e até mesmo soluções. Também será feita um breve estudo sobre os tipos de manutenção existentes e sobre gestão da qualidade.

2.3.1. Análise de modo e efeito de falha (FMEA)

O processo FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*), em português, Análise de Modo e Efeito de Falha, está implícito em qualquer que seja o processo de desenvolvimento do produto ou análise de um processo. Neste tipo de análise fazem-se várias perguntas como “Que problemas podem

ocorrer”, “Qual a probabilidade/frequência com que esses problemas podem ocorrer”, “Qual a causa deste problema” ou “Como esses problemas podem ser evitados”. Portanto podemos afirmar que o FMEA é uma análise sistemática de potenciais modos de falha com objetivo de prevenir falhas, pretendendo ser um processo de ação preventiva realizado antes de implementar alterações em produtos ou processos [43].

Existem vários tipos de FMEAs, com base em como e onde é usado, pois este conceito deve ser executado sempre que as falhas possam criar um potencial problema no operador, desafios ambientais ou mesmo perda de produção. Com isto os FMEAs podem ser classificados nas seguintes categorias [44]:

- **Design:** concentra-se em componentes e subsistemas;
- **Processo:** foca-se nos processos de fabricação e montagem;
- **Manutenção:** concentra-se nas funções dos ativos;
- **Serviço:** foca-se nas funções de serviço;
- **Software:** concentra-se nas funções do software.

Para a aplicação do FMEA é necessário detetar as falhas para depois aplicar medidas corretivas ou preventivas numa determinada indústria, mas para isso é necessário a passagem por várias etapas, estando essas etapas representadas na Figura 26 [45].

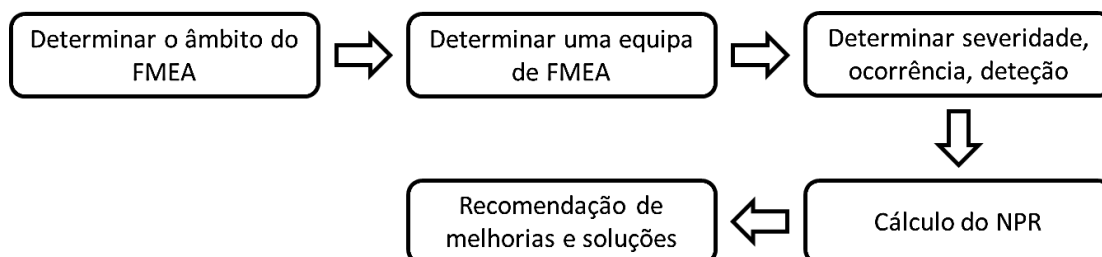


Figura 26- Etapas para a implementação do processo FMEA (adaptado [45]).

Na Figura 27 está representada uma tabela exemplo usada para fazer a análise FMEA num determinado projeto, com a adição da influência do custo.

Company project	Failure mode and effect analysis – FMEA										Name of functions / working principles / assemblies					
	Project- and lifecycle – FMEA										Ident-No.					
	Generating department:										Generated by: Date:					
Failure location Ident-No. Entity	Type of failure	Impact of failure	Cause of failure	Present status Means of control	A	B	E	K	RPZ	Remedial action	Improved status Realized action	A	B	E	K*	RPZ*
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17

Figura 27- Exemplo de um formulário FMEA com colunas adicionais k e k* para considerar as influências de custo para a tomada de decisão (retirado de [45]).

A principal tarefa da análise FMEA é a avaliação de riscos associados a potenciais problemas, identificados através da identificação e análise dos modos de falha. O objetivo do FMEA é a eliminação das falhas através da inclusão de determinadas ações, ajudando a selecionar algumas

ações corretivas reduzindo o impacto dessas falhas no ciclo de vida de um componente [46]. Usando uma enorme variedade de dados e conhecimento do processo ou do equipamento, o potencial modo de falha é classificado em cada um dos três seguintes fatores[43]:

- **Severidade:** a consequência da falha quando ela ocorre;
- **Ocorrência:** a probabilidade ou frequência de a falha ocorrer;
- **Deteção:** a probabilidade de a falha ser detetada antes do impacto do efeito causado por essa falha.

Estes três fatores são combinados dando origem à prioridade de risco (NPR), tornando assim possível refletir a prioridade dos modos de falha identificados. O risco de cada falha é o número de prioridade de risco (NPR) e é calculado através da Equação (16).

$$NPR = Severidade (S) * Ocorrência(O) * Deteção(D) \quad (16)$$

A severidade é determinada pelo grau de dano de um componente tendo uma classificação que está entre a escala, 1 a 10, sendo 1 “baixo impacto na sua ocorrência” e 10 “alto impacto na sua ocorrência”. A ocorrência é estimada com base nas horas de operação, ciclos, dias e resultados onde 1 significa “pouco provável de ocorrer” e 10 “muito provável de ocorrer”. Sendo assim os níveis intermédios estão representados através 1 “pouco perceptível”, 2-3 “pouco importante”, 4-5-6 “Moderado”, 7-8 “Grave” e 9-10 “extremamente grave” sendo não recomendado modificar o critério de classificação para os valores 9 e 10.

Para reduzir a probabilidade de ocorrência pode-se fazer alterações no projeto, através do uso de métodos de produção e sistemas de controlo mais sofisticados e assim um maior número de ciclos pode ser analisado para obter informações mais exatas. Na deteção o valor 1 significa “muita probabilidade de identificação da falha” já o valor 10 significa “pouca probabilidade de identificação da falha” [47].

Consoante o valor mais elevado, percebemos quais são as falhas mais graves, podendo criar a prioridade em função das falhas existentes. Após serem feitas alterações no processo deverá ser feita outra avaliação da severidade, da ocorrência e da deteção para perceber se as alterações impostas tiveram alteração nas falhas [48].

A aplicação deste método pode trazer muitíssimas vantagens, preparando as empresas para problemas evitando perdas de tempo [49]. Algumas dessas vantagens são [50]:

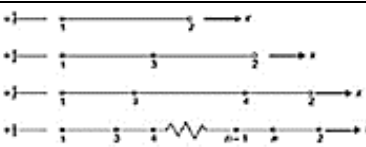
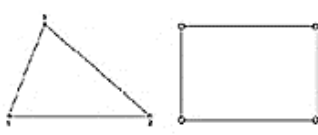
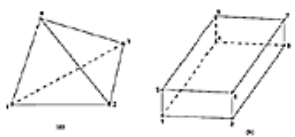
- Diminuição dos custos, devido à redução das falhas;
- Aumento do conhecimento sobre os problemas num determinado componente e a sua resolução;
- Redução das falhas e dos tempos de paragem na produção;
- Diminuição das alterações de projeto;
- Criação de um sistema de prioridades para melhorias, testes ou desenvolvimentos de componentes;
- Aumento da produção de produtos de elevada fiabilidade e qualidade.

2.3.2. Método de elementos finitos

A técnica mais utilizada no método de elementos finitos é, o método dos deslocamentos, sendo esta uma das técnicas mais utilizadas para a resolução de problemas estruturais, em que os deslocamentos são variáveis desconhecidas. Sendo assim, são garantidas as condições necessárias de compatibilidade para que os elementos ligados aos nós comuns se mantenham ligados. Após a definição das equações é feita a formulação computacional do caso de estudo num *software* de MEF [51].

Existem vários tipos de elementos para a análise feita num determinado componente, estando estes elementos descritos na Tabela 17, assim como a sua explicação.

Tabela 17- Tipos de elementos utilizados assim como as suas explicações (adaptado de [51]).

Elementos utilizados na análise de MEF		
Tipo de elemento	Representação	Explicação
Elementos unidimensionais		São constituídos por elementos de barra, de viga ou estrutura, apresentando uma área com uma seção bem definida, através de linhas retilíneas.
Elementos bidimensionais		Estes tipos de elemento encontram-se limitados a carregamentos no seu plano, apresentando uma forma triangular ou retangular.
Elementos tridimensionais		Estes são os elementos mais comuns podendo apresentar 4 ou 6 faces, sendo usadas para análises tridimensionais de tensões.
Elementos axisimétricos		São elementos formulados pela rotação de 360 graus de uma forma bidimensional em torno do eixo de revolução do corpo, modelando geometrias e carregamentos.
Elementos de placa		São elementos que modelam corpos de espessura fina, modelando placas planas com carregamentos fora do plano, provocando um efeito de flexão.
Elementos de casca		São elementos que modelam corpos de espessura fina, suportando esforços de membrana, transversos e flexão podendo exibir curvatura nos eixos.

Uma análise de MEF necessita da criação de uma malha de elementos finitos, onde depois essa malha contabiliza deslocamentos e forças nos nós. A forma geométrica que se obtém unindo esses nós, define o tipo de elemento. Sendo assim a geometria dos elementos que contém arestas planas, se o domínio apresentar fronteiras curvas é impossível incluí-la na globalidade na malha de elementos finitos. Este exemplo está retratado na Figura 28, onde vê-se que o refinamento da

malha permite que o número de elementos seja maior, além de se conseguir uma aproximação ainda mais próxima do domínio [51].

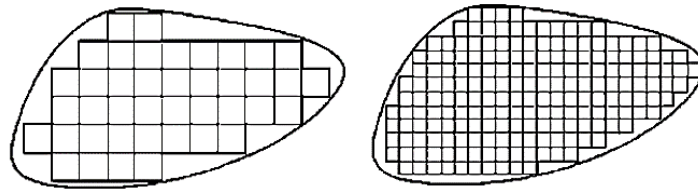


Figura 28- Diferentes malhas aplicadas na mesma geometria [51].

2.3.3. Manutenção industrial

Segundo a norma NP (portuguesa) o conceito de manutenção pode definir-se como a combinação de vários tipos de ações para melhorar os ciclos de determinados processos. A manutenção é muito importante em qualquer que seja a indústria uma vez que permite que as quebras na produção sejam reduzidas, permitindo assim uma diminuição de custos reduzindo assim o rácio presente na Equação 17 [52].

$$\text{Rácio} = \frac{\text{Despesas de manutenção} + \text{Custos de paragem acidentais}}{\text{Serviço efetuado}} \quad (17)$$

Por isso, a manutenção cada vez mais tem assumido uma importância crescente ao nível da reorganização do setor industrial, uma vez que com a globalização dos mercados, a concorrência é cada vez maior exigindo que os produtos produzidos tenham cada vez maior, qualidade a preços mais competitivos. Os lucros das empresas podem ser aumentados aumentando a produção e, por conseguinte, as vendas, minimizando as avarias através da manutenção das máquinas. Portanto a manutenção é uma atividade importante na vida do equipamento para obter alta disponibilidade da máquina a custos baixos [53]. Podemos então concluir que o objetivo geral da manutenção consiste em fazer uso do conhecimento de falhas e acidentes para alcançar a melhor segurança possível com o menor risco possível e aumentar a disponibilidade dos equipamentos [54].

A manutenção aplicada numa determinada máquina pode ter várias abordagens, havendo assim vários tipos de manutenção como pode ser observado na Figura 29.

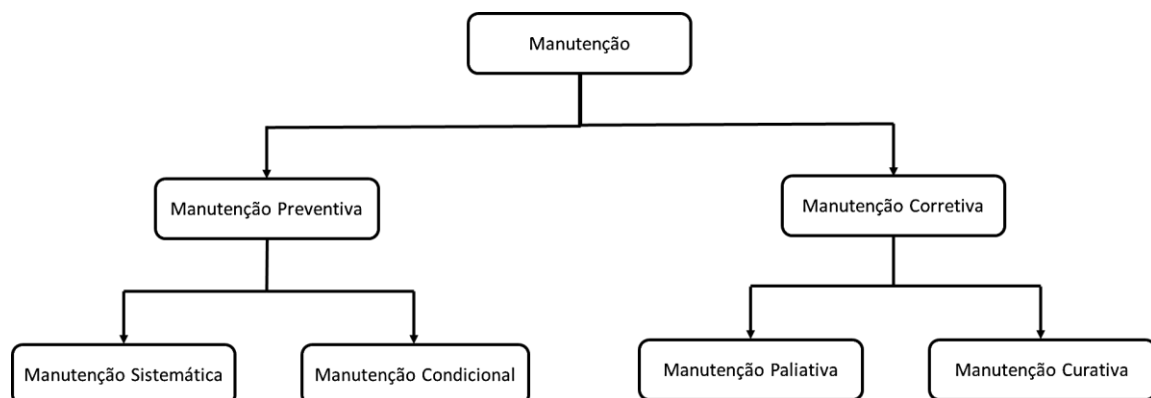


Figura 29- Tipos de manutenção existentes (adaptado de [52]).

As atividades de manutenção podem ser divididas em cinco níveis conforme está demonstrado na Tabela 18.

Tabela 18- Níveis de manutenção e as suas características (adaptado de [52], [55]).

Níveis de manutenção		
Nível de manutenção	Ciclos	Características
Nível I (executado pelo operador)	A cada 48 horas.	-Diagnóstico da máquina feito pelo operador; -Substituição de componentes de desgaste; Afinações previstas pelo construtor.
Nível II (executado por um técnico)	A cada 1 mês.	-Substituição e reparação de peças <i>standart</i> e pequenas operações de manutenção.
Nível III (executado por um técnico especializado)	A cada 6 meses.	-Identificação e diagnósticos de avarias; -Substituição de componentes funcionais da máquina.
Nível IV (executado por uma equipa de manutenção)	A cada 1 ano ou quando a máquina parar.	-Desmontagem e inspeção do sistema central de funcionamento da máquina; -Teste de performance e produção; -Trabalhos de todos os tipos de manutenção.
Nível V (executado por uma equipa de manutenção)	Quando a máquina necessitar.	-Trabalhos de renovação de componentes, de construção ou mesmo de reparações.

Para além dos tipos de manutenção anteriormente referidos, existe atualmente um conceito de manutenção mais moderno denominado por manutenção produtiva total (MPT).

- **Manutenção corretiva**

A manutenção corretiva é caracterizada por ser uma tarefa utilizada para identificar, corrigir e reparar a falha provocada por uma determinada causa, para um sistema que está com uma avaria, podendo esta falha estar associada ao sistema da máquina ou algum dos seus componentes [52]. Este tipo de manutenção é caracterizado por cargas de trabalhos irregulares, uma preparação do trabalho deficiente, as peças existentes para substituição têm de existir em stock, perda de produção do produto e diagnósticos mais rápidos [56].

A manutenção corretiva pode ser ainda dividida em manutenção paliativa (reparação provisória para não interromper a produção) e manutenção curativa (reparação definitiva do componente) [52].

- **Manutenção preventiva**

A manutenção preventiva baseia-se na programação de atividades de manutenção de forma ordenada e coordenada, sendo este processo anteriormente programado para uma determinada data [57]. Este tipo de manutenção permite aumentar a fiabilidade de um equipamento, diminuindo as avarias, diminuição das quebras de produção, alivia carga de trabalho e aumenta o stock de peças de substituição da máquina [52].

A manutenção preventiva pode também ser dividida em manutenção sistemática (através de um plano, em intervalos fixos de tempo, de modo que a máquina esteja sempre em funcionamento) e em manutenção condicional (realizada em função do estado dos componentes, uma vez que este tipo de manutenção só se faz quando é absolutamente necessário, ou seja quando a máquina está próxima da avaria) [56].

- **Manutenção produtiva total**

A manutenção produtiva total, é um tipo de manutenção que exige a participação de todos os elementos da cadeia operativa. Esse tipo de manutenção procura maximizar a eficiência das máquinas, eliminando qualquer tipo entraves à produção contínua. Com a MPT, é possível aumentar a produtividade, reduzir as paragens da máquina, melhorar o desempenho, diminuir os custos de manutenção e, conseqüentemente, aumentar a satisfação do cliente, uma vez que o produto se torna mais acessível. [56],[58].

2.3.4. Gestão da qualidade

Qualquer equipamento ou máquina deve ter sempre um alto rendimento no seu funcionamento, proporcionando ao trabalhador excelentes condições de segurança e otimizando a qualidade do serviço prestado. A gestão de qualidade é considerada uma abordagem utilizada para melhorar a qualidade da produção e organização de uma indústria. O objetivo da qualidade é alcançar a melhoria contínua dos procedimentos organizacionais e técnicos para alcançar as expectativas do cliente e assim estabelecer-se benefícios competitivos [59]. O conceito de qualidade pode ter ainda várias dimensões, ou seja, a forma como os clientes entendem a qualidade, nomeadamente:

- Características técnicas e funcionais;
- Serviço;
- Aparência estéticas;
- Preço;
- Custo do ciclo de vida;
- Segurança e ambiente;
- Assistência técnica;
- Garantia e gestão da qualidade.

A gestão de qualidade pode ser definida em três divisões para se conseguir simplificar o conceito, sendo estas: em conceção, fabrico/prestação de serviço e utilização. De uma forma resumida a qualidade de conceção consiste em que o projeto deve corresponder às expectativas do cliente. A qualidade do fabrico consiste em que o produto pedido deve ter todas as especificações exigidas pelo cliente e a qualidade na utilização consiste em que o produto produzido cumpra todos os requisitos e que desempenhe o seu trabalho sem qualquer tipo de falha [60].

Sendo assim a qualidade pode ser dividida em duas categorias [60]:

- **Características funcionais**- diretamente ligadas ao consumidor, permitindo ao produto dar resposta às necessidades do operador.

- **Características técnicas**- diretamente ligadas a uma solução técnica.

Os custos estão relacionados com a qualidade, mas o preço a que é vendido produto está mais relacionado com o nível de qualidade e o mercado (Figura 30).

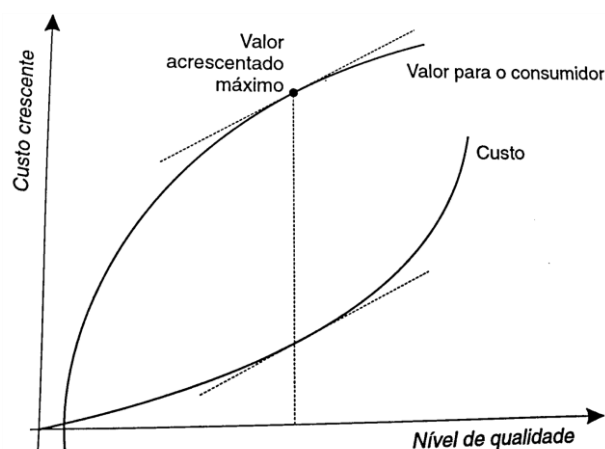


Figura 30- Nível de qualidade vs Custo crescente [60].

Pode-se ainda dizer que as práticas de gestão de qualidade (liderança, gestão de pessoas, foco no cliente, fornecedores, gestão de processos) facilita a inovação. A inovação muitas vezes é algo introduzido pelo cliente, podendo introduzir mudanças no próprio produto fabricado, o que automaticamente obriga a empresa a ser ainda mais rigorosa no controlo de qualidade da produção do novo produto [61]. A maior parte dos problemas de qualidade têm origem nas fases anteriores ao fabrico como se pode observar a Tabela 19.

Tabela 19- Origem dos principais problemas da qualidade (adaptado de [60]).

Origem dos problemas de qualidade	
Falta de testes (fabrico, produção...)	36%
Especificações erradas	16%
Planificação de trabalho	14%
Erros humanos	12%
Métodos de inspeção	10%
Imprevistos	8%
Outros	4%

Estes tipos de problemas podem provocar graves consequências, pois as suas correções têm elevados custos económicos, tendo também impacto nas operações de fabrico e nas devidas inspeções. Estes erros também criam insatisfação do cliente uma vez que influenciam o cumprimento de prazos e a própria qualidade do produto que está a ser produzido [60].

2.3.5. Trabalhos de implementação do FMEA

Na Tabela 20 apresenta-se alguns trabalhos elaborados por vários autores sobre a implementação do processo FMEA (Análise de Modo e Efeito de Falha) na indústria.

Tabela 20- Trabalhos elaborados sobre a implementação do FMEA (elaboração própria).

Referências bibliográficas	Descrição do trabalho
Using Failure Mode Effect Analysis to Increase Electronic Systems Reliability [62]	Este artigo foca-se em melhorar a confiabilidade dos sistemas eletrônicos na indústria de fabricação e embalagem usando a técnica FMEA. O artigo apresenta um resumo breve da pesquisa feita na área da eletrônica, descrevendo os benefícios e as limitações do FMEA, comparando vários FMEA. Com base nisso apresenta um formulário projetado exclusivamente para a indústria de sistemas eletrônicos e fornece uma lista de modos de falha que devem ser considerados durante a utilização de sistemas eletrônicos. Embora não seja possível antecipar todos os modos de falha, o artigo formula uma extensa lista de possíveis modos de falha.
Risk analysis for occupational safety and health in the textile industry: Integration of FMEA, FTA, and BIFPET methods [63]	Este estudo permitiu identificar os riscos de saúde e segurança que põe em risco os trabalhadores nos sistemas de produção. Com base no FMEA foi analisado e avaliado os riscos potenciais de um processo de acabamento no departamento de pintura de tecidos de uma empresa têxtil. Com este estudo foi possível descobrir a falha que se repetia mais e, para além disso, os resultados obtidos pelo estudo indicaram que a abordagem proposta para resolver o problema pode ser implementada na prática para realizar procedimentos de avaliação de risco abrangentes, pois reflete a dinâmica da vida real para analisar e avaliar o risco.
Deployment of an FMEA-Integrated Framework to Improve Operational Performance in Semiconductor Manufacturing: A Case Study [64]	Este estudo permitiu oferecer diretrizes à indústria da manufatura para quantificar o desempenho operacional dentro da metodologia FMEA através do indicador de desempenho operacional. O projeto para fabricação e montagem fornece diretrizes sistemáticas para o desenvolvimento de ações corretivas para eliminar ou reduzir a ocorrência de falhas, enquanto fortalece o controle atual para evitar a entrega de qualquer não conformidade aos clientes. A aplicação do FMEA na estrutura permitiu melhorar a eficiência geral do equipamento produzido.
Data-Driven Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) to Enhance Maintenance Planning [65]	O artigo apresenta uma metodologia (FMEA) baseada em dados, usando modelos com base em dados históricos da utilização de ferramentas de investimento industrial. A metodologia desenvolvida visa apoiar o planejamento de manutenção de ferramentas de investimento industrial, aumentando o suporte à decisão. O <i>framework</i> desenvolvido é aplicado e validado por um estudo de caso do setor da aviação. Os resultados mostram que a precisão da previsão de falhas é de cerca de 95%. Ao integrar esses resultados em uma estrutura de FMEA baseada em dados, as estimativas de ocorrência de risco e falha são menos subjetivas.
A Study on Solving the Production Process Problems of the Photovoltaic Cell Industry [66]	Neste artigo tendo em conta os exemplos da tecnologia fotovoltaica chinesa (fabricantes de células), integrou três métodos de pesquisa e propôs um novo modelo de análise FMEA-IPA-DEMATEL. Primeiramente, o FMEA foi aplicado para identificar os fatores a serem melhorados. Em segundo lugar, a IPA foi utilizada para discutir a melhoria da importância e desempenho dos fatores. Em terceiro lugar, DEMATEL foi usado para explorar a relação causal e interação entre os fatores. Finalmente, este estudo ajudou a tomar de decisão e a identificar os principais problemas a serem melhorados dando ainda sugestões sobre a sequência de resolução de problemas. O modelo FMEA-IPA-DEMATEL combinou os pontos fortes dos três métodos e utiliza os recursos mínimos para priorizar os projetos a serem aprimorados, com a finalidade de melhorar o desempenho da gestão.

Using cost based FMEA to Enhance Reliability and Serviceability [67]	Este artigo aborda os problemas do FMEA e apresenta uma nova metodologia, <i>Life Cost-Based FMEA</i> , que mede o risco em termos de custo. Com base no custo de vida, o FMEA é útil para comparar e selecionar alternativas de projeto que podem reduzir o custo geral do ciclo de vida de um determinado sistema. Em seguida, uma simulação foi aplicada ao <i>Life Cost-Based FMEA</i> para contabilizar as incertezas em: tempo de detecção, tempo de fixação, ocorrência, tempo de atraso, tempo de inatividade e cenários complexos de modelação. Um estudo de caso de um acelerador de partículas em larga escala mostra as vantagens da abordagem proposta numa previsão do custo de falha do ciclo de vida, medição de risco, manutenção preventiva, manutenção condicionada e também diminuição do tempo de atividade.
A Matrix FMEA Analysis of Variable Delivery Vane Pumps [68]	Os sistemas hidráulicos são amplamente utilizados nas indústrias desempenhando funções que exigem alta confiabilidade, o que pode ser alcançado analisando as causas de possíveis efeitos e falhas e tomando as medidas preventivas adequadas. Neste artigo é aplicada a metodologia FMEA para priorizar as potenciais falhas e suas causas em relação às funções desempenhadas pelos componentes da bomba.
Automated Model-based FMEA of a Braking System [69]	Este artigo apresenta um trabalho sobre automação baseada em modelos FMEA aplicados à parte hidráulica de um sistema de travagem de um veículo. São apresentadas as partes essenciais dos modelos de componentes hidráulicos adequados para as previsões necessárias para o FMEA. Esses modelos são baseados em restrições, que capturam a resposta dinâmica dos sistemas numa fase inicial e determinam os desvios da função nominal do dispositivo, apresentando também os resultados do FMEA com base nesse modelo.

3. DESENVOLVIMENTO

Neste capítulo será apresentado todo o desenvolvimento da dissertação, assim como a descrição do estudo para a posterior conclusão dos resultados.

3.1. Entidade acolhedora

A Adira Metal Forming Solutions (Figura 31) é uma empresa que atualmente está localizada em Vila Nova de Gaia, distrito do Porto, Portugal, sendo uma empresa que produz máquinas de conformação de chapa (quinadoras e guilhotinas) e a revenda de máquinas de corte laser da parceria atualmente em vigor com a Mitsubishi, disponibilizando para além destes equipamentos, soluções integradas automatizadas de produção modernas.

Nestes últimos anos a Adira foi adquirida pelo Grupo Sonae Capital, sendo atualmente o seu único acionista. A Adira apresenta-se como uma empresa que investe no desenvolvimento e inovação dos seus equipamentos tendo, ao longo dos anos, satisfeito diversos clientes a nível nacional e internacional.



Figura 31- Instalações da Adira em Vila Nova de Gaia (adaptado de [7]).

A Adira têm uma vasta oferta de produtos de conformação e corte de chapa, tendo vários tipos de máquinas em produção. Relativamente às quinadoras hidráulicas estas estão divididas numa série ligeira, as PA- *Press Accuracy* e numa série pesada as PH- *Press Heavy*. A Adira também produz quinadoras híbridas (PF- *Press Fast*), quinadoras elétricas (BB- *Blue Bender*) e ainda oferece soluções especiais, com o objetivo de aumentar a produtividade e eficiência de um determinado produto, sempre com elevado nível de segurança.

Em relação às guilhotinas, a Adira oferece duas soluções distintas, mas ambas hidráulicas para o corte de chapa sendo que a sua principal diferença está na espessura de chapa que se pretende cortar e o ângulo que se pretende dar ao corte. As guilhotinas GH, são as máquinas para corte de chapa de menor espessura e onde o ângulo de corte é fixo, já as guilhotinas GV caracterizam-se por cortar espessuras de chapa maiores e também por o seu ângulo de corte ser variável.

3.2. Objetivos do trabalho

O principal objetivo deste trabalho é a identificação das principais avarias nas máquinas em processo de produção, de modo a conseguir-se tirar algumas conclusões quanto ao tipo de soluções possíveis para combater as avarias mais frequentes que aparecem nas máquinas. Para a identificação de avarias é utilizado o método FMEA, descobrindo assim as avarias mais preocupantes e ainda será feito um redimensionamento de cilindros e dos fusos.

Este trabalho surge como necessidade de minimizar as avarias nas novas máquinas em produção para reduzir futuras avarias que têm sido recorrentes, assim como aquelas em que o tempo de paragem é elevado, originando um elevado custo devido à quebra de rendimento da máquina. Serão estudadas as falhas em todas as vertentes anteriormente referidas para duas quinadoras, uma elétrica e uma hidráulica e também uma guilhotina hidráulica. Será ainda realizada uma otimização de alguns processos utilizados na Adira (Figura 32), de modo a facilitar alguns tipos de serviços como o planeamento de trabalhos (Figura 32-C), as assistências remotas (Figura 32-A), fabrico de peças para manutenção/reparação de calcadores (Figura 32-D) ou mesmo a implementação de alguns processos de qualidade (Figura 32-B).



Figura 32- A-Óculos introduzidos para assistências remotas [70]. B- Controlo da qualidade[71]. C-Design da folha de apresentação do *Service Mobile* [72]. D- Exemplo de um calcador utilizado numa guilhotina [73].

O estudo de uma ferramenta para facilitar a manutenção corretiva aos calcadores de uma guilhotina será fundamental pois estes componentes têm muitas falhas, sendo estes os elementos que pressionam a chapa e permitem a sua imobilização durante o corte da chapa. Esta ferramenta vai ser testada utilizando o método dos elementos finitos para validar o seu dimensionamento. O fabrico deste modelo é extremamente vantajoso pois vai permitir que a reparação de calcadores não seja dependente do cliente e das condições que este disponibilizar. Esta ferramenta vai ser versátil pois vai poder ser utilizada em qualquer modelo de calcadores, independentemente da máquina pois existem várias máquinas com diversos tipos de calcadores com dimensões e diâmetros diferentes.

3.3. Principais avarias em quinadoras e guilhotinas

Para a recolha das avarias em quinadoras e guilhotinas foi feita uma seleção de todas as máquinas ainda em produção, pois o departamento de *Service* da Adira faz reparação e manutenção a qualquer tipo de máquina independentemente do seu ano de produção. Para o estudo analisou-se

assim as avarias ocorridas no ano de 2021 e 2022 das máquinas anteriormente enunciadas, para se perceber qual as avarias mais frequentes e mais graves ocorrentes neste tipo de máquinas. Nos próximos subcapítulos serão descritas as abordagens realizadas para análise das avarias, sendo numa primeira fase feito um estudo tendo em conta a quantidade de avarias e o modelo da máquina, ou seja, a sua frequência. Numa segunda fase fez-se a análise tendo em conta o tempo de paragem da máquina e por fim uma análise tendo em conta o custo da reparação. É importante referir que a seleção de avarias foi feita desprezando algumas características como o comprimento total de trabalho da máquina pois esta pode variar, assim como a tonelagem máxima que máquina pode aplicar na peça a quinar ou a cortar.

3.3.1. Quantidade de avarias das máquinas em produção

Como anteriormente referido foram analisadas a quantidade de avarias existentes nas máquinas em produção, diferenciando-se estas em quinadoras e guilhotinas. É importante referir que as soluções especializadas produzidas pela Adira não foram contabilizadas neste estudo, sendo apenas analisadas as máquinas ditas normais nesta análise.

Na Tabela 21 estão representadas a quantidade de avarias existentes nas quinadoras produzidas pela Adira no ano de 2021 e 2022.

Tabela 21- Quantidade de avarias nas quinadoras em produção.

Quantidade de avarias nas quinadoras		
Tipo de quinadora	Ano 2021	Ano 2022
PA/PA Plus (<i>Press Accuracy</i>)	25	20
PF (<i>Press Fast</i>)	9	10
PH (<i>Press Heavy</i>)	19	12
BB (<i>Blue Blender</i>)	21	22

Através da análise da informação recolhida apresentada na tabela anterior, conseguimos concluir que as quinadoras com maior número de avarias são as PA (*Press Accuracy*), sendo estas quinadoras do tipo hidráulicas. De referenciar que as quinadoras elétricas (BB-*Blue Blender*) também têm um número considerável de avarias associadas. Sendo assim as quinadoras analisadas, nesta dissertação serão as PA e as BB devido ao seu maior número de avarias e também por estas serem de tipos diferentes, ou seja, hidráulicas e elétricas, respetivamente.

Na Tabela 22 estão apresentadas as quantidades de avarias reportadas para as guilhotinas em produção pela Adira no ano de 2021 e 2022.

Tabela 22- Quantidade de avarias nas guilhotinas em produção.

Quantidade de avarias nas guilhotinas		
Tipo de guilhotina	Ano 2021	Ano 2022
GH (Guilhotina hidráulica)	29	33
GV (Guilhotina hidráulica)	6	2

Após a observação da tabela anteriormente apresentada, verificamos que as guilhotinas onde há um maior número de avarias são as GH. De referenciar que estas guilhotinas hidráulicas são destinadas a cortar chapa com espessuras entre 4 e 13 mm, permitindo um ajuste manual ou automático para a regulação da folga entre lâminas, com um corte da chapa com ângulo fixo. Já as GV permitem o corte de chapa com espessuras entre os 16 mm e os 25 mm com ângulo variável. As avarias analisadas serão as da guilhotina GH, uma vez que são as mais produzidas atualmente, sendo o seu número de avarias também maior.

3.3.2. Tipo de avarias nas máquinas selecionadas

Após a seleção das máquinas para a análise das avarias, é necessário selecionar as avarias tendo em conta as que são mais críticas, para posteriormente se tentar perceber as causas e possíveis soluções a implementar. Este processo será feito, dividindo as máquinas e analisando individualmente as avarias nas quinadoras e guilhotinas.

Através da análise das avarias retiradas será possível estabelecer um padrão de ocorrência, sendo assim possível classificar quais as avarias mais importantes a considerar. Como referido anteriormente, as avarias foram primeiramente selecionadas seguindo o critério de reincidência e tendo em consideração a máquina em estudo, depois o seu custo de reparação e por fim tendo em conta o tempo de paragem a que a máquina poderia estar sujeita. As falhas selecionadas podem corresponder pelo menos a um dos parâmetros arbitrados para o estudo ou a vários.

- **Quinadoras PA**

As avarias recolhidas e posteriormente analisadas nas quinadora PA (quinadora hidráulica) que correspondem aos parâmetros anteriormente descritos são, nomeadamente:

- Fuga de óleo nos cilindros;
- Avental não têm pressão suficiente para quinar;
- Cabos traçados no pedal ou no pendural do comando;
- Problemas do paralelismo do esbarro (desafinação);
- Válvulas H6 e H7 (de acordo com o circuito em anexo) encravam com regularidade;
- Fuga de óleo através da tampa do depósito.

Através da Tabela 23 é possível observar as causas para a escolha das avarias anteriormente apresentadas.

Tabela 23- Justificação para a escolha das avarias para as quinadoras PA.

Avaria selecionada	Parâmetro para a escolha da avaria
Fuga de óleo nos cilindros	Frequência da avaria
	Custo da reparação
	Tempo de paragem
Avental não têm pressão suficiente para quinar	Frequência da avaria
	Tempo de paragem
Cabos traçados no pedal ou pendural do comando	Frequência da avaria
	Tempo de paragem

Problemas do paralelismo do esbarro	Frequência da avaria
Válvulas H6 e H7 encravam com regularidade	Frequência da avaria Custo da reparação
Fuga de óleo através da tampa do depósito	Tempo de paragem Frequência da avaria

Através da tabela anteriormente apresentada é possível constatar que avaria mais crítica, uma vez que corresponde aos três parâmetros selecionados é a fuga de óleo nos cilindros, sendo esta uma avaria onde o seu custo de reparação é elevado e onde o tempo de paragem a que a máquina está sujeita também é bastante considerável. De constatar ainda que das outras avarias em análise, os problemas do paralelismo do esbarro foram apenas selecionados pela sua enorme frequência ao longo do tempo. Por fim é importante referir que de todas as avarias identificadas, algumas foram desprezadas por não corresponderem às exigências dos parâmetros selecionados.

• Quinadoras BB

As avarias recolhidas e posteriormente analisadas nas quinadora BB (quinadora elétricas) que correspondem aos parâmetros anteriormente descritos são, nomeadamente:

- Fuso danificado;
- Inclinação do avental da máquina;
- Problemas nos variadores (*servo drives*);
- Problema no motor do eixo R.

Observando a Tabela 24 é possível perceber as avarias selecionadas em função dos parâmetros escolhidos.

Tabela 24- Justificação para a escolha das avarias para as quinadoras BB.

Avaria selecionada	Parâmetro para a escolha da avaria
Fuso danificado	Frequência da avaria Custo da reparação Tempo de paragem
Inclinação do avental da máquina	Frequência da avaria
Problemas nos variadores (<i>servo drive</i>)	Custo da reparação
Problema no motor do eixo R	Tempo de paragem Custo da reparação

Com a análise da tabela anteriormente representada, podemos constatar que nas quinadoras BB, o fuso danificado é avaria mais crítica pois subscreve todos os parâmetros selecionados. Podemos ainda constatar que neste tipo de máquinas as avarias relacionadas com a inclinação da máquina e problemas nos variadores foram selecionadas por corresponderem apenas a um dos parâmetros, neste caso frequência da avaria e custo da reparação, respetivamente.

• Guilhotinas GH

As avarias recolhidas e posteriormente analisadas nas guilhotinas GH (guilhotinas hidráulicas) que correspondem aos parâmetros anteriormente descritos são, nomeadamente:

- Fuga de óleo nos cilindros;
- Fuga de óleo nos calcadores;
- Tubos de iluminação de linha de corte LED fundem com frequência.

Com base na Tabela 25 é possível analisar as avarias selecionadas tendo em conta os parâmetros escolhidos no início do estudo.

Tabela 25- Justificação para a escolha das avarias para as guilhotinas GH.

Avaria selecionada	Parâmetro para a escolha da avaria
Fuga de óleo nos cilindros	Custo de reparação Tempo de paragem
Fuga de óleo no calcadores	Frequência da avaria Tempo de paragem Custo da reparação
Lâmpadas de iluminação de linha de corte fundem	Frequência da avaria

Verifica-se então que a fuga de óleo nos calcadores de uma guilhotina é a avaria mais crítica, sendo que os calcadores são elementos que pressionam a chapa contra a base da guilhotina permitindo que esta durante o corte esteja impedida de movimento. Por si só as lâmpadas de iluminação foram uma avaria escolhida devido à sua frequência em termos de ocorrência.

Após a apresentação de todas as avarias escolhidas das diferentes máquinas selecionadas, é necessário fazer um estudo para perceber quais as possíveis causas para a ocorrência das avarias, para depois se investigar possíveis soluções para mitigar/diminuir ou mesmo eliminar a avaria da máquina. Para essa análise e para se conseguir retirar conclusões, será utilizada a técnica de análise de modo e efeito de falha (FMEA), para cada máquina. Com a aplicação desta técnica, na produção de futuras máquinas pode-se conseguir aumentar a qualidade dos produtos produzidos, aumentar a segurança e também a fiabilidade diminuindo assim a probabilidade de existência de avarias.

Nos subcapítulos seguintes serão apresentados modelos para o estudo FMEA, sendo que o primeiro é para a análise das avarias recolhidas e o segundo para posteriores avarias encontradas em outras máquinas produzidas na Adira.

3.3.3. Apresentação do modelo para a análise FMEA das avarias

Para uma análise FMEA é necessário a construção de um formulário, tendo este de conter todas as informações necessárias, como máquina a avaliar, o componente em estudo a função do componente, o modo de falha, efeitos e potenciais modos de falha, o respetivo cálculo do risco e por fim uma possível ação recomendativa para combater a falha.

A Tabela 26 representa o formulário criado para fazer a análise das avarias, para as diferentes máquinas produzidas na Adira.

Tabela 26- Formulário criado para utilizar o método FMEA para a análise das avarias.

Análise de modo e efeito de falha (FMEA)**Modelo da máquina:**

Nome do componente	Função do componente	Modo(s) de falha	Causa da falha	(O)	(S)	(D)	Risco (O)*(S)*(D)	Ação recomendada
Componente nº1	-	-	-	-	-	-	-	-
Componente nº2	-	-	-	-	-	-	-	-

Com as várias avarias selecionadas, pode-se agora classificar essas falhas segundo os três critérios representados na tabela anterior, sendo estes a ocorrência (O), a severidade (S) e a detecção (D), para assim ser possível calcular o risco associado, através do produto destes três fatores. Sendo assim, é necessário criar valores de ocorrência (entre 0 e 10) para se saber com que frequência uma determinada falha se repete, estando essa informação representada na Tabela 27.

Tabela 27- Valores em função dos critérios de ocorrência.

Classificação	Critérios
1	Acontece remotamente
2	Frequência muito baixa: 1 vez a cada 5 anos
3	Pouco frequente: 1 vez a cada 2 anos
4	Frequência baixa: 1 vez por ano
5	Frequência ocasional: 1 vez por semestre
6	Frequência moderada: 1 vez por mês
7	Frequente: 1 vez por semana
8	Frequência elevada: algumas vezes por semana
9	Frequência muito elevada: 1 vez ao dia
10	Frequência máxima: várias vezes ao dia

Na Tabela 28 estão representados os valores de severidade ou gravidade da falha, tendo em conta o seu respetivo efeito.

Tabela 28- Valores em função dos critérios de severidade.

Classificação	Critérios
1	Não detetável na máquina
2	Gravidade reduzida: causa pouco desagrado ao cliente
3	
4	
5	Gravidade moderada: cliente insatisfeito com perda de produção
6	
7	
8	Gravidade elevada: elevada insatisfação do cliente
9	
10	

Por fim, é necessário calcular o nível de detecção das avarias para assim ser possível calcular o risco, estando esses critérios retratados na Tabela 29.

Tabela 29- Valores em função dos critérios de detecção.

Classificação	Critérios
1	Deteção praticamente certa da falha
2	Muita elevada probabilidade de deteção da falha
3	Elevada probabilidade de deteção da falha
4	Moderada probabilidade de deteção da falha
5	Moderadamente baixa probabilidade de deteção da falha
6	Baixa probabilidade de deteção de falha
7	Muito baixa probabilidade de deteção de falha
8	Remota probabilidade de deteção de falha
9	Muito remota probabilidade de deteção de falha
10	Não é possível detetar a falha

Após a obtenção de todos os critérios, é possível determinar o risco através da multiplicação de todos estes fatores, conseguindo-se alcançar possíveis soluções corretivas ou preventivas para as avarias em estudo. O valor do risco será associado a três cores distintas, para assim se conseguir classificar se uma atividade é crítica ou não. A cor branca (sendo o valor de risco menor ou igual a 45), significa que a falha em estudo não é crítica uma vez que o valor do risco obtido é muito baixo. A cor amarela (sendo o valor de risco maior que 45 e menor que 90) significa que o risco é intermédio e a ação necessária para contrariar essa falha têm de ser estudada, mas não é extremamente urgente. Por fim temos a cor vermelha (sendo o valor de risco superior a 90) que representa o valor mais elevado de risco, onde a ação recomendada tem de ser imediata para se tentar solucionar a falha o mais rápido possível.

3.3.4. Análise FMEA às principais avarias encontradas

Nos três pontos seguintes será feita uma análise FMEA, às avarias selecionadas através do modelo apresentado anteriormente assim como causas e possíveis soluções.

- **Quinadoras PA**

A Tabela 30 representa a análise FMEA às quinadoras PA (quinadoras hidráulicas) produzidas na Adira, onde se analisam as falhas selecionadas e se calcula o seu nível de risco.

Tabela 30- Análise FMEA às falhas existentes nas quinadoras PA.

Análise de modo e efeito de falha (FMEA)								
Modelo da máquina: Quinadora PA								
Nome do componente	Função do componente	Modo(s) de falha	Causa da falha	(O)	(S)	(D)	Risco (O)*(S)*(D)	Ação recomendada
Cilindros	Movimenta o avental	Fuga de óleo nos cilindros	Ainda em estudo	3	8	5	120	Dimensionamento de novos cilindros

Avental móvel	Suporte dos intermediário e dos punções	Não têm pressão suficiente para quinar	Problema na bomba da máquina	2	6	3	36	Manutenção preventiva, para substituição do óleo, filtros e verificação de todos os componentes do grupo energético
Pedal ou pendural do comando	Coordenam e dão ordens de movimentos à máquina	Cabos traçados no pedal e no braço que faz ligação ao comando	Má utilização do operador do pedal e do braço	3	7	3	63	Instrução ao operador para o precaver determinados movimentos para evitar o corte dos cabos
Esbarro	Local onde o material encosta	Ausência de paralelismo (desafinação dos esbarros)	Utilização excessiva dos esbarros sem manutenção	2	6	5	60	Manutenção preventiva das empresas, para impedir esse tipo de falha
Válvulas	Coordenam as ações do circuito hidráulico	Válvulas falham	Problema no relé que coordena a válvula	3	7	5	105	Estudo para nova medição e de corrente e potência, para a escolha de um novo relé
Depósito	Armazena o óleo	Fuga pela tampa do depósito	Ausência de um filtro de ar	5	6	3	90	Colocação de um filtro de ar no depósito

Com este estudo percebeu-se que a falha com maior risco é a fuga de óleo nos cilindros. Através de uma análise dessa avaria não se conseguiu perceber qual a real causa dessa falha, por isso como solução para estudo, será realizado um novo dimensionamento dos cilindros tendo em vista a redução da pressão de trabalho o que do ponto de vista energético é bastante favorável. Outro dos problemas avaliados com elevado nível de risco, é o problema de as válvulas encravarem frequentemente impedindo o funcionamento normal da máquina. Através de uma recolha constante de informação foi perceptível que a causa para esta falha se devia ao problema do relé que coordena as válvulas, sendo que uma possível solução para a diminuição deste problema é a utilização de um relé mais resistente, ou seja, com maior corrente. A última falha com risco elevado selecionada para o estudo é a fuga de óleo hidráulico pela tampa do depósito podendo esta ser controlada através da implementação de um filtro de ar no depósito. Esta falha deve-se à ausência de um filtro de ar no depósito da máquina

Analisando-se as restantes avarias, conclui-se que o resultado para o cálculo do risco é relativamente mais baixo. Tendo em conta os riscos intermédios (sombreados a amarelo) percebemos que ambas as falhas são por falta de manutenção ou descuido do operador em termos de utilização correta do equipamento. Observando as informações da tabela percebe-se que a falha do esbarro se deve à falta de manutenção e o corte dos cabos do pedal ou do braço por má utilização por parte do operador. No caso do pedal este deve estar devidamente isolado e deve estar longe de qualquer tipo de ambiente húmido ou corrosivo de modo que a sua conservação seja maior. Em relação ao comando é necessário o operador ter cuidado na sua rotação, uma vez que esta está limitada por um batente e este não deve ser forçado. Por fim a última avaria que provoca mau funcionamento das máquinas e por conseguinte falta de força durante a quinação,

As outras falhas em avaliação têm um risco muito menor tendo em conta os fusos utilizados nas quinadoras elétricas, mas também têm importante relevância. Quando a máquina tem problemas nos variadores, também denominados de *servo drives*, estes existem porque nas correntes elétricas de algumas empresas, muitas vezes existem picos de tensão que afetam o funcionamento pleno do variador o que consequentemente, impedem o funcionamento normal máquina.

Outras das falhas que foi analisada foi o mau funcionamento dos lasers, onde se conclui que estes na grande maioria das vezes estão mal calibrados por parte do operador, devido à falta conhecimento. Ambas as restantes avarias também têm um baixo risco e poderiam ser evitadas através de uma manutenção preventiva da máquina de acordo com o manual do fabricante.

- **Guilhotinas GH**

A Tabela 32 representa as falhas selecionadas para a guilhotina GH (guilhotinas hidráulicas) em estudo utilizando o método FMEA para essa análise.

Tabela 32- Análise FMEA às falhas existentes nas guilhotinas GH.

Análise de modo e efeito de falha (FMEA)

Máquina: Guilhotina GH

adira

Nome do componente

Função do componente

Modo(s) de falha

Causa da falha

(O)

(S)

(D)

Risco (O)*(S)*(D)

Ação recomendada

Cilindros	Movimenta o avental	Fuga de óleo nos cilindros	Ainda em estudo	2	8	5	80	Dimensionar novos cilindros
Calcadores	Fixa a chapa para depois se cortar	Fuga de óleo nos calcadores	Impurezas na barra que suporta o calcador	4	8	3	96	Novo procedimento de limpeza na barra
Tubo de iluminação Led	Iluminação da linha de corte	Iluminação fundida	Ainda em estudo	5	3	1	15	Substituição por lâmpadas mais resistentes

Com a tabela apresentada anteriormente, é possível perceber que a fuga de óleo nos cilindros, tal como nas quinadoras, continua a ser um problema e uma falha com elevado nível de risco. Como já visto anteriormente nas quinadoras, não se conseguiu selecionar qual a verdadeira causa para a existência de tantas fugas por isso a solução proposta para estudo é um dimensionamento de cilindros tendo em conta redução da pressão de trabalho que do ponto de vista energético é vantajoso. A falha com maior risco é a fuga de óleo nos calcadores, sendo esta provocada pelas impurezas contidas na barra que suporta o calcador. A barra começa a acumular partículas que depois contaminam o óleo e ao entrar no circuito dos calcadores danificam os vedantes existentes no seu interior, o que provoca uma fuga contínua nos calcadores da máquina.

Existem ainda mais duas avarias de menor risco, mas também importantes na análise FMEA realizada, mais caracterizadas pela sua frequência, sendo esta nomeadamente a iluminação da linha de corte fundida. Nesta falha, não se chegou à conclusão de qual a causa para isto acontecer, mas uma possível solução poderá a ser a substituição por uma lâmpada com melhores características.

3.3.5. Criação de um modelo FMEA para posteriores avarias analisadas pela Adira

Para posteriores análises FMEA's, está representada através da Tabela 33, uma seção do formulário elaborado para a Adira fazer as análises às futuras falhas encontradas nas máquinas produzidas.

Tabela 33- Cabeçalho do formulário construído para analisara as falhas através do método FMEA.

Análise de modo e efeito de falha (FMEA)								
Nº. FMEA:		Data da análise:		Responsável:				
Área de ação:		Revisão:		Elaborado por:			Contacto:	
Máquina:		Equipa:					Email:	
Nº de série da máquina:								
Nome do componente	Função do componente	Modo(s) de falha	Causa da falha	(O)	(S)	(D)	Risco (O)*(S)*(D)	Ação recomendada
Componente 1	-	-	-	-	-	-	-	-
Componente 2	-	-	-	-	-	-	-	-
...								

O preenchimento deste formulário que está presente no Apêndice A, terá um cabeçalho como o apresentado anteriormente que deve ser preenchido, tendo em consideração algumas informações principais como a máquina intervencionada, o seu número de série, a data da análise, a área da ação e o nome e os dados da pessoa que fez a análise.

3.4. Identificação de oportunidades de melhoria para a conceção e construção de novas máquinas

Após a análise das avarias selecionadas e estudadas através do método FMEA, é possível identificar e investigar possíveis melhorias para contrariar as falhas, para melhorar a conceção e futura construção de máquinas produzidas na Adira. Os problemas que foram selecionados, tiveram em conta a análise de FMEA anteriormente realizada tendo por base uma seleção das avarias com maior risco, sendo estas as falhas mais graves e com maior frequência de ocorrência.

Nos seguintes subcapítulos serão apresentadas possíveis soluções para algumas das avarias selecionadas ou casos de estudo para comprovar a veracidade da utilização de um componente. Os problemas analisados neste capítulo são numa fase inicial as quinadoras PA, onde se faz um estudo das fugas dos cilindros através de um novo dimensionamento dos mesmos, vê-se também a possibilidade para a implementação de um filtro de ar na tampa do depósito de modo a evitar a saída de óleo pela tampa e a fissura das soldaduras nas esquinas do depósito quando este está em funcionamento. Nas quinadoras BB ir-se-á analisar os fusos das máquinas fazendo uma análise ao dimensionamento realizado sendo que estes quebram com elevada regularidade durante o seu funcionamento.

Por fim irá ser feita uma análise às guilhotinas GH, tendo em conta a principais falhas analisadas. A principal falha é a fuga de óleo nos calcadores, sendo que a fuga de óleo nos cilindros é algo também

importante, mas como será feito um dimensionamento aos cilindros da quinadora este processo não será repetido para a guilhotina uma vez que o procedimento de cálculo é exatamente o mesmo, mas para cilindros de menores dimensões. Irá ser feita uma análise à barra dos calcadores onde estes são fixos, assim como à sua montagem para detetar o problema da fuga pois o seu risco também é consideravelmente elevado.

3.4.1. Dimensionamento dos cilindros

- **Estudo dos cilindros e do sistema hidráulico utilizado**

A gama de quinadoras PA produzidas pela Adira é a mais versátil, podendo ter comprimentos de quinagem até 4 metros e forças até 220 toneladas. Este modelo é identificado pela nomenclatura PA, onde os primeiros três dígitos representam a capacidade de quinagem da máquina em toneladas e os últimos dois dígitos apresentam o comprimento de quinagem em decímetros. A quinadora selecionada para o estudo é uma PA13530 uma vez que é uma das quinadoras mais produzidas pela Adira, sendo por isso mais relevante para o estudo. Através da Tabela 34 podemos observar as principais especificações da quinadora PA13530, assim como de todas as PA produzidas na Adira.

Tabela 34- Especificações das quinadoras PA produzidas pela Adira [7].

PA		13530	13540	16030	16040	22030	22040
Capacidade	kN	1350	1350	1600	1600	2200	2200
Comprimento de quinagem	mm	3000	4000	3000	4000	3000	4000
Distância entre montantes	mm	2550	3150	2550	3150	2550	3150
Curso máximo	mm	260	260	260	260	260	260
Abert. máx. sem intermed. (A)	mm	500	500	500	500	500	500
Cava (B)	mm	400	400	400	400	400	400
Potência	kW	15	15	15	15	15	15
Velocidade de aproximação	mm/s	150	150	150	150	130	130
Velocidade de trabalho	mm/s	10	10	10	10	8	8
Velocidade de retorno	mm/s	100	100	100	100	85	85
Curso eixo X	mm	625	625	625	625	625	625
Velocidade eixo X	mm/s	500	500	500	500	500	500
Curso eixo R	mm	200	200	200	200	200	200
Velocidade eixo R	mm/s	50	50	50	50	50	50
Curso eixos Z1/Z2 (opcional)	mm	2150	2750	2150	2750	2150	2750
Velocidade eixos Z1/Z2 (opcional)	mm/s	400	400	400	400	400	400
Comprimento min. da máquina	mm	3950	4980	3950	4980	3950	4980
Comprimento max. da máquina (C)	mm	4700	5780	4700	5780	4700	5780
Largura max. (D)	mm	2180	2180	2180	2180	2180	2180
Altura max.(E)	mm	2960	3120	2960	3120	3050	3120
Altura para transporte	mm	2750	2880	2750	2880	2830	2880
Peso aprox.	Kg	9100	11500	9300	11700	11200	13500
Altura do posto de trabalho (F)	mm	930	930	930	930	930	930

É importante referir que podem ser produzidas máquinas onde as forças de quinagem são iguais, mas com comprimentos de quinagem totalmente diferentes, assim como outras particularidades como velocidades de retorno ou de avanço, curso, cava ou outro tipo de parâmetros. A quinadora escolhida para o projeto é uma PA13530 com capacidade para 135 toneladas e com 3 metros de comprimento estando esta representada na Figura 33.



Figura 33- Apresentação da quinadora PA13530 produzido na Adira [74].

Na Tabela 35 estão representadas as especificações técnicas e estruturais da máquina em estudo para o dimensionamento dos cilindros de duplo efeito.

Tabela 35- Especificações técnicas e estruturais da quinadora utilizada no estudo (adaptado de [74]).

Especificação técnica	Valor
Força de quinagem (kN)	1350
Comprimento de quinagem (mm)	3000
Distância interior entre montantes (mm)	2550
Curso (mm)	260
Abertura (mm)	500
Cava (mm)	400
Potência (kW)	15
Velocidade de aproximação (mm/s)	150
Velocidade de trabalho (mm/s)	10
Velocidade de retorno (mm/s)	100
Peso aproximado (kg)	9100

A quinadora PA13530 é constituída por dois cilindros hidráulicos com dimensões iguais que permitem a movimentação do avental móvel no sentido descendente e ascendente. Os cilindros hidráulicos são não normalizados de duplo efeito e o seu corpo têm uma geometria circular, como o que está apresentado na Figura 34. Os cilindros para as quinadoras PA 13530 são caracterizados por um diâmetro do embolo de 190 mm tendo uma pressão limite de trabalho de aproximadamente 240 bar.

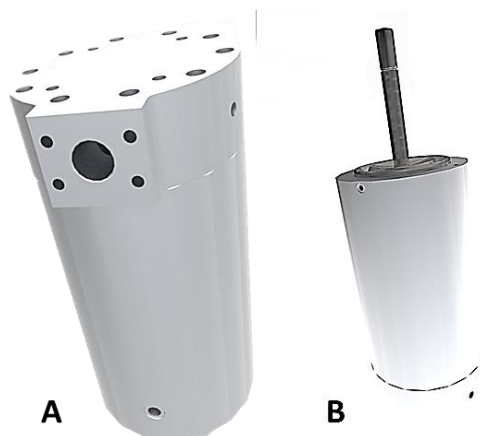


Figura 34- A- Cilindro hidráulico utilizado na quinadora PA13530. B- Cilindro hidráulico invertido [73].

Os cilindros hidráulicos são constituídos por vários elementos, nomeadamente vedantes, haste, parafusos de fixação ou mesmo bujão para o escoamento do óleo estando, todos estes componentes e outros, identificados na Figura 35.

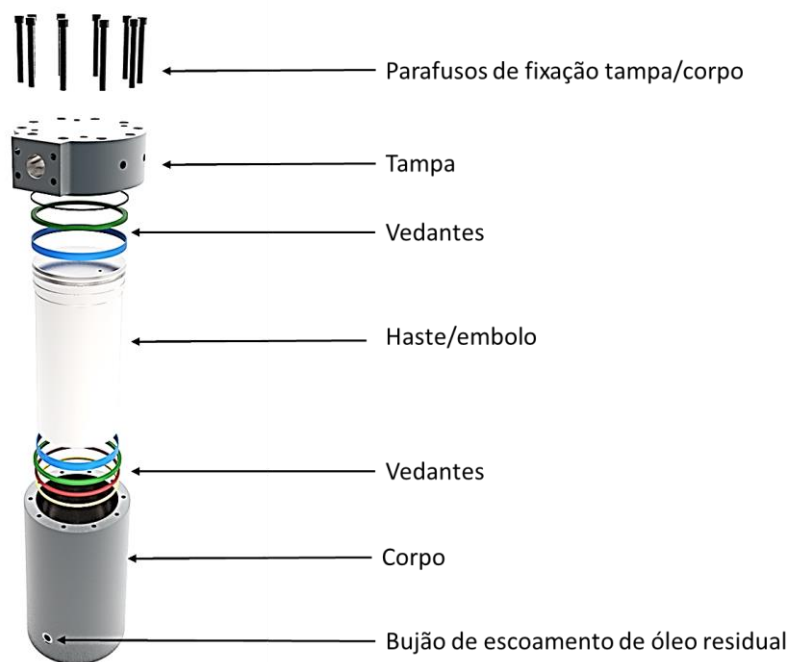


Figura 35- Identificação dos componentes do cilindro hidráulico utilizados nas quinadoras PA13530 (adaptado de [73]).

A quinadora em estudo constitui um sistema hidráulico que é constituído por um motor elétrico da com uma potência de 16 kW, onde funciona uma bomba de engrenagens interiores com uma cilindrada de 25 cm³ e uma rotação de 1500 rpm. Na Figura 36 está representado o grupo energético com todos os seus componentes e a sua respetiva legenda.

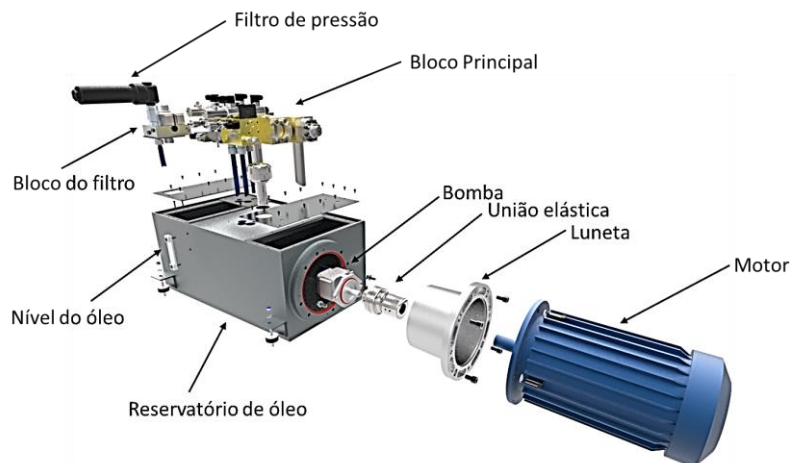


Figura 36- Sistema de bombeamento hidráulico (adaptado de [73]).

O sistema hidráulico é constituído por dois blocos distintos, o bloco do filtro de pressão e o bloco hidráulico principal, tendo o reservatório de óleo capacidade para 150 litros de óleo e um óleo do tipo ISO VG 46. O bloco do filtro de pressão é constituído por 3 válvulas, estando estas representadas na Figura 37.

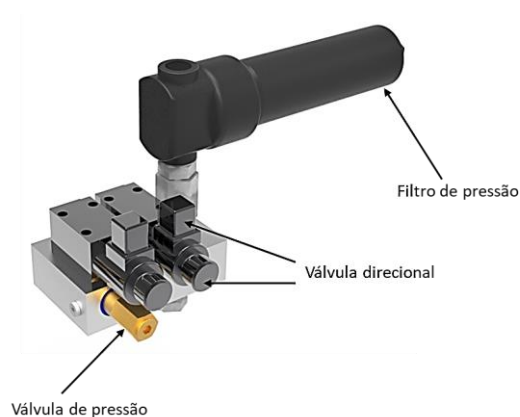


Figura 37- Bloco do filtro de pressão de uma quinadora PA 13530 (adaptado de [73]).

Já o bloco hidráulico principal é constituído por 7 válvulas distintas estando estas apresentadas na Figura 38.

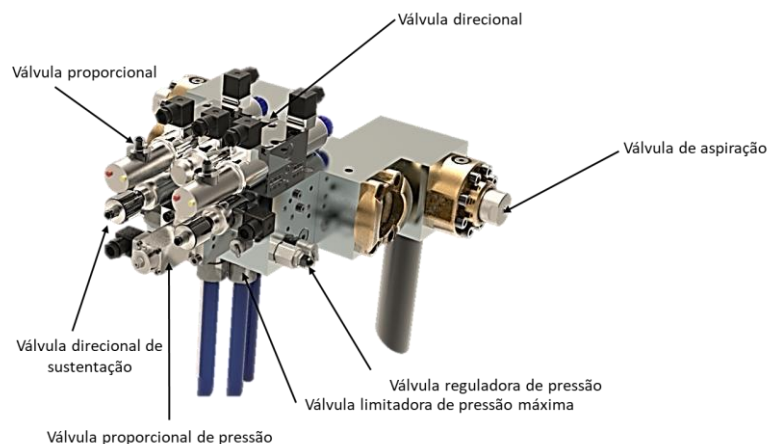


Figura 38- Bloco hidráulico principal de uma quinadora PA13530 (adaptado de [73]).

As tubagens utilizadas para ligar o grupo hidráulico aos cilindros têm um diâmetro de 16 mm. O circuito hidráulico da quinadora indicada está representado no Anexo A.

Como já referido a quinadora PA 13530 possui um sistema hidráulico que alimenta dois cilindros hidráulicos como ilustrado na Figura 33. As principais características do sistema hidráulico da quinadora PA 13530 apresentam-se na Tabela 36.

Tabela 36- Parâmetros do circuito hidráulico da quinadora.

Parâmetros do circuito hidráulico da quinadora	Valor
Pressão nominal admissível do sistema (bar)	240
Máxima cilindrada da bomba hidráulica (cm ³ /rot)	25
Velocidade de rotação nominal (rpm)	1500 rpm
Velocidade de aproximação (mm/s)	150
Velocidade de trabalho (mm/s)	10
Velocidade de retorno (mm/s)	100
Capacidade do reservatório de óleo (l)	150

O cálculo do caudal (Q_a) necessário fornecer aos cilindros no avanço, depende da velocidade com que estes se movimentam e também da sua área. A velocidade é um requisito da máquina existente, enquanto a área depende da pressão do sistema e da força que necessita de realizar para vencer a carga. Sendo assim, a velocidade considerada para o cálculo do caudal é a velocidade de trabalho (10 mm/s) pois é a que exige maior volume de enchimento do cilindro hidráulico, por parte da bomba uma vez que na velocidade de aproximação, o circuito possui uma válvula de preenchimento do cilindro. Já a velocidade de recuo é dada pela Equação (18).

$$v_r = \frac{Q_b}{A_{pistão} - A_{embolo}} \quad (18)$$

Através da equação anterior é calculada a velocidade de recuo, que também cumpre os requisitos do projeto.

A área de avanço (A_a), será calculada a partir da Equação (19), com uma força de avanço (F_a) de 1350 kN, e pressão máxima admissível do sistema (p), igual a 240 bar.

$$A_a = \frac{F_a}{p} \quad (19)$$

Assim, a área mínima de avanço será:

$$A_a = \frac{135000}{240} = 562,50 \text{ cm}^2$$

O caudal mínimo a fornecer pela bomba pode então ser calculado através da Equação (13) como:

$$Q_a = 10 * 10^{-2} * 562,5 * 10^{-2} * 60 = 33,75 \text{ l/min}$$

Para a seleção da cilindrada (c) da bomba hidráulica é necessário determinar o caudal Q_b debitado pelos diversos tamanhos nominais da bomba previamente escolhida, de maneira a garantir um caudal superior a Q_a . A determinação do caudal debitado pela bomba é efetuada pela Equação (20),

considerando o rendimento volumétrico da bomba (η_v), a sua cilindrada (C), e a velocidade de rotação do motor elétrico (n).

$$Q_b = \frac{C * n * \eta_v}{1000} \quad (20)$$

Através do gráfico da Figura 39, é possível retirar o rendimento volumétrico da bomba (η_v) a uma pressão de 240 bar, assumindo um valor de aproximadamente 96%.

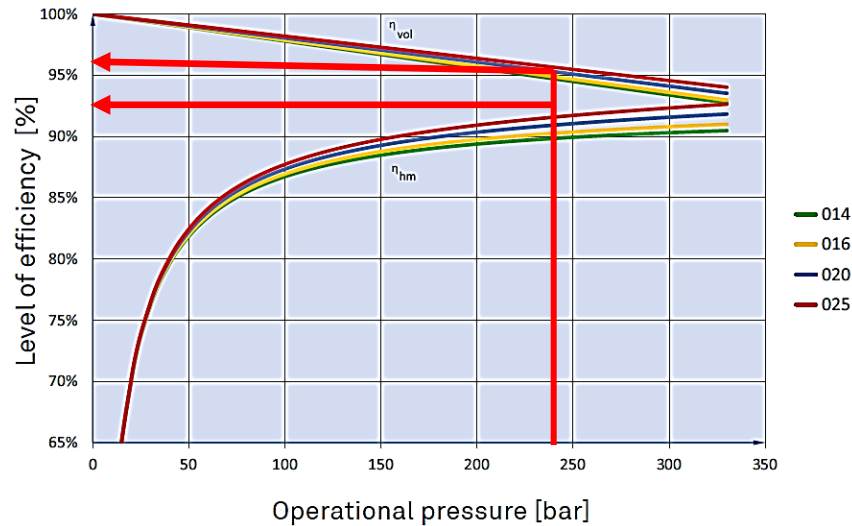


Figura 39- Rendimentos volumétricos e mecânicos da bomba de 25 cm³ à pressão de trabalho de 240 bar [75].

Sendo assim, o caudal produzido pela bomba escolhida obtém-se:

$$Q_b = \frac{24,5 * 1500 * 0,96}{1000} = 35,28 \text{ l/min}$$

A cilindrada desta bomba de engrenagens interiores, cumpre o caudal máximo exigido pelo sistema hidráulico da quinadora, pelo que foi bem escolhida a bomba, sendo que os gráficos do fabricante (Figura 40) foram efetuados a 1450 rpm, pelo que a 1500 rpm o caudal 35,28 l/min exigido é cumprido.

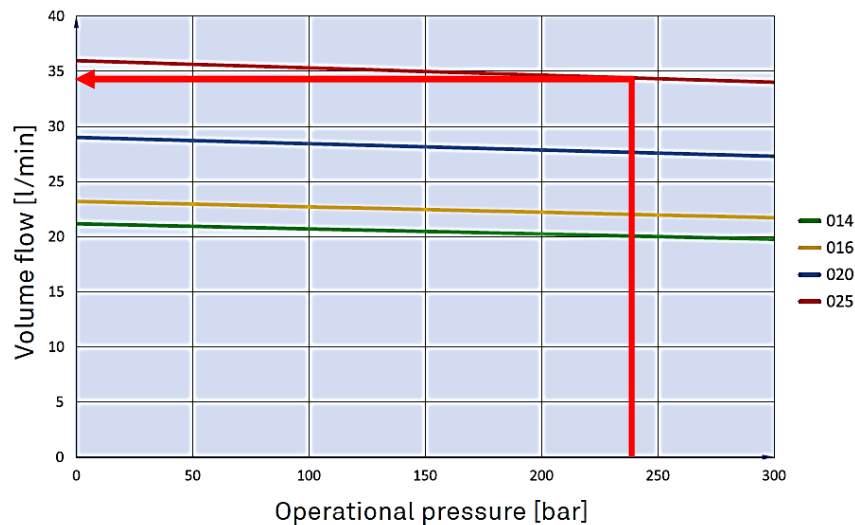


Figura 40- Caudal produzido pela bomba 25 cm³ à pressão de trabalho de 240 bar [75].

Como pode observar-se pela figura, a bomba escolhida debita cerca de 34,5 l/min (valor ligeiramente inferior ao necessário, mas a uma rotação de 1450 rpm á pressão de 240 bar), pelo que a 1500 rpm considere que a bomba cumpre os requisitos de caudal.

A potência do motor elétrico (P_{ac}) que aciona a bomba hidráulica também deve ser calculada de acordo com a Equação (7), anteriormente apresentada. Considerando que a pressão máxima é a pressão de abertura da válvula limitadora de pressão (normalmente calibrada 5% acima da pressão nominal da bomba), é de:

$$1,05 * 240 = 252 \text{ bar}$$

Obtém-se a potência do motor elétrico através de:

$$\eta_g = \eta_v * \eta_{mec} = 0,96 * 0,91 = 0,874$$

$$P_{ac} = \frac{252 * 35,28}{600 * 0,874} = 16,95 \text{ kW}$$

A potência necessária calculada é debitada apenas alguns segundos durante o processo de quinagem na máxima capacidade da máquina, pelo que a escolha de um motor elétrico com uma potência de 16 kW admite, de acordo com o fabricante (Figura 41), uma sobrecarga momentânea de 25%, portanto, a potência máxima admissível seria de 18,8 kW. A utilização deste motor fica então enquadrada para a potência máxima debitada de 16,95 kW, otimizando assim o custo na aquisição de um motor menos potente, que na maior parte do tempo de operação debita uma potência muito inferior à potência nominal.

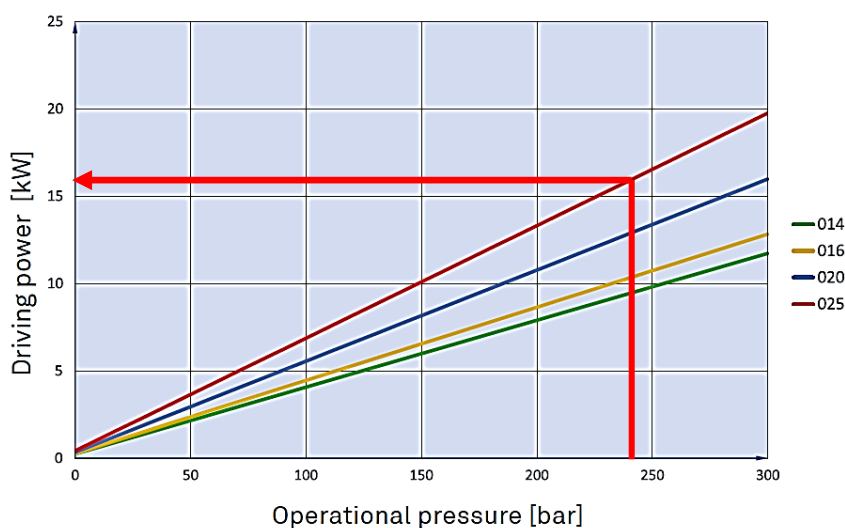


Figura 41- Potência do motor elétrico à pressão de trabalho de 240 bar [75].

- **Estudo para a utilização de outros cilindros hidráulicos**

O dimensionamento do cilindro hidráulico tem como objetivo definir as medidas de todos os componentes que o constituem tendo em conta as condições de funcionamento a que este está sujeito, sendo que as principais etapas para o dimensionamento do cilindro são:

- Determinar as forças envolvidas no avanço e recuo dos cilindros;
- Calcular os diâmetros e áreas do êmbolo e haste;
- Verificar o diâmetro da haste do cilindro hidráulico à encurvadura.

A força necessária de avanço dos dois cilindros deve corresponder diretamente à capacidade máxima de quinagem da máquina, no valor de 1350 kN. O atrito provocado pelos guiamentos é desprezável na contabilização da força de avanço já que se despreza também o peso do avental móvel e outros componentes que contribuem para o avanço dos cilindros. A força de avanço deve ser dividida por cada um dos dois cilindros hidráulicos, resultando na força unitária por cilindro de 675 kN.

Deste modo a área unitária mínima para o avanço será 281,25 cm², o que corresponde um diâmetro de êmbolo de aproximadamente 190 mm. No entanto este novo estudo, a opção foi por um diâmetro de 200 mm, por questões energéticas, uma vez que assim é possível baixar a pressão máxima de trabalho. Assim, considerando os dois cilindros hidráulicos, a nova área de avanço será:

$$A_a = \frac{\pi * 20^2}{4} * 2 = 628,32 \text{ cm}^2$$

Reduzindo a pressão máxima de trabalho através da Equação (2) anteriormente enunciada:

$$p = \frac{F_a}{A_a} = \frac{135000}{628,32} = 214,86 \text{ bar} \approx 215 \text{ bar}$$

Através da análise do gráfico da Figura 40, percebemos que o caudal a uma pressão de 214,86 bar é ligeiramente superior assumindo um valor de 34,8 l/min mesmo que o fabricante tenha feito os testes a 1450 rpm. Mesmo assim, foi calculado o caudal de uma forma analítica de forma a verificar se a bomba enunciada anteriormente é válida para os cilindros com diâmetro de 200 mm. Primeiramente foi calculado o caudal mínimo a fornecer pela bomba pode então ser calculado através da Equação (13) como:

$$Q_a = 10 * 10^{-2} * 628,32 * 10^{-2} * 60 = 37,70 \text{ l/min}$$

Através do gráfico da Figura 42, é possível retirar o rendimento volumétrico da bomba a uma pressão de 214,86 bar, assumindo um valor de aproximadamente 97%.

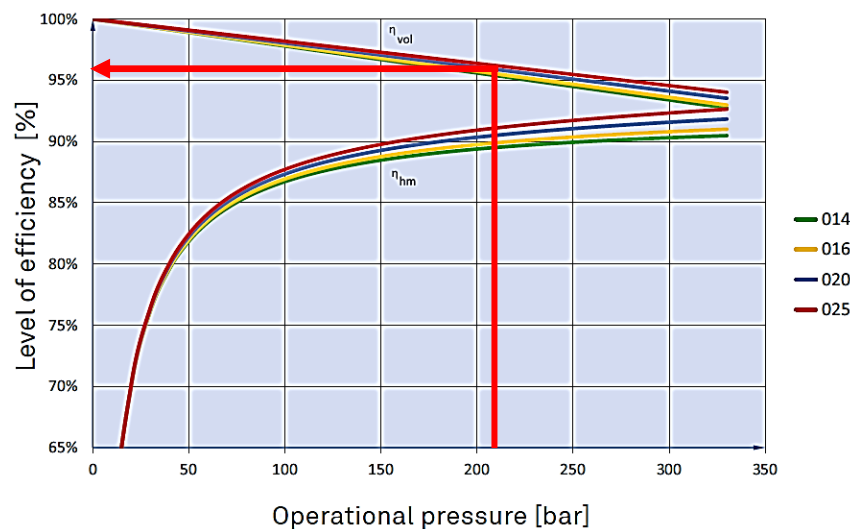


Figura 42- Rendimentos volumétricos e mecânicos da bomba 25 cm³ à pressão de trabalho de 215 bar [75].

Sendo assim, o caudal produzido pela bomba escolhida obtém-se:

$$Q_b = \frac{24,5 * 1500 * 0,97}{1000} = 35,28 \text{ l/min}$$

Percebeu-se então que a bomba utilizada para os cilindros de 190 mm não poderá ser utilizada para uma vez que não debita o caudal mínimo necessário. Foi então escolhida uma nova bomba de 32 cm³, onde se vê que o rendimento volumétrico é de aproximadamente 97% à pressão de 214,86 bar, através da Figura 43.

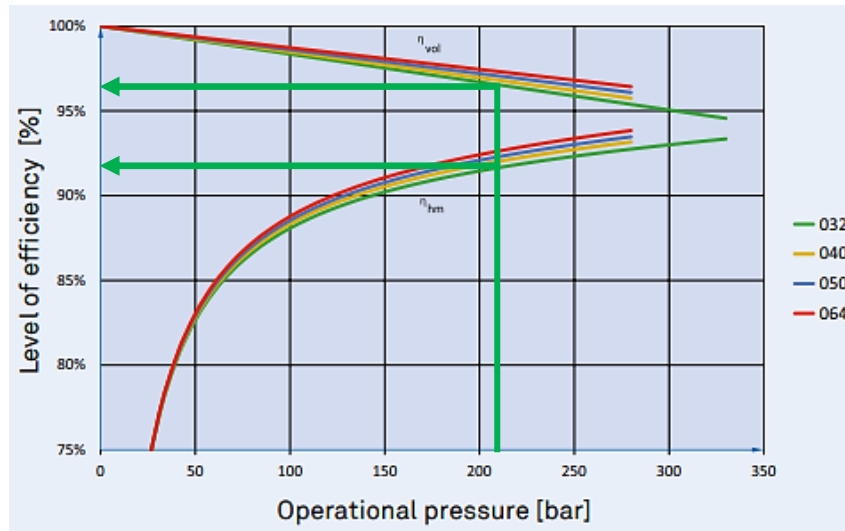


Figura 43- Rendimentos volumétricos e mecânicos da bomba 32 cm³ à pressão de trabalho de 215 bar [75].

Sendo assim, o caudal produzido pela bomba escolhida obtém-se:

$$Q_b = \frac{31,6 * 1500 * 0,97}{1000} = 45,98 \text{ l/min}$$

A cilindrada desta bomba cumpre o caudal mínimo exigido pelo sistema hidráulico da quinadora, sendo que os gráficos do fabricante (Figura 44) foram efetuados a 1450 rpm, observando-se um caudal de aproximadamente 45 l/min.

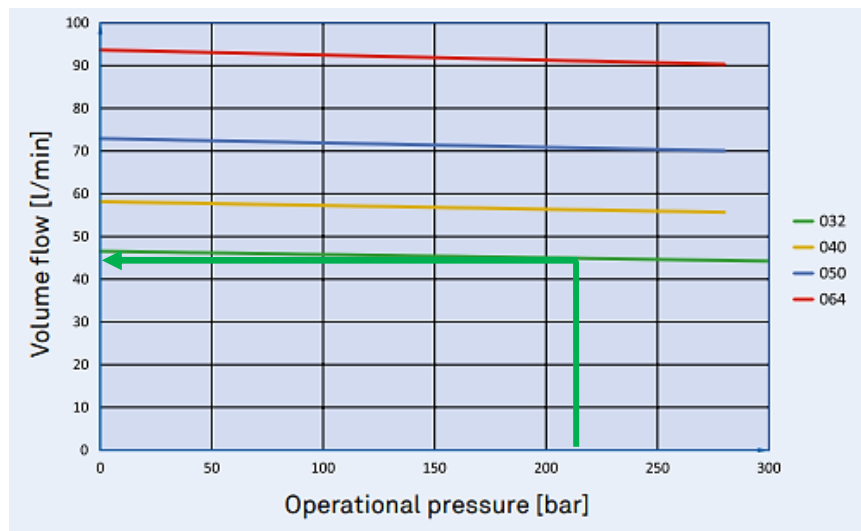


Figura 44- Caudal produzido pela bomba 32 cm³ à pressão de trabalho de 215 bar [75].

A potência do motor elétrico (P_{ac}) que aciona a bomba hidráulica também deve ser calculada de, considerando que a pressão máxima é a pressão de abertura da válvula limitadora de pressão (normalmente calibrada 5% acima da pressão máxima de funcionamento da bomba), é de:

$$1,05 * 214,86 = 225,61 \text{ bar}$$

Obtém-se a potência do motor elétrico através de:

$$\eta_g = \eta_v * \eta_{mec} = 0,97 * 0,92 = 0,892$$

$$P_{acc} = \frac{225,61 * 45,98}{600 * 0,892} = 19,38 \text{ kW}$$

A potência necessária é de aproximadamente 19,38 kW, o que nos mostra que o motor elétrico de 16 kW não é suficiente. Teremos então de optar por um motor com cerca de 18,5 kW para este corresponder ao pedido.

A força de recuo deve ser suficiente para mover o avental móvel, as hastes dos cilindros, as blindagens da máquina, as ferramentas, entre outros componentes. Além dos dispositivos referidos deve-se considerar a aceleração do movimento ascendente do avental, uma vez que o sentido de deslocamento é oposto ao sentido da força da gravidade, e ainda o atrito dos componentes mecânicos sendo estes valores considerados na Tabela 37.

Tabela 37- Massa dos Componentes considerados para o recuo dos cilindros

Componentes da quinadora	Massa (kg)
Avental móvel	1702
Massa dos cilindros	153
Ferramentas e acessórios	800
Total	2655

A força total de recuo é majorada em cerca de 25%, a fim de compensar atritos mecânicos dos guiamentos e a viscosidade do óleo, obtendo um valor de:

$$F_{total \text{ de recuo}} = 2655 * 9,81 * 1,25 = 32556,94 \text{ N}$$

Assim a área de recuo (A_r) mínima será:

$$A_r = \frac{32556,94}{214,86} = 151,53 \text{ cm}^2$$

O diâmetro mínimo da haste é de:

$$d_h = \sqrt{\frac{4 * 151,53}{\pi}} = 13,89 \text{ cm} = 138,9 \text{ mm} \approx 140 \text{ mm}$$

Considerando um diâmetro mínimo da haste de aproximadamente 140 mm é possível calcular a velocidade de trabalho e a velocidade de recuo. A velocidade de trabalho para um diâmetro de 200 mm assume um valor de:

$$v_{trabalho} = \frac{45,98 * 10^6}{60 * 62832} = 12,2 \text{ mm/s}$$

Através da Equação (18) a velocidade de recuo assume um valor de:

$$v_r = \frac{45,98 * 10^6}{60 * (62832 - 15153)} = 160,7 \text{ mm/s}$$

O cálculo do diâmetro mínimo da haste do cilindro foi obtido pelo critério de Euler, estando este representado na Equação (19).

$$d_h \geq \sqrt[4]{\frac{64 * l_0^2 * F_a * S}{\pi^3 * E}} \quad (19)$$

Considerando o coeficiente de segurança $S = 3,5$ e o comprimento equivalente de encurvadura $l_0 = 1$ (encastrado no corpo e rotulado na haste) com um curso máximo de 260 mm, obtendo-se assim um valor de:

$$d_h \geq \sqrt[4]{\frac{64 * (26 * 2)^2 * 675000 * 3,5}{\pi^3 * 2,1 * 10^7}} \geq 3,539 \text{ cm} \geq 35,39 \text{ mm} \Leftrightarrow 140 \geq 35,39, \text{Verifica}$$

Concluimos então que a haste dimensionada cumpre a resistência à encurvadura, de acordo com a expressão apresentada anteriormente.

Podemos então concluir que a utilização de cilindros com um diâmetro de 200 mm permitirá diminuir a pressão de trabalho o que do ponto de vista energético é positivo. Também se consegue cumprir com as velocidades impostas inicialmente apenas se tem de mudar a bombas para debitar o caudal mínimo necessário.

3.4.2. Adaptação de um filtro de ar na tampa do depósito do óleo

Para construção de uma quinadora da Adira, utiliza-se muitos componentes comprados a vários fornecedores, como por exemplo o depósito e todos os seus constituintes. Os depósitos comprados pela Adira, como analisado anteriormente através no método FMEA, têm muitos problemas uma vez que estes vertem óleo com elevada frequência pela tampa na parte superior do depósito e também pelas soldaduras do fundo do depósito como está ilustrado na Figura 45.

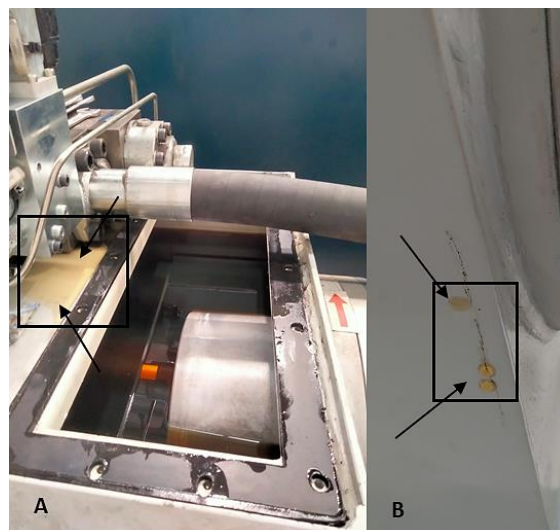


Figura 45- A- Apresentação de um depósito sem tampa e com uma grande acumulação de óleo nas proximidades da tampa. B- Fuga de óleo na soldadura do fundo do depósito.

Este tipo de falha acontece, porque o depósito em causa não contém filtro de ar (Figura 46), contendo apenas a tampa do depósito e um tubo de retorno do óleo. Após o funcionamento durante um elevado período o depósito começa a sofrer contrações e a dilatações o que faz com que a soldadura tenha problemas ao nível da sua resistência, fazendo com que a soldadura estale e o depósito comece a verter inadvertidamente.

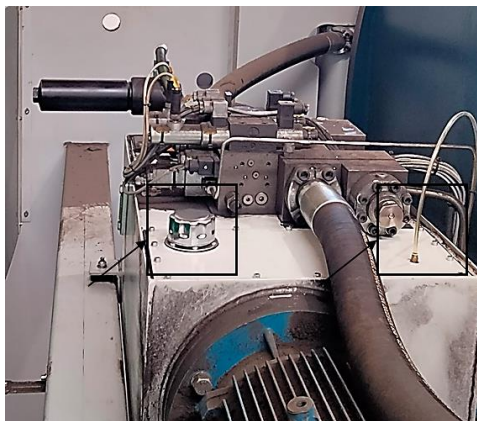


Figura 46- Apresentação de um depósito apenas com a tampa e com tubo de retorno de óleo.

Para resolver este problema, percebeu-se que uma das soluções era a implementação de um filtro de ar nesses depósitos para resolver o problema da fuga. Para este processo de implementação do filtro é necessário retirar a tampa do depósito e fazer uma marcação prévia do local onde vai ser posicionado o filtro como está representado na Figura 47.



Figura 47- Marcação do suporte do filtro na tampa do depósito.

Após essa marcação é necessário fazer a furação da tampa do depósito para posteriormente fixar o suporte do filtro através de três parafusos. Este processo fica concluído com a colocação do filtro no suporte e a posterior colocação da tampa no depósito como, ilustra a Figura 48.



Figura 48- Implementação de um filtro de óleo no depósito do óleo.

Por fim é ainda necessário aplicar um tratamento às soldaduras para reforçar a sua resistência devido às contrações e dilatações sofridas, quando o depósito não continha filtro de ar. Para evitar

que seja necessário retirar o depósito é aplicada um processo de soldadura a frio através da utilização de um metal líquido (Figura 49), reforçando a soldadura executada na construção do depósito.



Figura 49- Metal líquido utilizado para a soldadura a frio.

O metal líquido utilizado é constituído por dois componentes que depois de ser misturados ganham alguma consistência para posteriormente ser aplicadas nas zonas fragilizadas. Antes disso é necessário fazer um tratamento na superfície onde vai ser aplicada a soldadura a frio, fazendo-se numa fase inicial uma limpeza ao metal para esta superfície ficar minimamente limpa, seca e desengordurada. Após a mistura dos componentes estes têm um tempo de manuseamento relativamente curto de aproximadamente 4 a 6 minutos, sendo que para a secagem final é necessário esperar cerca de 3 horas para poder trabalhar de novo com a máquina.

Se o processo enunciado anteriormente não resultar e o depósito continuar a verter óleo pelas soldaduras danificadas, este tem de ser retirado da máquina para ser soldado novamente. Este método implica que toda a tinta presente nas soldaduras seja retirada, fazendo-se depois uma limpeza da superfície, sendo depois só possível aplicar soldadura no depósito. Por fim é necessário verificar a qualidade da soldadura através de líquidos penetrantes e só após esta verificação é permitido que a soldadura seja pintada e o depósito colocado de novo na máquina.

3.4.3. Redimensionamento do fuso das quinadoras BB

Através da análise da FMEA percebeu-se que as quinadoras elétricas selecionadas para o estudo, têm um enorme problema relacionado com os fusos utilizados neste tipo de máquinas. Para isso foi necessário avaliar todo o processo de dimensionamento de geometria do fuso, tendo em conta a máquina em estudo.

A máquina selecionada para o estudo é uma quinadora BB3515 sendo esta a quinadora elétrica mais produzida pela Adira, daí ser mais relevante para o estudo. A quinadora escolhida para o estudo tem capacidade para 35 toneladas e com 1,5 metros de comprimento estando esta apresentada na Figura 50.



Figura 50- Apresentação da quinadora BB3515 produzida na Adira [76].

- **Princípio de funcionamento do mecanismo dos fusos**

Este tipo de máquinas tem um sistema composto por um fuso de esferas que permite fornecer a força necessária para que haja uma guiagem com alta precisão do avental móvel da máquina, reposicionando-o. Na Figura 51 estão representados todos os seus constituintes e a respetiva legenda.

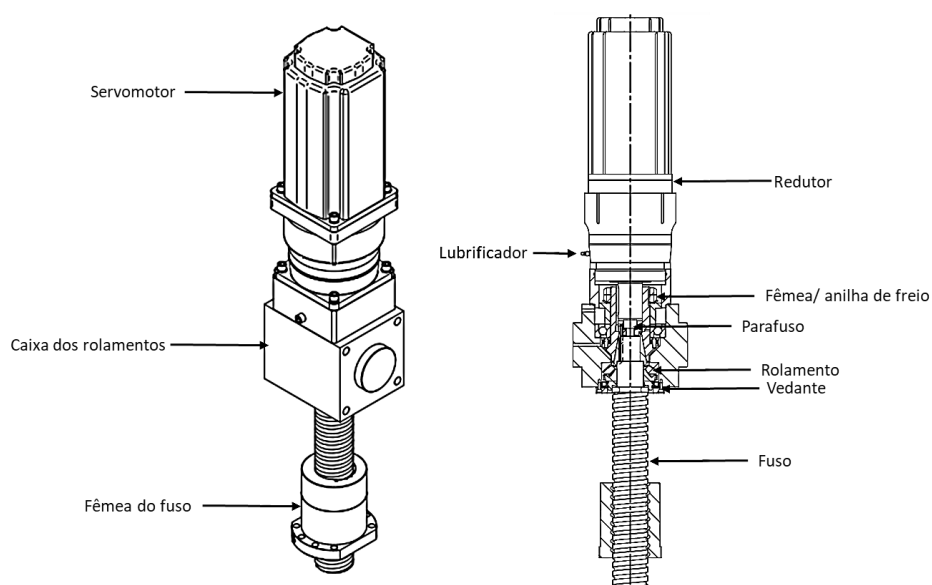


Figura 51- Constituintes do fuso de uma quinadora BB3530 (adaptado de [73]).

As máquinas elétricas têm inúmeras vantagens, entre elas a sua precisão, eficiência e a sua simples manutenção. O sistema elétrico associado quando em situação de repouso do avental móvel consome uma quantidade muito pouco significativa de energia, que serve apenas para alimentar os equipamentos auxiliares da máquina.

• Problema detetado nos fusos

Os fusos utilizados nas máquinas BB têm dado muitos problemas que têm ocorrido com muita frequência, sendo esta uma falha realmente grave pois impede o funcionamento da máquina. Após a análise e o estudo do problema percebeu-se que esta falha acontecia devido à existência de dois problemas distintos que influenciavam o funcionamento do fuso.

O primeiro problema consistia na não definição do binário de aperto do parafuso, uma vez que este muitas vezes não ficava apertado o suficiente o que fazia que durante o funcionamento da máquina este fosse desapertando e posteriormente partir-se. O aperto era definido pelo montador do fuso que apertava o parafuso até achar que era suficiente.

O segundo problema detetado era um problema dimensional da tolerância prevista pelo fabricante na caixa dos rolamentos, pois esta não estava bem definida o que fazia com que existisse algum tipo de folga entre o rolamento e a caixa, o que fazia que durante o seu funcionamento este fizesse partir o parafuso que permite a transmissão de movimento para o fuso. Na Figura 52 é possível observar a tolerância de concentricidade considerada na caixa dos rolamentos numa fase inicial.

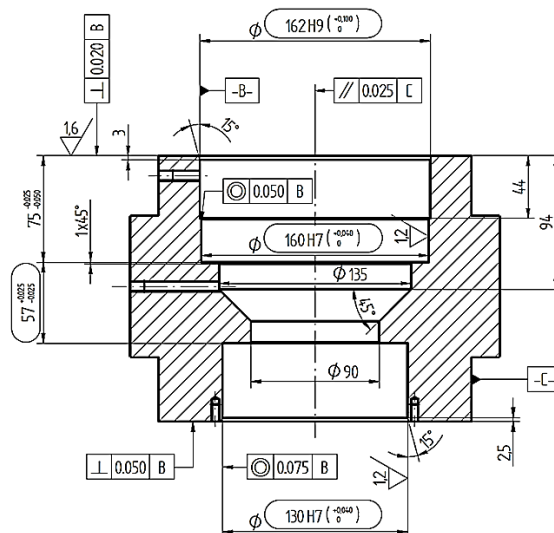


Figura 52- Representação tolerâncias iniciais consideradas na caixa dos rolamentos [73].

Na Figura 52- A é possível observar a concentricidade utilizada na caixa dos rolamentos, sendo que para o diâmetro de 130 mm era utilizada uma concentricidade de 0,075 e para o diâmetro de 160 mm uma de 0,050.

• Solução proposta

Tendo como base o problema indicado anteriormente foi possível trabalhar em soluções para tentar corrigir ou numa fase inicial mitigar a falha nos fusos das quinadoras BB. Para tentar diminuir o primeiro problema exposto, definiu-se um valor de binário de aperto de 323,6 N.m para o parafuso M16 tendo em conta o Anexo B, sendo este processo realizado através da chave dinamométrica. Para o segundo problema apresentado foram diminuídos os valores de concentricidade da caixa de rolamentos diminuindo ambos os valores em 0,025 como é mostrado na Figura 53. Sendo assim as tolerâncias de posição para o diâmetro de 130 mm admitiram um valor de 0,050 e para o diâmetro de 160 mm um valor de 0,025, o que permitiu aumentar a qualidade da construção e permitindo menos desalinhamentos entre os eixos dos diversos componentes.

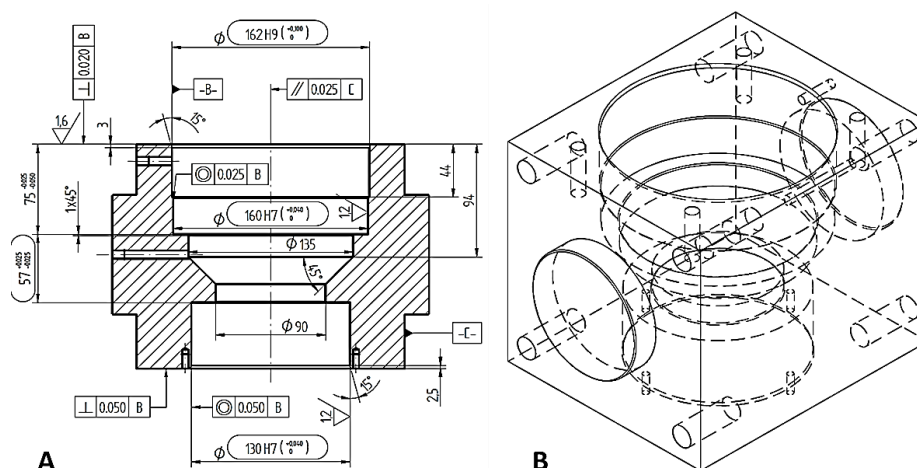


Figura 53- A- Representação das tolerâncias finais na caixa dos rolamentos. B- Geometria da caixa dos rolamentos [73].

Como o processo de montagem do fuso se tornou um processo mais minucioso, foi criado um procedimento de montagem focalizando algumas etapas necessárias e importantes que o montador deve ter atenção, estando essas etapas representadas na Figura 54.

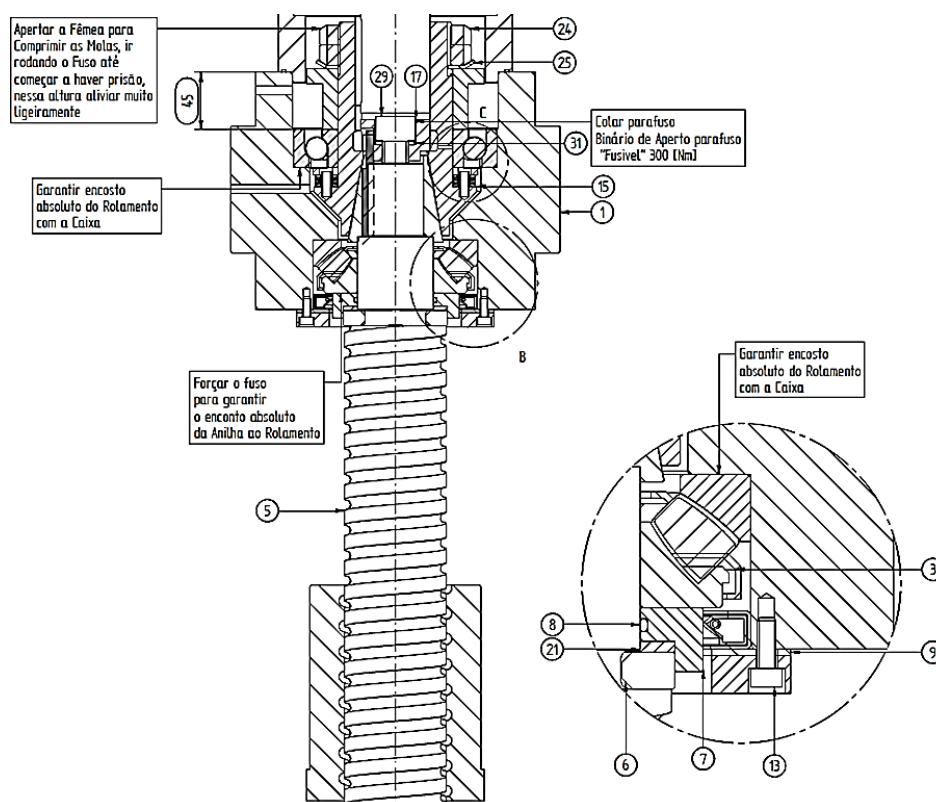


Figura 54- Etapas de montagem do fuso de uma quinadora BB [73].

3.4.4. Análise ao suporte dos calcadores

Como já explicado anteriormente os calcadores são elementos que pressionam a chapa durante o corte impedindo o seu movimento. Como analisado anteriormente no método FMEA existem

Este processo de limpeza é replicado na Adira na chegada da barra para armazém, sendo ainda analisada quanto à qualidade de produção. Após esta análise a mesma é novamente limpa de modo a ficar comprovado que todos os contaminantes foram eliminados com o objetivo de não contaminar os calçadores quando a máquina entrar em funcionamento.

3.5. Manutenção de avarias nas máquinas Adira

Neste capítulo serão abordados pontos importantes sobre manutenção, para que as manutenções de avarias realizadas pelo *Service* da Adira sejam realizadas de uma forma organizada.

Também serão criadas *checks lists* utilizadas para realizar as manutenções às máquinas Adira, sendo estas divididas em guilhotinas e quinadoras. Este processo será bastante útil pois vai permitir que as manutenções sejam feitas de uma forma mais planificada seguindo uma ordem mais precisa dos trabalhos a realizar. Por fim, será criada uma folha de serviço para a realização dos relatórios de assistência técnica que se pretenda que seja de mais rápido preenchimento tendo em conta todas as avarias recolhidas e a causa e o tipo de intervenção que será necessária executar para resolver o problema encontrado na máquina.

3.5.1. Criação de uma *check list* de manutenção para as máquinas Adira

A criação de uma *check list* de manutenção preventiva vai permitir que os técnicos realizem esses trabalhos através de um guia evitando que exista algum tipo de descuido e seja esquecido de fazer algum tipo de procedimento a algum constituinte da máquina. Por isso irão ser elaboradas duas *check lists* distintas, uma para utilizar para as manutenções em quinadoras e a outra para as manutenções em guilhotinas.

- **Check list da manutenção para quinadoras**

A *check list* apresentada no Apêndice B, discrimina toda uma lista que o técnico tem de seguir para a manutenção de uma quinadora estar totalmente completa. Apesar de seguir toda a lista, o técnico deve sempre perguntar ao operador da máquina, se esta tinha algum problema no seu funcionamento ou algum parâmetro de quinagem que gostava que fosse alterado/revisto. No preenchimento da *check list* o técnico terá de preencher o cabeçalho da folha (Figura 57) onde encontrará campos como, qual o cliente onde se realiza o trabalho, a data de execução, qual a máquina e o seu número série e ainda a ordem de serviço registada no sistema para aquela intervenção.

Cliente: _____ Data: ____/____/____
Máquina _____ Número de série: _____
Ordem de Serviço: _____

Figura 57- Cabeçalho das folhas de manutenção da *check list* utilizado para as máquinas Adira.

Este trabalho deve ser sempre acompanhado de um registo fotográfico que ficará guardado na ficha do cliente para se comprovar, caso necessário, se algum elemento da máquina já estava danificado quando o técnico fizer a manutenção da máquina. Todos os pontos danificados, serão fotografados

e referidos na folha da *check list* (Figura 58) para que depois na entrega final o cliente tenha o conhecimento do estado real da sua máquina e possíveis sugestões para reparações que pode fazer.

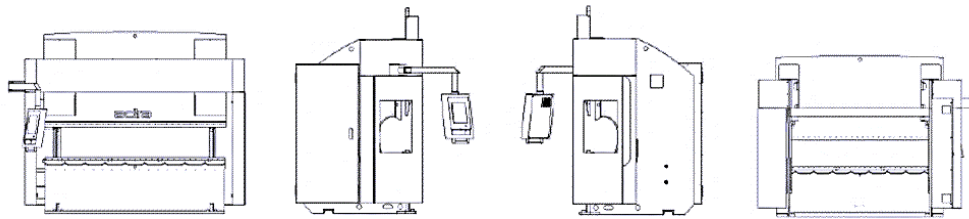


Figura 58- Representação de uma quinadora para a colocação dos pontos danificados analisados durante a manutenção, representada na *check list*.

A manutenção a este tipo de equipamentos está dividida em várias fases, sendo necessário fazer várias verificações aos elementos da máquina. Sendo assim, inicialmente faz-se uma verificação da segurança da máquina, uma verificação da existência de fugas de óleo, uma inspeção da instalação elétrica, por fim, a realização de ensaios geométricos com a supervisão da execução de trabalhos práticos realizados pelo cliente para a confirmação do bom funcionamento da máquina.

A ficha de manutenção está dividida em vários pontos, sendo inicialmente necessário verificar o nivelamento da máquina e a sua fixação ao solo. De seguida executa-se a mudança de óleo, onde o cliente deverá ter um recipiente para depositar o óleo assim como o respetivo óleo com referência para os respetivos componentes hidráulicos e a quantidade necessária para a sua substituição, definida no manual de manutenção da máquina. Para retirar o óleo do depósito é necessário colocar a máquina no ponto morto superior e os cilindros no ponto máximo da sua abertura e depois remover óleo a partir do ponto de purga para o bidão, podendo também ser removido através de uma bomba. Posteriormente remove-se as vigias e tampas de acesso ao interior do depósito de forma a verificar se existem resíduos e limpar o interior do depósito com papel que não liberte resíduos. Por fim troca-se os filtros do óleo e do ar e verte-se o novo óleo para o depósito.

O ponto seguinte é a verificação do bom estado das válvulas do grupo energético, do comando e das suas funcionalidades e posteriores afinações, alinhamentos e lubrificações nos vários pontos de lubrificação. Após esta etapa, é feita a inspeção elétrica e a substituição dos filtros do quadro elétrico. É ainda realizada uma análise das seguranças da máquina assim como alguns ensaios geométricos para a verificação da leitura da mesa, do esbarro e dos vários eixos. É feito um *back up* dos parâmetros, das ferramentas e dos programas numa *pen drive* para o cliente ficar sempre com uma cópia dos dados.

No fim da manutenção e após a verificação de todos os pontos anteriormente apresentados, o técnico terá de preencher uma folha de identificação da próxima manutenção, com as horas de trabalho até esse momento assim como a data em que a máquina está a sofrer a manutenção. Após o preenchimento da folha o cliente fica consciente que após um ano, esta deve ser novamente a intervencionada ou então se atingir o período de 2000 horas de trabalho.

Na Figura 59 é apresentado a folha de identificação da próxima manutenção que foi criada para alertar o cliente. Este documento mostra as respetivas horas de trabalho atuais e também a data da próxima intervenção de manutenção programada, sendo depois esta folha indicativa colocada

na máquina para assim ficar visível e servir de anotação para o operador da máquina assim como para todos aqueles operam no seu redor.

Figura 59- Documento pré-idealizado para a identificação da próxima manutenção programada.

- **Check list da manutenção para guilhotinas**

A *check list* utilizada para a manutenção das guilhotinas têm a mesma base que a utilizada para as quinadoras, estando este documento representado no Apêndice C. Nas guilhotinas também é necessário realizar um registo fotográfico tal como nas quinadoras onde o técnico também vai representar os danos visualizados na folha de manutenção, numa imagem semelhante à Figura 60.

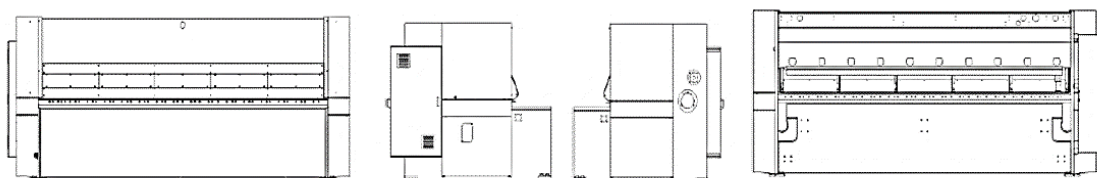


Figura 60- Representação de uma guilhotina para a colocação dos pontos danificados analisados durante a manutenção, representada na *check-list*.

A *check-list* das guilhotinas é muito semelhante à das quinadoras, apresentando um cabeçalho idêntico ao representado na Figura 57, sendo os vários pontos apresentados na folha de manutenção muito similares ao dos das guilhotinas.

A diferença, é que o técnico tem outros pontos extra a verificar que não existem nas quinadoras, nomeadamente a existência de calcadores, onde é necessário fazer uma seleção aleatória a três ou quatro calcadores para avaliar o seu estado de trabalho. Também é necessário verificar a pressão dos calcadores para ver se esta está de acordo com os parâmetros originais, assim como inspecionar o estado das lâminas de corte e sua respetiva folga, para se confirmar que estas conseguem cortar as espessuras de chapa especificadas de acordo com o manual da máquina. Por fim, realiza-se um corte de chapa fina e respetiva verificação para comprovar se a medida do corte corresponde à colocada no comando.

Após a realização da manutenção, o técnico também terá de colocar a folha de identificação da próxima manutenção programada na máquina para alertar o operador da máquina ou outro elemento da empresa de quando esta deve ser novamente intervencionada.

3.5.2. Criação de uma nova folha de serviço

Após a realização das intervenções nas máquinas com avarias, que podem corresponder a manutenções corretivas ou preventivas, o técnico tem de preencher uma folha de serviço, apresentada no Anexo C, onde fica registado todo o seu trabalho, assim como o material utilizado no processo, as horas utilizadas para a resolução do serviço e possíveis sugestões técnicas para a substituição de algum constituinte na máquina.

Na Figura 61 está representada uma folha de serviço preenchida após uma assistência técnica, onde na conclusão do serviço o técnico assina e explica ao cliente o que foi realizado para este posteriormente também assinar.

ACTRA-Metal Forming Solutions S.A. Rua das Lajes 81 Vila Nova de Gaia 4410-372 N.º Contabilístico:		FOLHA DE SERVIÇO Cópia da folha de trabalho de Assistência Técnica Data: 04/03/2023	
Ordem de Serviço: 10000 1731 Técnico: DIOGO Cliente: Referência: Tipo Instalação: PH00040 Instalação: 10000 608 Control. leitura: 0 em Garantia Localização: Zona Serviço: Criada por:		Local Trabalho: NOVA LIGA GRANDE Telefone: Telefone: Contacto:	
Data: 04/03/23 Hora de saída: 11:00 Hora de início: 13:30 Hora finalizaç.: 18:00 Hora de chegada: 00:15 Data: Hora de saída: Hora de início: Hora finalizaç.: Hora de chegada: Data: Hora de saída: Hora de início: Hora finalizaç.: Hora de chegada: Data: Hora de saída: Hora de início: Hora finalizaç.: Hora de chegada:			
Testes e Resultados (com letra manuscrita): - Substituição da mola do eixo X; - Ajuste na mesa para aceitar o comprimento do punção com a mola; - Ajuste dos parâmetros index e da bomba do; - Máquina a funcionar!			
Material usado: Artigo: Descrição: Quantidade: Anotações:			
...Punção P.S. 135 A. 06. BS ...MOLA do eixo X		3 1	
Saída: Hora de chegada: Pagamento em dinheiro: sim/não Valor:			
Assinatura técnica: [Assinatura] Sim, confirmo que o serviço foi prestado conforme solicitado e efetuado segundo a ordem de adjudicação.		Data: 04/03/2023 Assinatura cliente e Carimbo da firma: [Assinatura]	
Processado e Impresso por Computador. Gerador de Serviço ao Cliente:			
Recomendações: - Necessário ajustar a quina a 90° nos 4 metros, para diminuir as vibrações durante o processo de quinagem.			

Figura 61- Folha de serviço preenchida após a realização de uma intervenção.

No cabeçalho da folha de serviço é onde se encontram todos os campos para o técnico preencher quando chega ao cliente. Essa informação é nomeadamente o nome do técnico, o respetivo cliente e a sua localização, deverá ir previamente preenchida antes da realização da intervenção. Após realizar a intervenção, o técnico tem de preencher a folha de serviço com os dias e as horas de

trabalho assim como o tempo de viagem necessário, para que no final sejam faturadas e cobradas de acordo com as condições de assistência técnica enviadas. Posteriormente, o técnico tem de descrever todos os trabalhos efetuados na máquina que sofreu a intervenção para posteriormente ser validada pelo cliente e colocada na base de dados da Adira.

A partir da recolha de informações e posteriores análises de avarias que foram realizadas, é possível criar uma folha de serviço (Apêndice D), que tenha como base um preenchimento mais rápido com apenas campos estritamente necessários para entendimento do cliente do trabalho realizado. Na Figura 62 está apresentada a nova folha de serviço devidamente preenchida pelos técnicos após uma intervenção.

adira
SERVICE

FOLHA DE SERVIÇO

Ordem de Serviço: 10000 0744
Técnico: João
Clientes:
Responsável:
Local de Trabalho: Baga.
Contacto:
Tipo de Instalação: QNH - 0740
Número de Série: 0093/10001
Horas de Trabalho da Máquina: 320541
Ano da Fabrica: 00100 1.1.1

Data	Hora de saída	Hora de início	Hora de finalização	Hora de chegada
06/04/2003	9:30	15:30	18:15	18:45
07/04/2003	8:30	9:00	18:15	18:45
08/04/2003	8:30	9:00	18:30	19:20
1/1				

Avarias detetadas:
 Anomalias hidráulicas ☒ Anomalias no comando ☐ Anomalias mecânicas ☐ Anomalias elétricas ☐
 Ajustamentos/ajustes ☐ Manutenção preventiva ☒ Outras anomalias ☐

Trabalhos efetuados para a resolução da avaria detetada:
 A máquina sobe lentamente e fica desequilibrada. Percebeu-se que o problema estava na válvula proporcional de pressão. Desbloquear a válvula e a máquina começou a funcionar bem. Redução da pressão para 130 bar para diminuir o aquecimento. Manutenção na máquina conforme o check-list.

Artigo	Descrição do material usado	Quantidade

Recomendações/sugestões:
 Recomenda-se a alteração da válvula proporcional de pressão e do pressostato.

Data: 08/04/2003
 Assinatura do técnico: [Assinatura]
 Confirma que o serviço foi prestado conforme a solicitação e efetuado segundo o sistema de adjudicação.
 Data: 08/04/2003 Assinatura do cliente: [Assinatura]

ADIRA METAL FORMING SOLUTIONS S.A.
 Rua das Lages 67
 4410-272 Vila Nova de Gaia
 Portugal
 +351 226 190 716
 service@adira.pt
 www.adira.pt

Figura 62- Nova folha de serviço preenchida após a realização de uma intervenção.

Esta nova folha apresenta um cabeçalho ligeiramente semelhante à antiga, mas com a inclusão de algumas informações importantes para a base de dados da Adira. A descrição dos trabalhos efetuados apresenta-se de forma diferente uma vez que o técnico focaliza a avaria detetada e depois descreve o que executou para a resolução do problema. Existe ainda o campo específico para fazer algum tipo de recomendação ao cliente para melhorar algum tipo de processo ou elemento da máquina, no final o cliente assina e a confirma todo o serviço que foi realizado conforme o pedido.

3.6. Otimização de processos de trabalho

As utilizações de determinados processos de trabalho já definidos na Adira são fundamentais para que o decorrer dos trabalhos corra de uma forma coordenada e sem problemas. Neste capítulo serão apresentadas algumas otimizações de processos, que iram ser implementados na Adira de modo que a ordem de trabalhos e gestão de recursos seja mais automatizada e organizada.

Serão apresentadas várias ideias, assim como a respetiva elaboração de um equipamento que facilite a reparação dos calcadores de uma guilhotina, de modo que a Adira se torne autónoma neste tipo de trabalhos e não dependa das ferramentas que o cliente possa ter. Também será feita uma apresentação do *Service Mobile* que é um processo que vem substituir a folha de serviço com o objetivo de que toda a informação fique informatizada e fique logo disponibilizada na base de dados da Adira. Também será implementada uma nova ferramenta para a realização das assistências remotas e serão implementados alguns processos de qualidade em alguns componentes utilizados na Adira.

3.6.1. Desenvolvimento de um equipamento para a manutenção/reparação dos calcadores de uma guilhotina

O desenvolvimento desta ferramenta vai permitir, como referido anteriormente, que a manutenção aos calcadores se torne independente das condições do cliente, permitindo que o trabalho se torne mais rápido. Esta ferramenta será utilizada para pressionar a mola existente dentro do calcador para ser possível retirar e colocar um novo freio.

- **Constituintes de um calcador**

Em toda a gama das guilhotinas existem vários tipos de calcadores, pois dependendo da máquina em estudo e da capacidade da mesma estes alteram a sua configuração, mas os constituintes continuam a ser os mesmos independentemente do calcador em estudo. Na Figura 63 está representado um calcador de uma guilhotina GV1030 Adira com a respetiva legenda de todos os seus constituintes.

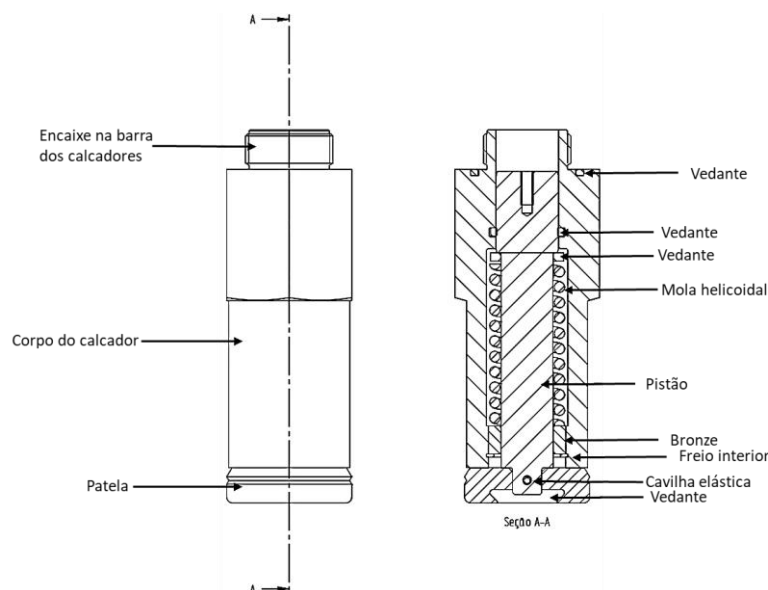


Figura 63- Representação de um calcador com os seus respetivos constituintes (adaptado de [73]).

Quando se faz a manutenção/ reparação a um calcador, na maior parte dos casos é necessário substituir alguns dos seus elementos apresentados na figura anterior. Os elementos que são substituídos são a mola helicoidal, todos os vedantes existentes nos calcadores e ainda o freio e a cavilha elástica.

- **Processo de manutenção/reparação antes da implementação da ferramenta**

Antes da implementação da nova ferramenta, para a realização desta manutenção era necessário o cliente ter as condições necessárias para a abertura dos calcadores, se não os calcadores teriam de ser intervencionados na Adira. Este processo baseia-se inicialmente na marcação de todos os calcadores e de todas as patelas para depois se iniciar o desaperto do calcador da barra de fixação dos calcadores. Posteriormente a serem retirados da barra, é possível retirar a cavilha elástica para tirar a patela e o vedante lá presente, para ser possível assim inspecionar o interior do calcador.

Sendo assim, depois é necessário retirar todos os elementos do interior do calcador que serão substituídos, sendo que primeiramente é necessário retirar o freio. Para esse tipo de processo será implementada a nova ferramenta, pois para este trabalho é necessário pressionar a mola para depois ser possível retirar o freio. Isto faz-se através de uma máquina de coluna (máquina que o cliente teria) e de um ponteiro, assim ao pressionar o bronze, por consequência a mola desce e é possível retirar o freio nesse momento. Posteriormente a isso, é possível retirar todos os vedantes e o pistão para a posterior lavagem e limpeza do calcador, do pistão e da patela.

Para a montagem é necessário ter especial atenção à colocação do freio, onde se têm de fazer o mesmo processo que se utilizou na sua remoção sendo também necessário pressionar o bronze e colocar o freio, como está ilustrado na Figura 64.



Figura 64- A- Posicionamento do calcador em função do ponteiro. B- Pressão aplicada na mola para a colocação do freio.

Após se colocar a patela no calcador (Figura 65-A), devidamente limpa e desengordurada e com um novo vedante e com uma nova cavilha de aprisionamento, estes podem ser montados de novo na guilhotina (Figura 65-B) para testarem o seu funcionamento verificando-se assim se estes não estão a ter qualquer tipo de fuga.

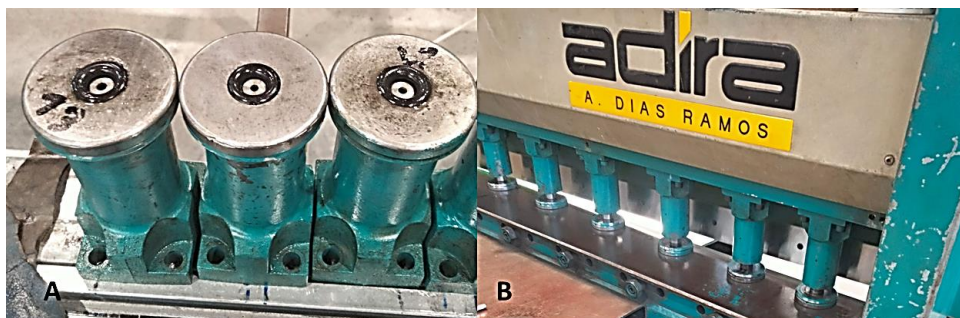


Figura 65- A- Calcador devidamente montado com todos os seus elementos. B- Calcadores montados numa guilhotina GHR-1040.

- **Projeto de implementação da ferramenta para a manutenção dos calcadores**

Uma vez explicado o processo de manutenção dos calcadores, é possível apresentar as várias sugestões desenvolvidas para ser possível fazer a remoção do freio e a sua posterior colocação. Todos estes projetos foram desenvolvidos de modo que o técnico na reparação ou na manutenção seja totalmente autónomo e faça o trabalho de uma forma mais rápida não dependendo das ferramentas do cliente.

De seguida serão apresentas 5 sugestões das ferramentas criadas para a futura manutenção/reparação de calcadores.

➤ **Sugestão 1**

A primeira sugestão de uma ferramenta para fazer manutenção aos calcadores (Figura 66), consiste numa chapa base quinada que servirá de suporte, tendo depois dois varões roscados que servirão de guia para variar a altura tendo em conta o diferente calcador a reparar. O paralelepípedo representa o braço da guilhotina onde vai apoiar a base da ferramenta que será apertada por vários parafusos. Esta solução funciona através de um movimento manual rotativo, onde veio baixa sendo depois possível pressionar o bronze, baixando a mola para de seguida retirar ou colocar o freio.

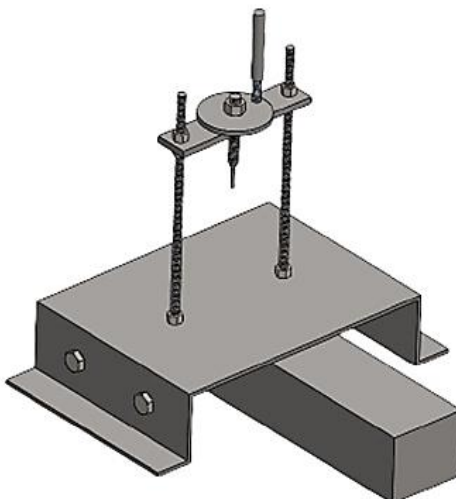


Figura 66- Sugestão 1 de uma ferramenta para fazer manutenção/reparação aos calcadores.

As principais vantagens desta solução são a menor complexidade na sua construção, uma vez que não é necessário utilizar o processo de soldadura pois apenas são utilizados materiais que são cortados e posteriormente quinados, furados e roscados. A sua montagem é de elevada

simplicidade, tendo ainda a vantagem de o técnico ter as duas mãos desocupadas para introduzir ou retirar o freio uma vez que após se pressionar a mola a sua posição fica estática, tendo ainda a possibilidade de ser utilizada em cima de uma bancada de trabalho ou num braço de uma guilhotina

A principais desvantagens, são o mecanismo de movimentação do veio, uma vez que devido à pequena dimensão dos elementos este movimento pode se tornar ligeiramente ineficaz tornando-se pouco prático quando for necessário que o movimento seja com mais alguma rapidez e onde a força aplicada seja maior. Como a aplicação da força não é centrada, pois apenas se trata um pino que vai fazer força num determinado ponto do bronze e esta outra desvantagem aparente deste mecanismo. Por fim, uma outra desvantagem é que para esta solução ser funcional seria necessário produzir vários pinos de diferentes espessuras que têm de ser maquinados na ponta uma vez que existem vários calçadores de diferentes dimensões, sendo este um processo de fabrico complexo e moroso. Este pino ao baixar a mola iria fazer friccionar o bronze pois iria rodar sobre ele, sendo esta característica também uma desvantagem.

➤ Sugestão 2

A segunda sugestão (Figura 67) têm como base a primeira solução apresentada, mudando apenas a forma de acionamento do pino roscado. Nesta solução, a forma de atuação é através de um género de um volante, sendo todos os restantes elementos apresentados semelhantes à sugestão 1.

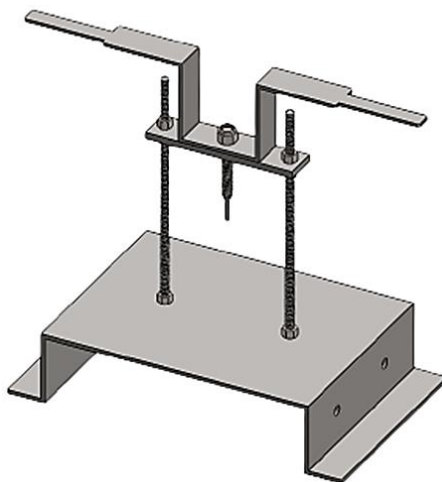


Figura 67- Sugestão 2 de uma ferramenta para fazer manutenção/reparação aos calçadores.

As principais vantagens desta solução são, primeiramente tal como na ideia apresentada anteriormente a estrutura não utiliza o processo de soldadura, sendo assim é montada de uma forma muito simples. Esta ideia continua a apresentar a vantagem de o técnico ter as duas mãos livres para fazer o trabalho, uma vez que durante o processo o veio desce e fixa a sua posição. Esta ideia ainda tem ainda mais a vantagem de, para o movimento ascendente e descendente do pino os técnicos têm a possibilidade de fazer o movimento de rotação de uma forma mais ampla conseguindo aplicar mais força e velocidade ao movimento. Esta ferramenta tal como a anterior permite ainda a possibilidade de ser utilizada em cima de uma bancada de trabalho ou mesmo num braço da guilhotina (não estando representado na figura). Tal como na sugestão anterior o pino roda sobre o bronze para mola baixar, o que faz com que esta sugestão tenha mais esta desvantagem.

Nesta ferramenta, a principal desvantagem é a aplicação da força, uma vez que esta não é centrada pois continua-se apenas a tratar de um pino que vai fazer força num determinado ponto do bronze, possibilitando assim à mola comprimir, tendo assim de se produzir vários pinos de diferentes espessuras tal como na sugestão 1.

➤ Sugestão 3

A terceira sugestão (Figura 68), continua a ter como base as duas ideias anteriormente descritas, mas com uma ligeira alteração na peça que faz pressão sobre o calcador, de forma que a pressão aplicada na mola seja em mais de que um ponto, tendo um rasgo utilizado para retirar ou colocar o freio com o alicate. Também nesta solução é utilizado apenas um parafuso que será de ter rodado através de uma ferramenta extra, como por exemplo um roquete rotativo ou uma parafusadora.

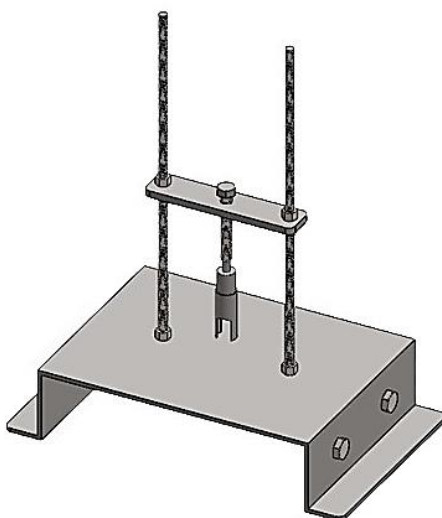


Figura 68- Sugestão 3 de uma ferramenta para fazer manutenção/reparação aos calcadores.

As principais vantagens desta ideia, são a sua simplicidade de montagem, continuando a permitir ao técnico ter as duas mãos livres para executar o trabalho. Esta ferramenta permite que o trabalho seja feito de uma forma mais rápida uma vez que pode usar ferramentas auxiliares para baixar o veio, sendo a pressão aplicada na mola mais bem distribuída. Também esta peça continua a ter a versatilidade de poder ser usada num braço de uma guilhotina ou ser colocado numa bancada de trabalho. Como o ponteiro é movel este não roda no bronze o que também é uma principal vantagem desta solução em relação a todas as anteriores.

A principal desvantagem desta solução é a utilização de dois ponteiros distintos, tendo assim de se fabricar dois ponteiros distintos para diferentes tipos de calcadores, neste caso série ligeira e série pesada.

➤ Sugestão 4

A quarta sugestão (Figura 69), é uma ideia que envolve um processo de fabrico mais complexo, em que simplesmente têm de se fazer força no braço para pressionar a mola com o pino através de um movimento descente. Tal como em todas as soluções anteriormente apresentadas, a base é similar assim como o processo de fixação.

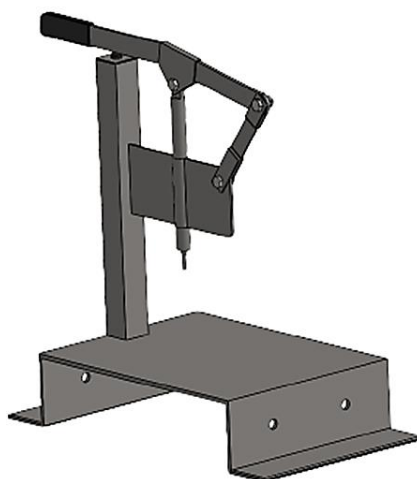


Figura 69- Sugestão 4 de uma ferramenta para fazer manutenção/reparação aos calçadores.

A principal vantagem desta sugestão é a rapidez de execução, para retirar ou colocar o freio no calçador.

Este mecanismo contém muitas desvantagens, uma vez que é necessário utilizar o processo de soldadura para sua construção e por isso este não é desmontável. É necessário ter vários ponteiros de diversas dimensões e diâmetros, pois nesta ferramenta é esse elemento que vai fazer variar a altura tendo em conta o calçador que será reparado. Esta ferramenta também apresenta a desvantagem, que quando a força é aplicada pelo pino esta também não é centrada, tendo o técnico apenas uma mão livre para a realização do trabalho pois uma têm de estar a fazer força continuamente para o pino não subir.

➤ Sugestão 5

A quinta e última sugestão apresentada (Figura 70), é uma solução melhorada da apresentada anteriormente, uma vez que esta contém uma mola que permite que o braço após pressionar o calçador, tenha um movimento ascendente autónomo. Este equipamento, também têm um braço que permite variar a altura tendo em conta o calçador que está a ser reparado. Como em todas as últimas sugestões, esta também tem uma base adaptável, podendo ser utilizável num braço de uma guilhotina ou ser colocado numa bancada de trabalho.

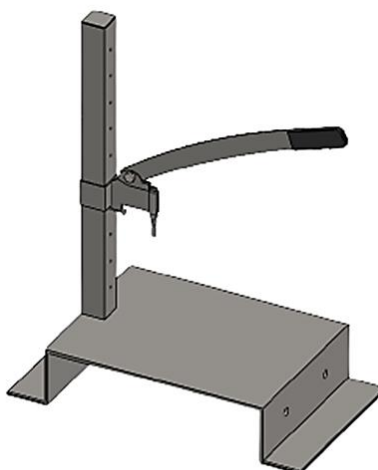


Figura 70- Sugestão 5 de uma ferramenta para fazer manutenção/reparação aos calçadores.

A principal vantagem desta sugestão é a enorme rapidez do processo devido à existência de uma mola rígida, apresentando também um mecanismo para a variação da altura o que permite apenas o fabrico de dois ponteiros, um para calçadores de menores dimensões e outro para calçadores de elevadas dimensões também denominados calçadores de série pesada.

As principais desvantagens desta sugestão são a complexidade de montagem da estrutura uma vez que envolve processos de soldadura e por isso não pode ser desmontada. Mais uma vez esta solução faz com que o técnico não tenha possibilidade de ter as duas mãos livres pois uma têm que fazer uma pressão continua sobre o calçador. Mais uma vez a solução proposta para o ponteiro de calcagem não é o mais ideal pois a localização da força continua a não ser centrada.

✓ Tomada de decisão

Após a apresentação de 5 sugestões e a elucidação de algumas vantagens e desvantagens de cada uma, é necessário fazer uma seleção da sugestão tendo em conta vários parâmetros e a respetiva pontuação que lhe será atribuída. Tendo em conta que serão apresentados vários parâmetros estes serão classificados com um determinado grau de importância, tendo todos estes uma classificação de 1 a 5. Os parâmetros terão como base as vantagens e desvantagens anteriormente referidas, assim como outros, que serão de importante interesse para a análise.

Por fim será realizado uma soma total de todas as pontuações, assim como um ranking das sugestões para se concluir qual a solução mais vantajosa para ser escolhida. Na Tabela 38 está apresentada a respetiva análise realizada tendo em conta os diferentes critérios selecionados.

Tabela 38- Tomada de decisão da sugestão, tendo em conta alguns parâmetros selecionados.

Parâmetro	Grau de Importância	Sugestão 1	Sugestão 2	Sugestão 3	Sugestão 4	Sugestão 5
Complexidade de fabrico 1-Muita 5-Pouca	20%	4	4	4	1	1
Custo do fabrico 1-Caro 5-Barato	15%	4	4	4	2	2
Rapidez do processo 1-Lento 5-Rápido	25%	2	3	4	4	5
Autonomia do técnico 1-Pouca 5-Muita	25%	5	5	5	1	1
Desmontagem do mecanismo 1-Difícil 5-Fácil	15%	5	5	5	1	1
Total da pontuação		3,9	4,15	4,40	1,90	2,15
Ranking das sugestões		3º	2º	1º	5º	4º

Através da tabela anterior, é possível constatar que a sugestão que apresentou uma maior pontuação foi a sugestão número 3, tendo em conta todos os parâmetros selecionados para a

análise. Esta ferramenta permitirá fazer a manutenção a todos os calcadores de qualquer guilhotina Adira independentemente da sua dimensão.

- **Constituintes e princípio de funcionamento da ferramenta**

A sugestão de ferramenta selecionada apresenta vários componentes que estão devidamente legendados na Figura 71.

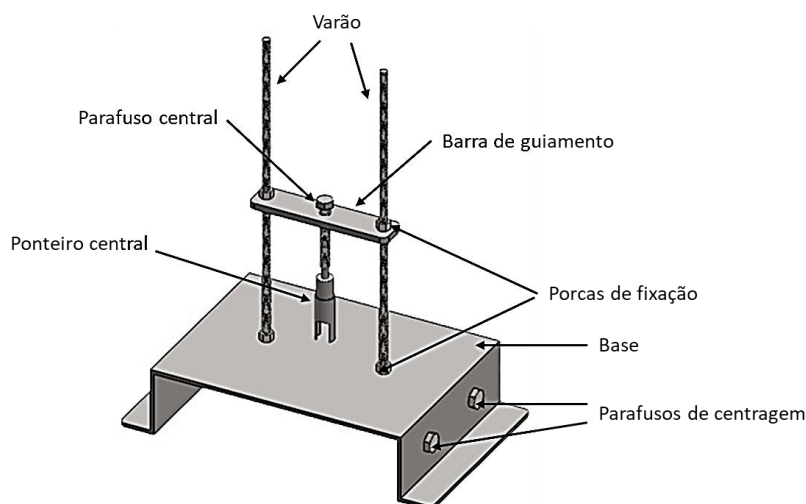


Figura 71- Constituintes da ferramenta selecionada.

Através de uma análise de todas as guilhotinas construídas desde a fundação da Adira percebeu-se que a guilhotina GV-2530 têm os calcadores de maiores dimensões, tendo estes uma altura de 280 mm e um diâmetro de aproximadamente 120 mm. Tendo em conta estas dimensões toda a ferramenta foi dimensionado para permitir realizar trabalhos nestes tipos de calcadores e de menores dimensões. Na Tabela 39 estão representados todos os constituintes da ferramenta assim como todas as suas dimensões e as suas funções.

Tabela 39- Especificações dos componentes da ferramenta construída.

Componente	Material	Dimensões	Função do componente
Barra de guiamento	AISI 1020	Comprimento= 220 mm; Largura= 50 mm; Espessura= 10 mm.	Este componente têm a principal função de definir a altura necessária para reparar o calcador, sendo a barra segura por 4 porcas M12 e tendo um furo central M16.
Base	AISI 1020	Comprimento= 400 mm; Largura= 300 mm; Aba= 100 mm; Espessura= 6 mm.	Este componente tem como função suportar o calcador e todas as cargas nele aplicado para lhe ser retirado ou colocado um novo freio.
Parafuso central	AISI 1020	Comprimento= 100 mm; Dimensão= M16.	Este componente tem a função de ser o intermediário entre o ponteiro e a barra, sendo também o componente que permite fazer o movimento ascendente e descendente do ponteiro central.
Parafusos de centragem	AISI 1020	Comprimentos= 140 mm; Dimensão= M16.	Este componente permite fazer o ajuste ao braço da guilhotina, sendo uma opção de trabalho de como pode estar posicionada a ferramenta.

Ponteiro central	AISI 1020	Dimensão variável tendo em conta o calcador.	Este componente é que está em contacto com o calcador podendo ter várias dimensões.
Porcas de fixação	AISI 1020	Dimensão = M12.	Estes componentes são utilizados para fixar os varões na estrutura.
Varão	AISI 1020	Altura= 500 mm; Dimensão= M12.	Este componente tem como principal função ser um curso para a barra de guiamento.

O funcionamento desta ferramenta baseia-se na rotação do parafuso central sobre a barra e quando este já estiver numa posição suficientemente próxima do calcador é colocado o ponteiro central. O ponteiro central entra na parte inferior do parafuso num furo que têm um comprimento de aproximadamente 20 mm e um diâmetro de 10 mm. Este após ser colocado apenas é empurrado com o movimento descendente do parafuso contra o bronze até a mola comprimir o suficiente para ser possível retirar o freio ou colocar um novo.

- **Cálculo da resistência da estrutura**

Para validar a estrutura em termos de resistência e segurança é necessário fazer algumas verificações em alguns componentes que sofrem maior pressão de trabalho. Analisando todos os componentes da ferramenta, imediatamente se percebe que a base da estrutura, a barra de guiamento e o ponteiro central são os componentes mais críticos que requerem um maior cuidado na análise para se conseguir perceber qual a sua resistência máxima tendo em conta as solicitações a que estão sujeitas.

Por estas razões será utilizado o método de elementos finitos para fazer a análise da peça mais especificamente da base, da barra de guiamento e do ponteiro aplicando algumas solicitações a esses constituintes. Para estas peças serão feitas as análises às tensões máximas que estas estão submetidas, aos seus deslocamentos e os seus respetivos coeficientes de segurança. Para se realizar esta análise foi admitida uma força máxima de 2000 N a que todos os componentes estavam sujeitos tendo em conta o calcador com maiores dimensões pois este é o que possui a mola com maior rigidez, sendo esta carga majorada para ter uma maior margem de segurança. Foi considerado ainda que um coeficiente de segurança mínimo de 1,5 e em relação aos deslocamentos, a Adira aceita deformações até 3 mm em peças destas dimensões considerando-se valores inferiores a este aceitáveis.

O *software* utilizado na elaboração do modelo CAD da peça foi o Solidworks assim como para simulação por elementos finitos. A análise às peças é uma análise estática pois as aplicações das cargas têm ligeiras variações ao longo do tempo, sendo que as condições fronteira não se alteram. O material utilizado no fabrico da ferramenta e dos seus elementos foi o AISI 1020, onde através da Tabela 40 é possível ver as características do aço AISI 1020 utilizado na construção dos constituintes ferramenta.

Tabela 40- Propriedades do material utilizado na construção dos constituintes da ferramenta [77].

Propriedade do material	Valor da propriedade
Módulo de elasticidade	200 GPa
Coefficiente de <i>Poisson</i>	0,29
Massa volúmica	7900 Kg/m ³

Tensão de cedência	352 MPa
Tensão de rutura	420 MPa

➤ Análise da resistência da base da ferramenta

Analisando agora individualmente a base da estrutura, através do método dos elementos finitos, foi necessário inicialmente definir as condições fronteira da base e que foi idealizada para ser utilizada em dois tipos de situações como já explicado anteriormente. Sendo assim, o estudo realizado foi para a situação mais crítica de trabalho, que é quando a base é pousada numa bancada e não no braço da guilhotina. Por isso, na simulação numérica as condições fronteira da peça são definidas tendo em conta o seu movimento. Por essa razão, foi necessário replicar os pontos de contacto da base com a bancada, esses pontos representados na Figura 72.

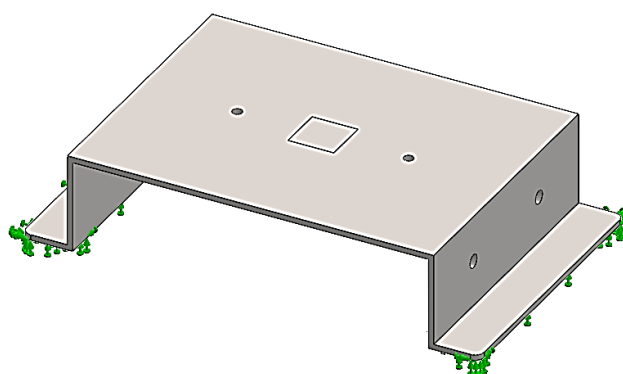


Figura 72- Pontos de fixação da base da ferramenta, utilizadas durante as simulações.

A simbologia verde representada na figura anterior demonstra que todos os graus de liberdade existentes são bloqueados, através da fixação ao solo com a restrição do tipo encastramento, através da função *fixed geometry*. De seguida é necessário a aplicação de cargas na base localizadas centralmente como mostra a Figura 73.

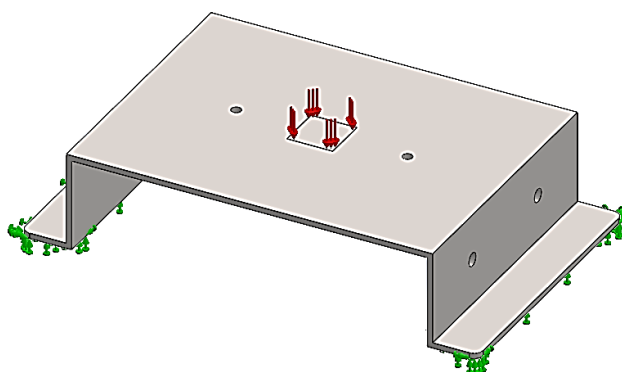


Figura 73- Ilustração da aplicação da força no centro da base.

Para efeitos de simulação a força arbitrada foi de 2000 N que foi distribuída por um quadrado de dimensões de 50x50 mm, que retrata a base do calçador, sendo essa força distribuída pela área do referido quadrado, resultando numa pressão de 800 N/m². Foi considerada a área mais pequena de todos os calçadores existentes uma vez que a área menor é a mais crítica pois está mais concentrada numa região.

Antes de efetuar a primeira análise, procedeu-se ao estudo da convergência de malha. Através deste modelo, é possível identificar qual o número ideal de elementos a considerar para a realização do estudo, sendo que, quanto menor o número de elementos melhor é a qualidade dos dados obtidos e mais próxima da realidade fica a simulação. No entanto, para realização desta análise de melhor qualidade, é necessário despende de mais tempo de análise e de um equipamento com maior capacidade. Este método, consiste na realização de um processo iterativo em que é refinado o tamanho da malha, de modo a encontrar a convergência dos valores de tensão e deslocamento em estudo, identificando assim, a partir de que valor não existe qualquer alteração significativa de resultados.

Para o estudo de convergência de malha, a base foi classificada como *sheet-metal*, tratando-se de um elemento de casca. Para iniciar o estudo da convergência da malha, foram considerados os seguintes parâmetros:

- **Carga:** aplicada na base como *pressure*;
- **Mesh:** classificada como *blended curvature-based mesh* com as respetivas características:
 - **Máximo:** 30 mm (corresponde ao tamanho do maior elemento criado);
 - **Mínimo:** 4,59 mm (corresponde ao tamanho do menor elemento criado);
 - O número de elementos num furo ou num entalhe será de 8 elementos;
 - O rácio entre o tamanho de elementos entre as camadas da malha é de 2;
 - Número de elementos: 2297.

Na Tabela 41 é observado o número de estudos necessários (12) para obter a convergência de valores. O primeiro estudo apresenta a malha mais grosseira que é refinada ao longo das simulações. Na tabela é também apresentado o número de elementos, tensão e deslocamento para a peça em análise.

Tabela 41- Estudo da convergência da malha para a base da ferramenta.

Convergência de malha: Base				
Estudo	Tamanho da malha (mm) (máx.- mín.)	Número de elementos	Tensão (Pa)	Deslocamento (mm)
1	30 - 4,59	2297	2,77E+07	4,32E-03
2	28 - 4,28	2503	2,46E+07	4,23E-03
3	26 - 3,98	2789	2,40E+07	4,36E-03
4	24 - 3,67	3125	2,33E+07	4,35E-03
5	20 - 3,05	4151	1,91E+07	4,77E-03
6	16 - 2,45	5966	1,47E+07	5,13E-03
7	14 - 2,14	7634	1,17E+07	5,22E-03
8	12 - 1,84	10223	9,76E+06	5,41E-03
9	10 - 1,53	14702	1,08E+07	5,47E-03
10	8 - 1,22	22425	6,14E+06	5,58E-03
11	6 - 0,91	101105	1,50E+06	5,54E-03

12	4 - 0,61	303767	1,51E+06	5,60E-03
----	----------	--------	----------	----------

Na Figura 74, verifica-se que para o elemento em estudo, o deslocamento converge para um valor próximo 5,60E-03 mm.

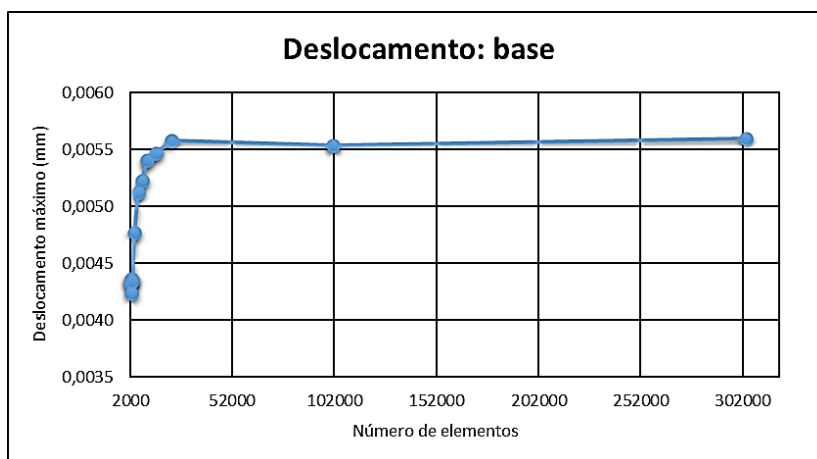


Figura 74- Resultados do deslocamento máximo para o estudo de convergência da base.

No gráfico da Figura 75 está revelada a convergência da tensão de *Von Mises*, tendo tendência para convergir para um valor próximo de 1,51E+06 Pa.

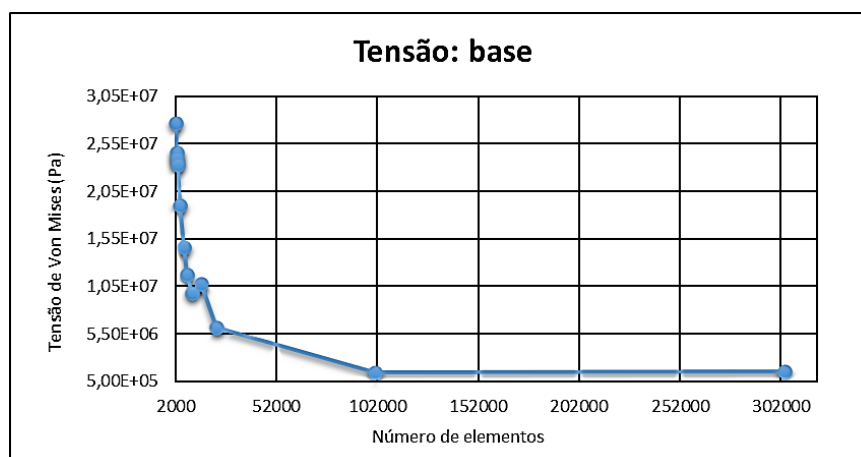


Figura 75- Resultados da tensão de Von Mises para o estudo de convergência da base.

Através dos resultados anteriormente apresentados foram feitas simulações numéricas para as tensões de *Von Mises*, os deslocamentos e o coeficiente de segurança.

Para realização e análise do estudo das tensões foi utilizado um aço AISI 1020, cuja tensão de cedência é de 352 MPa e tensão de rotura 420 MPa (valores representados anteriormente) tendo a peça uma espessura de 6 mm. Para a realização deste estudo computacional foram admitidos os mesmos parâmetros que no estudo de convergência da malha, com uma malha (30 – 4,59 mm) de 2297 elementos.

Depois de realizado o estudo (Figura 76), podemos observar as tensões instaladas na peça, podendo afirmar que a tensão máxima presente atinge o valor de 78,1 MPa, não ultrapassando assim a tensão de cedência do material. O valor máximo como é possível observar através da figura seguinte é localizado no meio da peça onde é aplicada a pressão do calcador.

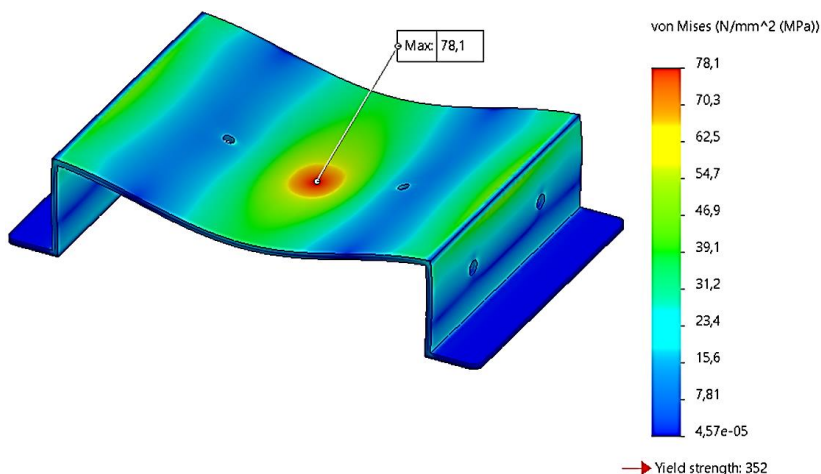


Figura 76- Tensão de *Von Mises* quando aplicada a carga na peça.

Na Figura 77, é possível analisar que existe um deslocamento máximo no base de 0,811 mm.

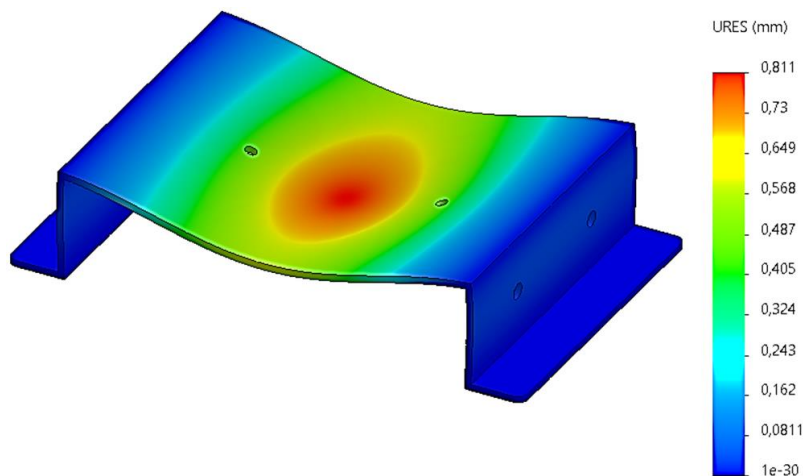


Figura 77- Representação do deslocamento na peça em estudo.

Na Figura 78, pode-se analisar a representação do fator de segurança distribuído na estrutura, cujo valor mínimo encontrado é de 4,5. Analiticamente o fator de segurança obtém-se com a tensão de cedência do material (352 MPa) a dividir pela tensão máxima instalada (78,1 MPa), apresentando assim um valor de 4,51 muito semelhante ao encontrado na simulação.

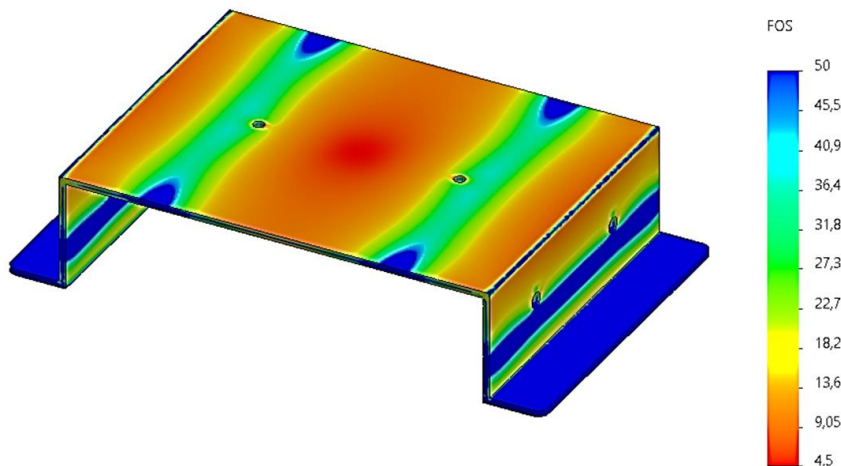


Figura 78- Fator de segurança da base da ferramenta.

Podemos então concluir que a base da ferramenta aguenta todas as solicitações máximas que esta pode estar sujeita.

➤ **Análise da resistência da barra de guiamento da ferramenta**

Como anteriormente enunciado para análise já realizada, também para a barra de guiamento é necessário definir condições fronteira para assim restringir o movimento da peça. Na Figura 79 é possível observar as condições fronteira selecionadas para, representado tal como na base a restrição do tipo encastramento, através da função *fixed geometry* num dos furos e outro está livre através da função *roller/slider*.

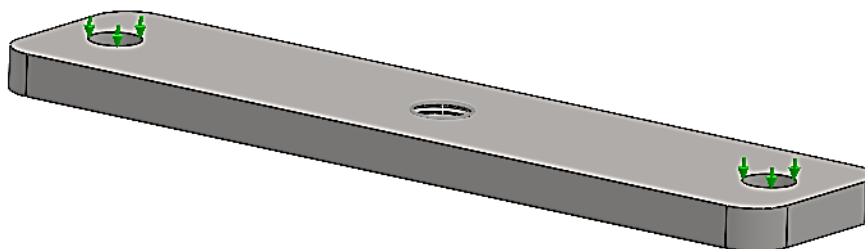


Figura 79- Pontos de fixação da barra de guiamento da ferramenta, utilizadas durante as simulações.

Após esta etapa é necessário representar a força correspondente a 2000 N no centro do furo onde trabalha o parafuso central, sendo esta uma força aplicada de na direção vertical com um sentido de baixo para cima, como é possível observar na Figura 80.

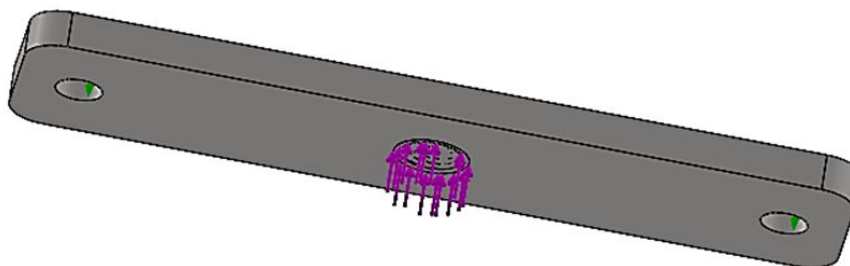


Figura 80- Ilustração da aplicação da força na barra de guiamento da ferramenta.

Após estas duas etapas é necessário seguir para a convergência de malha considerando a barra de guiamento na sua classificação como *sheet-metal*, tratando-se de um elemento de casca. Para iniciar o estudo da convergência da malha, também foram considerados alguns parâmetros:

- **Carga:** aplicada na barra como *strength*;
- **Mesh:** classificada como *blended curvature-based mesh* com as respetivas características:
 - **Tamanho:** 6 mm;
 - O número de elementos num furo ou num entalhe será de 8 elementos;
 - O rácio entre o tamanho de elementos entre as camadas da malha é de 2;
 - Número de elementos: 4652.

Através da Tabela 42 consegue-se perceber que o número de estudos necessários (9) para obter a convergência de valores, sendo que o primeiro estudo apresenta uma malha mais grosseira que é refinada ao longo das simulações.

Tabela 42- Estudo da convergência da malha para a barra de guiamento da ferramenta.

Convergência de malha: Barra de guiamento				
Estudo	Tamanho da malha (mm)	Número de elementos	Tensão (Pa)	Deslocamento (mm)
1	6	4652	7,95E+06	2,49E-03
2	5,6	5219	7,24E+06	2,50E-03
3	5	8368	6,91E+06	2,51E-03
4	4,6	9913	7,00E+06	2,52E-03
5	4	14956	7,09E+06	2,53E-03
6	3,6	18683	7,22E+06	2,54E-03
7	3	34812	6,85E+06	2,55E-03
8	2,4	65048	7,00E+06	2,55E-03
9	2	109101	6,77E+06	2,55E-03

Através da Figura 81, observa-se que para o elemento em estudo, o deslocamento converge para um valor próximo 2,55E-03 mm.

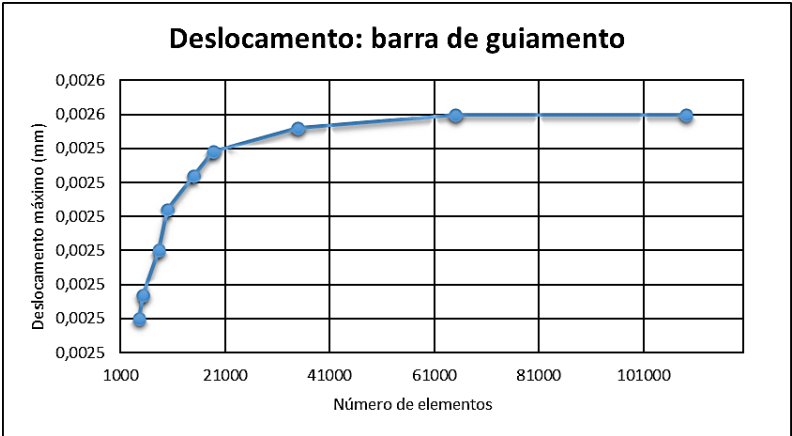


Figura 81- Resultados do deslocamento máximo para o estudo de convergência da barra de guiamento.

No gráfico da Figura 82 está revelada a convergência da tensão de *Von Mises*, tendo tendência para convergir para um valor próximo de 6,77E+06 Pa.

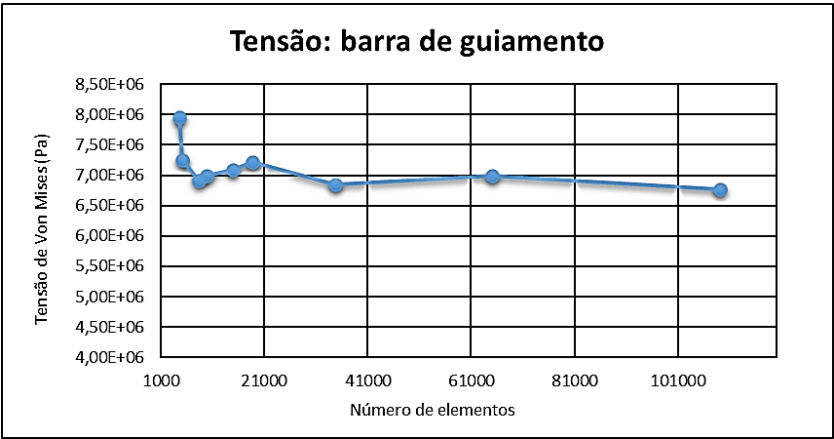


Figura 82- Resultados da tensão de Von Mises para o estudo de convergência da barra de guiamento.

Também como para a base através dos resultados anteriormente apresentados foram feitas simulações numéricas para as tensões de *Von Mises*, os deslocamentos e o coeficiente de segurança para a barra de guiamento.

Para realização e análise do estudo das tensões também foi utilizado um aço AISI 1020, cuja tensão de cedência é de 352 MPa tendo a peça uma espessura de 10 mm. Para a realização do estudo computacional foram admitidos os mesmos parâmetros que no estudo de convergência da malha, com uma malha (6 mm) de 4652 elementos. Através da análise da Figura 83 percebemos que as tensões máximas instaladas (171 MPa) estão localizadas nos furos da peça, tendo valores muito inferiores à tensão de cedência do material por isso barra de guiamento, resiste às solicitações impostas.

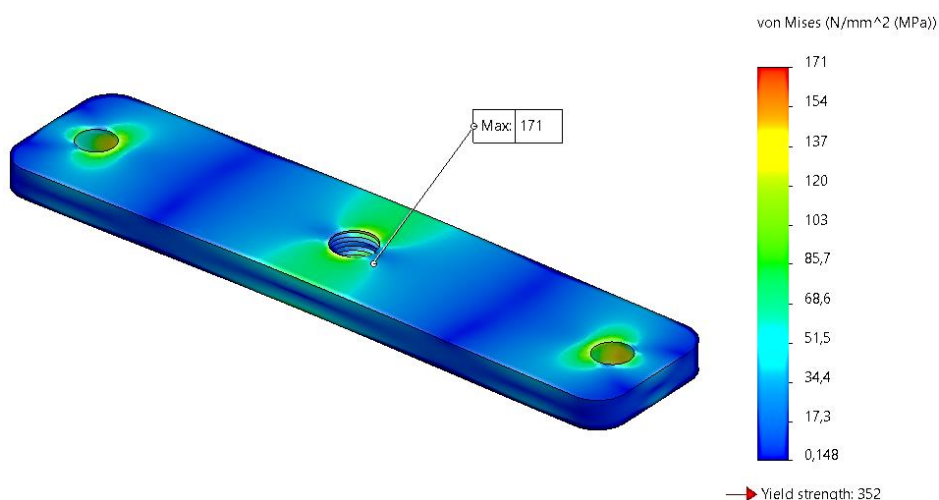


Figura 83- Tensão de *Von Mises* na barra de guiamento da ferramenta.

Na Figura 84, é possível analisar que existe um deslocamento máximo no furo central da barra de aproximadamente 2,79 mm.

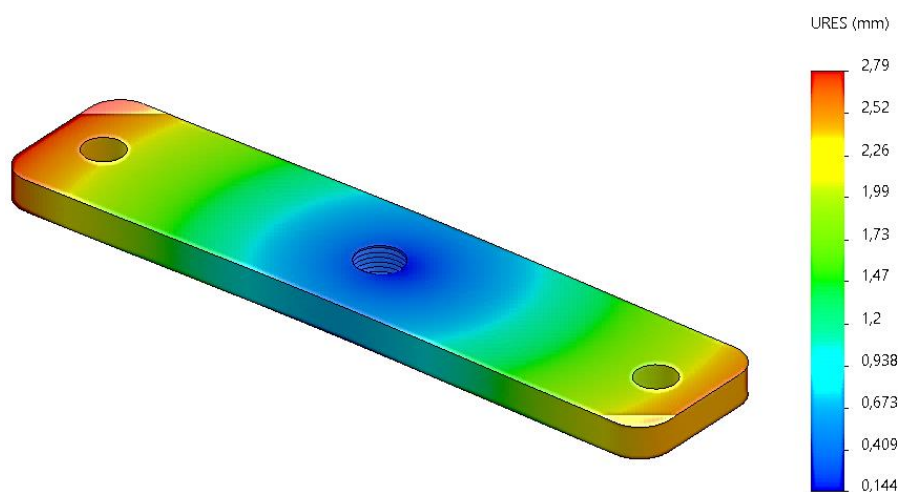


Figura 84- Representação dos deslocamentos na barra de guiamento.

Na Figura 85, pode-se analisar a representação do fator de segurança distribuído na estrutura, cujo valor mínimo encontrado é de 2,05. Analiticamente o fator de segurança apresenta um valor de 2,06 muito semelhante ao encontrado na simulação.

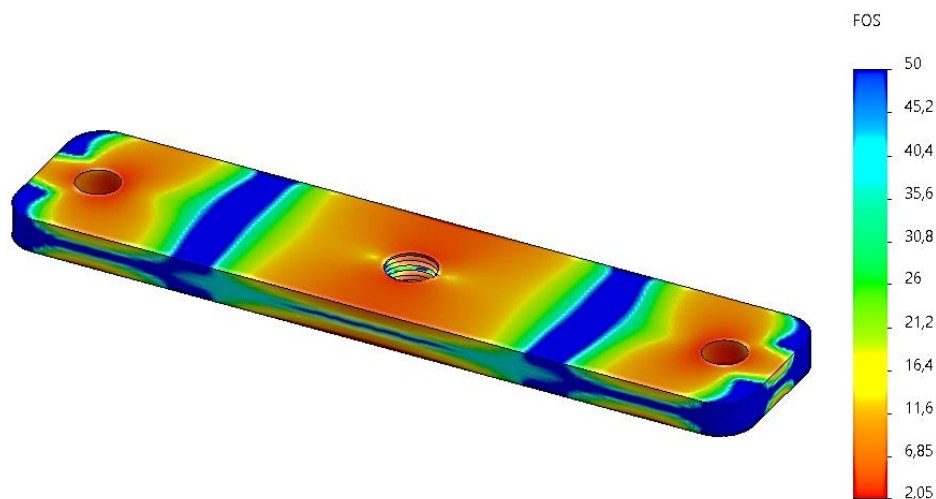


Figura 85- Representação do fator de segurança da barra de guiamento.

Podemos então concluir que a barra de guiamento, está bem dimensionada para todos os esforços a que vais estar sujeita.

➤ **Análise da resistência do ponteiro central da ferramenta**

Por fim para a análise computacional do ponteiro central, foi feito exatamente o mesmo raciocínio que nas duas peças anteriores. De referir que existem diferentes tipos de ponteiros, mas o que foi sujeito à análise computacional é o de menores dimensões pois é o que têm menor resistência devido às dimensões dos seus constituintes, uma vez que se está a testar com forças sobredimensionadas onde na realidade o ponteiro de maior dimensão é que irá fazer o trabalho com a carga de 2000 N. Por isso, também nesta peça o movimento foi bloqueado (Figura 86) através de encastramentos no encaixe do ponteiro.



Figura 86- Pontos de fixação do ponteiro central da ferramenta, utilizadas durante as simulações.

Posteriormente é necessário aplicar a força na ponta do ponteiro, assumindo também este um valor de 2000 N, como mostra na Figura 87.



Figura 87- Ilustração da aplicação da força no ponteiro central da ferramenta.

Após estas duas etapas é necessário seguir para a convergência de malha considerando o ponteiro central na sua classificação como *sheet-metal*, tratando-se de um elemento de casca. Para iniciar o estudo da convergência da malha, também foram considerados alguns parâmetros:

- **Carga:** aplicada na barra como *strength*;
- **Mesh:** classificada como *blended curvature-based mesh* com as respectivas características:
 - **Tamanho:** 3 mm;
 - O número de elementos num furo ou num entalhe será de 8 elementos;
 - O rácio entre o tamanho de elementos entre as camadas da malha é de 2;
 - Número de elementos: 10550.

Com base na Tabela 43 consegue-se perceber que o número de estudos necessários (7) para obter a convergência de valores, sendo que o primeiro estudo apresenta uma malha mais grosseira que é refinada ao longo das simulações.

Tabela 43- Estudo da convergência da malha para o ponteiro central da ferramenta.

Convergência de malha: Ponteiro central				
Estudo	Tamanho da malha (mm)	Número de elementos	Tensão (Pa)	Deslocamento (mm)
1	3	10550	1,19E+08	3,86E-02
2	2,7	14212	1,28E+08	3,89E-02
3	2	30850	1,40E+08	3,95E-02
4	1,6	53772	1,42E+08	3,96E-02
5	1,3	90865	1,44E+08	3,97E-02
6	1	184188	1,43E+08	3,97E-02
7	0,8	349851	1,44E+08	3,98E-02

Através da Figura 88, observa-se que para o elemento em estudo, o deslocamento converge para um valor próximo 3,98E-02 mm.

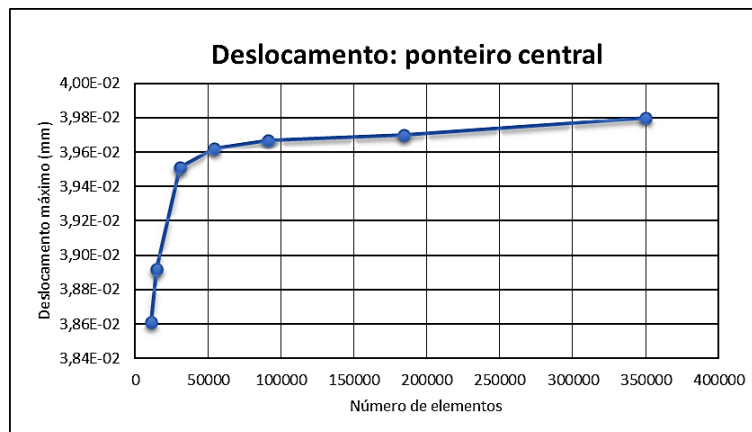


Figura 88- Resultados do deslocamento máximo para o estudo de convergência do ponteiro central.

No gráfico da Figura 89 está apresentada a convergência da tensão de *Von Mises*, tendo tendência para convergir para um valor próximo de $1,44\text{E}+08$ Pa.

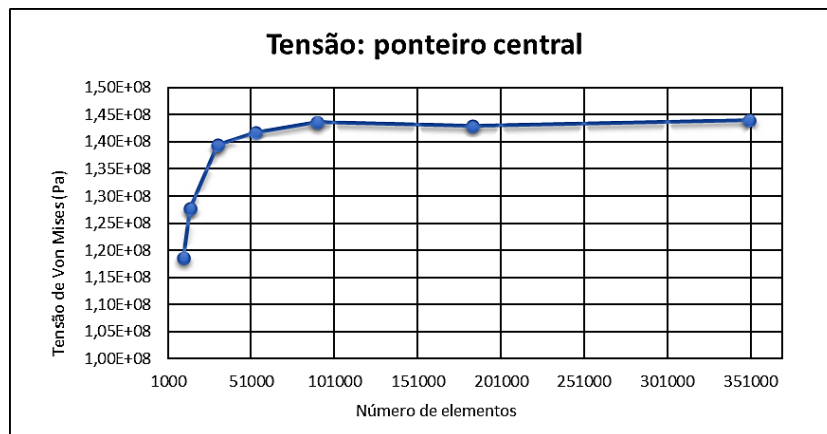


Figura 89- Resultados da tensão de Von Mises para o estudo de convergência do ponteiro central.

Como nos casos anteriores foram feitas simulações numéricas para analisar as tensões de *Von Mises*, os deslocamentos e o coeficiente de segurança do ponteiro central. A tensão máxima instalada na peça tem um valor de 213 MPa muito inferiores à tensão de cedência do material, como é possível observar na Figura 90.

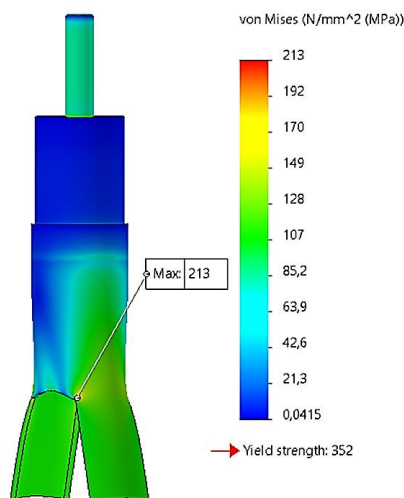


Figura 90- Tensão de *Von Mises* no ponteiro central.

Tendo agora em conta o deslocamento, este assume um valor máximo de 0,142 mm como é possível observar na Figura 91.

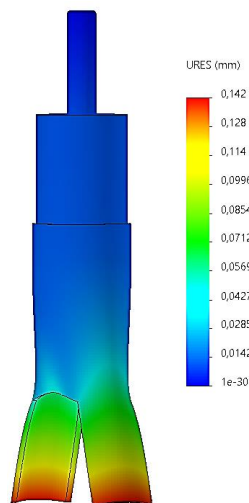


Figura 91- Apresentação dos deslocamentos no ponteiro central de menores dimensões da ferramenta.

Por fim ainda é necessário verificar o coeficiente de segurança que tem um valor mínimo de 1,65 (Figura 92), onde analiticamente assume um valor também muito próximo de aproximadamente 1,66.

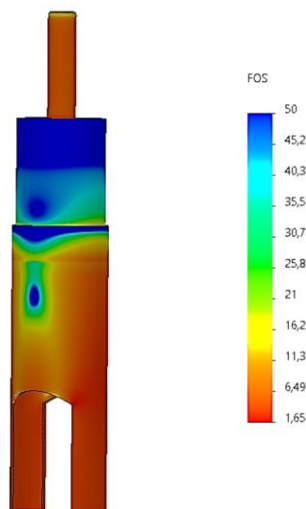


Figura 92- Coeficiente de segurança do ponteiro de menores dimensões.

Podemos então concluir que, mesmo que o coeficiente de segurança não seja muito elevado a peça resiste às solicitações pois a força a que este ponteiro está sujeito é sobredimensionada, pois é como estivesse a ser utilizada num ponteiro de maiores dimensões.

- **Utilização da nova ferramenta na manutenção/reparação de calçadores**

Após a validação da ferramenta em termos numéricos e estruturais, será possível construir a ferramenta para a sua futura utilização. Para a produção de todos estes componentes é necessário utilizar várias técnicas de fabrico como técnicas de quinagem, soldadura e realizar os furos e posteriores roscas para que depois seja possível ser feita a montagem.

Todos estes elementos que constituem a ferramenta estão apresentados no Apêndice E, onde estão indicados todos os desenhos técnicos necessários das peças da ferramenta, assim com o seu desenho de conjunto.

3.6.2. *Service mobile*

A Adira está num processo de desenvolvimento e implementação de processos, de modo que estes se tornem mais automatizados e monitorizados. O *service mobile* é uma implementação para a vertente técnica, para substituir a folha de serviço que é preenchida no cliente relativa à intervenção realizada pelo técnico, de forma que a informação disponibilizada pelo técnico de toda a reparação realizada seja diretamente colocada na base de dados da Adira, facilitando assim outros processos internos.

Sendo assim, com esta implementação o técnico faz o relatório da intervenção no *tablet* do *service*, que está atribuído ao *ticket do chamado* e à ordem de serviço. O *chamado*, corresponde ao pedido do cliente que é alojado na base de dados da empresa e que posteriormente passa a ordem de serviço, caso o mesmo adjudique a cotação enviada. As ordens de serviço estão divididas em 6 categorias distintas, estando estas representadas na Tabela 44 com a sua designação.

Tabela 44- Categorias existentes de uma ordem de serviço.

Categoria	Explicação
SAT- Serviço de Assistência Técnica	Serviço utilizado quando se realiza uma intervenção técnica sem garantia de manutenção ou reparação da máquina.
SAG- Serviço de Assistência em Garantia	Serviço utilizado quando se realiza uma intervenção técnica em garantia de manutenção ou reparação da máquina.
SIN- Serviço de Instalação	Serviço realizado quando se faz uma instalação de uma nova máquina.
SVP- Serviço de Venda de Peças	Serviço utilizado quando se vende peças a um cliente.
SPG- Serviço de Peças em Âmbito Garantia	Serviço utilizado quando as peças estão com problemas mas ainda em garantia.
SRD- Serviço de Reparação de Departamento	Serviço utilizado para processos de maquinaria de ferramentas ou elementos de máquina do cliente.

As informações como o material, o nome do técnico, dados do cliente, tipo de máquina e o seu número de série ficam imputadas à ordem serviço, ficando assim pré-preenchidos no *service mobile* no *tablet*. Toda a outra informação contida na antiga folha de serviço que não tinha preenchimento automático, como as horas de viagem, as horas de trabalho e todo o processo necessário para a resolução do problema, eram preenchidas pelo técnico manualmente. De seguida, o cliente ao assinar o relatório de intervenção no *tablet* e após o técnico passar para o estado “Concluído”, o cliente irá receber um documento de avaliação e de satisfação do desempenho desde o início do seu pedido até à finalização da intervenção realizada. Posteriormente a fatura irá automaticamente para o email que requereu o serviço. De salientar que o engenheiro de planeamento também recebe o relatório da intervenção, assim como a fatura emitida e o questionário de satisfação preenchido pelo cliente.

Quando era utilizada a folha de serviço impressa, esta era enviada para o engenheiro do planejamento que posteriormente enviava para o departamento de faturação, sendo inserido manualmente os tempos de viagem, a mão de obra e os materiais utilizados. Logo, para a emissão da fatura era necessário inserir toda a informação apresentada anteriormente, verificar se estava tudo correto e posteriormente enviar para o cliente por e-mail e criar um duplicado para enviar por correio, podendo assim finalmente fechar a ordem de serviço de modo a concluir que a intervenção ficou concluída e fechada.

Com a implementação deste novo processo os técnicos possuem mais autonomia sobre as ações que acho que irão realizar e existe uma maior fluidez e eficiência dos processos de *back office*, antes e após ser realizada a assistência técnica.

3.6.3. Assistências remotas

As assistências remotas são muito frequentes para prestar assistências a clientes fora do país ou até clientes nacionais, onde o problema detetado é de fácil resolução. Antes, estes tipos de assistências remotas eram realizadas por *TeamViewer*, sendo esta uma aplicação um pouco limitativa pois o engenheiro de suporte só conseguia ver o comando e não como a máquina respondia a determinadas alterações de parâmetros, tendo de ser o operador da máquina a descrever o que via.

Sendo assim, esta nova ferramenta vai permitir que o engenheiro visualize a máquina e todo o procedimento do operador, verificando assim se este é o correto. Com esta alteração, as novas máquinas irão sair com este novo programa instalado no comando, o que vai permitir que quando novas máquinas são instaladas principalmente fora do país os engenheiros de suporte ajudem na montagem e posteriores afinações da máquina, assim como em intervenções corretivas ou dúvidas futuras.

Este novo equipamento trata-se de uns óculos monoculares “*Vuzix M400*” (Figura 93), que permitem ter um enquadramento 2D e ainda ajudar os operadores de campo ou clientes, conectando-se instantaneamente com o engenheiro de suporte. Como já referido anteriormente a ferramenta ajuda o engenheiro a fornecer instruções em tempo real para otimizar e garantir soluções eficientes aos problemas apresentados, permitindo ainda fazer chamadas de vídeo com anotações em 2D ou realidade aumentada.



Figura 93- Óculos monoculares *Vuzix M400* [70].

Estes óculos farão parte do conjunto da máquina quando esta é vendida ao cliente, de modo que para futuras ocorrências este seja utilizado assim por todos os técnicos, para que quando tenham alguma dúvida relativamente à intervenção possam esclarecer em tempo real com o engenheiro de suporte.

3.6.4. Implementação de processos de qualidade

Os processos de qualidade são fundamentais de modo a se conseguir verificar a qualidade dos produtos adquiridos e produzidos pela Adira. A implementação de novos processos de qualidade vai permitir que existam menos não conformidades em termos de material recebido e produzido fora da empresa, e que possíveis avarias futuras em máquinas em atual produção pela Adira sejam evitadas.

Por isso foram sugeridos alguns processo de qualidade que apesar de simples podem fazer toda a diferença no produto final. A primeira etapa que foi implementada é controlo do produto na descarga do material por um operador especializado nesse tipo de trabalho. Ele avalia o estado das peças em termos estruturais e tendo em conta o seu acabamento superficial. A avaliação da estrutura é feita tendo em conta as dimensões pedidas da peça que foi pedida, sendo necessário fazer um controlo dimensional para se perceber se produto está de acordo com o pedido e por fim, se os seus acabamentos superficiais neste caso a pintura não têm qualquer risco profundo ou alguma oxidação superficial. Também foram aprovados tratamentos de limpeza das peças quando estas chegam à Adira e quando estas são montadas na máquina para prevenir possíveis contaminações de circuitos ou sistemas independentes da máquina. A nível elétrico todos os componentes são testados antes do arranque da máquina para se perceber se os relés, drives ou mesmo o comando estão nas devidas condições de funcionamento. Já a nível hidráulico os processos são mais pormenorizados uma vez que por exemplo nos cilindros estes são analisados visualmente para se perceber se a cromagem foi bem realizada ou se têm riscos e ainda o depósito hidráulico verificar se todos as soldaduras foram realizadas de uma forma correta, para garantir que o depósito é estanque. Os constituintes de uma máquina com elevado custo serão sempre testados, num protótipo para garantir que quando se realizam os testes de máquina estes estão em perfeitas condições de modo a cumprir todos os requisitos normais, de modo que a máquina na chegada ao cliente esteja nas perfeitas condições de funcionamento, para não diminuir a satisfação do cliente.

Os trabalhos enunciados anteriormente serão colocados no servidor da Adira para quando o operador analisar a listagem de tarefas a realizar verificar se todos os processos de qualidade anteriormente mencionados foram realizados. Se isso não acontecer este dever alertar de imediato o chefe do departamento de qualidade para este tentar resolver o problema com a maior brevidade e eficiência possível. A nível do departamento de *Service* da Adira apesar de simples este processos podem trazer inúmeras vantagens nas assistências técnicas que se vão a realizar uma vez que as peças utilizadas são novas e necessitam de uma inspeção para serem utilizadas no cliente. Por isso estes procedimentos de qualidades trazem vantagens, nomeadamente:

- Aumentam a qualidade da assistência;
- Satisfação do cliente aumentará;
- Probabilidade de o problema ficar resolvido à primeira aumenta;
- Diminuem os custos da intervenção;
- Diminuem o tempo de paragem da máquina.

Todos estes processos necessitam de várias etapas para a sua implementação assim como bastante logística, mas é sempre um bom princípio tentar melhorar os seus processos de modo que o produto final tenha a maior qualidade possível.

4. IMPLEMENTAÇÃO E ANÁLISE AOS RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados e analisados alguns resultados obtidos tendo em conta as soluções sugeridas e implementadas ou a otimização de alguns processos realizados para melhorar e desenvolver procedimentos da Adira.

4.1. Planeamento da implementação

Para todas as propostas apresentadas para melhorar os procedimentos da Adira foi feito um plano através de seleção de algumas datas razoáveis, para que as ideias fossem implementadas e posteriormente executadas. Sendo assim, através do gráfico de *Gantt* indicado na Figura 94 é possível observar o planeamento de todas as etapas.

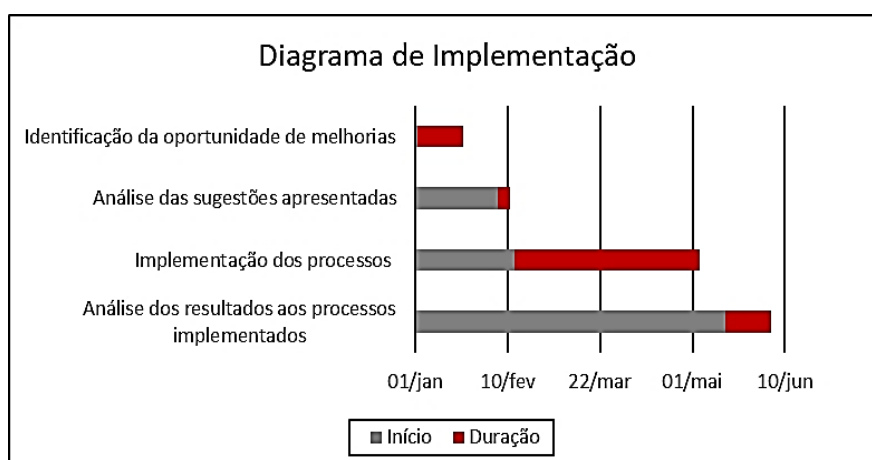


Figura 94- Diagrama de *Gantt* da implementação das propostas sugeridas.

As ideias consideradas neste estudo foram todas as enunciadas ao longo deste trabalho sendo estas:

1. Implementação da nova folha FMEA para a análise de avarias;
2. Utilização de outros tipos de cilindros nas quinadoras PA13530;
3. Adaptação de um filtro de ar no depósito do óleo;
4. Redimensionamento dos fusos das quinadoras BB3515;
5. Aplicação de um novo processo de limpeza na barra que suporta os calcadores;
6. Aplicação das *check-list* de manutenção quando estas são realizadas;
7. Utilização da nova folha de serviço;
8. Utilização da nova ferramenta para fazer manutenção aos calcadores;
9. Implementação do *service mobile* e dos óculos de monoculares de assistência remota;
10. Introdução de um alguns procedimentos de qualidade.

4.2. Implementação

Para implementação de alguns processos ou de ferramentas foi necessário a ajuda de alguns colaboradores da Adira para esse trabalho. Na Tabela 45 é possível ver os departamentos envolvidos para a implementação das várias sugestões apresentadas.

Tabela 45- Indicação dos departamentos envolvidos na implementação das novas sugestões apresentadas.

Sugestão apresentada	Departamentos envolvidos
1. Implementação da nova folha FMEA para a análise de avarias.	Service e qualidade.
2. Utilização de outros tipos de cilindros em quinadoras PA13530.	Service, engenharia e produção.
3. Adaptação de um filtro de ar no depósito do óleo.	Service, engenharia e produção.
4. Redimensionamento dos fusos das quinadoras BB3515.	Service, engenharia e produção.
5. Aplicação de um novo processo de limpeza na barra que suporta os calcadores.	Engenharia, produção e qualidade.
6. Aplicação das <i>check-list</i> de manutenção quando estas são realizadas.	Service.
7. Utilização da nova folha de serviço.	Service.
8. Utilização da nova ferramenta para fazer manutenção aos calcadores.	Service.
9. Implementação do <i>service mobile</i> e dos óculos de monoculares de assistência remota.	Service e IT.
10. Introdução de um alguns procedimentos de qualidade.	Qualidade.

Para todas as ideias anteriormente apresentadas, foi necessário estabelecer um método rápido para tentar que todos os processo e oportunidades fossem implementados e para que fosse possível recolher algum tipo de resultado. Para isso foi necessário realizar um reunião com todos os departamentos envolvidos para a exposição das ideias e como a melhor forma de as implementar.

Analisando os pontos 1, 6, 7, 8 e 9 todos eles tem em algo em comum que é a interação dos técnicos do *Service*. Em todos estes pontos os técnicos têm um papel fundamental pois são eles que põe muito destas ideias em prática e que as levam para os clientes. Os pontos 2, 3, 4 e 5 tem em comum a participação da engenharia e da produção pois tratam-se de futuras oportunidades de melhoria nas novas máquinas em produção. Por fim o ponto 10 é apenas tratado pelo departamento da qualidade uma vez que esta sugestão foi proposta, para serem implementadas mais ações de qualidade para os vários constituintes utilizados que chegam de diferentes fornecedores.

4.3. Recolha e análise dos resultados

Tendo em conta o diagrama de *Gantt* anteriormente apresentado todos os pontos foram analisados dentro da duração estabelecida para cada uma deles.

1. Implementação de uma folha FMEA para a análise de avarias

Relativamente à implementação de uma nova folha FMEA, apesar de já estar a ser utilizada, os resultados ainda são muitos precoces, pois para uma análise de FMEA é necessário uma grande base de dados. Como o período de análise de resultados admitido foi de apenas 20 dias os resultados também não foram muito conclusivos.

Mesmo assim foi feita uma comparação com a quantidade de avarias recolhidas para estudo, quando esta folha foi implementada nos processos da empresa tendo como comparação quando não se utilizava qualquer tipo de registo. Essa comparação está representada na Figura 95 e foi considerado um período de 20 dias antes e depois da implementação.

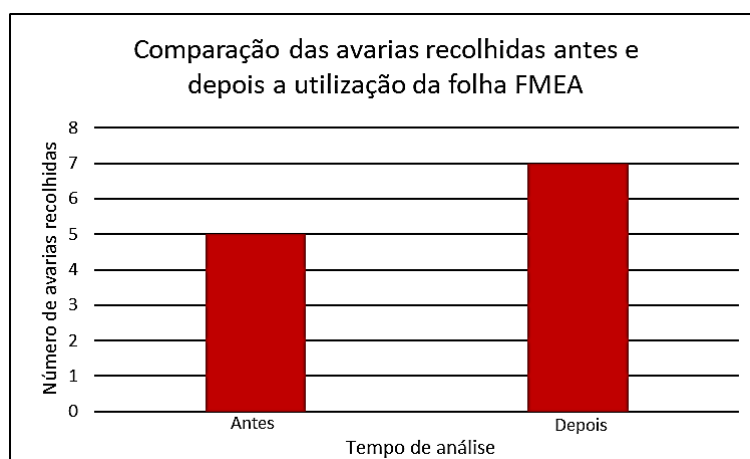


Figura 95- Comparação das avarias recolhidas utilizando a folha FMEA.

Conclui-se então que é necessário um maior tempo de análise para tirar conclusões mais válidas sobre a utilização prática desta folha, permitindo registar um maior número de avarias relevantes que poderá permitir uma melhor análise das avarias e contribuir para a sua redução no futuro.

2. Utilização de outros tipos de cilindros em quinadoras PA13530

Esta oportunidade de melhoria foi uma das que não foi possível obter resultados, pois a implementação foi um pouco morosa por parte da empresa. Esta consistia na utilização de novos cilindros com vista, a diminuir futuras fugas, pois através da análise FMEA conclui-se que esta avaria era muito frequente nas quinadoras PA.

Podemos então concluir que não houve resultados para análise pois ainda não foi possível implementar os novos cilindros escolhidos, para assim se analisar se estes cilindros reduzem o número de fugas que ocorrem prematuramente.

3. Adaptação de um filtro de ar no depósito do óleo

Esta oportunidade de melhoria foi uma das que teve excelentes resultados após a sua implementação, pois a implementação do filtro de ar permitiu que o depósito tivesse menos fugas de óleo.

Com a Figura 96 podemos observar o número de avarias existentes, num período de 20 dias antes e depois da aplicação do filtro de ar.

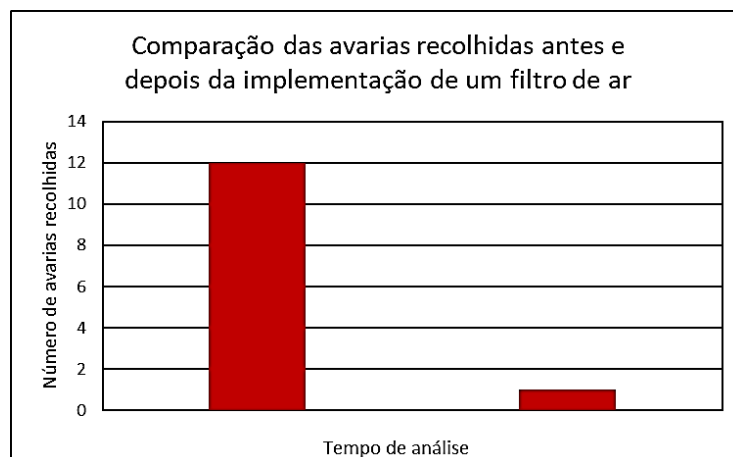


Figura 96- Comparação das avarias utilizando o filtros de ar no depósito.

Concluimos assim que as implementações de filtros de ar nos depósitos das novas máquinas têm uma grande influência na diminuição de fugas de óleo através do depósito.

4. Redimensionamento dos fusos das quinadoras BB3515

O redimensionamento dos fusos foi um processo que demorou a implementar uma vez que foi necessário fazer vários testes para se saber se o novo dimensionamento ainda causava problemas ao fuso. Os resultados não são 100 % reveladores uma vez que é necessário um maior tempo para análise de resultados, pois as máquinas após serem produzidas ainda demoram algum tempo até o fuso partir.

Concluimos assim, que é necessário um maior tempo de análise para se perceber se o redimensionamento, ajudou a diminuir os problemas dos fusos.

5. Aplicação de um novo processo de limpeza na barra que suporta os calcadores

O novo processo de limpeza na barra que suporta os calcadores, foi um processo difícil de implementar uma vez que envolvia que o fornecedor alterasse ligeiramente o seu processo de limpeza e a Adira criasse um processo de receção e uma posterior análise de qualidade mais cuidada.

O tempo selecionado para a análise desta solução não o foi necessário devido à falta de tempo para uma análise de resultados mais concreta,

6. Aplicação das *check-list* de manutenção

Em relação às *check-list* de manutenção criadas, estas tiveram excelentes resultados, uma vez que se tornou mais fácil mostrar em várias etapas quais os procedimentos realizados para cada manutenção a diferentes máquinas, o que aumentou o grau de satisfação do cliente. Sendo assim, o número de manutenções pedidas aumentou assim como o grau de satisfação do cliente. Percebeu-se então que a utilização de *check-list* permitiu realizar o trabalho de uma forma mais coordenada e seguindo uma ordem precisa, o que permitiu que se tornasse um processo mais rápido e mais barato para o cliente que pede esse tipo de serviço.

7. Utilização da nova folha de serviço

Esta oportunidade de melhoria foi uma das que obteve melhores resultados, uma vez que fez com que houvesse menos reclamações pois as explicações das intervenções técnicas tornaram-se de simples percepção e muito mais organizadas. Através da Figura 97 é possível observar o número de reclamações por parte dos clientes devido à má explicação da intervenção realizada, comparando a data selecionada para a recolha e análise de resultados com a data de há um ano.

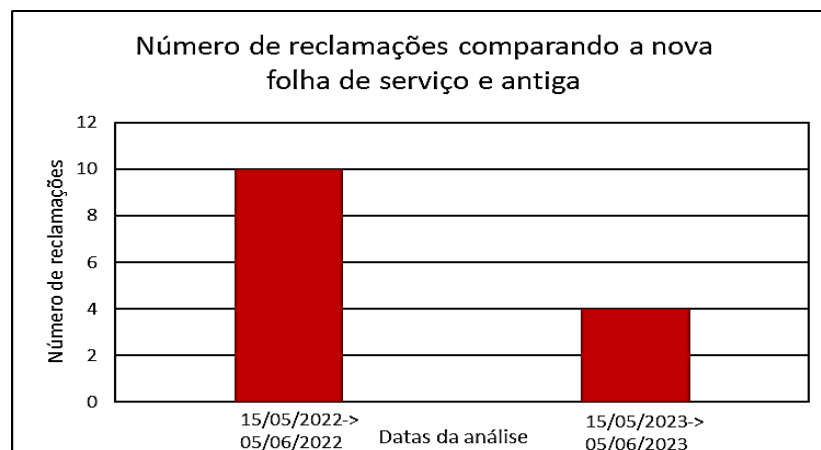


Figura 97- Número de reclamações tendo em conta as datas admitidas.

As reclamações foram recolhidas com base nos emails recebidos entre as datas selecionadas para o estudo no ano de 2022 e 2023.

8. Utilização da nova ferramenta para fazer manutenção aos calcadores

Esta nova ferramenta para reparar calcadores, apesar de ter uma grande validação dentro da empresa e o seu estudo estar concluído, ainda não teve tempo de ser testada dentro do tempo selecionado para a análise de resultados. A ferramenta ainda se encontra em montagem e só após essa etapa poderá ser testada e posteriormente melhorada caso seja necessário para algum tipo de situação em específico.

A construção desta ferramenta irá permitir que o custo da intervenção ao cliente seja menor e que o tempo perdido na realização desta tarefa seja reduzido, dependendo assim apenas da ferramenta construída, e não de maquinaria que o cliente contém.

9. Implementação do *service mobile* e dos óculos de monoculares de assistência remota.

Estas duas otimizações de processo ainda estão ligeiramente atrasadas por problemas técnicos, o que não permitiu que fosse recolhido qualquer tipo de resultado. Para a implementação destes dois processos será necessário um maior tempo disponível para depois ser possível retirar resultados.

10. Introdução de alguns procedimentos de qualidade.

Tal como o ponto anterior, a introdução de alguns processos de qualidade foi outra das implementações que não obteve resultados uma vez que a empresa não conseguiu implementar estes procedimentos dentro do prazo previsto.

4.3.1. Análise crítica dos resultados

Analisando os resultados de uma forma genérica, consegue-se perceber que na maior parte das implementações era necessário um maior período de análise, pois existiram muitos resultados que não se conseguiram recolher por a falta de tempo.

A utilização da nova folha de serviço e a implementação do filtro de ar foram sem dúvida os processos que obtiveram mais resultados pois as etapas para a sua realização eram de mais fácil implementação no âmbito geral da empresa.

5. CONCLUSÃO

Neste capítulo serão apresentadas as conclusões gerais da dissertação realizada, assim como as limitações encontradas ao longo da realização do trabalho bem como possíveis trabalhos futuros passíveis de serem realizados.

5.1. Conclusões finais

Este trabalho surgiu como uma oportunidade de a Adira reduzir as avarias nas máquina com maior produção, de forma que a satisfação do cliente seja maior. Ao longo dos 6 meses foram surgindo algumas soluções para complementar algumas das falhas que foram selecionadas tendo em conta a análise de FMEA realizada.

Através da Tabela 46 é possível observar todos os objetivos do trabalho e as ações realizadas para concluir esse objetivo.

Tabela 46- Análise dos objetivos propostos.

Objetivos	Ação
Levantamento das principais avarias em quinadoras e guilhotinas	-Recolha das principais avarias de 2021 e 2022 das máquinas ainda em produção tendo em conta as folhas de serviço realizadas pelo técnico.
Realização da análise FMEA tendo em conta as avarias recolhidas	-Utilização do método FMEA tendo em conta as principais avarias recolhidas de cada máquina selecionada.
Identificação de oportunidades de melhoria.	-Oportunidades de melhoria encontradas tendo em conta as principais avarias selecionadas pelo método FMEA.
Construção de conteúdos <i>Troubleshooting</i>	-Introdução nestas novas oportunidades de melhoria nas novas máquinas em fabrico.
Criação de uma nova folha de serviço e <i>check-list</i>	- Criação de novas folhas para facilitar a interpretação do serviço realizado.
Otimização de processos	-Otimização de alguns processos de forma a automatizar trabalhos e diminuir o tempo utilizado nas intervenções.

Como podemos observar através da tabela anterior os objetivos iniciais de estudo foram todos concluídos. Para isso realizaram-se diferentes tipos de trabalhos que permitiram a resolução de todos os problemas. O primeiro trabalho realizado foi dos mais importantes pois foi através da recolha das avarias das novas máquinas que se fez o estudo através do método FMEA e se percebeu quais as mais graves e as que necessitavam de solução rápida.

Podemos concluir que a nova folha de serviço, permitirá ao cliente ficar mais esclarecido sobre o trabalho realizado na máquina, assim como a ferramenta construída e testada para fazer manutenção aos calcadores irá permitir à Adira ser mais rápida e autónoma na resolução desse problema. Todas as oportunidades de melhoria terão de ser estudadas em mais máquinas para se perceber se realmente são soluções que melhoram a qualidade da máquina e não aumenta o investimento na construção da mesma.

Todas as soluções propostas, implementadas e a implementar, permitirão à Adira reduzir custos e que alguns trabalhos sejam de mais rápida resolução assim como a satisfação do cliente poderá aumentar, o que pode permitir à empresa aumentar a sua competitividade.

5.2. Limitações e trabalhos futuros

Ao longo de todo o trabalho foram surgindo algumas limitações que foram impedindo que o trabalho se desenvolvesse de uma forma mais célebre. Muitas das vezes apesar das ideias para tentar resolver alguns problemas que a Adira tem a nível de avarias surgiram, a sua implementação é complicada uma vez que é necessário passar por vários processos e etapas para a sugestão ser implementada.

Isso fez com que a recolha de resultados não fosse tão reveladora pois muitas das sugestões propostas não tiveram tempo suficiente para serem recolhidos resultados que comprovassem que as soluções propostas eram válidas. Também muitas das sugestões que foram propostas tiveram atrasado no seu período de implementação, o que fez com que em algumas não tivesse resultados. Na realização deste trabalho tive um pouco limitado no tipo de informação que poderia colocar, uma vez que muitas informações são confidenciais e serviam somente para realizar este estudo de forma a melhorar os processos.

Avaliando todas as propostas realizadas existem algumas que merecem especial atenção como a atualização de cilindros de maior dimensão nas quinadoras PA 13530, ou encontrar uma solução que diminua as fugas. A ferramenta criada para a manutenção dos calcadores é outra ferramenta que necessita de ser implementada e testada no terreno uma vez que pode diminuir custos e o tempo necessário para a resolução da intervenção.

No geral, para propostas de trabalhos futuros sugiro que em nos restantes trabalhos realizados sejam aumentados os tempos de análise e recolha de resultados para futuramente se perceber se as ideias sugeridas para a resolução de algumas avarias assim como as restantes otimizações de processos são válidas ou tem de ser pensar em outras alternativas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] A. S. M. E. Dias *et al.*, "Utilization of the Arena simulation software and Lean improvements in the management of metal surface treatment processes," *Procedia Comput Sci*, vol. 204, pp. 140–147, 2022, doi: 10.1016/j.procs.2022.08.017.
- [2] "Página Adira." <https://adira.pt/> (accessed Nov. 24, 2022).
- [3] Adira, *Manual de Instruções*, Gaia., vol. I. Porto: 2020, 2020.
- [4] José A. Bessa Pacheco, *Utilização de Quinadoras e Guilhotinas (Quinagem e Corte)*, A.P.T.C.P., vol. I. Porto: 1998, 1998.
- [5] J. Bessa Pacheco and A. D. Santos, "A study on the nose radius influence in press brake bending operations by finite element analysis," in *Key Engineering Materials*, Trans Tech Publications Ltd, 2013, pp. 1432–1442. doi: 10.4028/www.scientific.net/KEM.554-557.1432.
- [6] R. Amaral, A. D. Santos, J. B. Pacheco, and S. Miranda, "ESTUDO DO PROCESSO DE QUINAGEM PARA APLICAÇÃO PRÁTICA EM PROGRAMAÇÃO CNC DE QUINADORAS/ STUDY OF PRESS BENDING PROCESS WITH APPLICATION ON CNC PROGRAMING," *Mecânica Experimental*, vol. 25, pp. 21–30, 2015.
- [7] Adira, *METAL FORMING SOLUTIONS SHAPING THE FUTURE PORTUGUÊS*, SKA Publicidade., vol. I. Porto: 2020, 2020. Accessed: Nov. 07, 2022. [Online]. Available: <https://adira.pt/wp-content/uploads/Specs/Catalog/AdiraGeneralCatalog.pdf>
- [8] S. Gupta, D. Bourne, K. Kim, and S. Krishnan, "Automated Process Planning for Sheet Metal Bending Operations," 1998.
- [9] J. Rodrigues and P. Martins, *Tecnologia Mecânica. Tecnologia da Deformação Plástica. Volume II Aplicações Industriais*, Escolar Editora., vol. II. Lisboa: 2005, 2005.
- [10] A. Nilsson, L. Melin, and C. Magnusson, "Finite-element simulation of V-die bending: a compariso experimental results," *J Mater Process Technol*, vol. 65, pp. 52–58, 1997.
- [11] M. M. Shahzamanian, D. J. Lloyd, P. D. Wu, and Z. Xu, "Study of influence of superimposed hydrostatic pressure on bendability of sheet metals," *European Journal of Mechanics, A/Solids*, vol. 85, Jan. 2021, doi: 10.1016/j.euromechsol.2020.104132.
- [12] V. G. Zaragoza, M. Strano, L. Iorio, and M. Monno, "Sheet metal bending with flexible tools," Elsevier B.V., 2019, pp. 232–239. doi: 10.1016/j.promfg.2019.02.131.
- [13] B. Martins, "Desenvolvimento de um sistema de acionamento elétrico aplicado a uma quinadora Relatório de Dissertação do MIEM," Relatório de Dissertação do MIEM, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2012.
- [14] "Página Safan Darley." <https://safandarley.com/uk/products> (accessed Nov. 24, 2022).
- [15] A. Ferreira, "Projecto de sistema de fixação de punções para quinadoras hidráulicas," Dissertação de Mestrado, Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto, 2014.
- [16] L. Marques, "Otimização do Comportamento Mecânico de uma Estrutura de uma Máquina- Ferramenta, Guilhotina," Dissertação de Mestrado, Universidade do Minho, Guimarães, 2015.
- [17] L. Araújo, "Desenvolvimento de sistema de apoio dinâmico da chapa no corte em guilhotina," Dissertação de Mestrado, Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto, 2014.
- [18] I. Iskhakov and Y. Ribakov, "Exact solution of shear problem for inclined cracked bending reinforced concrete elements," *Mater Des*, vol. 57, pp. 472–478, 2014, doi: 10.1016/j.matdes.2014.01.016.
- [19] G. E. Totten, D. K. Wills, and D. G. Feldmann, *Hydraulic failure analysis : fluids, components, and system effects*. ASTM, 2001.
- [20] O. Khayal, "Study of Failure in Hydraulic Systems," pp. 1–98, doi: 10.13140/RG.2.2.21625.47207.

- [21] J. Rodrigues and P. Martins, *Tecnologia Mecânica. Tecnologia da Deformação Plástica. Volume I Fundamentos Teóricos*, Escolar Editora., vol. I. Lisboa: 2005, 2005.
- [22] Q. Chen, B. García de Soto, and B. T. Adey, "Construction automation: Research areas, industry concerns and suggestions for advancement," *Autom Constr*, vol. 94, pp. 22–38, Oct. 2018, doi: 10.1016/j.autcon.2018.05.028.
- [23] A. Almeida Santos and A. Ferreira da Silva, *Automação Integrada*, Publindústria., vol. I. Porto: 2012, 2012.
- [24] A. Francisco, *Autómatos Programáveis*, ETEP., vol. V. Lisboa: 2015, 2015.
- [25] N. C. Braga, *Relés. Circuitos e Aplicações*, NCB., vol. I. 2011, 2011.
- [26] A. Fialho, *Automação Hidráulica Projetos, Dimensionamento e Análise de Circuitos*, Editora Érica Ltda., vol. VI. São Paulo: 2013, 2013.
- [27] M. R. Gomes, M. Andrade, and F. Ferraz, "APOSTILA DE HIDRÁULICA," 2008.
- [28] Parker, *Tecnologia Hidráulica Industrial*, Parker., vol. I. 2001. [Online]. Available: www.parker.com
- [29] A. Serrano Nicolas, *OleoHidráulica*, vol. I. 2002.
- [30] A. Carvalho Quintela, *Hidráulica*, Calouste Gilbenkian., vol. VII. Lisboa: 2000, 2000.
- [31] M. Ribeiro, "Sistemas Pneumáticos e Hidráulicos," Viana do Castelo, 2020.
- [32] D. Brandão, "Estudo de novo conceito de fixação de cilindros em montantes de quinadoras hidráulicas," Porto, Jun. 2021.
- [33] A. Parr, *Hydraulics and Pneumatics*, Elsevier Ltd. Oxford: 1998, 1998.
- [34] Cudell, *ÓLEO-HIDRÁULICA AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL*, Cudell., vol. I. Porto, 2011. [Online]. Available: www.cudell.pt
- [35] ISO, *NORME INTERNATIONALE ISO 1219-1*. Genebra, 2006. [Online]. Available: www.iso.org
- [36] A. Creus Solé, *Neumática e Hidráulica*, Carles Parcerias. 2007.
- [37] Q. Du and L. Jin, "Improved design of hydraulic bending machine," *Asian Journal of Chemistry*, vol. 26, no. 11, pp. 3347–3350, 2014, doi: 10.14233/ajchem.2014.17523.
- [38] A. Costa, "Desenvolvimento e validação de um sistema inovador de compensação de deformação numa quinadora," Porto, Feb. 2008.
- [39] S. K. Kwok and W. B. Lee, "The development of a machine vision system for adaptive bending of sheet metals," 1995.
- [40] P. G. Coelho, L. O. Faria, and J. B. Cardoso, "Structural analysis and optimisation of press brakes," *Int J Mach Tools Manuf*, vol. 45, no. 12–13, pp. 1451–1460, Oct. 2005, doi: 10.1016/j.ijmachtools.2005.01.030.
- [41] V. Ramamurti, S. Sasikiran, and V. Kumar, "Dynamic analysis of a guillotine shearing machine," 1997.
- [42] F. Bantes, G. C. Vosniakos, and P. Kostazos, "Numerical Analysis of the Deformation of a Shearing Machine Tool under Excessive Blade Clearance," *Journal of Applied and Computational Mechanics*, vol. 7, no. 2, pp. 496–504, Mar. 2021, doi: 10.22055/jacm.2020.35301.2623.
- [43] M. Ben-Daya, S. O. Duffuaa, J. Knezevic, D. Ait-Kadi, and A. Raouf, *Handbook of maintenance management and engineering*. Springer London, 2009. doi: 10.1007/978-1-84882-472-0.
- [44] Ramesh. Gulati, *Maintenance and reliability best practices*, Industrial Press., vol. II. Nova Iorque, 2013.
- [45] K. Grote and E. Antonsson, *Springer Handbook of Mechanical Engineering*. 2009.
- [46] R. Manzini, A. Regattieri, H. Pham, and E. Ferrari, *Maintenance for Industrial Systems (Springer Series in Reliability Engineering)*, vol. I. Nova Jersey, 2010. doi: 10.1007/978-1-84882-575-8.
- [47] S. N. Kamble and B. Rajiv, "Significance of risk priority number in machine condition monitoring," in *Materials Today: Proceedings*, Elsevier Ltd, 2021, pp. 1930–1935. doi: 10.1016/j.matpr.2021.09.317.

- [48] J. Kim, B. Miller, M. S. Siddiqui, B. Movsas, and C. Glide-Hurst, "FMEA of MR-Only Treatment Planning in the Pelvis," *Adv Radiat Oncol*, vol. 4, no. 1, pp. 168–176, Jan. 2019, doi: 10.1016/j.adro.2018.08.024.
- [49] A. Crespo Márquez, *The Maintenance Management Framework*. New Jersey: 2007, 2007.
- [50] M. A. Filz, J. E. B. Langner, C. Herrmann, and S. Thiede, "Data-driven failure mode and effect analysis (FMEA) to enhance maintenance planning," *Comput Ind*, vol. 129, Aug. 2021, doi: 10.1016/j.compind.2021.103451.
- [51] R. Campilho, *Método de Elementos Finitos: Ferramentas para Análise Estrutural*, I., vol. I. Porto: 2012, 2012.
- [52] L. Andrade Ferreira, *Uma Introdução à Manutenção*, Publindústria., vol. I. Porto: 1998, 1998.
- [53] G. Pinto, F. J. G. Silva, A. Baptista, N. O. Fernandes, R. Casais, and C. Carvalho, "TPM implementation and maintenance strategic plan - A case study," in *Procedia Manufacturing*, Elsevier B.V., 2020, pp. 1423–1430. doi: 10.1016/j.promfg.2020.10.198.
- [54] N. S. Arunraj and J. Maiti, "Risk-based maintenance-Techniques and applications," *J Hazard Mater*, vol. 142, no. 3, pp. 653–661, Apr. 2007, doi: 10.1016/j.jhazmat.2006.06.069.
- [55] B. Lin and Y. Zhao, "Synchronized optimization of EMU train assignment and second-level preventive maintenance scheduling," *Reliab Eng Syst Saf*, vol. 215, Nov. 2021, doi: 10.1016/j.ress.2021.107893.
- [56] M. Brito, *Manutenção-Manual Pedagógico PRONACI*, Eurisko., vol. I. Lisboa: 2003, 2003.
- [57] F. Lolli, A. M. Coruzzolo, M. Peron, and F. Sgarbossa, "Age-based preventive maintenance with multiple printing options," *Int J Prod Econ*, vol. 243, Jan. 2022, doi: 10.1016/j.ijpe.2021.108339.
- [58] R. Rath, M. Singh, M. Sabique, M. Al Amin, S. Saha, and M. H. Krishnaa, "Identification of total productive maintenance barriers in Indian manufacturing industries," in *Materials Today: Proceedings*, Elsevier Ltd, 2021, pp. 736–742. doi: 10.1016/j.matpr.2021.05.222.
- [59] A. Mohsen Alawag *et al.*, "Total quality management in industrialised building system: Implementation and benefits in construction projects," *Ain Shams Engineering Journal*, 2022, doi: 10.1016/j.asej.2022.101877.
- [60] A. Ramos Pires, *Sistemas de Gestão da Qualidade*, 3º., vol. I. Lisboa: 2004, 2004.
- [61] M. García-Fernández, E. Claver-Cortés, and J. J. Tarí, "Relationships between quality management, innovation and performance: A literature systematic review," *European Research on Management and Business Economics*, vol. 28, no. 1, Jan. 2022, doi: 10.1016/j.iedeen.2021.100172.
- [62] A. Goell and R. J. Graves2) ', "Using Failure Mode Effect Analysis to Increase Electronic Systems Reliability."
- [63] N. G. Mutlu and S. Altuntas, "Risk analysis for occupational safety and health in the textile industry: Integration of FMEA, FTA, and BIFPET methods," *Int J Ind Ergon*, vol. 72, pp. 222–240, Jul. 2019, doi: 10.1016/j.ergon.2019.05.013.
- [64] C. F. Liew, J. Prakash, S. Kamaruddin, and K. S. Ong, "Deployment of an FMEA-Integrated Framework to Improve Operational Performance in Semiconductor Manufacturing: A Case Study," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Institute of Physics Publishing, 2019. doi: 10.1088/1757-899X/530/1/012040.
- [65] M. A. Filz, J. E. B. Langner, C. Herrmann, and S. Thiede, "Data-driven failure mode and effect analysis (FMEA) to enhance maintenance planning," *Comput Ind*, vol. 129, Aug. 2021, doi: 10.1016/j.compind.2021.103451.
- [66] S. B. Tsai *et al.*, "A study on solving the production process problems of the photovoltaic cell industry," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 82. Elsevier Ltd, pp. 3546–3553, Feb. 01, 2018. doi: 10.1016/j.rser.2017.10.105.
- [67] S. J. Rhee and K. Ishii, "Using cost based FMEA to enhance reliability and serviceability," *Advanced Engineering Informatics*, vol. 17, no. 3–4, pp. 179–188, Jul. 2003, doi: 10.1016/j.aei.2004.07.002.

- [68] J. Fabis-Domagala, M. Domagala, and H. Momeni, "A matrix fmea analysis of variable delivery vane pumps," *Energies (Basel)*, vol. 14, no. 6, Mar. 2021, doi: 10.3390/en14061741.
- [69] P. Struss and A. Fraracci, "Automated model-based FMEA of a braking system," in *IFAC Proceedings Volumes (IFAC-PapersOnline)*, IFAC Secretariat, 2012, pp. 373–378. doi: 10.3182/20120829-3-MX-2028.00230.
- [70] NOS, "NOS Visual Remote Assistance," Porto, Sep. 2022. Accessed: May 17, 2023. [Online]. Available: <https://www.nos.pt>
- [71] "DeeTee Industries Ltd." <http://www.deeteegroup.com/Deetee/po/quality-control.html> (accessed Jun. 01, 2023).
- [72] L. Belinha, "Manual do service mobile," Porto, Oct. 2022.
- [73] Departamentos da Adira, "Base de Dados_Adira." Gaia.
- [74] C. Pontes, "Manual de instruções: PA13530," Porto, Sep. 2020.
- [75] Eckerle, "Internal gear pumps- Eckerle," Malsch, Germany, 2022. Accessed: Jul. 08, 2023. [Online]. Available: Eckerle.com
- [76] C. Pontes, "Manual de Instruções: BB3515," Porto, 1, Sep. 2015.
- [77] "Ansys Granta EduPack." Porto, 2022.

APÊNDICES

Apêndice A- Formulário FMEA

Análise de modo e efeito de falha (FMEA)

Nº. FMEA:

Data da análise:

Área de ação:

Revisão:

Responsável:

Máquina:

Elaborado por:

Contacto:

Nº de série da máquina:

Equipa:

Email:

Nome do componente	Função do componente	Modo(s) de falha	Causa da falha	(O)	(S)	(D)	Risco (O)*(S) *(D)	Ação recomendada

Apêndice B- *Check-list* de manutenção para quinadoras

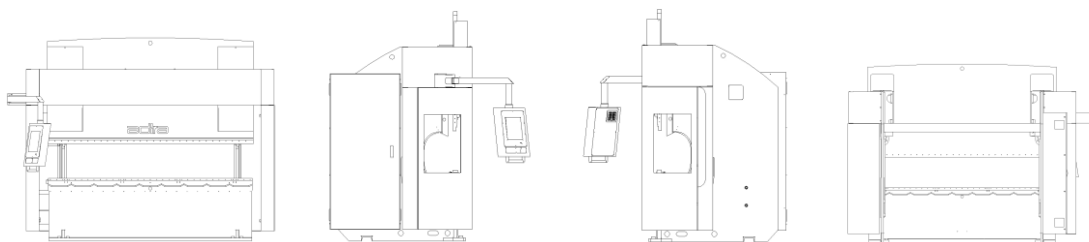
CHECK LIST MANUTENÇÃO – QUINADORAS

Cliente: _____ Data: ____/____/____

Máquina _____ Número de série: _____

Ordem de serviço: _____

- 1.** Assinar pontos danificados se existirem. Registrar em fotografia.



- 2.** Verificar nivelamento. ☐

- 3.** Verificar fixação ao solo. ☐

- 4.** Executar:

- a. Mudança de óleo. ☐
- b. Mudança de filtro. ☐
- c. Limpeza do depósito. ☐
- d. Limpeza ou substituição do filtro de ar. ☐

- 5.** Colocar massa nos vários pontos de lubrificação (X, Y e Z). ☐

- 6.** Verificar:

- a. Afinação das guiagens. ☐
- b. Alinhamento do punção/matriz. ☐
- c. Paralelismo do esbarro. ☐
- d. Pressão. ☐
- e. Sistema de lubrificação automático. ☐

7. Confirmar a existência:

- a. Esquema elétrico em papel. ☐
- b. Manual de instruções em CD. ☐
- c. Manual de instruções em Pen. ☐

8. Inspeccionar Instalação elétrica:

- a. Verificar disjuntor. ☐
- b. Verificar tensão na rede entre fases 400V +/-10%. ☐
- c. Verificar medição entre fase e neutro 230V +/-10%. ☐
- d. Verificar a existência de terra. ☐
- e. Limpar filtros. ☐
- f. Verificar baterias do comando numérico (caso exista). ☐

9. Limpar filtros do quadro elétrico. ☐

10. Verificar bom funcionamento dos micros das guardas laterais. ☐

11. Verificar o bom funcionamento dos micros de inclinação. ☐

12. Ferramentas:

- a. Estado do punção/matriz. ☐
- b. Altura das ferramentas. ☐
- c. Alinhamento do lazer/calibres. ☐

13. Verificar existência de fugas de óleo:

- a. Circuito. ☐
- b. Cilindros. ☐

14. Verificação das seguranças da máquina de acordo com o ano de fabrico. ☐

Irregularidades: _____

15. Ensaaios geométricos

a. Verificação e leitura de nivelamento da máquina

Verificação da mesa

Transversal ☐

Longitudinal ☐

b. Verificação e Leitura Y1 Y2

Y1 ponto inferior

Y2 ponto inferior

c. Verificação do Esbarro

I. Posição 1

	Leitura	Ok
X		
X ₁		
X ₂		

	Leitura	Ok
Z		
Z ₁		
Z ₂		

	Leitura	Ok
R		
R ₁		
R ₂		

II. Posição 2

	Leitura	Ok
X		
X ₁		
X ₂		

	Leitura	Ok
Z		
Z ₁		
Z ₂		

	Leitura	Ok
R		
R ₁		
R ₂		

III. Posição 3

	Leitura	Ok
X		
X ₁		
X ₂		

	Leitura	Ok
Z		
Z ₁		
Z ₂		

	Leitura	Ok
R		
R ₁		
R ₂		

16. Feito *backup* de parâmetros mais ferramentas e programas.

Sim ☐ Não ☐

17. Verificar "*LogFile*" caso esteja instalado.

Backup Sim ☐ *Backup* Não ☐ NA ☐

Revisão em: _____ **Horas Máquina:** _____

PRÓXIMA REVISÃO

Data: _____ **ou** **Horas Máquina:** _____

Técnico

Cliente

Apêndice C- *Check-list* de manutenção para guilhotinas

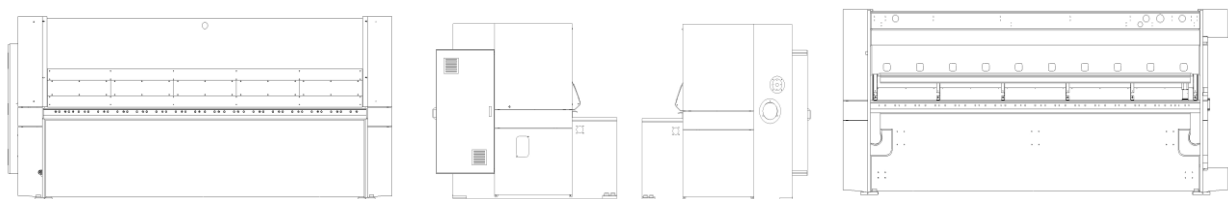
CHECK LIST MANUTENÇÃO – GUILHOTINAS

Cliente: _____ Data: ____/____/____

Máquina: _____ Número de série: _____

Ordem de serviço: _____

- 1.** Assinar pontos danificados se existirem. Registrar em fotografia



- 2.** Verificar nivelamento. ☐

- 3.** Verificar fixação ao solo. ☐

- 4.** Verificação aleatória de 3 a 4 calcadores: ☐

- Realizar registo fotográfico.
- Identificar calcadores analisados (numeração da esquerda para a direita).

OBS: _____

- 5.** Executar:

- a. Mudança de óleo. ☐
- b. Mudança de filtro. ☐
- c. Limpeza do depósito. ☐

- 6.** Verificar bom estado de:

- a. Válvulas. ☐
- b. Comando. ☐

- 7.** Colocar massa nos vários pontos de lubrificação. ☐

8. Verificar existência de fugas de óleo:

- a. Circuito. ☐
- b. Cilindros. ☐
- c. Calcadores. ☐

9. Confirmar existência de:

- a. Esquema elétrico em papel. ☐
- b. Manual de instruções em CD. ☐
- c. Manual de instruções em Pen. ☐

10. Verificar pressão dos calcadores. ☐

11. Inspeccionar estado das lâminas e respetiva folga. ☐

12. Verificar paralelismo da régua. ☐

13. Verificar precisão de paralelismo do esbarro no comando. ☐

14. Inspeccionar Instalação elétrica:

- a. Verificar disjuntor. ☐
- b. Verificar tensão na rede entre fases 400V +/-10%. ☐
- c. Verificar medição entre fase e neutro 230V +/-10%. ☐
- d. Verificar a existência de terra. ☐
- e. Limpar filtros. ☐

15. Nível do óleo hidráulico. ☐

16. Verificação das seguranças da máquina de acordo com o ano de fabrico. ☐

Irregularidades: _____

Ensaio de montagem

- 17.** Ensaio de corte de chapa fina e verificação se a medida do corte corresponde à colocada no comando: ☐
- a. Verificação à esquerda, meio e direita. ☐
- b. Executar corte em 3 medidas diferentes (ex.30, 50, 80). ☐

Revisão em: _____ **Horas Máquina:** _____

PRÓXIMA REVISÃO

Data: _____ **ou Horas Máquina:** _____

Técnico

Cliente

Apêndice D- Nova folha de serviço

FOLHA DE SERVIÇO

Ordem de Serviço:		Tipo de Instalação:	
Técnico:		Número de Série:	
Cliente:	Local de Trabalho:	Horas de Trabalho da Máquina:	
Responsável:	Contacto:	Ano de Fabrico: ____/____	

Data	Hora de saída	Hora de início	Hora de finalização	Hora de Chegada
/ /				
/ /				
/ /				
/ /				
/ /				

Avarias detetadas:

Anomalias hidráulicas ☐
 Anomalias no comando ☐
 Anomalias mecânicas ☐
 Anomalias elétricas ☐

Alinhamentos/ajustes ☐
 Manutenção preventiva ☐
 Outras anomalias ☐

Trabalhos efetuados para a resolução da avaria detetada:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Artigo	Descrição do material usado	Quantidade
.....		
.....		
.....		

Recomendações/Sugestões:

.....

Data:/...../..... Assinatura do técnico:	Confirmo que o serviço foi prestado conforme o solicitado e efetuado segundo a ordem de adjudicação. Data:/...../..... Assinatura do cliente:
--	---

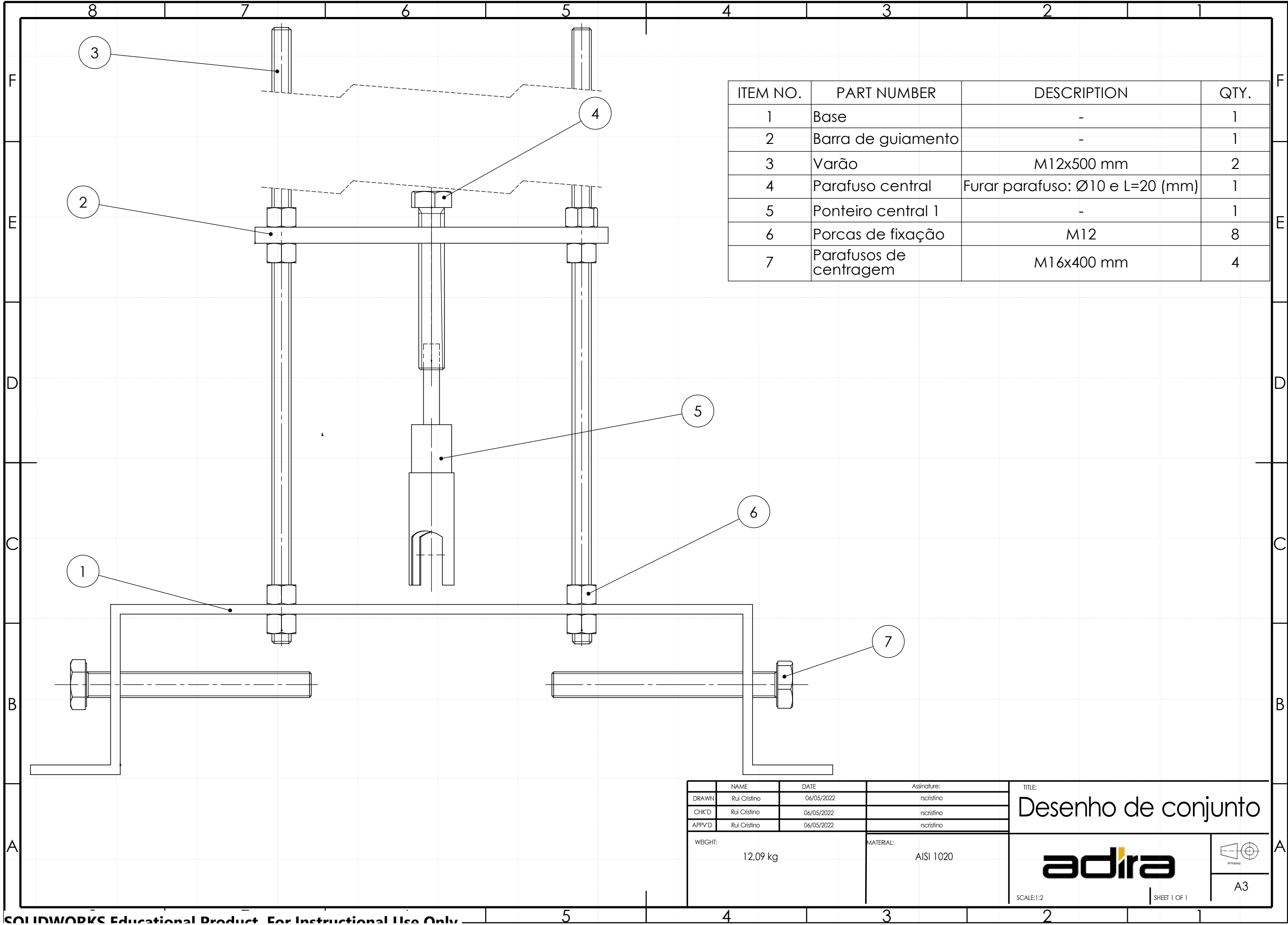
ADIRA METAL FORMING SOLUTIONS S.A.



 Rua das Lages 67
 4410-272 Vila Nova de Gaia
 Portugal

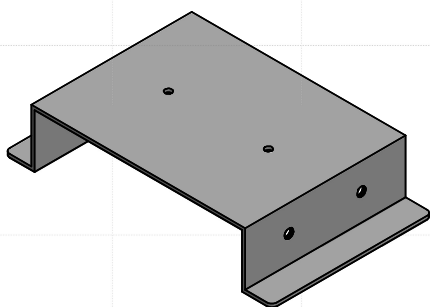
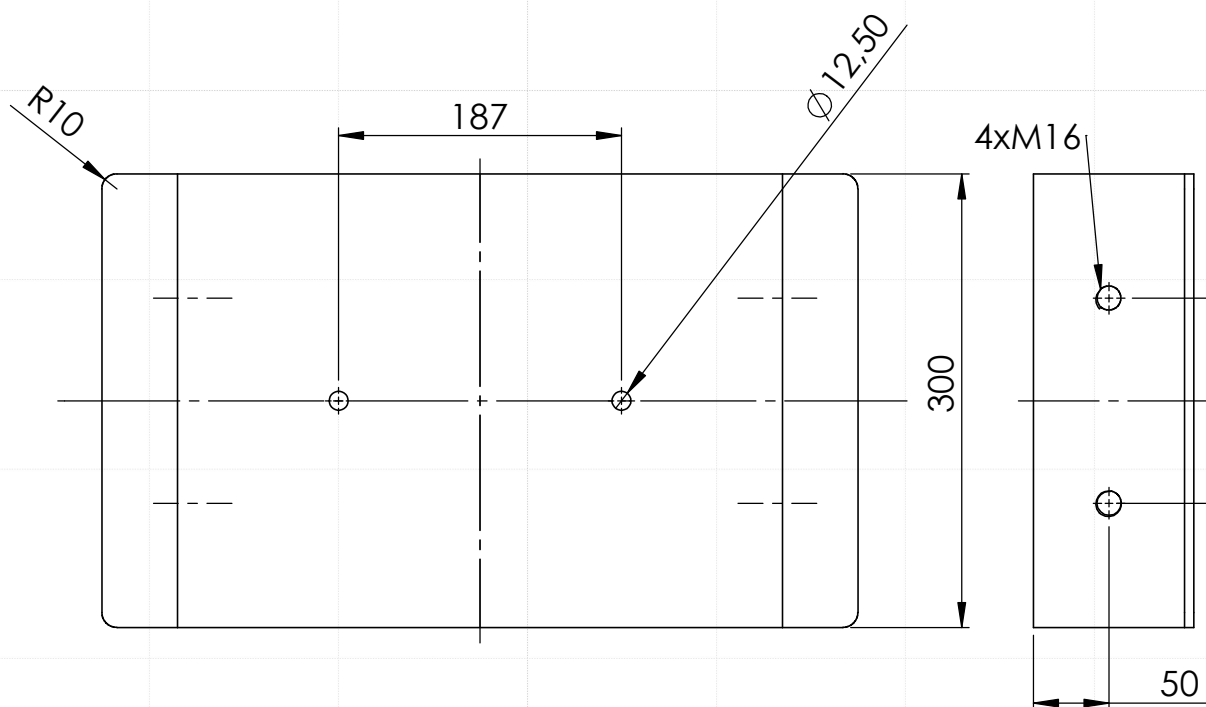
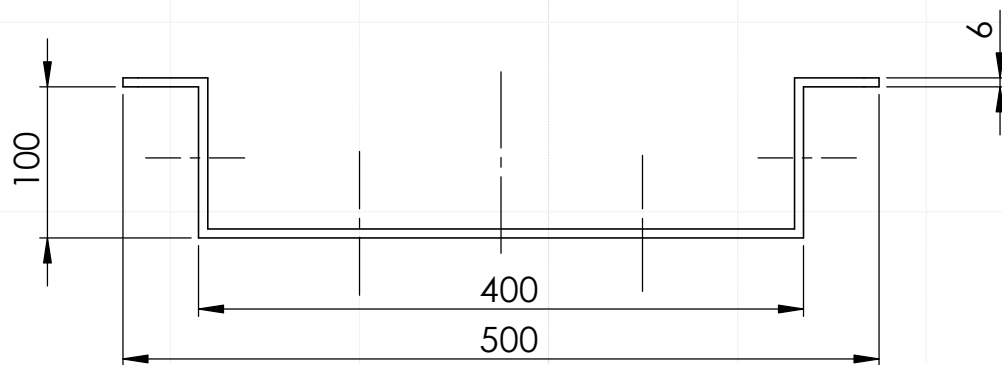
 +351 226 192 715
 service@adira.pt
 www.adira.pt

Apêndice E- Desenhos técnicos da ferramenta



ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	Base	-	1
2	Barra de guiamento	-	1
3	Varão	M12x500 mm	2
4	Parafuso central	Furar parafuso: Ø10 e L=20 (mm)	1
5	Ponteiro central 1	-	1
6	Porcas de fixação	M12	8
7	Parafusos de centragem	M16x400 mm	4

	NAME	DATE	Assinature:	TITLE:
DRAWN	Rui Cristino	06/05/2022	rcristino	Desenho de conjunto
CHK'D	Rui Cristino	06/05/2022	rcristino	
APP'VD	Rui Cristino	06/05/2022	rcristino	
WEIGHT:		MATERIAL:		
12,09 kg		AISI 1020		
SCALE:1:2				SHEET 1 OF 1



Chapa inicial com 700x300 mm.
Chapa com 6 mm de espessura e com 4 furos roscados M16 nas abas de 100 mm.
Abas todas elas quinadas a 90°.

	NAME	DATE	Assinature:
DRAWN	Rui Cristino	11/05/2022	rcristino
CHKD	Rui Cristino	11/05/2022	rcristino
APPVD	Rui Cristino	11/05/2022	rcristino

TITLE:

Base

WEIGHT:

9,89 kg

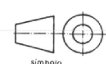
MATERIAL:

AIISI 1020

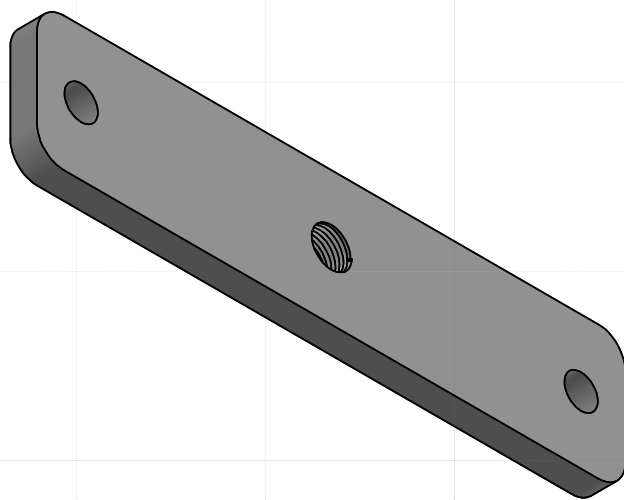
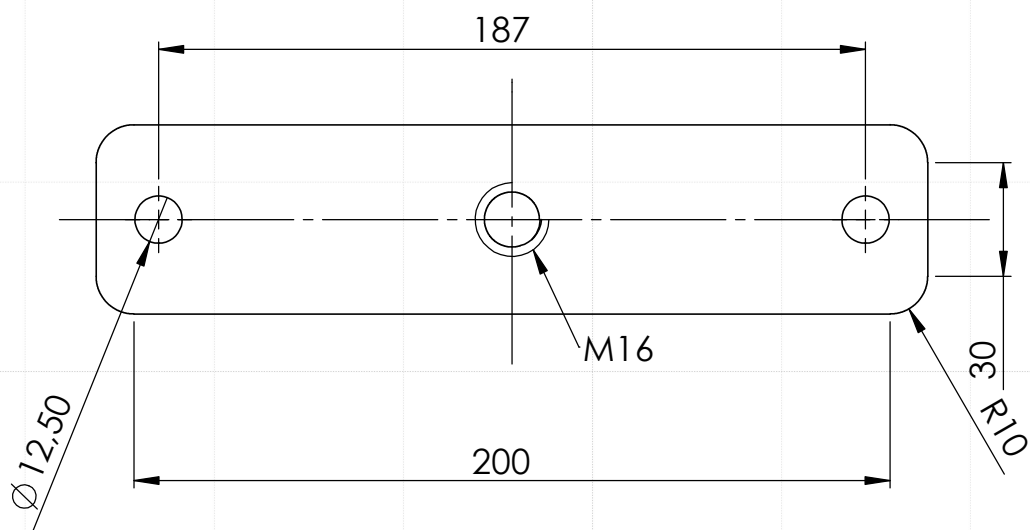
adira

SCALE:1:5

SHEET 1 OF 1



A4



	NAME	DATE	Assinature:
DRAWN	Rui Cristino	06/05/2022	rcristino
CHK'D	Rui Cristino	06/05/2022	rcristino
APPV'D	Rui Cristino	06/05/2022	rcristino

TITLE:

Barra de guiamento

WEIGHT:

2,45 kg

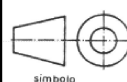
MATERIAL:

AlSi 1020

SCALE:1:2

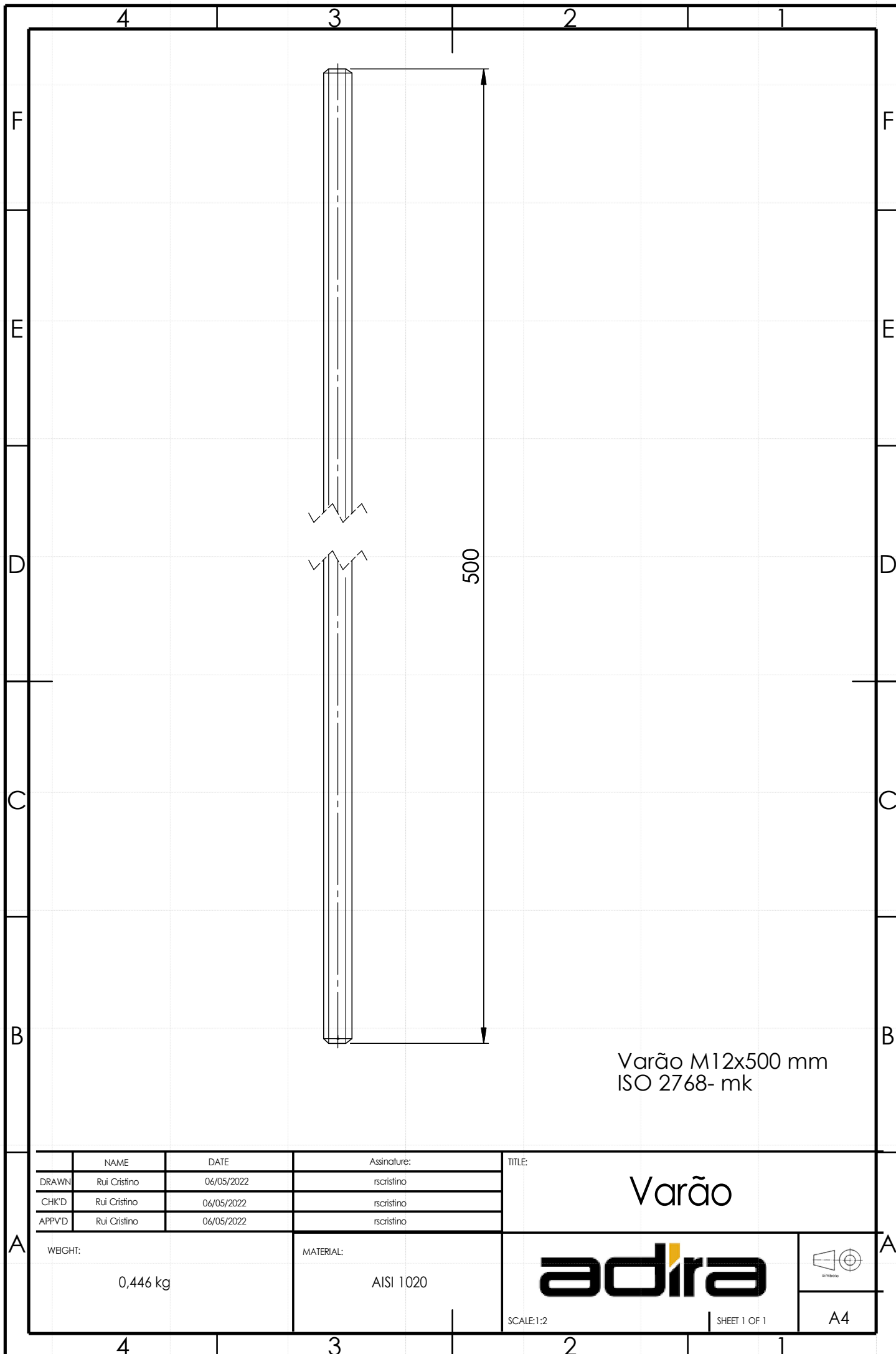
SHEET 1 OF 1

adira



simbolo

A4



1

2

Varão
encasquelhado

ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	Tubo	-	1
2	Varão torneado	-	1

	NAME	DATE	Assinature:
DRAWN	Rui Cristino	06/05/2022	rcristino
CHK'D	Rui Cristino	06/05/2022	rcristino
APPV'D	Rui Cristino	06/05/2022	rcristino

TITLE:

Desenho de conjunto - Ponteiro
central

WEIGHT:

0,251 kg

MATERIAL:

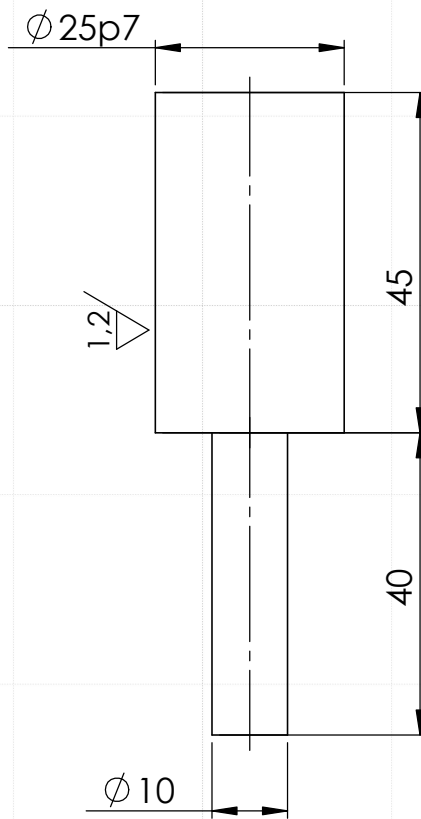
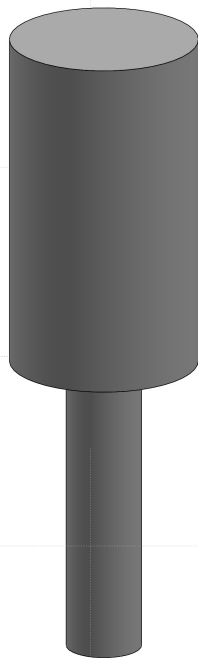
AISI 1020

adira

SCALE:1:1

SHEET 1 OF 1

A4



$\sqrt{Ra\ 3,2}$ ($\sqrt{Ra\ 1,2}$)

Varão com diâmetro de 30 mm torneado
com as respetivos toleranciamentos
geométricos

ISO 2768-mk

	NAME	DATE	Assinature:
DRAWN	Rui Cristino	06/05/2022	rcristino
CHK'D	Rui Cristino	06/05/2022	rcristino
APPV'D	Rui Cristino	06/05/2022	rcristino

TITLE:

Varão torneado

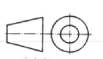
WEIGHT:

0,200 kg

MATERIAL:

AISI 1020

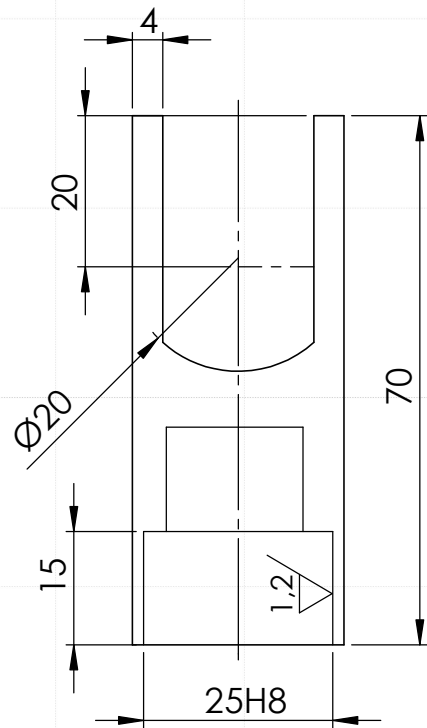
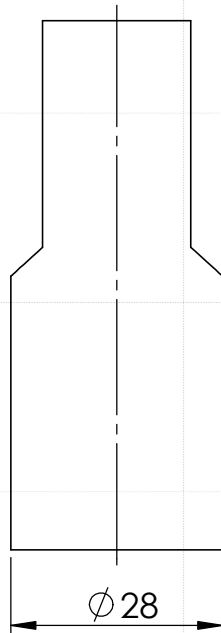
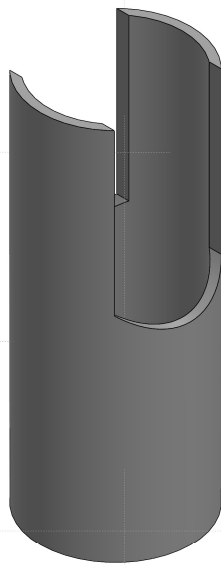
adira



SCALE:1:1

SHEET 1 OF 1

A4



$\sqrt{Ra\ 3,2}$ ($\sqrt{Ra\ 1,2}$)

Abrir um furo no varão e
tornear de acordo com o
toleranciamento geométrico

ISO 2768-mk

	NAME	DATE	Assinature:
DRAWN	Rui Cristino	06/05/2022	rs cristino
CHK'D	Rui Cristino	06/05/2022	rs cristino
APP'VD	Rui Cristino	06/05/2022	rs cristino

TITLE:

Tubo

WBGHT:

0,051 kg

MATERIAL:

AISI 1020

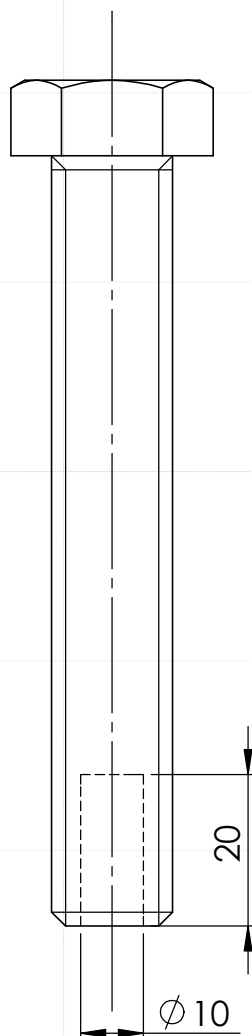
adira



SCALE:1:1

SHEET 1 OF 1

A4



Parafuso M16x100 mm
ISO 2768-mk

	NAME	DATE	Assinature:
DRAWN	Rui Cristino	06/05/2022	rcristino
CHK'D	Rui Cristino	06/05/2022	rcristino
APPV'D	Rui Cristino	06/05/2022	rcristino

TITLE:

Parafuso central

WEIGHT:

0,183 kg

MATERIAL:

AISI 1020

adira



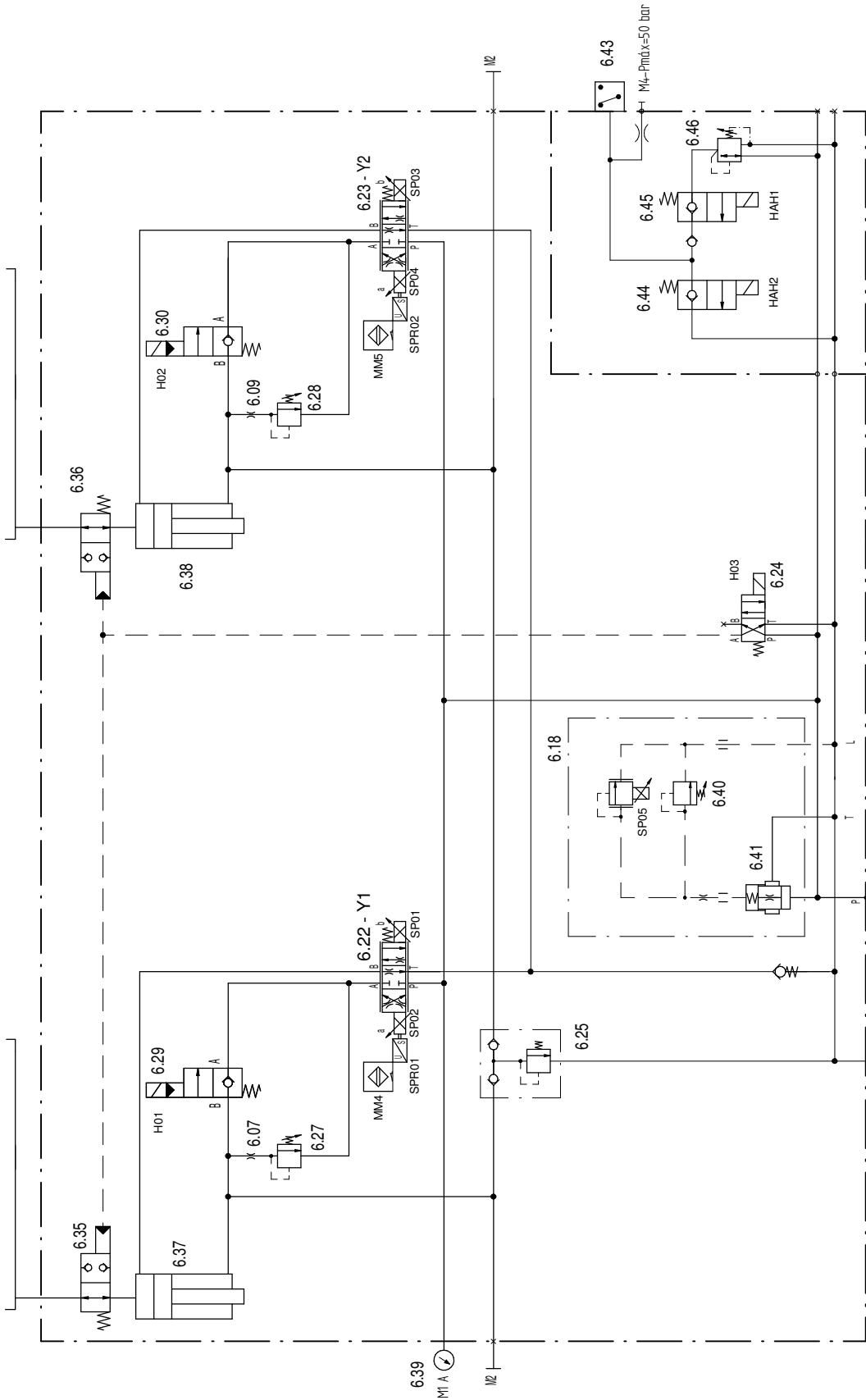
SCALE:1:2

SHEET 1 OF 1

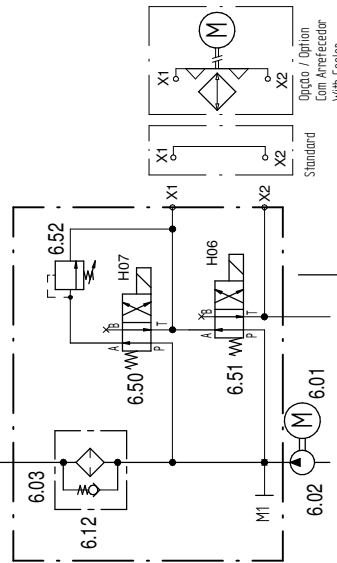
A4

ANEXOS

Anexo A- Circuito hidráulico da quinadora PA13530



OPÇÃO / OPTION / WAHLFEL:
SISTEMA DE ABERTO DAS FERRAMENTAS
TOOLING CLAMPING SYSTEM
SYSTEME DE SERRAGE DES OUTILS



REVISÃO	DATA	NOME	ECAL
01	16/03/2019	DSQ/WES	

H1	H2	H3	H6	ZH	SP02	SP04	SP03	SP05
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	1	0	1	1	0	0
0	0	1	1	1	0	0	1	0
0	1	1	1	1	1	1	0	1
0	1	1	1	1	1	1	0	1
0	0	1	1	0	1	1	1	1
0	0	0	1	1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0

Anexo B- Condições para o aperto dos parafusos

2. REGULAÇÕES GERAIS

2.1. Condições de Aperto de Parafusos

Para verificação de binário dos parafusos, deve consultar a tabela abaixo (Tab. 1). Ter em conta que a tolerância aplicada é de 0 a -10 [%].

Tipo	Parafuso sextavado interior de cabeça cilíndrica (PSICC)		Parafuso cabeça sextavada exterior (PCSE)		Parafuso sextavado interior de cabeça de embutir (PSICE)		Parafuso sextavado interior cabeça oval (PSICO)	
	DIN 912		DIN933		DIN 7991		ISO 7380	
Classe	12.9		8.8		10.9		10.9	
								
	Kgf.m	N.m	Kgf.m	N.m	Kgf.m	N.m	Kgf.m	N.m
M3	0,21	2,1	0,13	1,3	0,18	1,8	0,18	1,8
M4	0,46	4,5	0,27	2,7	0,38	3,7	0,38	3,7
M5	0,95	9,3	0,55	5,4	0,8	7,8	0,8	7,8
M6	1,6	15,7	0,95	9,3	1,3	12,8	1,3	12,8
M8	3,9	38	2,3	22,6	3,2	31,4	3,2	31,4
M10	7,7	75,5	4,6	45,1	6,4	62,8	6,4	62,8
M12	13,5	135,4	8	75,5	11	108	11	108
M14	21,5	210,8	12,5	112,6	18	176,5	18	176,5
M16	33	323,6	19,5	191,2	27,5	269,7	27,5	269,7
M20	65	637,4	38,5	377,6	54	529,6	54	529,6
M24	110	1078,7	66	647,2	93	912	93	912
M27	165	1618,1	98	961,1	140	1373	140	1373
M30	225	2206,5	135	1324	185	1817,2	185	1817,2
M36	385	3775,6	228	2236	321	3148	321	3148

Anexo C- Antiga folha de serviço

ADIRA-Metal Forming Solutions S.A. Rua das Liges 67 Vila Nova de Gaia 4410-272 Nrº Contribuinte: 502120819	FOLHA DE SERVIÇO Cópia da folha de trabalho de Assistência Técnica Data :
--	--

Ordem de Serviço: Técnico : Cliente : Referência : Tipo Instalação : Instalação : Contad.leitura : 0 em Garantia Localização : Dt.Prev.Execução Zona Serviço : Criada por :	Local Trabalho: Telémóvel: Telefone : Contacto :
--	--

Data:	Hora de saída:	Hora de início:	Hora finalizaç.:	Hora de chegada:
Data:	Hora de saída:	Hora de início:	Hora finalizaç.:	Hora de chegada:
Data:	Hora de saída:	Hora de início:	Hora finalizaç.:	Hora de chegada:
Data:	Hora de saída:	Hora de início:	Hora finalizaç.:	Hora de chegada:
Data:	Hora de saída:	Hora de início:	Hora finalizaç.:	Hora de chegada:

Trabalhos Efectuados (com letra maiúscula)			

Materiais usados	Descrição	Quantidade	Armazen
Artigo			

Em à saída	Em à chegada	Pagamento em dinheiro: sim/não Valor :
------------------	--------------------	--

Assinatura técnico Data:	Sim, confirmo que O serviço foi prestado conforme solicitado e efetuado segundo a ordem de adjudicação. Data : Assinatura cliente e Carimbo da firma
---	--

Processado e Impresso por Computador. Coordenador Serviço ao Cliente:

