

Desenvolvimento Sustentável em Engenharia Mecânica

Bárbara Andreia Araújo Correia

Dissertação de Mestrado

Orientador: Prof. António Torres Marques

Coorientador: Prof. Francisco José de Castro Xavier de Carvalho



Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica

Setembro de 2017

*“Sustainable development requires human ingenuity.
People are the most important resource”*

Dan Shechtman

Resumo

A presente dissertação incidiu sobre o desenvolvimento de uma prensa de pratos quentes, cuja concepção foi feita dentro dos moldes do desenvolvimento sustentável. Dada a abrangência deste conceito, o equipamento criado foi obtido com a conciliação de três aspectos distintos: económico, ecológico e social. Assim, foi necessário ter em consideração os custos associados à construção, operação e manutenção do equipamento, que faça uso de recursos sustentáveis na sua utilização e que contribua para a colmatação das discrepâncias existentes no meio onde a prensa vai operar, seja na possibilidade de providenciar meios de subsistência ou na sua inclusão em terapia ocupacional.

De modo a atingir o objetivo proposto foi necessário, em primeiro lugar, fazer uma análise dos elementos constituintes de uma prensa deste tipo. Posto isto, foi realizado um estudo das soluções existentes para cada uma das funções, que foram comparadas entre si com base em fatores adequados ao projeto. Após uma análise ponderada foram selecionadas as opções mais viáveis, que foram utilizadas na modelação do projeto. Dentro ainda da conceptualização do protótipo foi feita uma simulação de um compósito obtido através do reaproveitamento de materiais já utilizados, de modo a verificar a sua viabilidade na concepção de novos produtos. Por fim, foram dimensionados os sistemas pertencentes ao equipamento, e foi verificada a sua estabilidade através de simulações em software adequado.

Sustainable Development in Mechanical Engineering

Abstract

The present dissertation focuses on the development of a hot plate press, whose conception takes sustainability as a very important concern. Due to the vast coverage encompassed by this subject, the equipment was obtained conciliating economic, ecological and social problems. Due to this fact, it was necessary to consider the costs associated with construction, operation, and maintenance of the press, in order to ensure that it produces sustainable products and that it may contribute to closing existing discrepancies at the implementation site; be it by providing means of sustenance or by its inclusion in occupational therapy.

In order to accomplish this goal, it was at first necessary to analyse the constituent elements of this type of machine. Following that, possible solutions for each function were studied and then compared with criteria relevant to the project. After a detailed analysis, the most viable solutions were selected and were then used to model the system. Furthermore, in the mechanism's conceptualization, a composite material simulation was made, in order to analyse the relevance of producing products from discarded materials. Finally, the press was designed, and its stability was tested with adequate software, and the electrical circuit responsible for the temperature control of the press was created.

Agradecimentos

Em primeiro lugar tenho de agradecer aos meus orientadores, professor António Torres Marques e professor Francisco Xavier de Carvalho pela disponibilidade, sugestões e incentivo que me prestaram ao longo deste processo.

Ao professor José Luís Esteves, professor Carlos Pinho, professora Ana Isabel Palmero, engenheiro António Guedes e ao sr. Joaquim Silva, o meu muito obrigada pela disponibilidade, sugestões e esclarecimentos sempre que necessitei.

Queria também agradecer à minha família, e em especial aos meus pais Paulo e Fátima e ao meu irmão João, pelo apoio incondicional que me dão e por me incentivarem a fazer sempre o meu melhor.

E por fim, uma palavra de apreço aos meus amigos, com ênfase especial na Ulyana, Diogo e Duarte, sem os quais o meu trajeto académico não teria sido o mesmo.

Índice de Conteúdos

1	Introdução	17
1.1	Enquadramento do projeto e motivação	17
1.2	Objetivos do projeto	17
1.3	Metodologia.....	17
1.4	Estrutura da dissertação	18
2	Estado da Arte.....	19
2.1	Desenvolvimento Sustentável	22
2.2	Desenvolvimento sustentável em engenharia.....	23
2.2.1	Recursos sustentáveis.....	24
2.2.2	Processos Sustentáveis e Aumento da Eficiência	34
2.2.3	Redução do Impacto Ambiental.....	35
2.2.4	Cumprimento de Outros Aspetos.....	36
2.2.5	Legislação.....	36
3	Projeto Conceptual.....	37
3.1	Escolha e Especificações do Dispositivo	37
3.2	Geração do Conceito	38
3.3	Análise Funcional.....	38
3.4	Avaliação e Seleção dos Conceitos	39
3.4.1	Fornecimento de Energia.....	39
3.4.2	Conversão de Energia Elétrica em Calor.....	40
3.4.3	Movimentação Vertical.....	40
3.4.4	Controlo de Temperatura.....	41
3.5	Seleção do Conceito	42
3.6	Seleção de materiais e possíveis produtos a obter	44
4	Projeto.....	47
4.1	Conceção dos pratos	47
4.2	Obtenção da estrutura de suporte.....	51
4.3	Conceção do Sistema de Ejeção	57
4.3.1	Simulação estrutural	60
4.4	Dimensionamento do Sistema de Aquecimento.....	62
4.4.1	Análise Térmica	64
4.4.2	Sistema de Controlo de Temperatura.....	65
4.5	Apresentação do modelo final.....	67
5	Conclusões e trabalhos futuros.....	69
	Referências	71
	ANEXO A: Matriz de Comparação	73
	ANEXO B: Esquema Elétrico do Sistema de Aquecimento.....	77
	ANEXO C: Especificações da chumaceira	79
	ANEXO D: Especificações do rolamento	83
	84	
	ANEXO E: Especificações do fuso de esferas.....	85
	86	
	ANEXO F: Especificações da porca do fuso de esferas.....	87
	88	
	ANEXO G: Especificações dos casquilhos do conjunto veio-excêntrico	89
	90	
	ANEXO H: Especificações dos casquilhos da placa de ejeção.....	91

ANEXO I: Especificações do manípulo.....	93
--	----

Índice de Figuras

Figura 2-1 – "Fronteiras planetárias" (Steffen et al. 2015).....	20
Figura 2-2 – "Representação gráfica de desenvolvimento sustentável"	23
Figura 2-3 – "Classificação de fibras naturais"	26
Figura 2-4 – "Classificação de biopolímeros" (Adaptado de Ekiert et al, 2015)	27
Figura 2-5 – "Ciclo de vida dos produtos" (Ashby 2009)	27
Figura 2-6 – "Fluxos de materiais numa economia circular" Adaptado de (OECD 2015)	28
Figura 2-7 – "Produção de eletricidade mundial por fonte" (REN 2016)	31
Figura 2-8 – "Percentagem de energias renováveis como oferta total de energia primária" (IEA 2015).....	31
Figura 2-9 – "Geração de eletricidade através de fontes renováveis nos membros da IEA em 2014" (IEA 2015)	32
Figura 2-10 – "Geração de eletricidade por fonte em Portugal" (REN 2016).....	32
Figura 2-11 – "Escala de tempo e tamanho dos diferentes tipos de armazenamento" (Aneke and Wang 2016)	34
Figura 2-12 – "Classificação das tecnologias de armazenamento" (Aneke and Wang 2016)..	34
Figura 3-1 - "Mecanismo desenvolvido"	37
Figura 3-2 – "Exemplar de um fuso de esferas" (Rexroth 2016)	41
Figura 3-3 – "Exemplar de um cilindro pneumático" (Festo 2016)	41
Figura 3-4 – "Preparação do compósito"	45
Figura 3-5 – "Película de compósito obtida"	45
Figura 3-6 - "Análise de deslocamentos do compósito"	46
Figura 3-7 - " Análise de deslocamentos do compósito de sandwich"	46
Figura 4-1 – "Prato inferior"	47
Figura 4-2 - "Dimensões do prato inferior"	47
Figura 4-3 - "Dimensões do molde inferior"	48
Figura 4-4 – "Conjunto prato e molde inferior"	48
Figura 4-5 - "Vista de topo do conjunto prato e molde inferior"	49
Figura 4-6 – "Prato superior"	49
Figura 4-7 - "Dimensões do prato superior"	49
Figura 4-8 - "Constituintes do prato superior"	50
Figura 4-9 - "Guiamento do prato superior"	50
Figura 4-10 - "Estudo da escolha do material" (CES Edupack).....	50
Figura 4-11 - "Fixação da chumaceira ao fuso"	51
Figura 4-12 – "Ligação fuso-prato superior"	52
Figura 4-13 - "Coeficientes de fricção" (Shigley and Mischke 2005)	52
Figura 4-14 - "Conjunto prato superior e inferior"	54

Figura 4-15 - "Estrutura da prensa"	54
Figura 4-16 - "Pés niveladores"	55
Figura 4-17 - "Pormenor da mesa de suporte"	55
Figura 4-18 - "Posicionamento do prato inferior na mesa"	55
Figura 4-19 - "Vista pormenorizada da mesa de suporte"	56
Figura 4-20 - "Veios de suporte"	56
Figura 4-21 - "Dimensões do excêntrico"	57
Figura 4-22 - "Conjunto veio-excêntrico"	58
Figura 4-23 - "Sistema de ejeção"	58
Figura 4-24 - "Guiamento do sistema de ejeção"	59
Figura 4-25 - "Entalhes na mesa de suporte para elementos do sistema de ejeção"	59
Figura 4-26 - "Viga de suporte do molde inferior e sistema de ejeção"	59
Figura 4-27 - "Guiamento do prato do injetor"	60
Figura 4-28 - "Funcionamento do sistema de ejeção"	60
Figura 4-29 - "Representação da tensão sofrida pelo mecanismo"	61
Figura 4-30 - "Representação dos deslocamentos sofridos pelo mecanismo"	61
Figura 4-31 - "Temperatura de fusão de termoplásticos comuns" (Goodship 2009)	62
Figura 4-32 - "Maquinagem da placa"	63
Figura 4-33 - "Dimensões e posicionamento dos furos para as resistências"	63
Figura 4-34 - "Simulação térmica em regime permanente "	64
Figura 4-35 - "Simulação térmica em regime permanente do molde inferior"	64
Figura 4-36 - "Gráfico temperatura-tempo do molde superior"	65
Figura 4-37 - "Gráfico temperatura-tempo do molde inferior"	65
Figura 4-38 - "Vistas frontal, lateral e de topo do conjunto "	67

Índice de Tabelas

Tabela 2-1– "Fontes de energia primárias" Adaptado de (Rosen 2009)	30
Tabela 2-2 – "Fontes de energia secundárias" Adaptado de (Rosen 2009).....	33
Tabela 3-1 – "Conceitos possíveis"	42
Tabela 3-2 – "Dados de processamento"	45

Siglas

ASME- American Society of Mechanical Engineers

GEE – Gases de Efeito Estufa

GFN – Global Footprint Network

HDPE – Polietileno de alta densidade

IEA – International Energy Agency

IPCC –Intergovernmental Panel for Climate Change

ONU- Organização das Nações Unidas

OCDE - Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Económico

PE- Polietileno

PET- Politereftalato de etileno

UN- União Europeia

UNESCO- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization

1 Introdução

1.1 Enquadramento do projeto e motivação

A necessidade da inclusão de estratégias sustentáveis no decorrer da atividade económica mundial levou à criação do conceito de desenvolvimento sustentável. O desenvolvimento sustentável é uma ideologia multidisciplinar que defende um modelo de desenvolvimento global que promove a satisfação das necessidades das gerações atuais, sem que estas ponham em risco a possibilidade de gerações futuras satisfazerem as suas.

A inclusão de estratégias sustentáveis é da maior relevância nos dias de hoje, dado o contexto de sociedade de consumo no qual uma porção significativa do mundo opera. Este modelo de consumo surgiu graças ao elevado desenvolvimento industrial que, graças às elevadas taxas de produção, permitiu a normalização de produtos, até então escassos. Desta normalização resultou um modelo económico no qual a oferta excede a procura, o que tornou necessária a criação de estratégias que aumentassem os padrões de consumo, de maneira a escoar os excedentes. Isto foi feito com recurso a estratégias de marketing e à criação da obsolescência programada. Como consequência do panorama consumista atual, temos uma economia cuja base é o consumo excessivo de bens, cuja produção resulta de uma exploração excessiva de matérias primas.

Como é evidente, nenhum destes fatores é alheio à engenharia, dado o papel fulcral que esta tem na atividade industrial. Tendo em conta o enorme impacto que tem na economia mundial e a relação íntima que existe entre atividade económica e consumo de recursos, é evidente a relevância do estudo de estratégias sustentáveis nas práticas de engenharia.

1.2 Objetivos do projeto

A finalidade da dissertação é o desenvolvimento de uma prensa de pratos quentes, de construção simples e com baixos custos de produção, operação e manutenção, que permita a produção de artigos com recurso a materiais sustentáveis. Neste trabalho serão também feitas algumas considerações sobre materiais a utilizar, bem como da relevância do conceito de sustentabilidade na indústria.

1.3 Metodologia

A execução desta dissertação foi planeada em três etapas distintas: exploração do conceito de desenvolvimento sustentável, a sua origem, objetivos e implicações; projeto conceptual do protótipo e materialização do mecanismo.

Na primeira fase, exploração do conceito de sustentabilidade, foi necessário proceder a uma análise do relatório Brundtland e de documentação da ONU, UNESCO e UE referente à sustentabilidade, de maneira a obter uma visão global do assunto, através da análise da sua origem, objetivos e áreas de atuação. Posteriormente, surgiu a necessidade de examinar a relação entre o trabalho de engenharia e a sustentabilidade, de maneira a discriminar os aspetos essenciais para a execução de projetos sustentáveis. Para tal foram estudados inicialmente artigos do autor Marc A. Rosen, bem como relatórios de sustentabilidade de empresas como a Ford Europa e General Motors.

Com toda a informação reunida, procedeu-se à etapa de conceção, cujo objetivo é a obtenção da solução ideal para a construção da prensa. Esse estudo é feito recorrendo à modelação funcional do produto, à análise dos seus subsistemas e componentes, o que permitiu a obtenção de soluções adequadas para cada sistema. Terminada esta parte, foi obtido o ciclo de funcionamento da prensa, e ficaram definidos os subsistemas essenciais, bem como os constituintes necessários ao seu funcionamento. Ainda neste contexto, procedeu-se à análise de algumas possíveis combinações de materiais compósitos. Isto foi feito com o propósito de analisar e verificar a viabilidade do uso de materiais reaproveitados na criação de novos produtos.

Em último lugar, foi modelada a prensa, a solução construtiva desta foi feita através do dimensionamento do sistema de aquecimento, pratos e da restante estrutura, nomeadamente do sistema de movimentação do prato superior, de ejeção das peças e da mesa que suporta todo o mecanismo. Com o equipamento concebido, foi necessário proceder a análise estrutural e térmica, de modo a verificar a sua estabilidade e funcionamento correto em condições críticas. Por e à definição do circuito de controlo de temperatura.

1.4 Estrutura da dissertação

A dissertação foi dividida em cinco capítulos.

No capítulo 1 é explicitado o contexto no qual o projeto se insere, bem como os seus objetivos e metodologias seguidas.

Do capítulo 2 consta o estado da arte, no qual se contextualiza e apresenta o conceito de desenvolvimento sustentável, e no qual são abordados os aspetos inerentes à sua aplicação em engenharia.

O capítulo 3 apresenta o desenvolvimento do projeto conceptual do dispositivo: estudo do ciclo de funcionamento, definição de funções e seleção de componentes. Posteriormente a isto são analisados quais os possíveis produtos a desenvolver, que devem visar a sustentabilidade.

O capítulo 4 consiste na modelação do conceito desenvolvido no capítulo anterior, através do seu dimensionamento e posterior simulação estrutural e térmica, com recurso ao software *Solidworks*, e da conceção do seu circuito elétrico.

No capítulo 5 são apresentadas as conclusões retiradas do projeto, bem como os possíveis trabalhos futuros.

2 Estado da Arte

O desenvolvimento económico e a massificação da produção são fatores com elevado impacto no ecossistema terrestre, efeito este que representa um dos principais desafios do séc. XXI. No cerne deste problema encontra-se a industrialização, que se iniciou no século XIX com a primeira revolução industrial, e se prolonga até aos dias de hoje com a Indústria 4.0. Este processo foi, e continua a ser, um dos elementos fulcrais para a prosperidade económica, rápido progresso tecnológico e melhoria das condições de vida da população. Todavia, a sua implementação não se deu sem consequências negativas, dado que esta mesma evolução está diretamente associada às alterações climáticas, devido à sobre-exploração de matérias primas no desenvolvimento e operação de tecnologias.

Dada a relação íntima que o ser humano tem com o ecossistema no qual vive, e o impacto que este tem na sua vida e na atividade humana, esta é uma problemática que coloca em risco a vida no planeta Terra. Instituições como a ONU, UNESCO, UE e universidades em todo o globo têm vindo a desenvolver investigações sobre este tema, seja na quantificação ou diminuição do impacto da atividade económica no ambiente ou no desenvolvimento de tecnologias alternativas.

Para além do seu impacto nas alterações climáticas, os presentes níveis de poluição são vistos como o principal responsável pela deterioração dos recursos naturais da Terra. Fatores como crescimento económico e aumento populacional têm um enorme impacto nos níveis de poluição mundial, e levaram à necessidade de inquirir acerca da legitimidade da continuação destas práticas, quando está em vista a estabilidade do planeta Terra. O consenso é que o estado atual é insustentável e que uma mudança profunda é necessária para que estas alterações sejam minimizadas, caso a sua eliminação total já não seja possível. Publicações como “*Planetary Boundaries: Exploring the Safe Operating Space for Humanity*” (Rockström et al. 2009) e “*The age of sustainable development*” (Sachs 2015) abordaram estes assuntos e discriminaram as **fronteiras planetárias**, cujo propósito é a definição de um espaço operacional seguro para a humanidade. Estes limites foram obtidos com base em estudos científicos e, caso as ditas fronteiras sejam ultrapassadas, existe o risco de se darem alterações irreversíveis e abruptas. De acordo com o *Stockholm Resilience Centre* (Rockström et al. 2009), instituição responsável por este estudo, existem nove fronteiras:

- Depleção do ozono estratosférico;
- Perda de biodiversidade;
- Poluição química e emissão de novas entidades;
- Alterações climáticas;
- Acidificação dos oceanos;
- Consumo de água doce e ciclo hidrológico global;
- Alterações de uso do solo;
- Ciclo do azoto e fósforo para a biosfera e oceanos;
- Carga de aerossóis na atmosfera.

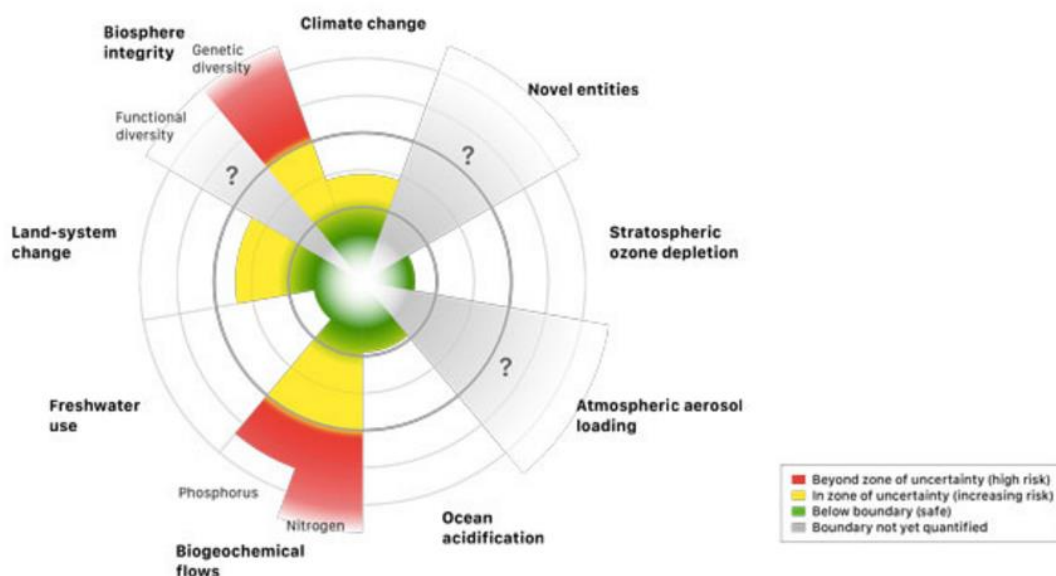


Figura 2-1 – "Fronteiras planetárias" (Steffen et al. 2015)

Na Figura 2-1 encontram-se reproduzidas as nove fronteiras acima descritas, juntamente com a descrição do seu estado atual, numa escala que vai desde abaixo do limite (a verde), até além da zona de incerteza (a vermelho). De entre as nove fronteiras, quatro já ultrapassaram a zona de segurança, com a integridade biosférica e os fluxos de azoto já para lá da zona de incerteza (encontram-se na zona de perigo elevado), e as alterações climáticas e a mudança do sistema da terra na zona de incerteza, o que indica um aumento do nível de risco.

Para além da compreensão dos tópicos que influenciam as alterações do ecossistema terrestre, é também necessário proceder à sua medição. A quantificação da poluição humana pode ser feita recorrendo à análise da pegada ecológica. De acordo com o GFN a pegada ecológica calcula as exigências feitas pelos humanos à natureza, e expressa-se pela área produtiva que o planeta Terra precisa para providenciar recursos e absorver desperdícios, em hectares. Segundo estudos realizados por esta instituição, o planeta já não consegue corresponder às exigências que lhe são feitas desde 1970. Atualmente a Terra necessita de um ano e seis meses para regenerar os recursos utilizados durante um ano, ou seja, são necessários 1.5 planetas para providenciar os recursos consumidos hoje em dia. Segundo o GFN, com o nível populacional atual e com a área disponível, cada pessoa deveria ter uma pegada ecológica de 1.8 hectares, para que o processo fosse sustentável (GFN 2017). Caso as tendências atuais se mantenham, a ONU prevê que em 2030 sejam necessários 2 planetas (UN 2015).

De todas as fronteiras acima definidas as mais reconhecidas são as alterações climáticas e a depleção da camada do ozono. No entanto, existe uma grande diferença entre ambas: enquanto no caso da depleção do ozono foram tomadas medidas eficazes no espaço de uma década após a deteção do problema, através do protocolo de Montreal, o mesmo não ocorreu para as mudanças de clima.

Alterações climáticas foram definidas pelo **Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas** como a mudança no estado do clima que pode ser identificada por mudanças no valor médio das suas propriedades, e que persiste por um período prolongado. Pode-se referir a qualquer alteração climática ao longo do tempo, quer por variação natural ou como resultado da atividade humana (IPCC 2007).

No cerne das alterações climáticas encontra-se o efeito de estufa. Este fenómeno caracteriza-se pela retenção de parte da radiação solar por gases de efeito de estufa, e resulta num aquecimento da superfície da terra e da atmosfera superior ao que seria previsto. Assim, em vez dos -18°C expectáveis a temperatura média é de 15°C (NASA 1998).

Em 1896, Svante Arrhenius atestou o aumento das emissões de dióxido de carbono instigadas pelo incremento da atividade económica provocado pela revolução industrial. Este afirmou, ainda, que a tendência era de estas continuarem a aumentar, graças ao aumento do consumo de combustíveis fósseis. Esta descoberta levou-o a concluir que em consequência do aumento de emissões, a temperatura média da Terra aumentaria. Só mais tarde, na década de 40, com o desenvolvimento da espectroscopia infravermelha foi possível demonstrar que, de facto, o aumento da quantidade de dióxido de carbono na atmosfera resulta numa maior absorção da radiação infravermelha.

No entanto, o efeito estufa não se deve apenas ao CO₂. Gases de efeito estufa foram definidos pela **Convenção Quadro das Nações Unidas para as Alterações Climáticas (CQNUMC)** como os constituintes gasosos da atmosfera, naturais ou antropogénicos, que absorvem e reemitem radiação infravermelha. Em 2005, foram identificados no Protocolo de Kyoto os GEE existentes, sendo estes o Dióxido de Carbono (CO₂), Metano (CH₄), Óxido Nitroso (N₂O), Hidrofluorcarbonetos (HFCs), Perfluorcarbonetos (PFCs) e Hexafluoreto de enxofre (SF₆).

Evidentemente, as alterações climáticas têm consequências ambientais e económicas associadas. Com o aumento da temperatura, os ecossistemas alteram-se o que pode levar ao degelo glacial e, conseqüente, subida do nível do oceano, à extinção de espécies e diminuição da quantidade de água potável. Uma outra consequência é a pobreza mundial. Apesar de ser um fenómeno normalmente associado à falta de recursos económicos, não existe um índice que a possa quantificar definitivamente, e aspetos tão distintos como desemprego, acesso à educação e exclusão social podem servir como indicadores. Isto é possível devido ao impacto multidimensional que a pobreza tem. Uma possível definição de pobreza é “condição humana caracterizada por privação sustentada ou crónica de recursos, capacidades, escolhas, segurança e poder necessários para o gozo de um adequado padrão de vida e outros direitos civis, culturais, económicos, políticos e sociais” (Costa et al. 2008).

De acordo com relatórios da ONU, hoje em dia a pobreza extrema diminuiu para menos de metade dos valores de 1990, o que se traduziu numa melhoria das condições de vida das populações. Porém, cerca de 836 milhões de pessoas em todo o mundo ainda vivem em contexto de pobreza extrema, com 1 em cada 5 pessoas a viver com menos de \$1.25 por dia em regiões em desenvolvimento. Existe maior incidência destas situações nas regiões da África-subariana e sul da Ásia. No entanto, este não é um problema exclusivo dos países com menores recursos, com estimativas de 30 milhões de crianças crescerem com dificuldades económicas nos países mais ricos do mundo (UN 2015).

Questões como equidade social e reversibilidade da degradação do Planeta, criaram a necessidade de interrogar a exequibilidade dos dois objetivos em simultâneo. Ou seja, foi essencial inquirir a viabilidade de proceder ao desenvolvimento de um país com baixos recursos, sem possibilitar que este enveredasse por um caminho de desenvolvimento desmesurado. Esta via permitiria escapar aos erros cometidos pelos países desenvolvidos e, assim, evitar o agravamento do estado do planeta.

Esta dualidade levou à obtenção um conceito de desenvolvimento que permite a continuidade do progresso científico e económico, ao mesmo tempo que atenua as desigualdades existentes e promove a reversão de comportamentos prejudiciais que comprometam o equilíbrio do ecossistema da Terra.

Em 1972, na **Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano** em Estocolmo foi pela primeira vez discutida a problemática do impacto da tecnologia no ambiente. Apesar de não terem sido estabelecidas medidas para reverter o problema, foi criada a **Declaração da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano**, onde foram promovidas medidas para a preservação dos recursos naturais e do ambiente, para a assistência a países em desenvolvimento, entre outros (Ashby 2009). Posteriormente, e no

seguimento das observações feitas, o **Relatório Brundtland** da **Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento** elaborado em 1987 definiu o conceito de desenvolvimento sustentável (Brundtland 1987).

A estes seguiram-se inúmeros eventos, dos quais se destacam: o **Protocolo de Montreal** (1987) que solicitava a eliminação de químicos que degradam o ozono; a **Declaração do Rio** (1992) onde se estabeleceram princípios de sustentabilidade globais; o **Protocolo de Kyoto** (1998) cujo objetivo era a diminuição da emissão de gases de estufa, a **Convenção de Estocolmo** (2001) elaborada para eliminar o uso de poluentes orgânicos persistentes (POPs); o **Relatório do IPCC “Alterações Climáticas 2007”**, onde foi provada definitivamente a relação entre as emissões de carbono e as alterações climáticas e a **Cimeira de Durban** (2011) onde se estabeleceu um acordo para limitar as emissões de carbono (Ashby 2009). Atualmente, parte destes acordos prescreveram, pelo que para assegurar o alcance das metas necessárias encontram-se em vigor ações globais, entre as quais o **Acordo de Paris** (2015) e a **Agenda 2030 de Desenvolvimento Sustentável** das Nações Unidas, cujo propósito é definir estratégias eficazes.

No caso do Acordo de Paris, pretende-se proceder à descarbonização da economia mundial, pelo que cada país é responsável pelo estabelecimento dos seus próprios objetivos e metas, com vista a limitar o aumento da temperatura global a 2°C comparativamente a níveis pré-industriais, sendo também encorajada a execução de esforços adicionais no sentido de confinar este aumento aos 1.5°C. O atingimento destes termos é conseguido fazendo uso de fluxos financeiros, quadros tecnológicos e quadros de capacitação adequados. A Agenda 2030, em adição ao combate às alterações climáticas e preservação do ecossistema terrestre, tem objetivos mais abrangentes como a irradicação da desigualdade económica e de género, da pobreza e fome, bem como a promoção da sustentabilidade económica, energética e social, entre outros.

2.1 Desenvolvimento Sustentável

O conceito de desenvolvimento sustentável foi definido inicialmente no Relatório Brundtland (1987) como “Desenvolvimento que satisfaz as necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir as suas próprias necessidades”. Esta definição denota dois conceitos chave: o conceito de necessidades, e a ideia de limitações, impostas pelo estado da tecnologia e pela organização social dos países ou empresas.

A base do conceito de sustentabilidade provém da conciliação de três ideias: sustentabilidade ambiental, económica e social. Assim sendo, para que o desenvolvimento de um projeto ou produto contenha a visão holística associada a movimento é indispensável que sejam respeitados os três critérios acima referidos, o que prova que a aplicação desta doutrina é um exercício interdisciplinar, cujo produto final deve traduzir a conciliação de todos os fatores em jogo, maximizando cada um.

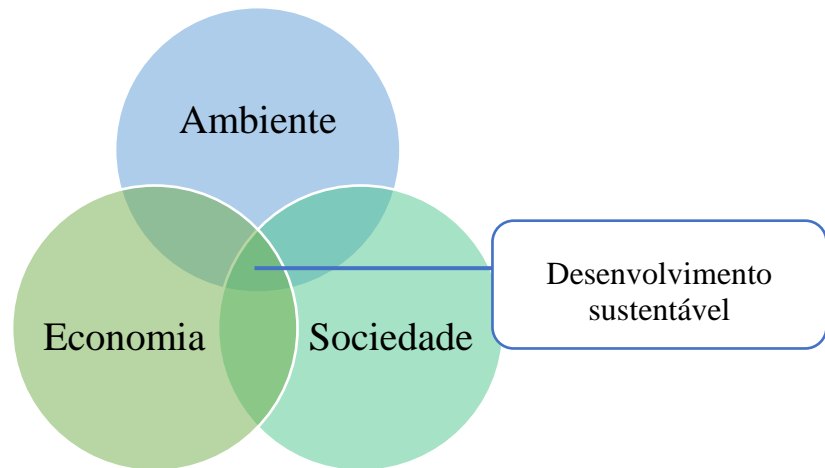


Figura 2-2 – "Representação gráfica de desenvolvimento sustentável"

Dada a vastidão de questões inerentes às problemáticas ambientais, económicas e sociais, é essencial estabelecer objetivos e metas adequados ao contexto. Ultrapassada esta fase inicial, é necessário definir os indicadores análogos, cuja função é avaliar o desempenho do processo. Graças à natureza subjetiva do conceito de sustentabilidade afere-se que os indicadores de sustentabilidade variam com o contexto onde está inserido o projeto.

A política de sustentabilidade é uma filosofia que deve ser aplicada a todas as indústrias, dada a relação direta que toda a atividade económica tem com o meio ambiente. Por esse motivo, já é prática comum em empresas e instituições introduzir índices de sustentabilidade nas suas atividades. Apesar de ser fundamental que esta inclusão seja feita por todos os setores económicos, deve ser dado uma ênfase particular à indústria tecnológica, devido ao impacto que esta tem na economia mundial.

Exemplos disso são a Ford Europa, a General Motors, as Nações Unidas, a OCDE e a União Europeia. No caso da Ford, foram implementados como indicadores ambientais o ciclo de vida do aquecimento global e da qualidade de vida, em conformação com a norma ISO 14040, o uso de materiais sustentáveis, dando ênfase ao uso de materiais naturais e reciclados, gestão de substâncias e ruído. Para além destes, fazem também uso de indicadores sociais, particularmente a segurança e capacidade de mobilidade, e de indicadores económicos, como o custo de ciclo de vida.

Outro exemplo relevante é a União Europeia, que estabeleceu os seus próprios indicadores que abrangem os seguintes temas: desenvolvimento socioeconómico, consumo e produção sustentável, inclusão social, mudanças demográficas, saúde pública, alterações climáticas e energia, transportes sustentáveis, recursos naturais, parcerias globais e bom governo. Posteriormente, cada um destes temas é subdividido e os respetivos indicadores explanados.

No entanto, não obstante toda a legislação e estudos efetuados até ao presente, existe ainda muito trabalho a ser feito, de maneira a cumprir as metas estabelecidas.

2.2 Desenvolvimento sustentável em engenharia

O envolvimento da engenharia no desenvolvimento sustentável pode, à partida, parecer relevante apenas no contexto da economia, dado a crescente automatização da indústria em geral. No entanto, esta seria uma visão redutora do papel que um engenheiro pode ter na sociedade. Apesar do papel fundamental que os engenheiros têm tido na transformação e melhoria contínua das condições de vida para uma grande parte da população mundial, estes melhoramentos não foram distribuídos igualmente por todos, o que resultou num aumento significativo das diferenças entre os países desenvolvidos e os subdesenvolvidos. Enquanto nas

nações desenvolvidas a expectativa de vida tem vindo a aumentar progressivamente graças à melhoria da saúde, acesso à educação, condições de habitação, nutrição, meios de transporte e comunicações, o mesmo não pode ser dito para países mais carenciados, onde o consumo de água potável, saneamento, acesso à educação ou cuidados de saúde contínuos continuam a ser realidades distantes.

O combate a estes défices sociais e aos problemas ambientais devem ser encarados como um desafio pelos profissionais, mesmo que à primeira vista possam não ser vistos como trabalho de engenharia, por não se encontrarem no contexto industrial normalmente associado à profissão.

Dado o estado subdesenvolvido em que muitos países se encontram, é fulcral não só o desenvolvimento e manutenção de novas infraestruturas, mas também a adaptação e implementação de tecnologias existentes à realidade local. A partilha de conhecimento é também de extrema importância, pois permite que os cidadãos tirem partido de casos com sucesso previamente estudados e experimentados, e assim adaptá-los à sua realidade, promovendo a diminuição da diferença entre países.

Para além do trabalho em contexto local, nos dias de hoje um engenheiro deve sempre, ou quase sempre, ter em mente o desenvolvimento de tecnologias sustentáveis. Esta é uma metodologia que deve ser aplicada a todas as áreas de conhecimento, desde a obtenção de tecnologias de ponta à adaptação de soluções existentes a novos contextos. A constante obtenção de novas alternativas permitirá uma diminuição dos custos associados, que consequentemente resultará numa maior acessibilidade, permitindo assim a adequação das tecnologias avançadas a contextos subdesenvolvidos.

Nesse sentido, é compreensível que na execução destas atividades é necessário conciliar diversos elementos, que incidem desde o seu planeamento à execução e posterior distribuição. De acordo com Marc A. Rosen (2009) existem componentes presentes nestas fases que são fundamentais para a prática da engenharia em contexto sustentável, os quais são descritos de seguida.

2.2.1 Recursos sustentáveis

A utilização de recursos naturais é fundamental para a realização da maioria das atividades económicas. Ainda assim, é evidente que existem operações que têm maior impacto ambiental que outras. É este o caso da indústria, cujo aparecimento e desenvolvimento juntamente com o aumento populacional são os principais responsáveis pelo incremento constante da sua exploração, situação que se mantém até à atualidade.

Informações publicadas pela OCDE (2015) mostram que, em 2010, o consumo mundial de recursos naturais era de 72 biliões de toneladas, cerca do dobro do valor em 1980 e dez vezes o valor em 1900. O crescimento acentuado no uso de matérias primas das últimas décadas é resultado dos elevados padrões de consumo dos países desenvolvidos, ao qual se junta a agravante da industrialização rápida de economias emergentes. Este aumento de dispêndio acarreta consequências diretas em diversos tópicos: nas taxas de extração e depleção dos recursos renováveis e não-renováveis; na extensão das colheitas e stocks de produção de recursos renováveis; nas pressões ambientais associadas ao ciclo de vida das matérias primas e consequentes efeitos na qualidade ambiental; no comércio internacional e preços de mercado de matérias primas que afetam diretamente a produtividade e competitividade da economia. A tendência futura é que, com o aumento populacional, sejam necessários ainda mais recursos para satisfazer as necessidades, pelo que se estima que em 2030 se atinja o valor de 100 biliões de toneladas.

Evidentemente, a utilização de recursos tem um impacto associado, que deve ser calculado com recurso a critérios quantitativos. Um dos principais indicadores de sustentabilidade é a comparação da sua taxa de reposição com a sua taxa de utilização. Se a primeira for igual ou superior à segunda, este é um recurso renovável, caso contrário é não renovável. Em consequência da estratégia holista que deve ser utilizada, este não é o único fator a ter em conta, dados todos os processos associados ao uso dos recursos ao longo do seu ciclo de vida.

É evidente que a conjuntura atual de exaustão de recursos é insustentável, pelo que é imperativa a implementação de políticas que promovam uma economia de recursos sustentável. A criação de iniciativas como o *Sustainable Materials Management* da OCDE, a política dos 3 R's (reduzir, reciclar e reutilizar) ou de Diretivas Europeias referentes à economia circular são prova da tomada de posição global em relação ao assunto. Ainda assim, estas medidas não são suficientes, sendo necessário reforçar a adoção de sistemas mais sustentáveis e eficientes ao longo de todo o ciclo de vida dos recursos, através da tecnologia e da inovação.

De seguida serão expostos com maior detalhe aspetos associados aos recursos mais explorados na indústria.

2.2.1.1 Matérias Primas

2.2.1.1.1 Classificação de Materiais

Numa primeira abordagem os materiais podem ser classificados como sintéticos ou naturais. Todavia, na grande maioria das vezes estes são classificados de acordo com a sua estrutura química e atômica em três grupos: metálicos, cerâmicos ou poliméricos. Os **metais** são compostos por um ou mais elementos metálicos, e frequentemente também por elementos não-metálicos em pequenas quantidades (elementos de liga). Estes são os materiais de construção mecânica mais utilizados, devido à sua rigidez, resistência à tração, ductilidade e tenacidade. São ainda bons condutores de calor e eletricidade dadas as suas ligações metálicas. Os **cerâmicos** são elementos formados pela junção de elementos metálicos e não-metálicos, e são caracterizados pela sua rigidez, resistência e dureza, (e consequente fragilidade) que os deixa extremamente suscetíveis à fratura. Por efeito das ligações iónicas e covalentes que contêm, são tipicamente bons isoladores, o que os torna mais resistentes a temperaturas elevadas e a ambientes de trabalho severos. Os **polímeros** são, maioritariamente, compostos orgânicos, constituídos por elementos não metálicos como o carbono, hidrogénio, oxigénio ou azoto. Tipicamente estes têm baixa densidade, elevada ductilidade e flexibilidade, quimicamente inertes e com características mecânicas inferiores às dos metais e cerâmicos. No entanto, dada a sua baixa densidade, dá-se que a sua rigidez e resistência são equiparáveis às destes, tendo em consideração a sua massa (Callister 2007).

Para além das categorias acima referidas existem ainda **compósitos**, que consistem na associação de dois ou mais dos materiais de natureza distinta, com a finalidade de combinar as melhores propriedades destes e assim originar um produto heterogéneo de características superiores. Estes são constituídos por duas fases distintas, a matriz e o reforço. A matriz constitui a maioria do material e tem como função o posicionamento, proteção e a transmissão de esforços aos reforços e o aumento da tenacidade e rigidez. Os reforços têm por sua vez como função a atribuição da resistência mecânica e também de rigidez. O tipo de fibra, a sua geometria, orientação, quantidade e distribuição influenciam as características do material. Para além dos aspetos referidos acima é importante considerar também a adesão na interface fibra/matriz e as técnicas de fabrico dos compósitos. A escolha do material de cada um dos constituintes está dependente das solicitações a que estiver sujeito. Os compósitos podem ser classificados de acordo com a sua matriz (metálica, cerâmica ou polimérica) e do tipo de reforço (reforçado com partículas, reforçado com fibras e estruturais) (Callister 2007).

2.2.1.1.1.1 *Compósitos Verdes*

Dentro do grupo dos materiais compósitos existe uma categoria especialmente relevante quando se aborda o conceito de sustentabilidade. Esses são os compósitos verdes que consistem em matrizes poliméricas ou biopoliméricas reforçadas com fibras naturais. Estes materiais podem ser parcialmente ou completamente degradáveis, dependendo do tipo de matriz utilizada. Dada a natureza do reforço estes são produzidos com menor impacto ambiental, e sua utilização é feita, por norma, em aplicações que requerem propriedades mecânicas inferiores (Baillie 2005).

As fibras naturais podem ser classificadas como fibras vegetais, animais ou minerais. Devido à sua natureza estas sofrem de variabilidade de propriedades, entre as quais forma, comprimento e composição química. Os fatores responsáveis por estas variações são a variedade de colheita, densidade de sementes, qualidade do solo, fertilização, localização do terreno, localização da fibra na planta, clima e altura da colheita (Dicker et al. 2014). A utilização de fibras naturais em vez de fibras sintéticas tem como vantagem o preço, baixa densidade, propriedades de força específica, facilidade de separação, sequestro de dióxido de carbono e biodegradabilidade. O uso de fibras naturais em substituição de fibras sintéticas como a fibra de vidro traduz-se também numa diminuição de massa da estrutura, e conseqüentemente, numa diminuição do consumo de energia (Mohanty, Misra, and Drzal 2002).

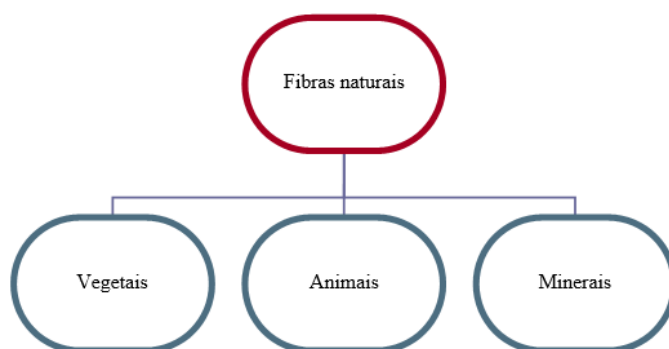


Figura 2-3 – "Classificação de fibras naturais"

Apesar das propriedades mecânicas específicas consideráveis destas fibras, a discrepância entre as propriedades da matéria-prima e do compósito manufaturado é significativa. Entre as causas podem-se referir o uso de frações de baixo volume de reforços curtos e desalinhados, bem como a incompatibilidade entre a fibra natural hidrófila e a matriz hidrófila, que resulta numa interface de qualidade inferior (Dicker et al. 2014).

No que se refere aos biopolímeros utilizados para nas matrizes estes podem ser classificados como naturais ou sintéticos, de acordo com a sua origem. Os biopolímeros naturais são produzidos dentro de organismos vivos como componentes estruturais de tecidos. Por sua vez estes podem ser classificados como proteínas ou polissacarídeos. No caso dos biopolímeros sintéticos a sua distinção é feita com base na sua suscetibilidade ao ambiente biológico ativo, como degradáveis ou não-degradáveis (Ekiert, Mlyniec, and Uhl 2015).

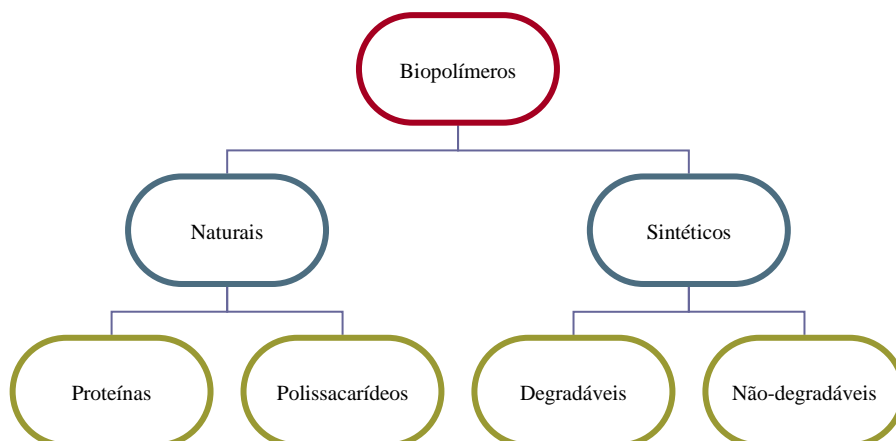


Figura 2-4 – "Classificação de biopolímeros" (Adaptado de Ekiert et al, 2015)

2.2.1.1.2 Ciclo de Vida

Qualquer produto desenvolvido tem um ciclo de vida bem definido. A matéria-prima é extraída da natureza, o material é produzido, usado na manufatura de artigos, que são posteriormente distribuídos, utilizados e descartados. Como consequência do aumento de consumo por parte da população mundial, veio o aumento de resíduos descartados, e, conseqüentemente, perdidos para a economia. Estimativas da OCDE indicam que 1/5 de todas as matérias primas extraídas globalmente acabam como lixo, o que corresponde a cerca de 12 bilhões de toneladas por ano. No que toca à quantidade de resíduos municipais gerados pelos países membros esta estabilizou desde 2000, nas cerca de 650 milhões de toneladas (OECD 2015).

Dado o impacto ambiental considerável em cada fase, é importante proceder à sua minimização. Isto pode ser conseguido através de uma avaliação do ciclo de vida que permitirá uma otimização de todos os processos que lhe estão associados.

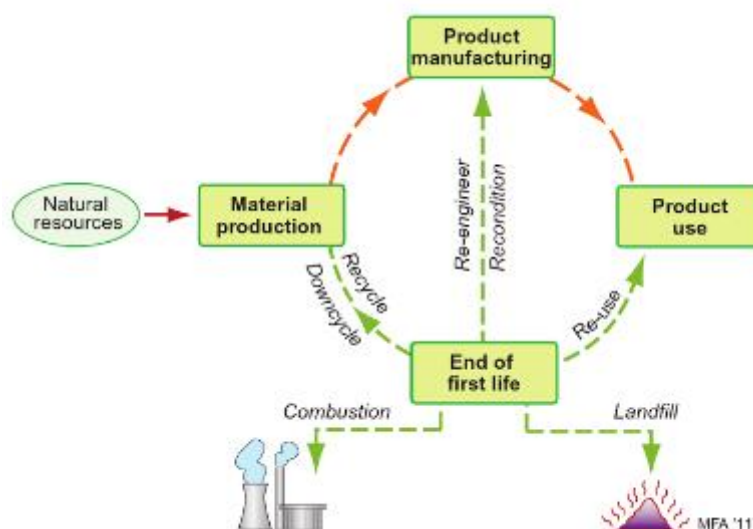


Figura 2-5 – "Ciclo de vida dos produtos" (Ashby 2009)

De todas as etapas o fim de vida representa umas das maiores problemáticas cuja solução passa por cinco vias: reutilização, reengenharia, reciclagem, combustão e aterro. O recurso à combustão e aterros são soluções cada vez mais evitadas em virtude do impacto ambiental severo que têm. Contudo, o recurso à combustão para recuperação de energia e matéria é um

processo que continua a ser estudado com o objetivo de se tornar uma alternativa viável (Ashby 2009).

As outras possibilidades consistem na recuperação do desperdício, obtida no fim de vida do produto através da sua reutilização, reengenharia ou reciclagem. A reutilização é uma possibilidade que não introduz alterações na natureza do componente e nas suas características, e cuja ideologia é a de direcionar o produto para um novo utilizador que o possa utilizar para a mesma função, ou proceder a sua adaptação a novas condições. Temos como exemplos desta política os mercados de segunda mão. A reengenharia é um conceito semelhante, cujo princípio é a remodelação e/ou aprimoramento de um produto ou componentes.

A termo de exemplo da funcionalidade e eficiência destes métodos temos o caso da Suécia, onde quase 100% dos desperdícios domésticos são reciclados, e que até já recorre à importação de detritos de outros países para produzir energia (Sweden 2017). Para além disso entrou em vigor a 1 de janeiro de 2017 legislação que dá isenções fiscais de 50% para serviços de reparação, de maneira a diminuir o desperdício e o consumo excessivo de materiais.

A reciclagem consiste no reprocessamento de materiais recuperados, o que implica sempre a diminuição da qualidade e alteração de algumas propriedades. Esta é, no entanto, a melhor medida para proceder à recuperação de valor do desperdício. De acordo com a OCDE, no caso do vidro, aço, alumínio, papel e plásticos a reciclagem já é feita em grande escala, havendo em contrapartida pouca atividade quando nos referimos a materiais mais valiosos. Esta quebra deve-se, em parte, à falta de instalações e tecnologias adequadas que permitam a recuperação dos mesmos, o que levou a um grande investimento em inúmeros estudos para melhorar e permitir a implementação em grande escala dos mesmos (OECD 2015).

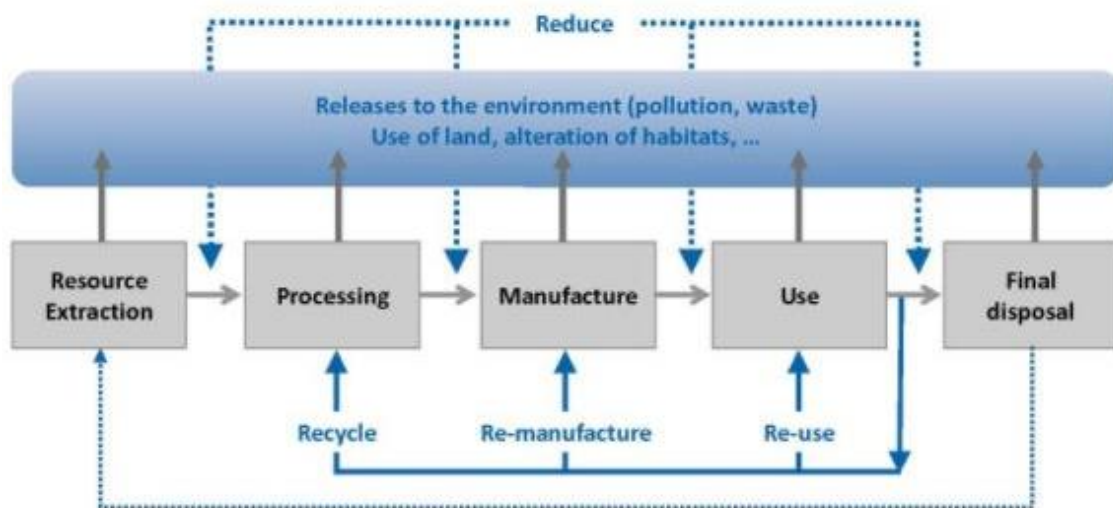


Figura 2-6 – "Fluxos de materiais numa economia circular" Adaptado de (OECD 2015)

Para além das vias acima descritas existe uma hipótese que pode ser alternativa ou complementar, que é a substituição dos materiais mais convencionais e poluentes por materiais de natureza mais sustentável. A sustentabilidade de um material está dependente da natureza da sua fonte, ou seja, se esta é também renovável ou não. Esta definição não é, no entanto, exequível dada a elevada taxa de extração de recursos que existe atualmente. Existem, no entanto, outros critérios para analisar a sustentabilidade, ou não, de um material com base em algumas propriedades ecológicas, tais como o uso de **energia, água, emissões, energia incorporada e pegada de carbono.**

A energia incorporada é a energia necessária para produzir uma unidade mássica de um material, normalmente um kilo e a pegada de carbono consiste na massa de CO₂ libertada para a atmosfera por unidade mássica de material.

Nesse sentido, existe grande interesse em recorrer a materiais obtidos a partir da natureza, que possam ser utilizados sem necessidade de transformação e que podem ser considerados quase sustentáveis, como o cobre, madeira, fibras naturais, borracha natural, resinas naturais ou pele. Porém, com base na natureza e características mecânicas de alguns destes materiais pode ser necessário utilizá-los na forma de compósito. Uma outra possibilidade interessante é o recurso a materiais sustentáveis biodegradáveis, que dispensam a necessidade de eliminação no fim da sua utilização.

2.2.1.1.3 Água

Água é um recurso natural fundamental para a existência de vida na terra. Segundo o United States Geological Survey aproximadamente 71% da superfície terrestre é coberta por água, contudo, apenas 4% de toda a água existente é potável. O uso de água é fundamental em atividades do dia-a-dia, indústria e agricultura, sendo que estas são por falta de medidas preventivas das maiores responsáveis pelo deterioramento da sua qualidade. Exemplos de outras causas são: despejo marítimo, derrames de óleo, fertilizantes, pesticidas e desperdícios animais, bem como o próprio aquecimento global e alterações climáticas.

A poluição pode ser classificada como pontual ou difusa. No caso da primeira, o foco de poluição é facilmente identificável, como no caso de fábricas e minas. No segundo caso, não existe um foco concreto de poluição. No que toca aos poluentes, estes podem ser orgânicos e inorgânicos (FN and MF 2017).

Na Europa, a indústria é responsável por 40% das captações de água e esta é utilizada em atividades como parte de processos de produção na construção, produção energética, fabrico, mineração, arrefecimento, limpeza, ou uso por parte da população. Não obstante, existe um grande problema associado a este usufruto, que é o facto de apenas 60% dos recursos hídricos utilizados serem alvo de tratamento após a sua utilização, que resulta na introdução de água poluída no ambiente. As principais causas de poluição da água são as descargas dos esgotos, das águas residuais e a presença de óleos e plásticos (Eurostat).

Este aspeto, juntamente com um aumento significativo da exploração da água, à custa do crescimento da indústria, faz com que um recurso anteriormente encarado como renovável se venha a tornar escasso, como já acontece em diversas regiões africanas. É, por isso, essencial certificar que este recurso é preservado e protegido através da criação e cumprimento de legislação adequada e da mudança de comportamentos populacionais e industriais.

2.2.1.1.4 Energia

Fontes de energia são classificadas como primárias ou secundárias. A **energia primária** consiste em fontes que são extraídas ou capturadas, sem necessidade de processos de transformação ou conversão. Estas encontram-se normalmente no meio ambiente e podem ser classificadas como renováveis ou não renováveis de acordo com a sua taxa de reposição na natureza. Exemplos destes elementos são: o vento, as marés, a biomassa e urânio. Já as **fontes de energia secundárias** são obtidas a partir das fontes primárias através de processos de conversão, dando origem a formas de energia mais convenientes, como a eletricidade, gasolina e o gasóleo. As **formas de energia** representam os diferentes estados em que a energia pode existir, tais como energia solar, luminosa, hídrica, geotérmica, eólica e elétrica (Rosen 2009) (Aneke and Wang 2016).

Tabela 2-1– "Fontes de energia primárias" Adaptado de (Rosen 2009)

Renováveis	Não-Renováveis
Radiação Solar	Petróleo
Água	Carvão
Vento	Gás natural
Ondas e marés	Urânio
Biomassa	Biomassa
Geotérmica	

A Biomassa pode ser considerada, ou não, um recurso renovável se a sua taxa de reposição for ou não superior à sua taxa de consumo.

No que toca à produção de energia elétrica, esta pode ser obtida através de uma de duas fontes: centrais de funcionamento convencional/centrais despachantes ou energias renováveis variáveis. O primeiro caso, refere-se à produção energética que pode ser ajustada às necessidades da rede, ou seja, a sua fonte energética encontra-se armazenada e pode ser utilizada quando é necessária, como é o caso do carvão, biocombustível, biomassa, turbinas a gás natural, instalações hidroelétricas, capacitadores, nuclear e centrais solares térmicas. No segundo caso, a produção energética é dependente da disponibilidade instantânea da fonte. Isto resulta numa produção dependente das condições climáticas e do local da instalação, sem garantias de valores de potências mínimas constantes ao longo do ano. As energias inseridas neste grupo são a solar, a eólica, a das ondas e a das marés. As vantagens desta opção são claras, dada a limpeza das fontes e também o facto de o custo marginal destas tecnologias ser praticamente nulo, isto é, após o investimento inicial para além de não haver custo com a fonte energética, a manutenção é relativamente reduzida (FEUP 2017).

A relevância da inclusão de uma estratégia sustentável em contexto energético provem do impacto do mercado energético na qualidade de vida das populações e do impacto ambiental que a sua extração e uso provocam no planeta. Segundo o autor Marc A. Rosen (2009) existem 5 aspetos fulcrais para que os recursos energéticos sejam utilizados de modo sustentável, que serão explorados de seguida.

2.2.1.1.4.1 Uso de Fontes Energéticas Sustentáveis

As elevadas taxas de emissão de dióxido de carbono para a atmosfera são maioritariamente causadas pela combustão de combustíveis fósseis, devido à sua utilização na produção energética e no setor dos transportes. Atualmente, a combustão continua a ser o método mais utilizado globalmente para a produção de eletricidade, o que confere a este setor económico um enorme encargo ecológico.

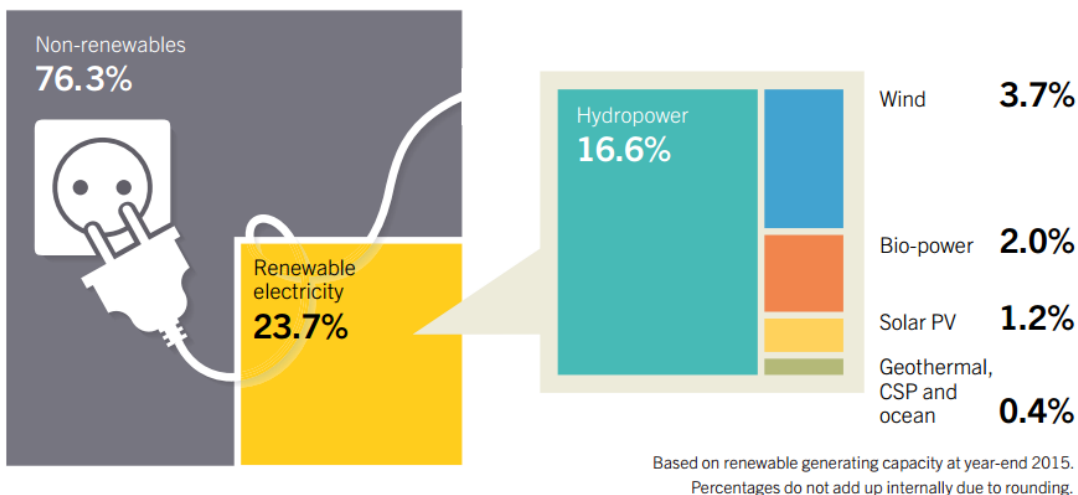


Figura 2-7 – "Produção de eletricidade mundial por fonte" (REN 2016)

Em 2015, verificou-se o maior aumento de produção de energia por meios renováveis, com um incremento de cerca de 147 GW. Estas melhorias foram possíveis devido aos avanços técnicos, à expansão para novos mercados com melhores recursos naturais e ao aumento de financiamento, que se traduziu em custos mais reduzidos, particularmente no caso da energia solar e eólica (Adib et al. 2016).

No caso de Portugal dados de 2014 publicados pela International Energy Agency (IEA) mostram que as energias renováveis constituem 25.4% da oferta total de energia primária do país, com a seguinte distribuição: biocombustíveis e desperdícios - 12.6%, hídrica – 6.4%, vento – 4.9%, geotérmica – 0.8% e solar 0.6% (IEA 2015).

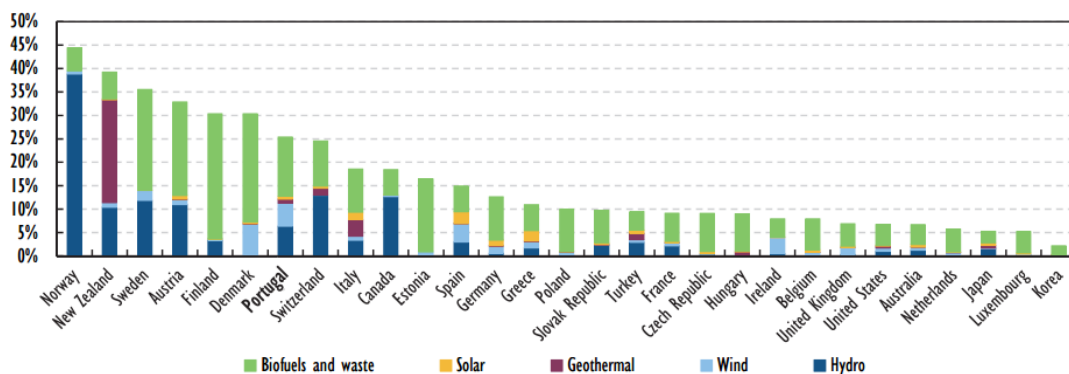


Figura 2-8 – "Percentagem de energias renováveis como oferta total de energia primária" (IEA 2015)

Quanto à produção de eletricidade, dados de 2014 colocavam Portugal como o quinto classificado entre os países membros da IEA, com o recurso de fontes renováveis a atingir 62% da produção.

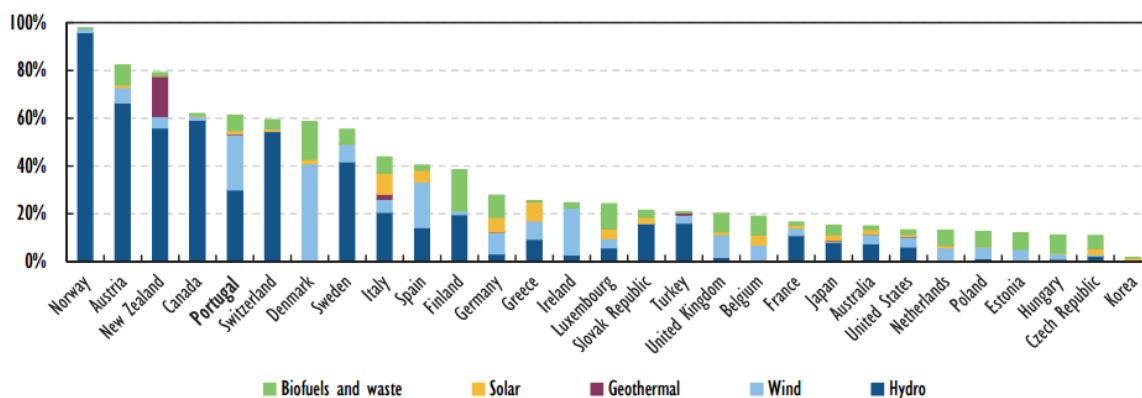


Figura 2-9 – "Geração de eletricidade através de fontes renováveis nos membros da IEA em 2014" (IEA 2015)

No entanto, os dados técnicos publicados pela REN em 2016 mostram uma diminuição deste valor para 47% em 2015 e um aumento para os 57% em 2016.

REPARTIÇÃO DA PRODUÇÃO GENERATION

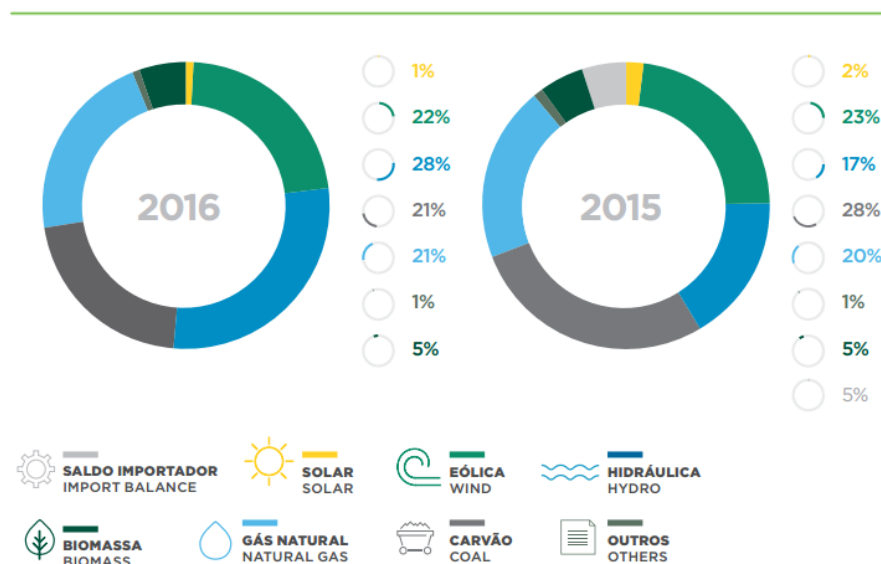


Figura 2-10 – "Geração de eletricidade por fonte em Portugal" (REN 2016)

Apesar das melhorias observadas, mantém-se a urgência de alterar as fontes de produção de energia não-renováveis por soluções energéticas sustentáveis, nomeadamente na troca dos combustíveis à base de carbono por recursos renováveis, devido às emissões de gases poluentes e de estufa. No entanto, o uso de apenas energias renováveis vem com a contrapartida da sua disponibilidade, o que coloca um entrave na sua adoção devido à necessidade de assegurar a produção de eletricidade suficiente para os consumidores. Encontram-se em estudo soluções que permitam criar uma rede elétrica nacional flexível, que consiga ajustar os padrões de produção ao consumo, e que para tal, faça a gestão adequada das fontes em uso, ao gerir os benefícios de cada uma.

Encontra-se também em desenvolvimento a “European Electricity Grid Initiative” (EEGI) que pretende interligar os países europeus, assim como regiões fronteiriças, a uma rede elétrica de alta tensão. Este projeto assenta em quatro bases: a transmissão e distribuição de até 35% de energias renováveis até 2020 e a descarbonização total da economia até 2050; a integração das redes nacionais numa rede europeia; a antecipação de novos desenvolvimentos tecnológicos; e a redução substancial do capital e das despesas operacionais na operação de redes. O objetivo

final será a existência de um sistema elétrico de qualidade, com baixo impacto ambiental, pan-europeu e baseado no mercado, que trará a diminuição dos preços da eletricidade em todos os participantes, ao permitir a partilha das plantas energéticas mais eficientes. Quanto ao uso das renováveis, a partilha comunitária é de extrema relevância, pois permite tirar partido das condições climáticas distintas de cada estado-membro, o que facilita o uso de energias renováveis variáveis (Initiative 2013).

Atualmente, e enquanto o desenvolvimento tecnológico não permite uma adoção total das renováveis, a utilização de energia nuclear, gás natural e biomassa, são vistas como boas alternativas aos combustíveis fósseis, quando devidamente controladas.

2.2.1.1.4.2 *Uso de Fontes de Energia Sustentáveis*

O uso de fontes de energia sustentáveis implica, como já referido acima, a conversão de energia obtida por fontes apropriadas. Esta operação torna-se particularmente relevante quando consideramos o uso de energias renováveis, que regra geral, não são utilizadas na forma em que são obtidas. As fontes de energia secundárias podem ser classificadas como materiais ou não-materiais, e encontram-se discriminadas na tabela abaixo.

Tabela 2-2 – "Fontes de energia secundárias" Adaptado de (Rosen 2009)

Materiais	Não-materiais
Combustíveis fósseis	Trabalho
Derivados de combustíveis fósseis	Energia elétrica
-Produtos petrolíferos	Energia térmica
- Combustíveis gasosos sintéticos	- Calor
-Produtos de carvão	-Frio
Combustíveis gasosos sintéticos	
-Hidrogénio	
-Metanol	
-Amoníaco	

Apesar da cada vez maior utilização de fontes renováveis existem ainda muitos entraves à sua eficácia, um dos maiores sendo a intermitência do seu fornecimento. Dada a urgência em adotar o uso de fontes sustentáveis, torna-se urgente criar sistemas de armazenamento que permitam a sua captação quando esta se encontra disponível, permitindo fazer uso posteriormente.

Armazenamento de energia alude à forma em que é obtida, juntamente com um mecanismo de conversão. Para tal existe uma vasta gama de opções, com escalas de tempo e quantidade máxima de energia disponível distintas, que são função da energia armazenada e da potência à qual o dispositivo opera (Miranda 2012) (Aneke and Wang 2016) .

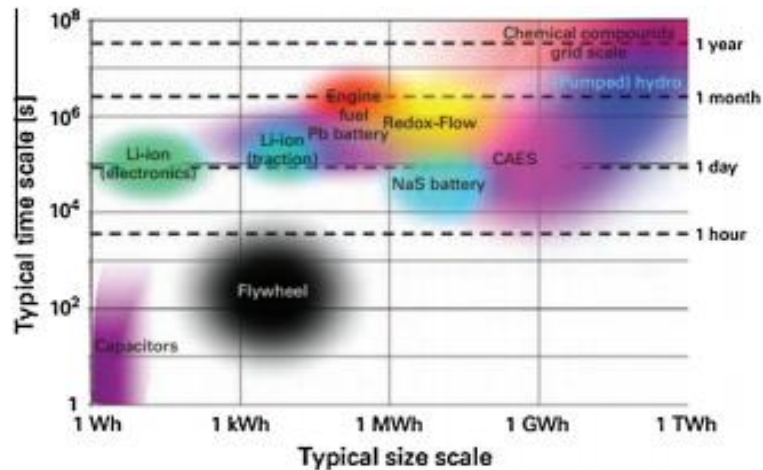


Figura 2-11 – "Escalas de tempo e tamanho dos diferentes tipos de armazenamento" (Aneke and Wang 2016)

Enquanto que a maioria das fontes de energia primárias são obtidas em formas armazenáveis, isto não sucede para as renováveis, pelo que é necessário convertê-las em formas como calor, trabalho e eletricidade, para serem utilizadas.

O armazenamento de energia apresenta inúmeros benefícios como redução de desperdício, aumento de eficiência na utilização da energia e maior penetração das energias renováveis. Uma maior utilização de recursos limpos resulta na redução das emissões de gases de estufa, ajuda no planeamento e a manter a estabilidade dos sistemas energéticos, na sua operação e regulação de frequência e melhora a qualidade das micro-redes.

Estes dispositivos podem ser classificados de acordo como armazenador de energia elétrica ou térmica, dependendo da energia que armazenam, que, por sua vez, se subdividem em diversas categorias, como é possível de ver na imagem abaixo.

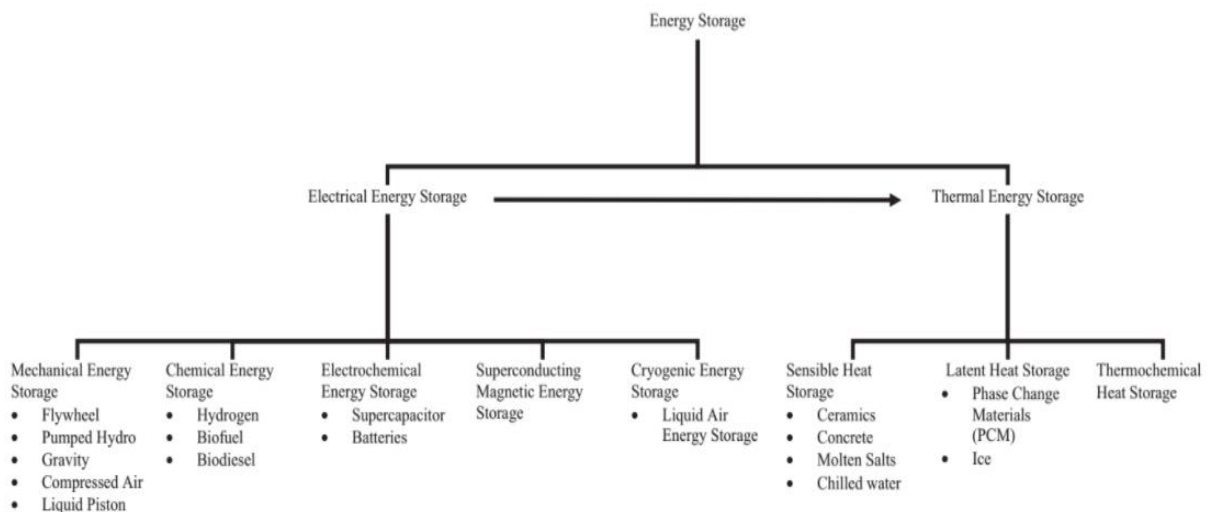


Figura 2-12 – "Classificação das tecnologias de armazenamento" (Aneke and Wang 2016)

2.2.2 Processos Sustentáveis e Aumento da Eficiência

A sustentabilidade de um projeto implica que hajam características sustentáveis presentes em todos os aspetos que lhe estão associados. Para que isto aconteça é imprescindível que o design e fabrico sejam sustentáveis, devendo assim ser utilizados materiais abundantemente disponíveis, evitando tanto quanto possível, materiais tóxicos e perigosos, fontes de energia sustentáveis e faz uso de tecnologias que estão disponíveis e são operáveis no local onde se

realiza a produção. Fatores como resíduos, transporte, distribuição e armazenamento também devem ser considerados (Rosen 2012).

O aumento de eficiência possibilita usufruir de uma maior porção de um bem, o que permite fazer uma melhor gestão de recursos, que se traduz numa utilização mais eficiente, em termos qualitativos e quantitativos. Para tal recorre-se a ferramentas que permitam analisar e retirar conclusões acerca da eficácia dos processos. Uma possibilidade é o método exergético. A exergia define-se como o máximo trabalho que pode ser produzido por um fluxo de matéria ou energia quando este se equilibra com um ambiente de referência. Uma análise exergética pode revelar se um design pode ou não ser mais eficiente, pela redução de ineficiências e em que quantidade. Este método pode ser utilizado em diversas áreas, sendo que quando aplicado à área ambiental, a sua função é mitigar o impacto ambiental e desenvolver melhores indicadores (Rosen 2012).

Para além disto, é também necessário incutir nos utilizadores uma mentalidade conservadora no que toca aos seus gastos, o que pode e deve ser encorajado pela governação, através de legislação e incentivos.

2.2.3 Redução do Impacto Ambiental

Um dos problemas graves associados à atividade industrial é o impacto negativo que esta tem nas fronteiras planetárias, como as alterações climáticas, depleção de ozono, acidificação da água e do solo e a diminuição da biodiversidade. Para proceder à redução do impacto é necessário analisar as fases de todo o processo de maneira a poder quantificar o seu efeito. Isto pode ser feito através da avaliação do ciclo de vida (ACV) do produto ou serviço. Este método tem como objetivo a criação do inventário de emissões e efeitos ambientais de um produto, quando comparado a um produto semelhante ou a uma referência, bem como identificar e avaliar o seu impacto e atribuí-lo à respetiva fase do ciclo.

O ACV é um procedimento estabelecido cujas diretivas estão estabelecidas nas normas ISO 14040:2006 *“Life cycle Assessment- Principles and framework”* e ISO 14040:2006 *“Life cycle Assessment- Requirements and guidelines”*, e que normalmente envolve os seguintes passos:

1. Avaliação de inventário onde se procede à identificação e quantificação da energia e materiais utilizados e o desperdício criado;
2. Avaliação de impacto que efetua a avaliação e quantificação das tensões ambientais associadas com os recursos utilizados e obtidos;
3. Interpretação que consiste na identificação e avaliação das melhorias possíveis, bem como priorizar as mesmas em termos de necessidades e benefícios.

Ou seja, ao recorrer a esta avaliação é possível obter informações acerca de um produto, e consequentemente otimiza-lo, padroniza-lo e quantificar o seu desempenho, assim como definir estratégias de reformulação (Rosen 2012).

2.2.4 Cumprimento de Outros Aspectos

Neste tópico o autor faz referência a fatores que embora não sejam de natureza técnica ou científica são fundamentais para que as metodologias sustentáveis sejam aplicadas e persistam. Aspectos como acessibilidade económica, capital de investimento para desenvolvimento de tecnologia, envolvimento das comunidades e aceitação social ou alterações ao estilo de vida populacional são fundamentais para que, em primeiro lugar, sejam desenvolvidas condições e práticas mais eficazes e com menor impacto ecológico e em segundo lugar, para que estas sejam posteriormente implementadas e adotadas pelas comunidades, na demanda por estilos de vida mais sustentáveis.

2.2.5 Legislação

O ecodesign é a integração sistemática de considerações ambientais no processo de design de produtos (entendidos como bens e serviços). O principal objetivo do ecodesign é desenvolver produtos que contribuam para a sustentabilidade, através da redução do seu impacto ambiental ao longo do ciclo de vida, a par de requisitos tais como funcionalidade, qualidade, segurança, custo, facilidade de produção, ergonomia e estética. (inEDIC, 2011). Assim, é necessário conceber produtos de elevada qualidade e funcionalidade, fazendo uso de recursos sustentáveis, minimizando o impacto ambiental do seu ciclo de vida e cujo fim de vida permita a reutilização ou a sua decomposição na natureza.

A legislação existente sobre o uso do conceito de desenvolvimento sustentável na conceção de equipamentos é vasta. No caso da União Europeia existe um conjunto de pacotes de ações, propostas e diretivas que foram criadas com o intuito de promover práticas mais sustentáveis, cujo cumprimento é necessário para a comercialização de produtos no espaço económico europeu, bem como para assegurar a livre circulação de mercadorias na área. Exemplo disso são documentos como a Diretiva **1999/13/EC** referente à limitação das emissões de compostos orgânicos voláteis; a Diretiva **1999/31/EC** relativa à deposição de resíduos em aterros; a Diretiva **2000/53/EC** e as suas subseqüentes revisões relativas a veículos em fim de vida; a Diretiva **2005/64/EC** respeitante à homologação de veículos a motor, no que diz respeito à sua potencial reutilização, reciclagem e valorização; a Diretiva **2008/98/EC** alusiva à gestão de resíduos; a Diretiva **2009/125/EC** que estabelece um quadro de requisitos para conceção ecológica de produtos relacionados com consumo energético; a Diretiva **2011/65/EU** concernente à restrição do uso de determinadas substâncias perigosas em equipamentos elétricos e eletrónicos; a Diretiva **2012/19/EU** atinente aos resíduos de equipamentos elétricos e eletrónicos e a Diretiva **2013/56/UE** relativa a pilhas e acumuladores e respetivos resíduos.

Aquando da conceção de equipamentos industriais e eletrónicos em contexto sustentável, é obrigatório fazer uso de determinada legislação referente à própria natureza do equipamento, o que implica o recurso a documentação complementar à acima citada. Fazem parte deste grupo normas como a Diretiva **2006/42/CE**, também denominada **Diretiva Máquina**, regula a segurança de máquinas ao estabelecer especificações técnicas para fabricantes e comerciantes seguirem.

3 Projeto Conceptual

A aprovação dos objetivos do desenvolvimento sustentável para 2030 por 193 líderes mundiais deixou claro que o desenvolvimento global é uma prioridade internacional. Evidentemente, para tal ocorrer, é necessário criar soluções inovadoras, que introduzam valor na sociedade independentemente do nível de desenvolvimento em que cada nação se encontre, através da inclusão de perspectivas multidisciplinares que garantam a sua sustentabilidade.

De entre as diversas possibilidades existentes para contribuir, o desenvolvimento de equipamentos tecnológicos sustentáveis é um dos mais prementes, com organizações tão variadas como a *Waste for Life* ou a *ASME* a incentivar a criação deste tipo de equipamentos. Esta procura deve-se fundamentalmente a dois fatores: ao impacto ambiental reduzido, consequência da sua simplicidade de construção e utilização; e ao facto de estes mecanismos constituírem uma ferramenta fundamental para o melhoramento das condições de vida dos seus utilizadores. Estas melhorias podem provir do seu uso em atividades económicas, que permite um aumento do rendimento familiar, ou em atividades lúdicas, que permite a realização de terapia ocupacional para indivíduos que necessitem desta.

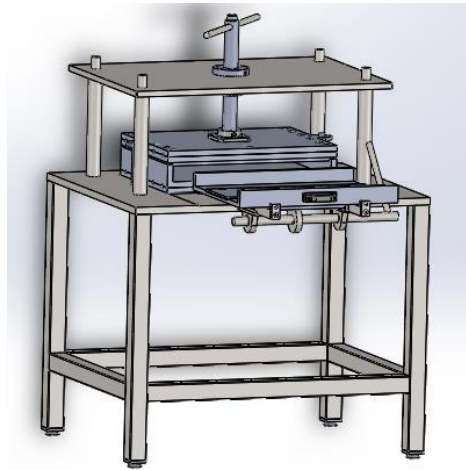


Figura 3-1 - "Mecanismo desenvolvido"

3.1 Escolha e Especificações do Dispositivo

No caso do presente projeto foi desenvolvida uma prensa de pratos quentes em conformidade com o conceito de sustentabilidade. Dada a vastidão de temáticas associadas a este assunto é necessário estabelecer os requisitos para o desenvolvimento do equipamento. Assim, é necessário que o produto final respeite os seguintes critérios:

- Simplicidade de execução;
- Baixo custo;
- Durabilidade;
- Facilidade de manutenção;
- Baixo custo de manutenção;
- Sustentabilidade da fonte energética;
- Sustentabilidade do produto obtido.

Características como simplicidade de execução, facilidade de manutenção e baixo custo de execução e manutenção estão interligados, e podem ser assegurados através da utilização de

mecanismos simples, que envolvam a menor quantidade possível de equipamento, fazendo uso de componentes acessíveis. A simplicidade de construção e o menor custo possível deverão ser assegurados por um dimensionamento otimizado, que não descure a durabilidade da máquina.

No que toca à questão energética a solução ideal passa pelo uso de uma alimentação mista, que faça uso da rede elétrica nacional juntamente com um sistema alimentado por fonte energética renovável. Esta escolha é justificada pelos custos associados ao consumo de eletricidade, mas também pelo impacto ambiental associado à obtenção da energia presente na rede nacional.

Quanto ao produto final este deverá ser produzido de maneira a fazer uso de materiais com o menor impacto ambiental possível. Assim, a escolha de material a utilizar recaiu sobre a utilização de materiais que impliquem pouco processamento da matéria-prima e que no final do ciclo de vida do produto permitam a sua degradação com baixo impacto ambiental, ou em materiais desperdiçados de outros processos.

3.2 Geração do Conceito

Uma prensa de pratos quentes consiste num mecanismo que conforma plasticamente o material que comprime, através do aumento de temperatura dos dois pratos. No caso de um equipamento destes existem dois subsistemas a ter em consideração: o aquecimento e o acionamento dos pratos.

Assim, o ciclo de funcionamento do mecanismo define-se como:

1. Aquecimento dos pratos (antes da realização do primeiro trabalho);
2. Colocação do material no molde inferior;
3. Inserção do molde nos pratos;
4. Descida do prato superior até à posição de funcionamento;
5. Conformação do material;
6. Retorno do prato superior até à posição inicial;
7. Remoção da peça;

3.3 Análise Funcional

Identificadas as etapas constituintes, é essencial definir os seus métodos de execução. Isto é feito através de uma análise funcional, que permite explicar as diferentes ações do sistema, através da demonstração das transformações de energia, informação e material.

As funções básicas do mecanismo são apresentadas de seguida:

- **Fornecimento de energia**

Aprovisionamento de corrente elétrica ao sistema.

- **Conversão de energia elétrica em calor**

Esta função representa o aquecimento dos pratos, através da conversão da energia elétrica fornecida.

- **Movimento vertical**

Representa o movimento linear do prato superior. Para a sua execução é preciso ter em conta a massa do componente (prato superior) e o tipo de acionamento que se pretende, cujas possibilidades serão discutidas.

- **Controlo de temperatura**

Sistemas de medição e controlo da temperatura do sistema.

3.4 Avaliação e Seleção dos Conceitos

Concluída a análise funcional é necessário definir os requisitos a utilizar no desenvolvimento da prensa.

3.4.1 Fornecimento de Energia

Dado o contexto em que este projeto se insere é importante assegurar a sustentabilidade da fonte energética, de maneira a reduzir o impacto associado à utilização do dispositivo. Dentro das possibilidades que o uso de fontes limpas permite, foi necessário priorizar as fontes de energia que existem com maior abundância, de maneira a permitir uma implementação mais abrangente do sistema. Considerando este aspeto a escolha fica reduzida à utilização de biomassa ou de energia solar.

3.4.1.1 Biomassa

A biomassa consiste em matéria orgânica, animal ou vegetal. A sua utilização torna-se vantajosa em relação a outras alternativas devido à possibilidade de utilizar elementos de diversas origens para a produção de energia. Isto permite a sua aplicação em diversas localizações, ao fazer uso de materiais que existem em abundância localmente ou até de produtos vistos como detrito ou desperdício, como resíduos florestais ou agrícolas. A obtenção de energia através do uso de biomassa pode ser feita recorrendo à sua combustão, gasificação, pirólise, fermentação ou digestão anaeróbica. Efetuada uma análise às especificidades de cada um dos métodos, foi selecionada a combustão de biomassa, dada a maior simplicidade do processo. Neste processo a combustão da biomassa é efetuada a temperaturas elevadas, com a finalidade de produzir vapor a alta pressão, que por sua vez é utilizado para produzir energia.

O uso desta fonte é visto com interesse devido à possibilidade de ser renovável, seja pelo uso de matérias com taxas de reposição elevadas, ou do reaproveitamento de resíduos pré-existentes, seja pela não contribuição das suas emissões para o efeito estufa, baixo custo e também pelo menor desgaste provocado nos equipamentos, quando comparado com combustíveis fósseis. Em contrapartida, a sua obtenção pode levar à desflorestação, é de difícil transporte e armazenamento e possui poder calorífico inferior quando comparado a outras opções.

3.4.1.2 Energia Solar

Quanto à radiação solar esta pode ser convertida em eletricidade com recurso a tecnologias solares. Estas podem ser classificadas como ativas ou passivas, em função do modo de captura, conversão e distribuição da energia. As tecnologias ativas pressupõem a transformação de energia solar em eletricidade, como exemplos temos os painéis fotovoltaicos, concentradores solares térmicos e aquecedores solares. Como métodos passivos temos o uso de materiais com propriedades térmicas favoráveis ou a configuração, orientação, edificação ou localização da construção. De todas as possibilidades, a utilização de painéis fotovoltaicos destaca-se como a mais atraente, devido à simplicidade associada ao processo e baixo custo por watt (abaixo de 1 €/W).

Os painéis fotovoltaicos são constituídos por um conjunto de células solares feitas a partir de materiais semicondutores. Estes dispositivos produzem eletricidade por efeito Fotovoltaico, quando nos extremos da estrutura da célula semicondutora surge uma diferença de potencial elétrico, devido à incidência de luz.

Os painéis fotovoltaicos têm como vantagens evidentes a não-emissão de carbono na produção de energia, a renovabilidade da fonte energética, pouca necessidade de manutenção e a sua acessibilidade em localizações remotas sem grande investimento. No entanto, existe uma flutuação muito grande nos valores de energia produzida ao longo do ano, devido à variação da intensidade da radiação solar e das condições climáticas, e o rendimento dos painéis é também inconveniente, com valores na casa dos 15%.

3.4.2 Conversão de Energia Elétrica em Calor

Obtida a eletricidade, é necessário convertê-la em energia calorífica. Esta transformação pode ser feita recorrendo a resistências, que são dispositivos elétricos cuja aplicação é oferecer oposição à passagem da corrente elétrica. A unidade de medida de resistência elétrica é o Ohm, sendo que quanto maior este valor, maior a dificuldade de passagem. Esta oposição acaba por se manifestar na forma de dissipação de calor por parte do dispositivo, por efeito de joule. Como opção para esta função são selecionados dois componentes: a resistência elétrica e cabos de traçagem elétrica.

3.4.2.1 Resistência

O uso de uma resistência é a solução mais simples para a obtenção de calor através da corrente elétrica. As resistências podem ter diversas formas e dimensões, em função da sua aplicação.

3.4.2.2 Cabo de Traçagem

Os cabos de traçagem consistem em cabos elétricos resistivos especiais que produzem calor, fazendo uso do mesmo princípio das resistências, a transferência de calor por condução térmica. Estes elementos produzem bons resultados, isto é, apresentam temperatura constante ao longo dos componentes, por estarem encostados aos elementos, ao longo da sua extensão. Quanto comparado com métodos de aquecimento a vapor ou água, estes são mais simples de instalar e a temperatura é controlada com maior exatidão. Os principais tipos de cabos utilizados na traçagem elétrica são os cabos autorregulados e os cabos de potência constante (Carvalho 2014).

3.4.3 Movimentação Vertical

Como referido anteriormente, esta ação diz respeito ao movimento do prato superior da prensa. Para tal, deve ser selecionado um sistema acionador que permita o deslocamento deste componente ao longo do seu curso. Entre as soluções possíveis temos o acionamento mecânico através de um fuso ou um cilindro de acionamento pneumático. O uso de um sistema hidráulico foi descartado devido à maior complexidade de um circuito deste tipo, assim como o preço médio superior dos seus componentes, quando comparados com os seus equivalentes pneumáticos.

3.4.3.1 Fuso

O fuso é um componente mecânico que permite a conversão de movimento rotacional em movimento linear, e consiste essencialmente num veio de aço com rosca trapezoidal que transmite potência. A utilização deste mecanismo tem como vantagem o seu custo e a

possibilidade de ter acionamento manual. No entanto, esta vantagem leva a uma taxa de produtividade inferior devido à necessidade de um operador para efetuar esta ação. Para este projeto foi selecionado um fuso de esferas da Rexroth, igual ao da Figura 3-2.



Figura 3-2 – "Exemplar de um fuso de esferas" (Rexroth 2016)

3.4.3.2 Acionamento Pneumático

Recorrendo ao acionamento pneumático para efetuar o deslocamento, este poderá ser feito recorrendo a um cilindro pneumático de duplo efeito. No entanto, para que este funcione tem de ter um circuito associado, que deve conter pelo menos um compressor que forneça o ar comprimido necessário e uma válvula que permita o acionamento do cilindro quando necessário. A necessidade destes elementos tem como inconveniente o seu custo, quando comparado com o uso do fuso, e o acréscimo de consumo energético, que se traduzirá no dimensionamento de um sistema de fornecimento energético necessariamente mais caro.



Figura 3-3 – "Exemplar de um cilindro pneumático" (Festo 2016)

3.4.4 Controlo de Temperatura

Para a operação de conformação do material é de extrema importância o controlo da temperatura dos pratos, de maneira a que estes possam trabalhar nas condições que serão indicadas no capítulo 4. Assim, é necessário dispor de componentes que permitam selecionar a temperatura de trabalho pretendida, bem como controlar a mesma ao longo do processo. Para tal, far-se-á uso de um termostato.

O termostato é um dispositivo que permite o controlo da temperatura de um sistema. O operador seleciona a temperatura de trabalho através de um regulador e a monitorização é feita através de um elemento sensor, que indica a variação térmica sofrida no sistema. Os termostatos podem ser mecânicos, digitais ou pneumáticos, de acordo com o seu princípio de funcionamento. Para o caso em estudo o termostato selecionado é o mecânico, dada a sua simplicidade, ou seja, a sua possível aplicação como um contacto "On-off", que se traduz num custo inferior em relação

às outras opções, e também devido ao facto de não haver necessidade de este ter uma precisão muito elevada para a aplicação em causa.

3.5 Seleção do Conceito

Recorrendo aos elementos anteriormente apresentados, foi possível a obtenção das seguintes soluções:

Tabela 3-1 – "Conceitos possíveis"

	Conceito 1	Conceito 2
Fonte de energia	Energia solar	Biomassa
Conversão de corrente elétrica em calor	Resistência	Cabo de traçagem
Movimento do eixo vertical	Fuso	Cilindro pneumático
Controlo de temperatura	Termostato	Termostato

De modo a seleccionar o conceito com maior potencial, recorre-se a uma matriz de comparação. Esta opera através da soma das pontuações atribuídas às soluções num conjunto de critérios predefinidos, onde a solução com maior pontuação é a eleita. É importante referir que existe um conceito base, o conceito 1, que serve como referência para os restantes.

Tendo em conta os diferentes aspetos que devemos conciliar na conceção deste dispositivo (económico, ambiental e social), os critérios escolhidos para este projeto são:

- Custo de aquisição;
- Custo de Operação/Manutenção;
- Facilidade de montagem;
- Durabilidade;
- Rendimento Energético;
- Produtividade;
- Impacto ambiental.

A cada critério está associado um peso, que lhe é atribuído por ordem crescente de relevância (1–3), e é atribuída uma pontuação, que varia entre -2 e 2. Neste intervalo de valores os que são menores que 0 representam uma pioria, os superiores uma melhoria e 0 indica igualdade. Na

Em primeiro lugar, os fatores aos quais foi atribuído um peso de 3 são o custo de operação/manutenção e o impacto ambiental. Esta escolha deu-se, para o primeiro, devido ao impacto a curto prazo que estes custos têm na utilização do mecanismo, e para o segundo, pela urgência que existe em criar soluções com consequências cada vez menos negativas para o meio ambiente.

Em segundo lugar, foi dado um peso de 2 ao custo de aquisição, durabilidade e rendimento. No caso do primeiro considerou-se que qualquer investimento inicial será amortizado ao longo do tempo de vida útil da máquina. No caso da durabilidade considerou-se que parte do seu impacto está diretamente associado ao custo de manutenção, e que quanto menor o custo de manutenção,

menor importância este tem. Para o rendimento fez-se um raciocínio semelhante, mas em relação ao custo de operação, ou seja, quanto menor o custo de operação, menor o impacto de um rendimento mais baixo.

E por último, temos a produtividade e a facilidade de montagem, com um valor de 1. Dado a pequena escala associada a um projeto deste tipo, a produtividade, apesar de relevante, não é prioritária. É esse também o caso da simplicidade de montagem, que apesar de conveniente para a instalação e operações de manutenção, não é uma característica essencial, apenas desejável.

Tabela 3-2 é possível ver parte da estrutura da matriz, mais concretamente a porção relativa à fonte de energia, no qual podemos ver os pesos e pontuações, e as consequentes pontuações pesadas, atribuídas a cada um.

Em primeiro lugar, os fatores aos quais foi atribuído um peso de 3 são o custo de operação/manutenção e o impacto ambiental. Esta escolha deu-se, para o primeiro, devido ao impacto a curto prazo que estes custos têm na utilização do mecanismo, e para o segundo, pela urgência que existe em criar soluções com consequências cada vez menos negativas para o meio ambiente.

Em segundo lugar, foi dado um peso de 2 ao custo de aquisição, durabilidade e rendimento. No caso do primeiro considerou-se que qualquer investimento inicial será amortizado ao longo do tempo de vida útil da máquina. No caso da durabilidade considerou-se que parte do seu impacto está diretamente associado ao custo de manutenção, e que quanto menor o custo de manutenção, menor importância este tem. Para o rendimento fez-se um raciocínio semelhante, mas em relação ao custo de operação, ou seja, quanto menor o custo de operação, menor o impacto de um rendimento mais baixo.

E por último, temos a produtividade e a facilidade de montagem, com um valor de 1. Dado a pequena escala associada a um projeto deste tipo, a produtividade, apesar de relevante, não é prioritária. É esse também o caso da simplicidade de montagem, que apesar de conveniente para a instalação e operações de manutenção, não é uma característica essencial, apenas desejável.

Tabela 3-2 – "Resumo da matriz de comparação"

Função	Critério	Peso	Conceito 1		Conceito 2	
			Pontuação	Pontuação pesada	Pontuação	Pontuação pesada
Fonte de energia	Custo de aquisição	2	-	-	1	2
	Custo de operação/manutenção	3	-	-	-2	-6
	Facilidade de montagem	1	-	-	-1	-1
	Durabilidade	2	-	-	-1	-2
	Rendimento	2	-	-	2	4
	Produtividade	1	-	-	2	2
	Impacto ambiental	3	-	-	-2	-6
Resultado final					-1	-14

Na última linha da tabela é possível observar o resultado final da ponderação de todos os critérios, que demonstra que o conceito 1 é a solução preferencial. A matriz completa encontra-se em anexo.

3.6 Seleção de materiais e possíveis produtos a obter

Em simultâneo com o desenvolvimento do dispositivo, é necessário fazer algumas considerações acerca dos possíveis produtos a obter, bem como os materiais a utilizar.

Dado o conceito do trabalho, o material a utilizar deverá ser um que tenha um impacto ambiental o mais reduzido possível. Para tal, e dada a natureza da operação de conformação do dispositivo, devem ser tidos em conta materiais que possibilitem a obtenção de biocompósitos, especialmente, os de matriz biodegradável. Exemplos disto são resinas, fibras naturais ou biopolímeros naturais. No entanto, caso o seu uso não seja possível, uma alternativa viável é fazer uso de materiais previamente utilizados e descartados, e reutilizá-los.

Polímeros como o PVC, PE, PP ou PET devem ser considerados, dada a sua relevância no dia-a-dia, pela sua versatilidade, baixo custo e elevada estabilidade química. Pelas suas características, a sua utilização aumentou consideravelmente com o passar dos anos, o que, consequentemente levou à sua utilização em aplicações de natureza descartável como objetos de utilização pontual, embalamento e transporte de produtos variados. Este tipo de conduta resultou numa sobreutilização destes materiais, ao qual está associado um enorme impacto ambiental devido à baixa taxa de degradação dos mesmos no ambiente, que é resultado dos elementos tóxicos que os constituem. Anualmente são produzidos cerca de 150 milhões de toneladas de resíduos sólidos plásticos em todo o mundo, dados que demonstram a dimensão deste problema. Um outro fator a contabilizar é a produção de polímeros. Tal como em todos os bens de consumo, o seu fabrico é baseado na procura de mercado, que leva à necessidade de recorrer a materiais virgens quando a procura é superior à oferta, o que tem maior probabilidade de se dar quando o fim de vida destes materiais é o aterro ou a incineração.

Para tal é necessário promover a inclusão destes materiais em novos ciclos de produção, de maneira a reintroduzir-lhes novo valor e finalidade. Por estes motivos incentiva-se cada vez mais o seu reaproveitamento e reciclagem, como medida de controlo da poluição associada à extração e processamento destes recursos, que consequentemente diminuirá a procura de recursos fósseis.

Nesse sentido previamente à conceção do equipamento foi realizada uma experiência para tentar averiguar a viabilidade de utilizar um compósito constituído por polietileno e papel branco, observando a influência da temperatura e pressão no seu processamento.

Em primeiro lugar todos os materiais foram preparados, isto é, cortados para terem dimensões semelhantes entre si, tendo como referência as dimensões de uma folha A4, 210 × 297 mm. De seguida, foram formadas camadas de material sobreposto até ao total de espessura de 1 mm. Foram necessárias 7 camadas intercaladas de PE com papel com uma camada extra de PE no topo para obter a espessura pretendida.

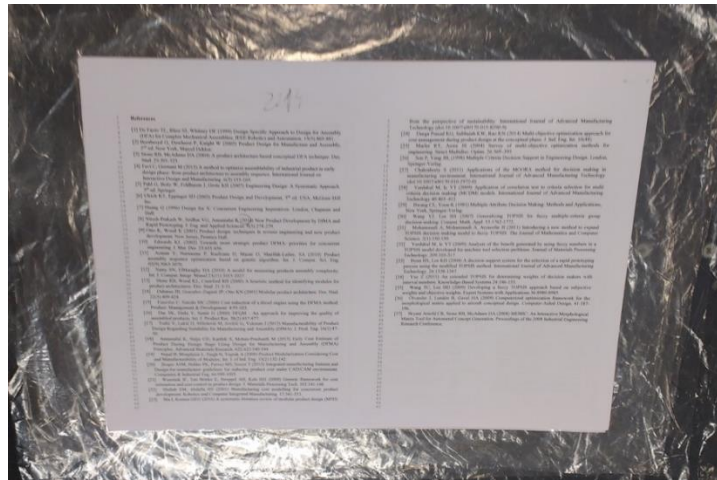


Figura 3-4 – "Preparação do compósito"

Foram realizadas duas experiências com as seguintes condições de processamento:

Tabela 3-3 – "Dados de processamento"

	Primeiro ensaio	Segundo ensaio
Pressão	2 bar	2 bar
Tempo de processamento	300 s	300 s
Temperatura de conformação	150°C	120°C
Temperatura de remoção da peça	70°C	70°C

Um exemplar dos produtos obtidos pode ser visto na Figura 3-5. Os resultados para os dois testes feitos tiveram resultados ligeiramente diferentes. No primeiro ensaio foi obtido um produto bem compactado, enquanto que no segundo caso a placa resultante apresentava má adesão dos materiais entre si nos cantos. Esta diferença pode ser justificada pela temperatura inferior a que foi conformada, e que pode ter levado a um processamento incompleto do material.

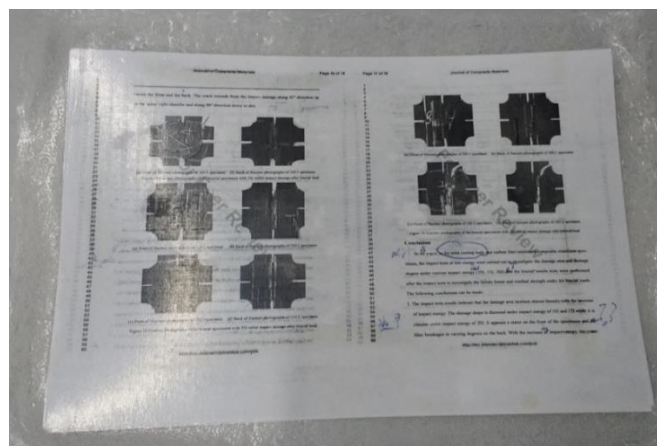


Figura 3-5 – "Película de compósito obtida"

Posteriormente foi feita uma análise a este compósito, recorrendo ao software *Solidworks*, mais concretamente ao *Simulation*. Para tal inseriram-se as características mecânicas dos materiais constituintes, foram encastradas as duas extremidades opostas de menor comprimento, e aplicada uma carga distribuída constante de 50 N. O resultado encontra-se na Figura 3-6, onde se pode ver que o deslocamento máximo obtido foi de 97.6 mm. Podemos então concluir que este compósito não tem propriedades mecânicas que o tornem um candidato viável para produção de peças. De forma a melhorar as suas propriedades mecânicas dever-se-ia aumentar o número de camadas, e conseqüentemente a espessura do compósito, ou optar por uma combinação de materiais diferente.

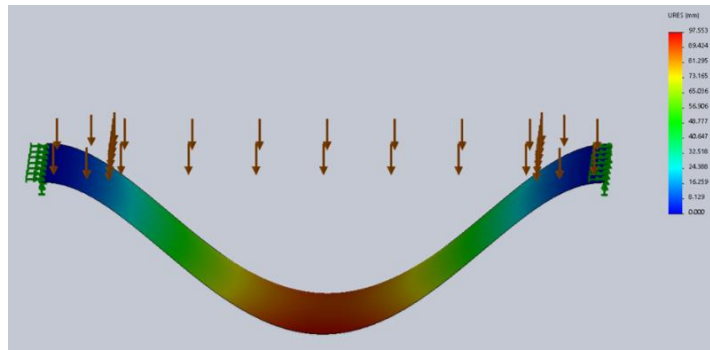


Figura 3-6 - "Análise de deslocamentos do compósito"

Fez-se também uma simulação de um painel sandwich de dimensões semelhantes às acima referidas, constituído por duas placas de HDPE de 3 mm cada e uma de PET de 4 mm. Similarmente ao exemplo anterior, esta foi encastrada em duas extremidades opostas, tendo, no entanto, sido aplicada uma carga distribuída constante de 2000 N. O resultado da simulação do comportamento deste compósito pode ser visto na Figura 3-7, que mostra que o deslocamento máximo sofrido por este é de 2.6 mm, o que demonstra o seu potencial para aplicações que necessitem de resistir a esforços maiores.

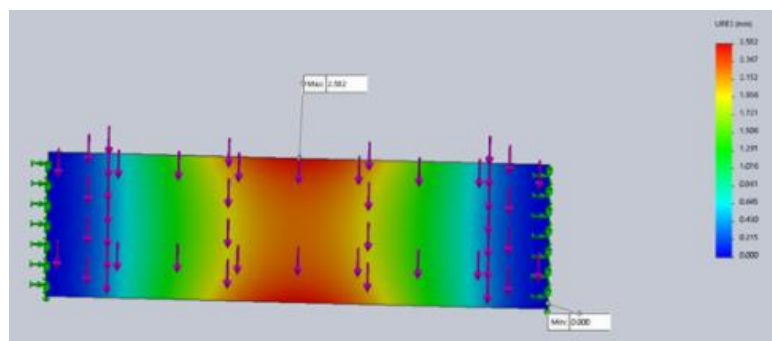


Figura 3-7 - "Análise de deslocamentos do compósito de sandwich"

4 Projeto

Estando definidos os sistemas necessários para o funcionamento do dispositivo, passa-se à sua concretização. Assim, é necessário dimensionar o conjunto de pratos, o sistema de acionamento, uma estrutura que sustente ambos, e um sistema de ejeção que permita a remoção dos objetos após a sua manufatura.

4.1 Conceção dos pratos

Como foi referido no capítulo 3.5, o aquecimento dos pratos será feito com resistências elétricas. O formato selecionado para as mesmas foi de cartucho, para que possam ser montadas no interior dos pratos. De maneira a simplificar a construção e a diminuir significativamente as perdas associadas à transferência de calor da resistência para os pratos, estes serão constituídos por duas metades unidas por ligações aparafusadas. No entanto esta é a única característica comum dos dois pratos, pelo que o desenvolvimento dos pratos inferior e superior tem diferenças consideráveis. A primeira grande diferença consiste na independência do molde em relação à estrutura do prato. No caso do prato inferior, o molde é um componente distinto do prato, que deve ser colocado em cima do prato quando se pretender trabalhar, e que posteriormente pode ser movido se desejado. No caso do prato superior, o molde e a metade inferior do prato são um elemento só, estando este fixado à metade superior do prato, e consequentemente ao resto da estrutura superior.

Outra diferença significativa é a forma dos pratos. O prato inferior foi concebido com duas placas: uma com o formato de um paralelepípedo de dimensões de 620×440×20 mm, e outra (a superior) com um perfil em U, com dimensões de base idênticas às acima referidas e com paredes laterais de altura 60 mm e espessura de 20 mm. As suas dimensões podem ser observadas na Figura 4-2.

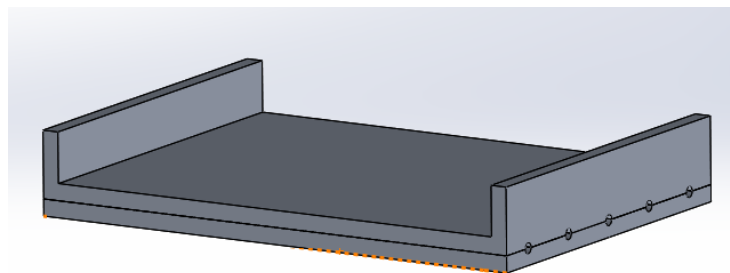


Figura 4-1 – "Prato inferior"

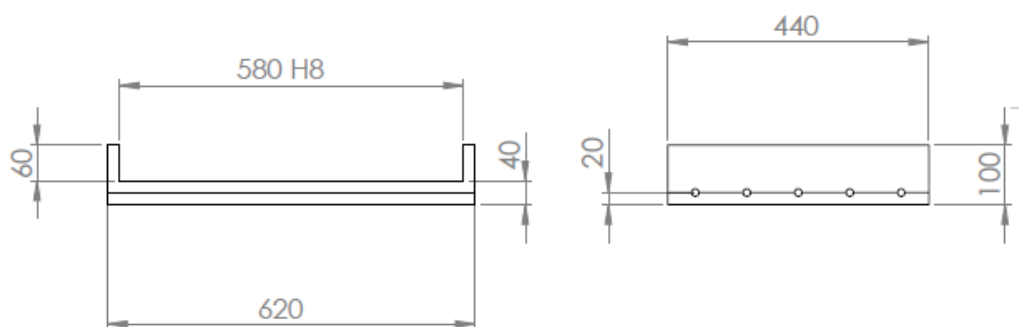


Figura 4-2 - "Dimensões do prato inferior"

O molde inferior foi concebido com um perfil em U, com dimensões 580×440×15 mm, e uma parede lateral de espessura 20 mm e altura de 45 mm. Estas dimensões têm como finalidade permitir a inserção e remoção do molde do prato, quando necessário. Este tem ainda um entalhe de dimensões 580×200×5 mm, com o propósito de alojar uma placa de dimensões idênticas, constituinte do sistema de ejeção. Este sistema é posteriormente analisado na secção 4.3. Uma representação do molde inferior pode ser vista na Figura 4-3.

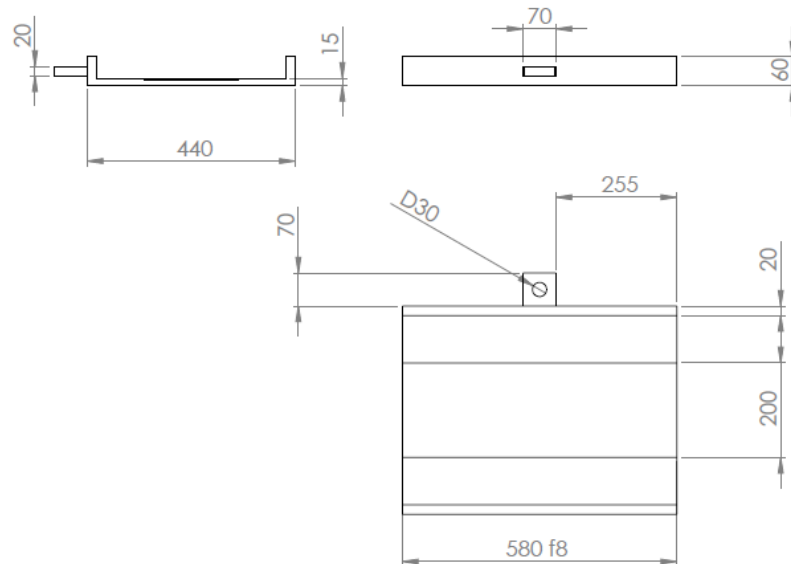


Figura 4-3 - "Dimensões do molde inferior"

Para facilitar a operação do mecanismo, é necessário garantir dois guiamentos distintos para o molde inferior. O primeiro consiste em assegurar que o molde inferior fica na posição correta para iniciar o trabalho. Para tal, existe uma orelha de guiamento numa das faces do molde, que têm um furo, no qual será inserido um pino. O segundo assegura o guiamento correto deste elemento quando se encontrar completamente fora do prato inferior, questão esta que será posteriormente abordada na secção 4.3. Neste componente foram ainda feitos dois furos na face oposta à que contem a orelha de guiamento, para instalar uma placa isoladora e um puxador. O puxador selecionado é um puxador resistente a elevadas temperaturas da Norelem, com uma capacidade de carga de 1500 N.

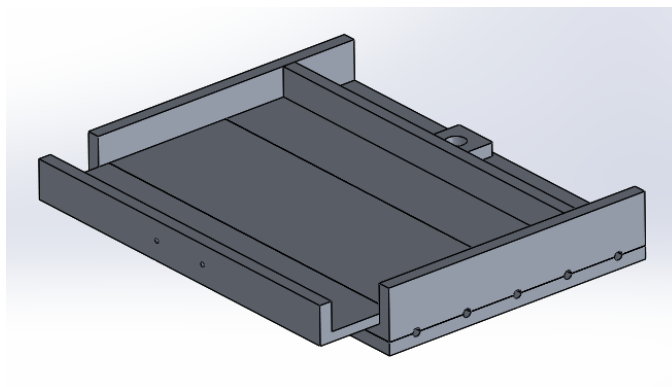


Figura 4-4 – "Conjunto prato e molde inferior"

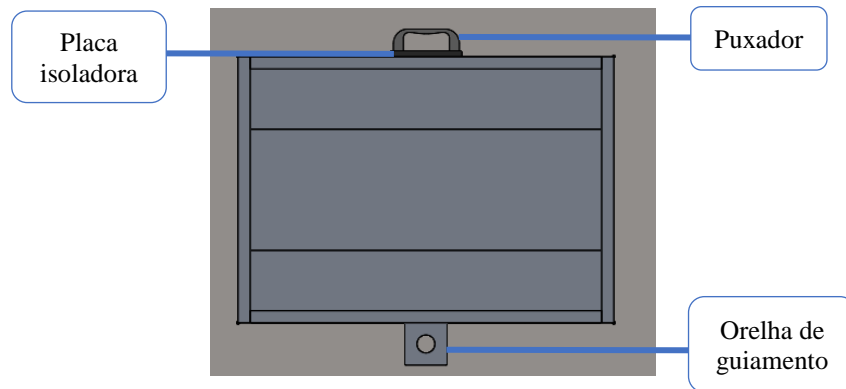


Figura 4-5 - "Vista de topo do conjunto prato e molde inferior"

Também o prato superior é constituído por duas metades: uma placa de 620×440×20 mm, semelhante à do prato inferior, e outra de dimensões 620×440×20 mm, com uma protuberância na sua base, o molde superior com 580×400×15 mm, que permite a sua inserção no prato inferior.

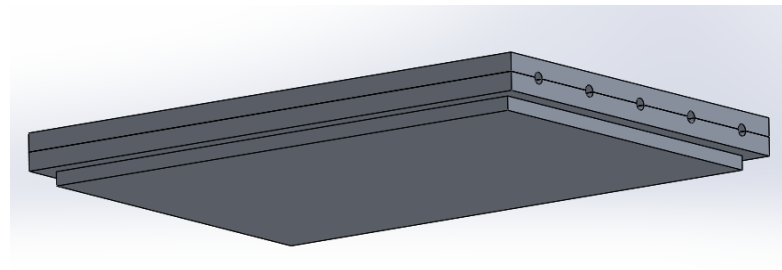


Figura 4-6 – "Prato superior"

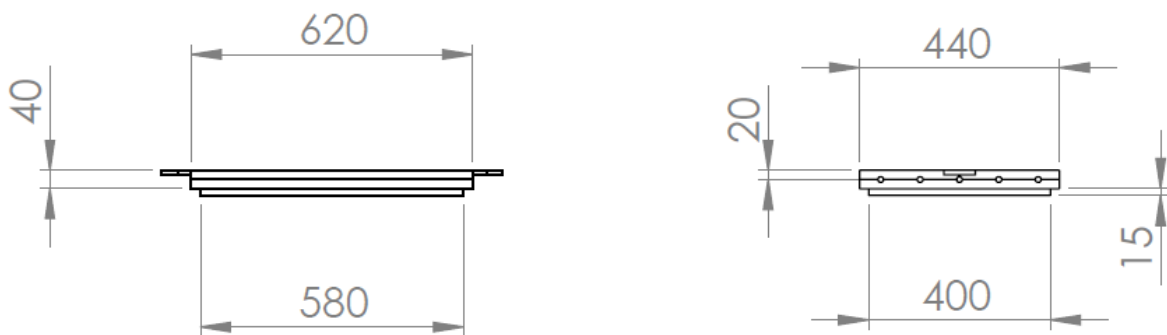


Figura 4-7 - "Dimensões do prato superior"

Para assegurar o movimento correto dos pratos entre si, existem duas orelhas na superfície lateral da placa superior, nas quais se inserirão dois pinos, que estarão previamente montados na estrutura de suporte do mecanismo. Adicionalmente, o prato superior terá quatro furos, que permitem a fixação de uma chumaceira, que será discutida mais pormenorizadamente na secção 4.2.

O molde concebido durante o projeto permite a produção de placas de dimensões 580×400×30 mm. No entanto, é possível produzir peças com formatos diferentes procedendo à substituição dos moldes. Devido à construção do prato superior (união de duas placas com ligações aparafusadas) é necessário substituir parte do prato, ao produzir uma placa com um molde com a forma desejada, enquanto que no prato inferior, devido à natureza móvel do molde, é apenas necessário trocar o molde. No caso do prato superior, há que produzir um molde com furos compatíveis com o existente na placa exterior, que se mantêm, de modo a permitir a montagem.

Isto implica que o prato superior seja montado previamente com o molde adequado, e que o molde inferior seja colocado no local de trabalho.

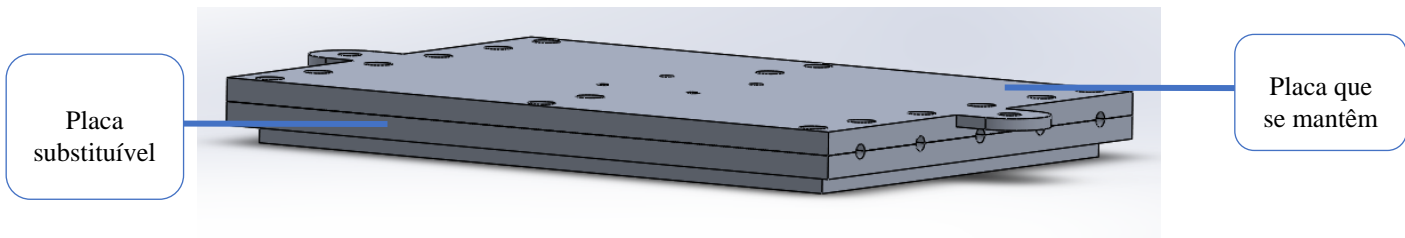


Figura 4-8 - "Constituintes do prato superior"

Para garantir o funcionamento correto do dispositivo é necessário posicionar corretamente os componentes entre si, e garantir o guiamento. No caso da metade superior o posicionamento é feito pela estrutura que o suporta, com o correto posicionamento na placa de suporte em relação à estrutura base, enquanto que o guiamento do prato é feito recorrendo a dois pinos, como referido anteriormente, que podem ser vistos na Figura 4-9.

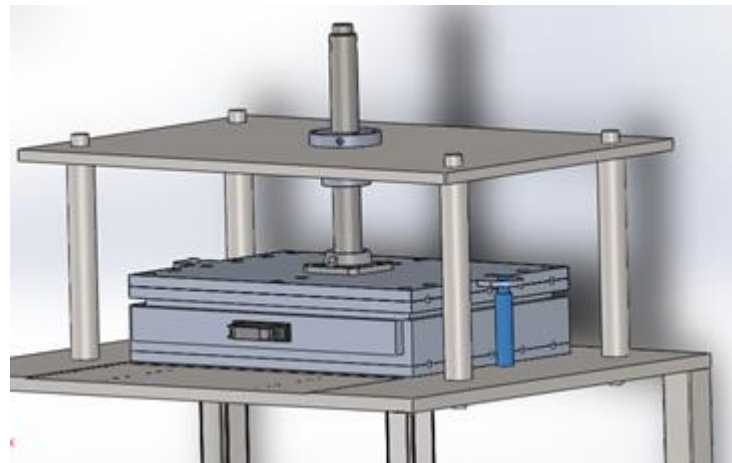


Figura 4-9 - "Guiamento do prato superior"

Nesta fase, falta apenas definir o material com o qual os pratos são construídos. Recorrendo ao software *CES EduPack*, foram utilizados como critérios relevantes para a seleção do material: ser metálico, ter uma temperatura máxima de serviço de pelo menos 250°C, ser reciclável e passível de *downcycle*.

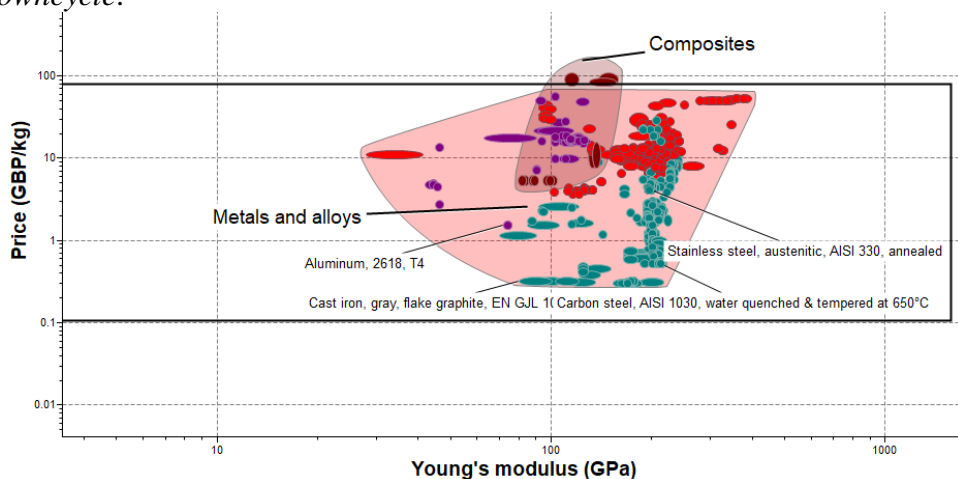


Figura 4-10 - "Estudo da escolha do material" (*CES EduPack*)

A Figura 4-10 mostra a gama de resultados obtidos. Apesar da existência de opções simultaneamente mais baratas e com módulo de Young superior, a escolha final recaiu sobre a liga de alumínio 2618, por esta ter uma massa volúmica inferior e calor específico superior, quando comparadas os restantes materiais que se poderiam utilizar. A sua viabilidade será, posteriormente, averiguada com recurso a simulações feitas no *software Solidworks*, na secção 4.4.

4.2 Obtenção da estrutura de suporte

O movimento do sistema é feito através da translação do prato superior, que é controlado pelo acionamento do fuso, como ficou definido anteriormente. É, por isso, necessário proceder ao desenvolvimento de um sistema de transmissão de movimento que inclua o prato superior. Para além disso, é necessário desenvolver uma estrutura que sustente este sistema e que permita também a fixação do prato inferior e do sistema de ejeção.

No que se refere à metade superior da estrutura, é necessário, em primeiro lugar, assegurar que o movimento rotativo é convertido em movimento linear, pelo que foi necessário arranjar uma solução que permitisse unir o sistema do fuso ao prato, evitando, no entanto, a transmissão de rotação. Para tal foi selecionada uma chumaceira de rolamento da SKF, que permita a rotação do fuso no rolamento, sem provocar rotação no prato. Esta é fixada ao prato com recurso a quatro parafusos M12. De modo a garantir a fixação da ponta do fuso ao rolamento, foi criada uma peça que encosta à extremidade da chumaceira, e fixa o fuso com recurso a um parafuso M10.

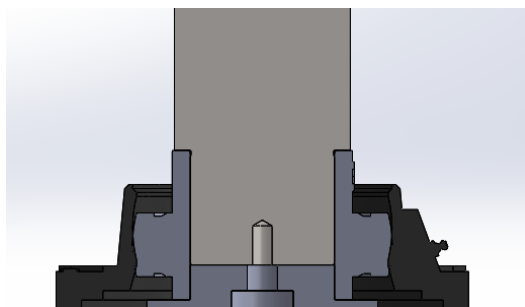


Figura 4-11 - "Fixação da chumaceira ao fuso"

O conjunto do fuso selecionado foi da Bosch-Rexroth, e tem um diâmetro nominal $\varnothing=50$ mm, e um comprimento roscado de 400 mm, cuja carga axial da porca se encontra em anexo. As suas restantes características podem ser vistas em anexo. Dado o acionamento manual imposto para este mecanismo, foi necessário maquinar o fuso com dois furos: um para permitir a inserção de um veio que servirá como manípulo, feito na parte roscada do fuso, e outro para um pino, que assegurará o posicionamento deste, feito na ponta do fuso.

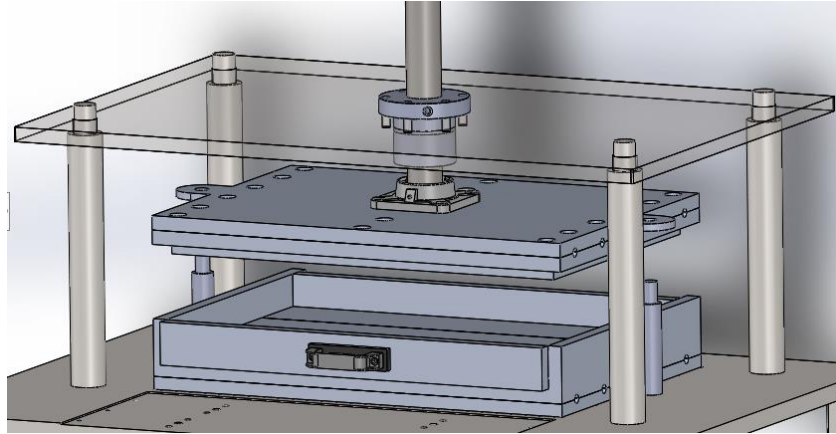


Figura 4-12 – "Ligação fuso-prato superior"

Ainda relativamente ao fuso, é necessário fixar a sua fêmea a uma estrutura, neste caso a uma placa metálica de dimensões 935×640×20 mm, com um furo central de $\varnothing=85$ mm, que permite a sua inserção. A placa possui seis furos lisos de $\varnothing=14$ mm, que permitem a fixação da fêmea, recorrendo a porcas.

Para proceder à utilização do fuso é relevante calcular os esforços associados ao seu acionamento.

O binário para elevar a carga é dado por:

$$T_{sub} = \frac{F \cdot d_m}{2} \left(\frac{l + \pi f d_m}{\pi d_m - fl} \right) [N \cdot m],$$

onde:

F – Força em [N]

d_m – Diâmetro médio do fuso em [m]

f – Coeficiente de atrito [adimensional]

l – Passo em [m]

O valor de f pode ser obtido recorrendo à Figura 4-13.

Screw Material	Nut Material			
	Steel	Bronze	Brass	Cast Iron
Steel, dry	0.15–0.25	0.15–0.23	0.15–0.19	0.15–0.25
Steel, machine oil	0.11–0.17	0.10–0.16	0.10–0.15	0.11–0.17
Bronze	0.08–0.12	0.04–0.06	—	0.06–0.09

Figura 4-13 - "Coeficientes de fricção" (Shigley and Mischke 2005)

De forma semelhante, o binário para descer a carga é:

$$T_{des} = \frac{F \cdot d_m}{2} \left(\frac{\pi f d_m - l}{\pi d_m + fl} \right) [N \cdot m]$$

Sabemos que $d_m=50$ mm, $f=0.2$ e $l=5$ mm. Considerando que a massa movimentada por este elemento é o conjunto do prato superior juntamente com o conjunto chumaceira-rolamento e o próprio fuso temos.

$$F = peso_{prato} + peso_{fuso} + peso_{chumaceira} + peso_{rolamento} [N]$$

Para obter o peso do prato recorremos a:

$$peso_{prato} = V \times \rho \times g [N]$$

onde,

V – Volume em [m³]

ρ – Massa volúmica em [kg/ m³]

g – Aceleração gravítica em [m/s²]

Assim, temos que:

$$peso_{prato} = [(0.62 \times 0.44 \times 0.02) \times 2 + (0.58 \times 0.4 \times 0.015)] \times 2780 \times 9.81$$

$$peso_{prato} = 392.5 [N]$$

Para o caso dos restantes elementos podemos obter o seu peso recorrendo a:

$$peso = m \times g [N]$$

onde,

m – Massa em [kg]

g – Aceleração gravítica em [m/s²]

Assim:

$$peso_{fuso} = 6 \times 9.81 = 58.9 [N]$$

$$peso_{chumaceira} = 1.3 \times 9.81 = 12.8 [N]$$

$$peso_{rolamento} = 0.45 \times 9.81 = 4.4 [N]$$

A força total é então:

$$F = 392.5 + 58.9 + 12.8 + 4.4 = 468.6 \approx 500 [N]$$

Obtemos assim:

$$T_{sub} = \frac{500 \cdot 0.050}{2} \left(\frac{0.005 + \pi \cdot 0.2 \cdot 0.050}{\pi \cdot 0.050 - 0.2 \cdot 0.005} \right) = 2.92 [N.m],$$

$$T_{des} = \frac{-500 \cdot 0.050}{2} \left(\frac{\pi \cdot 0.2 \cdot 0.050 - 0.005}{\pi \cdot 0.050 + 0.2 \cdot 0.005} \right) = -2.1 [N.m]$$

(Shigley and Mischke 2005).

Note-se que o sinal negativo foi acrescentado de forma a tomar em consideração a direção oposta de T_{des} em relação a T_{sub} . Resta agora proceder à escolha do comprimento do manípulo a ser utilizado no fuso. Para tal é necessário considerar a força que um ser humano faz numa ação deste tipo. Assim temos que:

$$M = F_{utilizador} \times l [N.m],$$

com:

$$M=2.92 [N.m]$$

$$F_{utilizador}= 110 [N]. \text{ (Company 2004)}$$

Isto resulta num braço de:

$$l = \frac{2.92}{110} \approx 27 [mm]$$

O manípulo do fuso terá então de ter pelo menos:

$$l = 27 \times 2 = 54 \text{ [mm]}$$

Tendo em conta que o diâmetro do fuso é de 50 mm, este valor não é viável, pelo que se deve utilizar um valor que permita uma utilização confortável para o utilizador. Se se pretender alterar este valor de modo a minimizar o esforço do utilizador, isto pode ser feito utilizando um fuso com diâmetro nominal inferior.

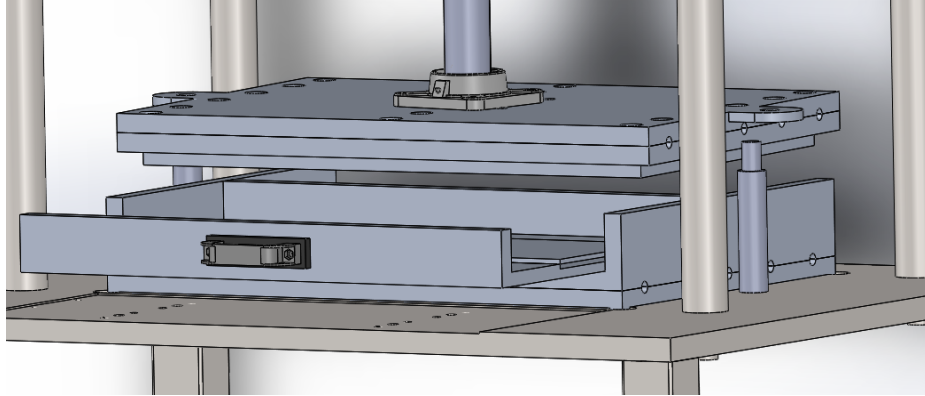


Figura 4-14 - "Conjunto prato superior e inferior"

Resta assim obter a estrutura de suporte, que sustenta tanto a estrutura inferior como superior da prensa, da qual parte do dimensionamento foi iterativo. Esta construção consiste numa mesa, cujas pernas são 4 tubos ocos soldados de aço S275JOH (referencial normativo EN 10219-1/2), de seção quadrada 60×60×3 mm e comprimento 849 mm, soldados numa placa de aço ao carbono de dimensões 1080×835×25 mm, o tampo. O valor da espessura desta placa começou por ser de 40 mm, valor que acabou por diminuir significativamente após análises estáticas (não apresentadas no relatório), que demonstraram que este valor era excessivo.

De maneira a assegurar a estabilidade das pernas, foram soldados perfis idênticos a ¼ da altura destas. Na parte inferior de cada perna existe uma placa de aço ao carbono de 60×60×10 mm, cuja funcionalidade é permitir a instalação de pés niveladores. A mesa de trabalho fica assim com uma altura de 900 mm, altura em conformidade com a norma ISO 9241-5.

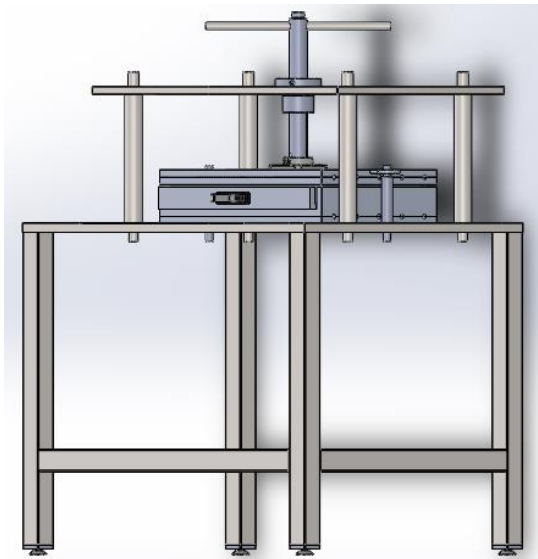


Figura 4-15 - "Estrutura da prensa"

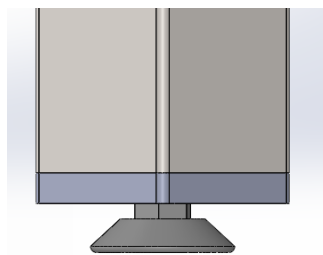


Figura 4-16 - "Pés niveladores"

Nesta mesa existe um entalhe retangular, com a finalidade de posicionar o prato inferior com dimensões 620×440×10 mm, que pode ser visto na Figura 4-18. De maneira a obter a forma pretendida, os seus cantos têm necessariamente que conter detalhes circulares, por consequência do processo de maquinagem desse pormenor (fresagem). Nesse mesmo entalhe existem ainda quatro furos que alojam parafusos M12, cuja função é fixar o prato inferior à mesa.



Figura 4-17 - "Detalhe circular da mesa de suporte"

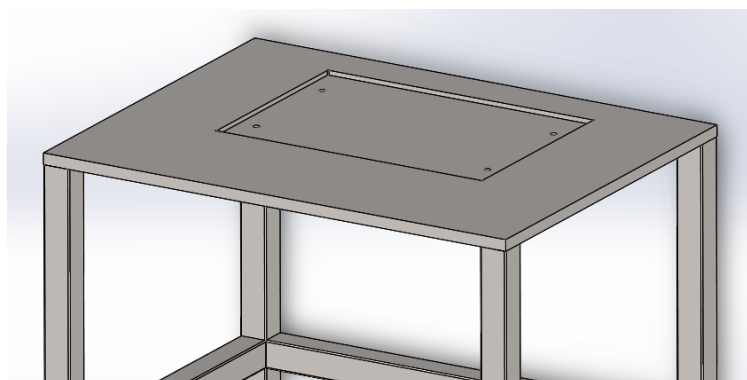


Figura 4-18 - "Pormenor da mesa de suporte"

De maneira a evitar perdas térmicas entre o prato e a superfície da mesa foi colocada uma placa de silicone de 8 mm entre ambos, como é possível ver em corte na Figura 4-19.

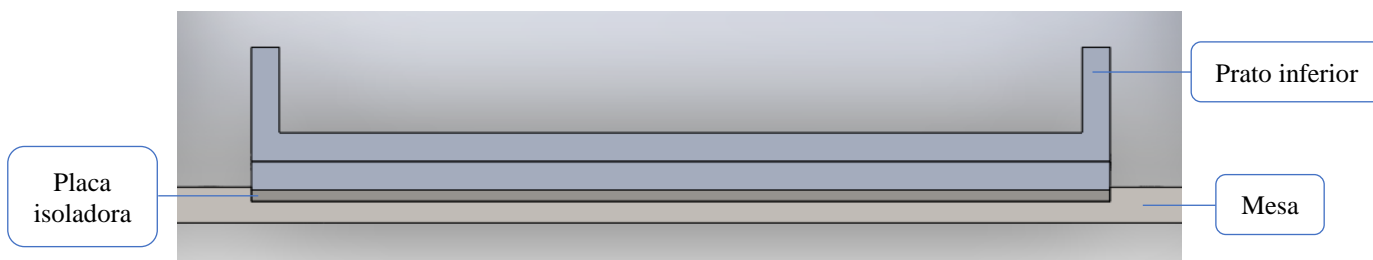


Figura 4-19 - "Posicionamento do prato inferior na mesa"

Adicionalmente, foi necessário furar a mesa para três funções distintas: Suporte da estrutura superior, guiamento do prato superior, guiamento do prato inferior, representadas pelos números 1, 2 e 3, respetivamente, na Figura 4-20.

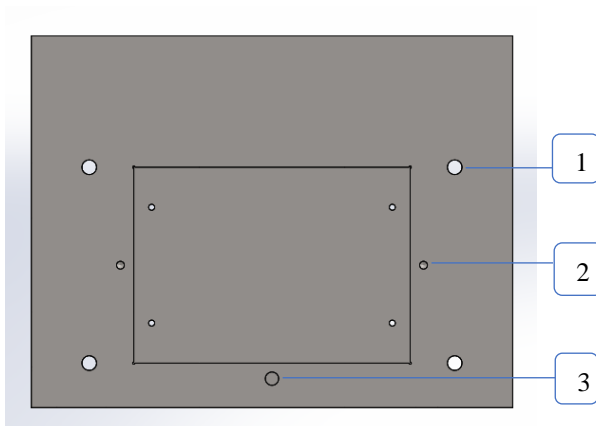


Figura 4-20 - "Vista pormenorizada da mesa de suporte"

O detalhe número 1 consiste em quatro furos de diâmetro $\varnothing=40$ mm, que alojam os veios que sustentam e posicionam corretamente a placa metálica superior, como pode ser visto na Figura 4-21. Já o número 2 permite o alojamento dos dois pinos que asseguraram o posicionamento correto do prato superior, e o número três aloja o pino de posicionamento do prato inferior.

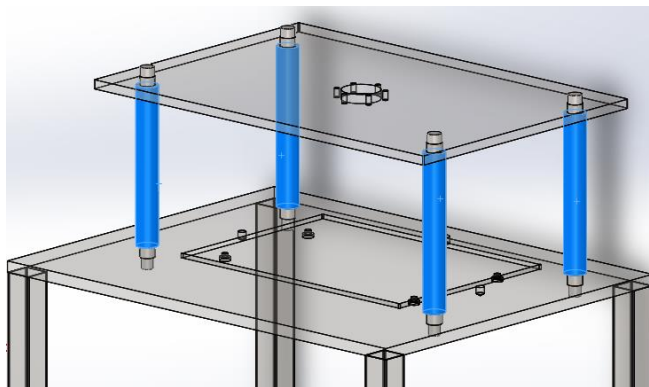


Figura 4-21 - "Veios de suporte"

Posto isto, é necessário apenas verificar se a carga axial do rolamento acima referido suporta os esforços aos quais está sujeito. Os esforços que são necessários a ter em consideração são o peso do prato superior, do fuso, da chumaceira e do próprio rolamento que é, como visto anteriormente, $F=500$ N. De acordo com o fabricante a força axial máxima é calculada usando:

$$F_a \leq 0.25 \times C_0 [N]$$

Onde C_0 é a carga estática em Newton. No caso do modelo em questão temos que:

$$F_a \leq 0.25 \times (15.3 \times 10^3) = 3825 [N]$$

Fica assim confirmado que a carga axial do rolamento suporta os esforços (SKF 2016).

Quanto ao seu tempo de vida, dado que o rolamento não funciona continuamente, e tendo em conta os esforços diminutos a que está sujeito, pode-se assumir que o seu ciclo de vida é praticamente infinito.

Definida então a estrutura, é necessário proceder à simulação de modo a verificar a sua estabilidade. Este estudo é feito mais uma vez feito com *Solidworks*.

4.3 Conceção do Sistema de Ejeção

Após o processamento da peça, é necessário removê-la do molde inferior para prosseguir a produção. Para esse efeito, foi desenvolvido um sistema de ejeção.

A primeira consideração a fazer no seu desenvolvimento foi acerca da construção do mesmo. De maneira a simplificar a sua construção e minimizar custos, ficou definido que a ejeção da peça produzida seria feita pela elevação de uma placa de liga de alumínio, de dimensões 300×200×15 mm.

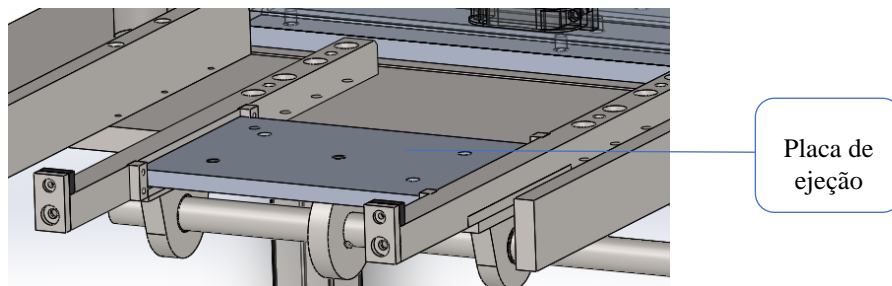


Figura 4-22 - "Placa de ejeção"

Nessa mesma placa existem cinco furos de $\varnothing=12$ mm que alojam um conjunto de casquilhos (modelo EGB1010-E40-B, da INA), com toleranciamento interno H7 e pinos (ISO 2338 – 10 m6×30) que se encontram fixos. Com a elevação da placa dá-se também a elevação dos pinos, que atravessam o molde inferior, elevando a placa de ejeção presente no molde inferior, consequentemente elevando a peça.

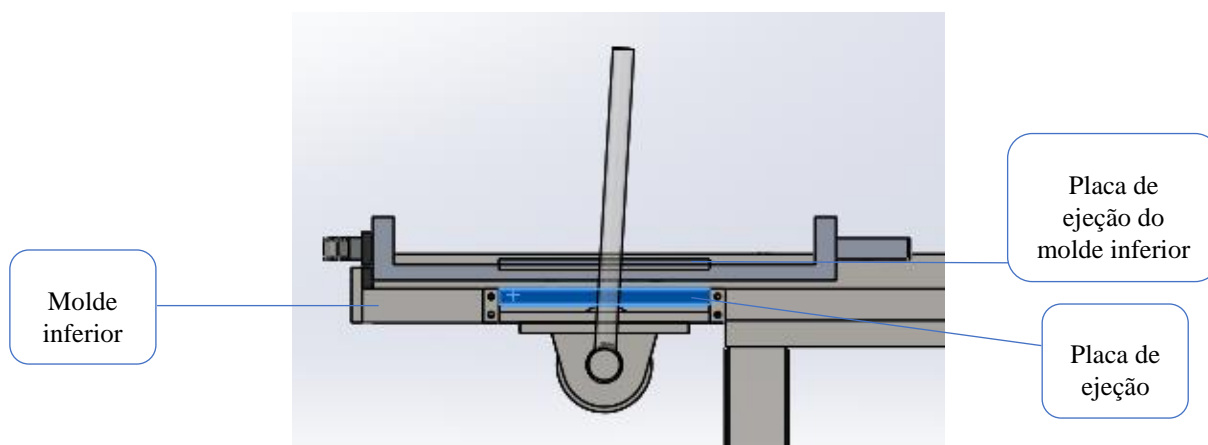


Figura 4-23 - "Sistema de ejeção"

A elevação da placa é feita recorrendo a um excêntrico acoplado a um veio, através de uma chaveta. Este acoplamento permite que com a rotação do veio faça rodar o excêntrico, e consequentemente translada-se o prato.

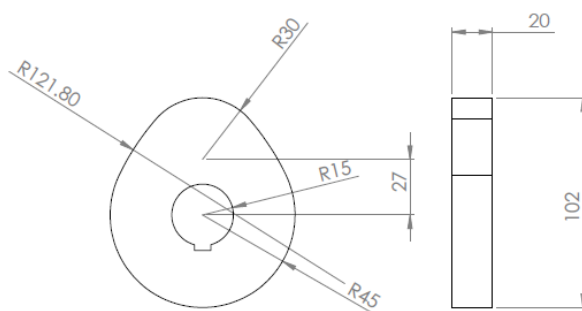


Figura 4-24 - "Dimensões do excêntrico"

Para facilitar a rotação do conjunto é instalado um manípulo, que se fixa ao veio através de uma rosca. O suporte do veio é assegurado por dois olhais, que serão fixados a uma estrutura fixa. O posicionamento do veio é assegurado por dois anéis elásticos. Entre o veio e os olhais são instalados dois casquilhos (EGB3020-E40-B, da INA), de maneira a não existir o contacto direto do veio com os suportes, e evitar assim desgaste. Os olhais são fixados aos perfis com dois parafusos ISO 4018 – M12×35 por elemento.

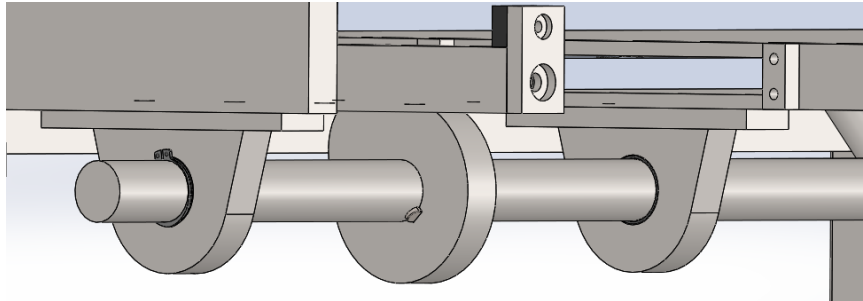


Figura 4-25 - "Conjunto veio-excêntrico"

Posto isto, foi necessário definir a localização do ejetor. Inicialmente foi ponderado colocá-lo diretamente abaixo do prato inferior, de maneira a que se pudesse retirar a peça, após a elevação do prato superior. No entanto, essa alternativa implicava que existissem orifícios que permitissem a passagem dos pinos na mesa, prato e molde inferior, que para além de poder eventualmente interferir com as resistências, obrigaria a um curso maior, que por sua vez resultaria em dimensões superiores. Assim, decidiu-se tirar partido da mobilidade do molde inferior, e colocar o sistema de ejeção na extremidade da mesa.

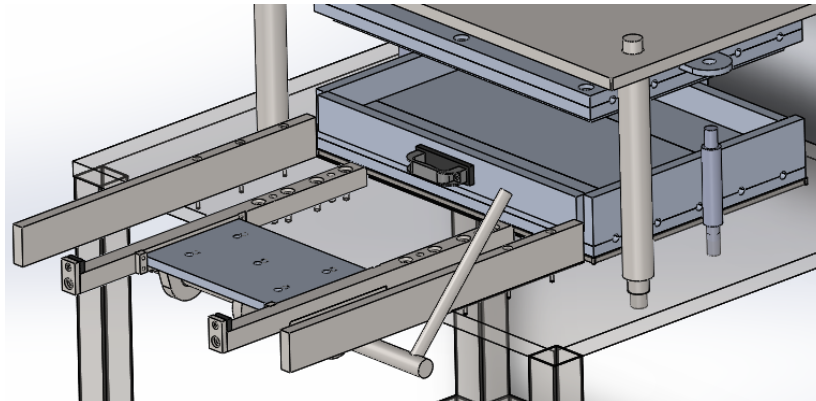


Figura 4-26 - "Sistema de ejeção"

Resta apenas certificar que o molde segue o trajeto correto, e que fica na posição devida. Para assegurar que o percurso é o correto foram instalados dois perfis metálicos retangulares (dimensões 610×65×20 mm), que garantem que o molde se mantém devidamente alinhado com o entalhe do prato ao longo de todo o percurso, e que permitem também a alimentação do molde inferior externamente.

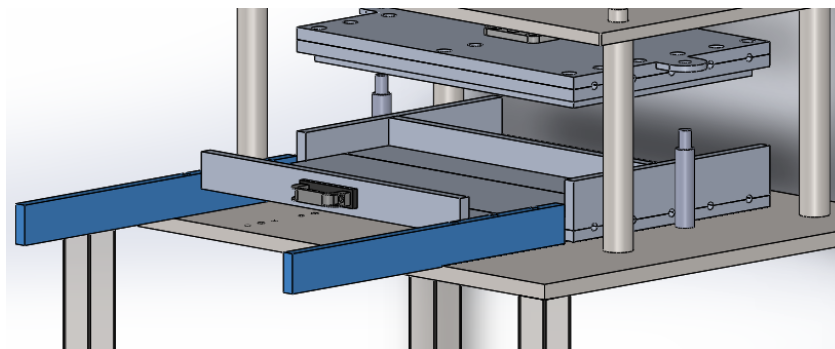


Figura 4-27 - "Guiamento do sistema de ejeção"

Para garantir que estes elementos são montados no local correto, maquinou-se a mesa de suporte com um entalhe de $620 \times 275 \times 2$ mm, aos quais estes são encostados para efeitos de posicionamento, e posteriormente fixados com parafusos.

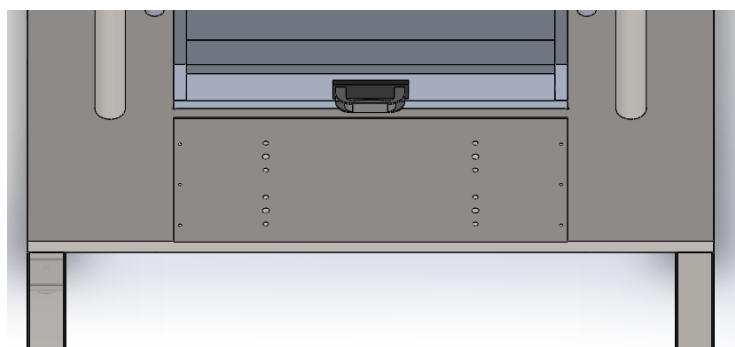


Figura 4-28 - "Entalhes na mesa de suporte para elementos do sistema de ejeção"

Foram também necessários mais dois perfis retangulares (dimensões $590 \times 32 \times 30$ mm) sobre o qual a estrutura se deslocará, que definem também o fim de curso, isto é, posicionam o prato na posição correta para se proceder à ejeção do produto ao encostar a um batente de borracha. O seu posicionamento é assegurado por dois pinos, e a sua fixação à estrutura é feita com recurso a parafusos.

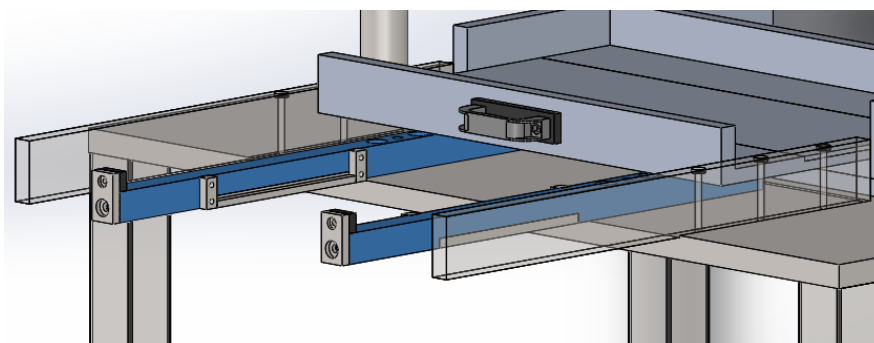


Figura 4-29 - "Viga de suporte do molde inferior e sistema de ejeção"

No que respeita a este subsistema resta apenas assegurar o guiamento da placa do ejetor, no seu trajeto vertical e assegurar uma posição estável para esta, em caso de remoção do excêntrico. Para tal foram criados quatro elementos de dimensões $32 \times 15 \times 12$ mm (1), montados na lateral da viga, que asseguram a sua verticalidade e dois de dimensões $200 \times 40 \times 10$ mm (2), montados num entalhe na base da guia, cujos 10 mm de comprimento adicional em cada lado suportaram a estrutura, quando necessário.

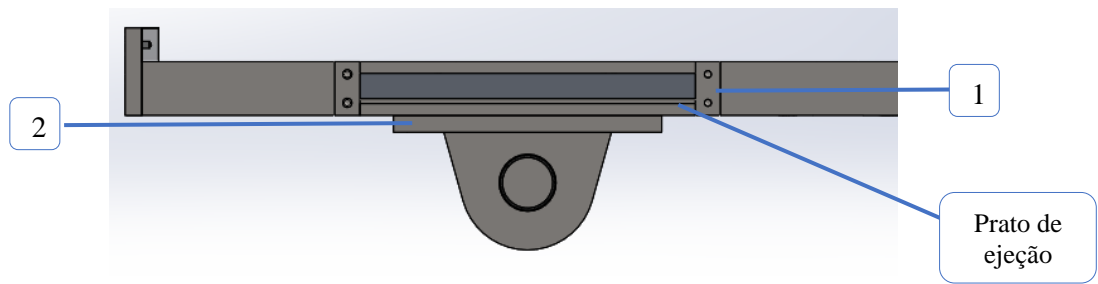


Figura 4-30 - "Guiamento do prato do injetor"

A imagem Figura 4-32 demonstra o ciclo de funcionamento da ejeção. Em primeiro lugar, depois de elevado o prato superior, o molde inferior é retirado do prato e deslocado até ao seu fim de curso. De seguida, aciona-se a alavanca, que conseqüentemente eleva a placa existente no molde inferior, que conseqüentemente ergue o produto.

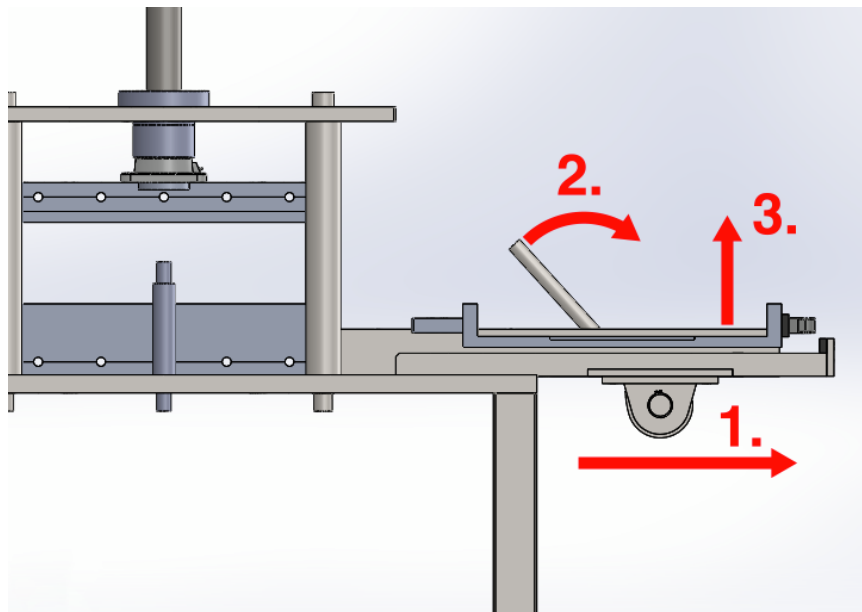


Figura 4-31 - "Funcionamento do sistema de ejeção"

4.3.1 Simulação estrutural

Antes de iniciar a simulação foi necessário proceder à simplificação do modelo, de modo a simplificar o seu processamento. Removeram-se as placas da base das pernas, bem como os pés niveladores, o sistema de ejeção foi representado por uma força aplicada, assim como a estrutura superior (prato superior, placa e fuso). Depois de aplicadas as devidas condições de fronteira na base das pernas da mesa, são impostas as forças representativas dos componentes omitidos, foi feita uma *mesh* e iniciou-se a simulação. Os resultados podem ser observados na Figura 4-32 e na Figura 4-33.

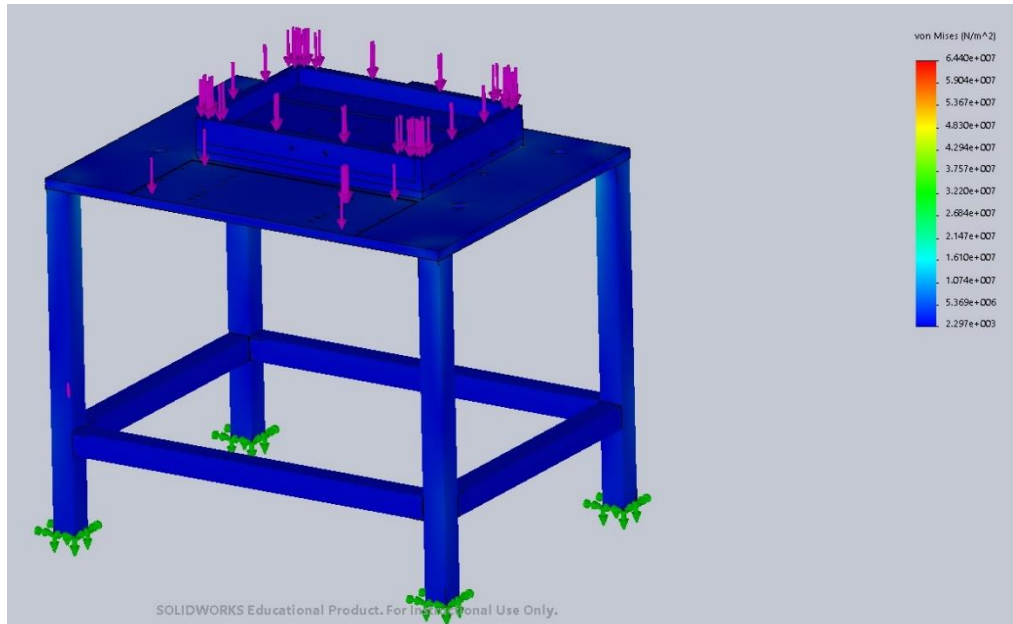


Figura 4-32 - "Representação da tensão sofrida pelo mecanismo"

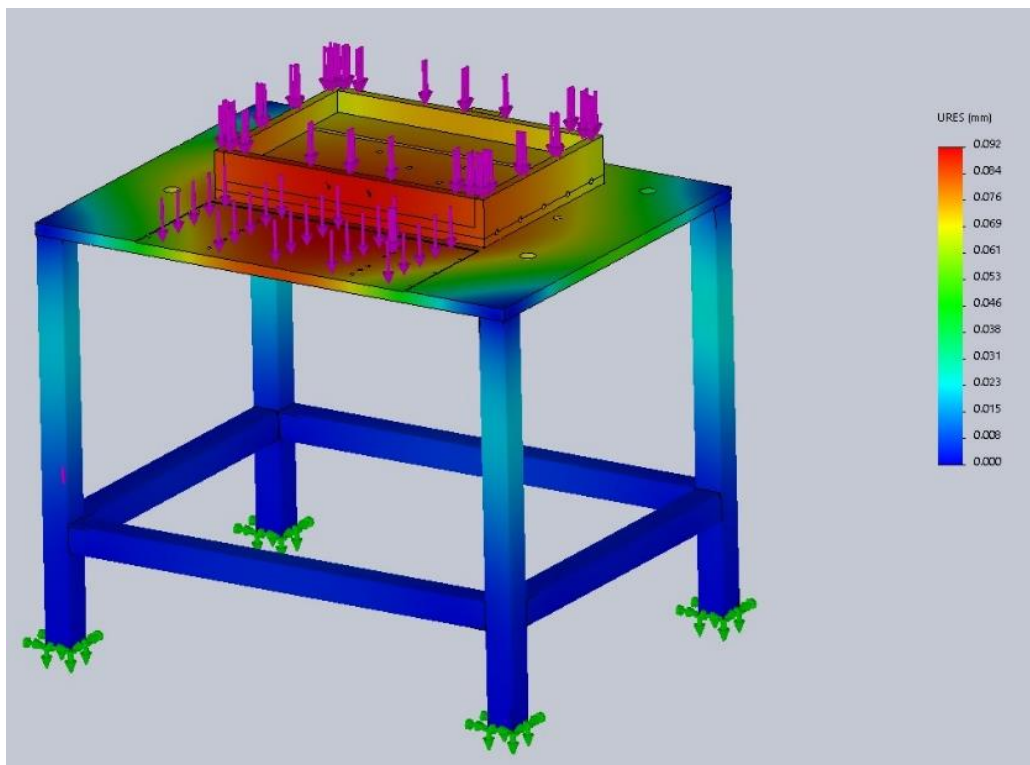


Figura 4-33 - "Representação dos deslocamentos sofridos pelo mecanismo"

Como é possível observar, as tensões máximas presentes na estrutura são de 64.4 N/m^2 e o deslocamento máximo é de 0.092 mm , pelo que a estrutura é estável. Desta forma, poderá fazer sentido no futuro avaliar uma otimização da estrutura.

4.4 Dimensionamento do Sistema de Aquecimento

No cerne do funcionamento de uma prensa de pratos quentes está o seu sistema de aquecimento. Naturalmente, a gama de temperaturas selecionada influencia diretamente o tipo de material que pode ser utilizado, pelo que é essencial clarificar o conjunto de matérias-primas a utilizar.

Como foi referido anteriormente, a reintrodução de valor em artigos descartados é uma das diversas maneiras de aumentar a sustentabilidade de um projeto. Produtos como polímeros e derivados de madeira existem em abundância, dada a sua elevada taxa de utilização, e têm temperaturas de conformação relativamente baixas, pelo que se apresentam como uma possibilidade viável. Outros materiais a ter em consideração são resinas e fibras naturais, dado o seu impacto ambiental reduzido, disponibilidade e custo. No entanto, de modo a permitir o uso de uma gama de materiais maior, o sistema de aquecimento dos pratos será dimensionado para permitir o seu aquecimento até aos 200°C. A seleção deste valor abrange as temperaturas utilizadas para a madeira e seus derivados, bem como de uma quantidade significativa de termoplásticos, como indica a Figura 4-34.

Polyolefin	Melting point (°C)
LDPE	115
LLDPE	123
HDPE	130
Polyethylene (PE)	135
Polypropylene (PP)	170
Polystyrene (PS)	240
Polyethylene terephthalate (PET)	245
Polyamide 6 (PA6)	233

Figura 4-34 – "Temperatura de fusão de termoplásticos comuns" (Goodship 2009)

A seleção da potência e da quantidade de componentes a utilizar está dependente da área de trabalho, do material do prato e das temperaturas máximas que se pretendem atingir. Como foi anteriormente referido o elemento a aquecer é uma placa de liga de alumínio 2618, de dimensões 600×400×40 mm por prato, e a temperatura a atingir é 200°C. Assim, podemos obter a energia necessária para o aquecimento do sistema, Q, recorrendo a:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T \text{ [J]}, \text{ onde}$$

m – Massa em [kg]

c – Calor específico em [J/kg.K]

ΔT – Variação de temperatura em [°C]

Sendo m= 40 kg, c = 858 J/kg.K e $\Delta T = (200-15) = 85^\circ\text{C}$, temos que Q = 2917.2 kJ.

De modo a obter a potência necessária recorre-se a:

$$P = \frac{E}{\Delta t} \text{ [W]}, \text{ onde}$$

E = Q = 2917.2 kJ

Δt – intervalo de tempo. Dado o contexto do problema em questão foi selecionado um intervalo de 15 minutos.

O resultado obtido foi P=3241.4 W \approx 3250 W.

Considerando agora as perdas:

$$P_{perdas} = A_{exp} \cdot 1614.6 [W] = (0.58 \times 0.4) \cdot 1614.6 = 375 W$$

Assim sendo a potência total necessária é: $P=3250+375=3625 W$. Para os dois pratos a potência necessária é $P = 3625 \times 2 = 7250 W$ (OMEGA 2017).

Após contacto com um fornecedor de resistências (*Omega*), foi indicado que a solução para esta configuração seria o uso de cinco resistências de $\varnothing=12.5$ mm, com uma potência de 800 W, tensão de 230 V e comprimento de 600 mm. O recurso a estes elementos resulta numa potência de 4000 W por prato, ou seja, 8000 W total.

Como referido anteriormente cada prato será constituído por duas placas, que deverão ser maquinadas com a disposição de um meio cilindro de diâmetro 12.5 mm, de maneira a obter uma montagem com aperto, essencial para uma maior eficiência das resistências. Estes entalhes deverão estar dispostos de maneira a permitir uma distribuição de temperatura o mais uniforme possível.

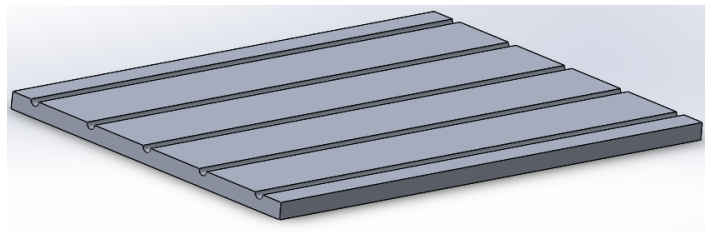


Figura 4-35 – "Maquinagem da placa"

De acordo com o fabricante cada resistência tem um diâmetro de dimensões ligeiramente inferiores às indicadas (entre 0,0762 a 0,127), e o furo deve ter um toleranciamento adequado para montar as resistências, acautelando as dilatações térmicas ocorrentes com o aquecimento, e deve também ter em consideração os problemas na execução dos furos, devido ao seu comprimento.

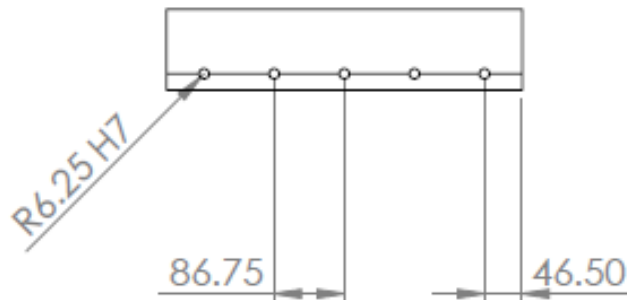


Figura 4-36 - "Dimensões e posicionamento dos furos para as resistências"

4.4.1 Análise Térmica

A análise térmica do conjunto dos pratos foi feita recorrendo ao software *Solidworks*, em particular à ferramenta *Simulation*. Para observar o comportamento do prato foram feitas duas análises: uma para analisar o comportamento em regime permanente e outra em regime transiente.

Em ambas foi necessário introduzir como dados iniciais as fontes de calor nos locais correspondentes, bem como o seu valor (800 W), e considerou-se apenas que a transferência de calor das resistências se dava apenas por condução (por indicação do fabricante), e que as perdas existentes se resumiam a perdas por convecção das paredes laterais e tampa superior. As perdas de calor na face inferior não foram consideradas devido a esta estar em contacto com uma placa isoladora. O valor seleccionado para o coeficiente de convecção foi $25 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$, em concordância com o indicado pelo *Solidworks*.

Inseridos os dados iniciaram-se as simulações, cujos resultados se encontram abaixo.

Na imagem Figura 4-37 podemos ver as temperaturas máxima e mínima atingidas em regime permanente, que são 359.8°C , no prato inferior e 275.6°C nas orelhas do prato superior, respetivamente.

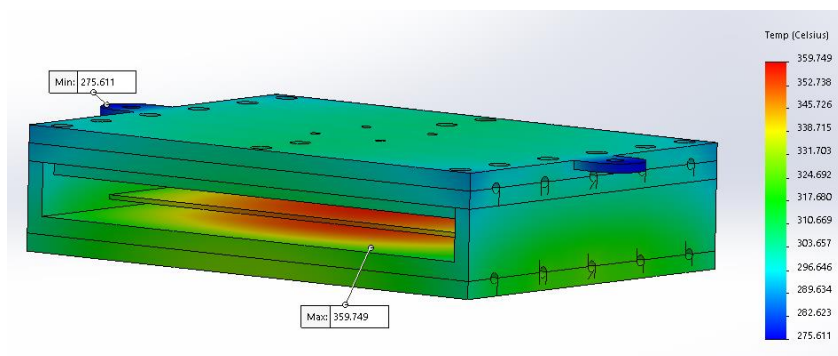


Figura 4-37 - "Simulação térmica em regime permanente "

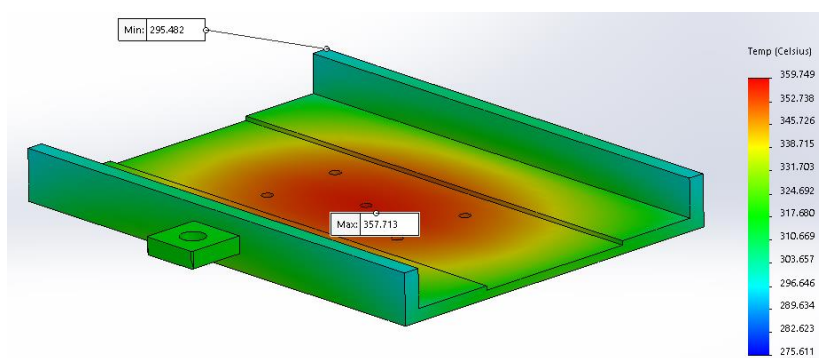


Figura 4-38 - "Simulação térmica em regime permanente do molde inferior"

Quanto à simulação transiente, os resultados obtidos foram os gráficos de temperatura-tempo. Abaixo encontram-se representados os das superfícies dos moldes que entram em contacto com o material a conformar.

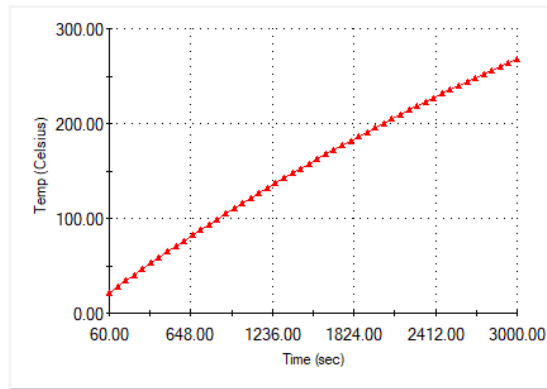


Figura 4-39 - "Gráfico temperatura-tempo do molde superior"

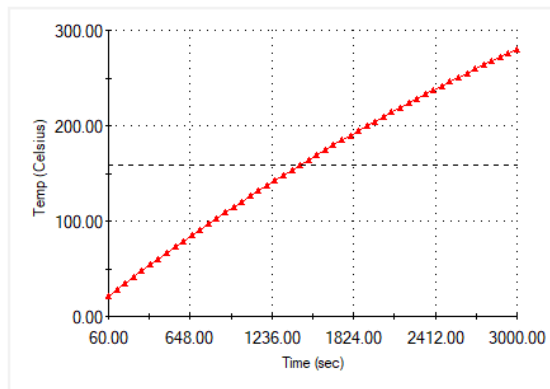


Figura 4-40 - "Gráfico temperatura-tempo do molde inferior"

Como é possível observar, a temperatura pretendida (200°C) é atingida em ambas as superfícies por volta dos 35 minutos.

4.4.2 Sistema de Controle de Temperatura

Estando definido o sistema de aquecimento é necessário criar um circuito elétrico, que permita controlar a temperatura dos pratos. Dados os valores de potência envolvidos nesta operação, a alimentação será trifásica, o que permite uma maior segurança e possibilita um eventual aumento da potência do mecanismo. A intensidade da corrente elétrica neste circuito é dada por:

$$I = \frac{P}{V} [A], \text{ onde}$$

P – Potência em [W]

V – Tensão elétrica em [V]

$$I = \frac{8000}{230} = 34.78 [A]$$

Componentes:

Seccionador geral tripolar – Ligar/Desligar de emergência do circuito;

Interruptor diferencial tetrapolar – Proteção da prensa, ao detetar correntes de fuga;

Disjuntor – Proteção contra picos de corrente e curto-circuito;

Fonte de tensão (24 VDC) – Conversão da corrente alternada em contínua (com um valor de tensão estável) para alimentação do circuito de comando;

Fusível – Dispositivo de proteção;

Termostato/Controlador de temperatura – Controlo “*On-Off*” da temperatura, com recurso a sensor (termopar). (Discutido mais pormenorizadamente na secção 3.4);

Contactador de potência tripolar – Permite a alimentação das resistências;

Bobine do contactador – Bobine que estabelece o estado dos contactos do contactador;

Botoneira monoestável normalmente aberta – Botoneira manual para permitir a alimentação das resistências;

Botoneira monoestável normalmente fechada – Botoneira manual para desligar a alimentação das resistências;

Termopar – Medição de temperatura. Fornecido juntamente com a resistência;

Resistências – Conversor de energia eléctrica em calor.

O esquema eléctrico encontra-se no anexo B. Recorrendo ao uso das botoneiras monoestáveis (referidas acima), é possível interromper a alimentação das resistências e o subsequente aquecimento dos pratos. Assim, é necessário atuar a botoneira de acionamento (normalmente aberta) para inicializar o aquecimento, e acionar a botoneira normalmente fechada, para interromper/desligar. É importante ressaltar que no circuito eléctrico apresentado apenas se utiliza um termopar, que mede a temperatura no centro do prato superior.

4.5 Apresentação do modelo final

Terminado o dimensionamento do mecanismo, apresentam-se abaixo as suas dimensões gerais, recorrendo a vistas frontal, de topo e lateral.

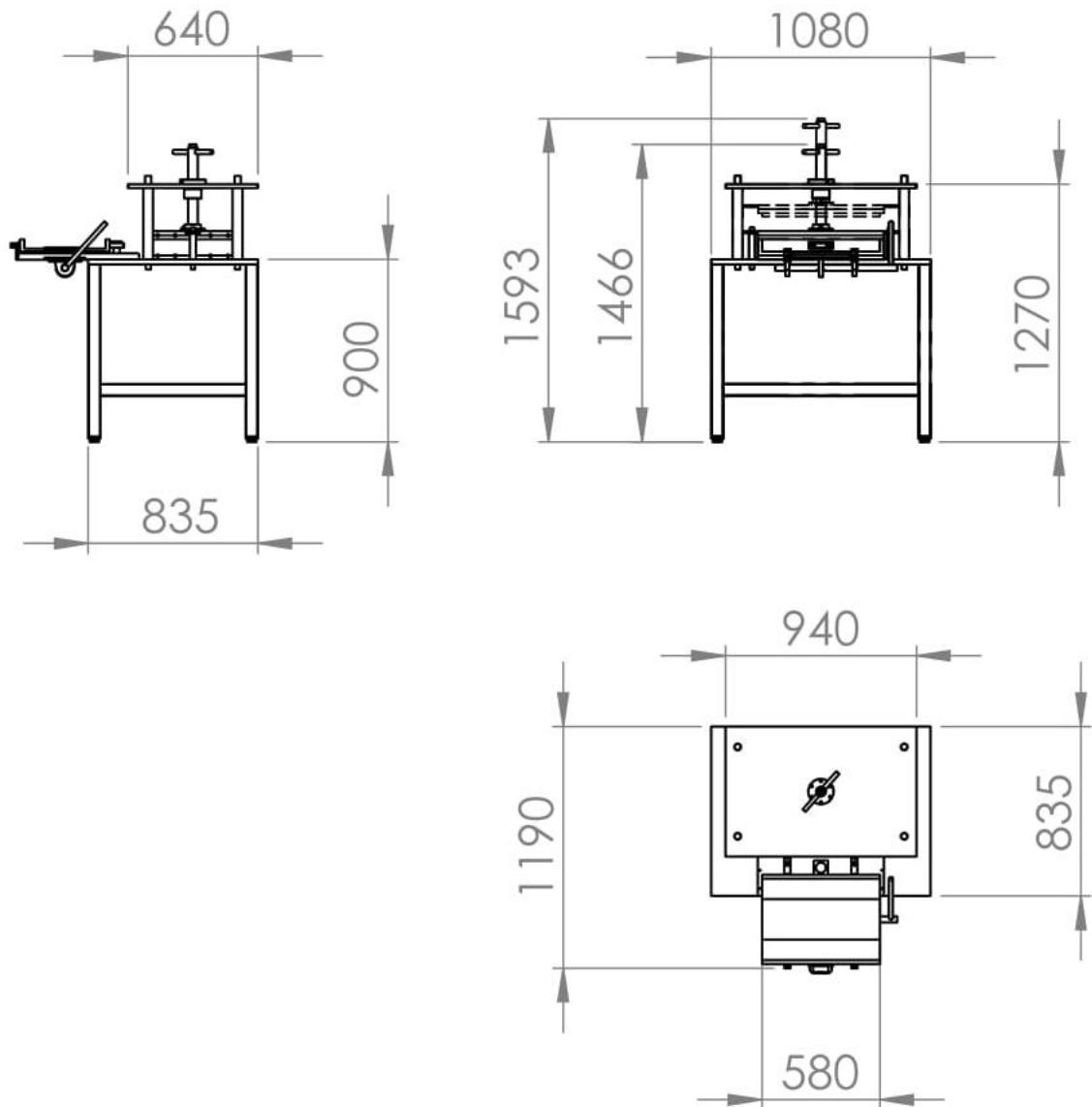


Figura 4-41 - "Vistas frontal, lateral e de topo do conjunto "

5 Conclusões e trabalhos futuros

Dado o contexto cada vez mais separatista dos dias de hoje, é agora, mais que nunca, relevante a promoção de iniciativas que contribuam para mitigar desigualdades, sejam estas de natureza económica, social ou ambiental.

Dada a limitação temporal imposta numa dissertação, ficaram por fazer alguns aspetos associados ao dispositivo, como o dimensionamento do sistema de fornecimento de energia solar e a conceção de protótipos de moldes com formatos diferentes, que trariam mais valias ao protótipo. Seria também de extremo interesse proceder a um estudo do custo e do impacto ambiental associado ao mecanismo, de maneira a poder minimizar ambos tanto quanto possível.

Adicionalmente, existem aspetos no dispositivo que podem ser aperfeiçoados. Em primeiro lugar é fundamental estudar a possibilidade de otimizar a estrutura da prensa, ao fazer um dimensionamento preciso de alguns dos sistemas constituintes, como por exemplo da estrutura de suporte. Esse estudo é necessário, pois permite recorrer a soluções construtivas mais simples, o que permite obter um mecanismo o mais otimizado e económico possível. Em segundo lugar, é relevante proceder ao isolamento térmico completo dos dois pratos, de maneira a aumentar a eficiência energética. Em terceiro lugar, é vantajoso dar um maior foco à questão social associada ao mecanismo, ou seja, ao bem-estar e segurança do operador. Para tal deve-se dar maior ênfase a aspetos ergonómicos e de segurança, através, por exemplo, do aprimoramento dos manípulos em conformidade com as normas devidas e da criação de mecanismos de segurança mais rigorosos, respetivamente.

Por outro lado, seria interessante realizar um estudo térmico mais rigoroso do sistema. Em primeiro lugar, seria importante, dadas as simplificações feitas na análise térmica dos pratos de aquecimento aquando das simulações térmicas, que podem levar à necessidade de alterar a potência necessária. Em segundo lugar, seria interessante analisar a influência que o formato dos pratos e da mesa de trabalho tem nas perdas energéticas, de maneira a obter as configurações mais favoráveis, em termos de formato e materiais.

Quanto ao circuito de potência, poderá ter interesse analisar qual a quantidade de resistências a utilizar, bem como a disposição mais favorável de maneira a obter melhores resultados. Deve também ser ponderada a necessidade de utilizar sensores com maior precisão. Um outro aspeto que pode ser analisado é o modo de funcionamento das resistências, de maneira a permitir que funcionem com diferentes configurações, de acordo com as necessidades do trabalho em causa.

No que diz ainda respeito à prensa desenvolvida, é fundamental, para o seu uso nas melhores condições possíveis, que sejam utilizados materiais adequados na produção de peças. Para tal é necessário estudar o comportamento de materiais compósitos com características que sejam compatíveis com os critérios de processamento atribuídos, e definir assim as matérias-primas adequadas à prensa.

Quanto à temática do desenvolvimento sustentável, é necessário implementar doravante os princípios de sustentabilidade em todos os aspetos da sociedade, e em particular em engenharia. Para tal é fundamental aumentar o investimento na investigação nesta área, para obter soluções cada vez mais eficazes. Parte disso passa também pelo desenvolvimento e adaptação de equipamentos já existentes, como se pretendeu fazer nesta dissertação, e também no estudo de materiais mais sustentáveis.

Referências

- Adib, Rana, HE Murdock, F Appavou, A Brown, B Epp, A Leidreiter, C Lins, HE Murdock, E Musolino, and K Petrichenko. 2016. "Renewables 2016 Global Status Report." *Global Status Report RENEWABLE ENERGY POLICY NETWORK FOR THE 21st CENTURY (REN21)*.
- Aneke, Mathew, and Meihong Wang. 2016. "Energy storage technologies and real life applications—a state of the art review." *Applied Energy* 179:350-377.
- Ashby, Michael F. 2009. *Materials and the environment: eco-informed material choice*: Elsevier.
- Baillie, Caroline. 2005. *Green composites: polymer composites and the environment*: CRC Press.
- Brundtland, Gro Harlem. 1987. "World commission on environment and development (1987): Our common future." *World Commission for Environment and Development*.
- Callister, William D. 2007. *Materials science and engineering: an introduction*. 7th ed: John Wiley & Sons.
- Carvalho, José António Beleza. 2014. *Neutro à terra* (13).
- Company, Eastman Kodak. 2004. *Kodak's ergonomic design for people at work*: John Wiley & Sons.
- Costa, Alfredo Bruto da, Isabel Baptista, Pedro Perista, and Paula Carrilho. 2008. "Um olhar sobre a pobreza. Vulnerabilidade e exclusão social no Portugal contemporâneo." *Lisboa: Gradiva*.
- Dicker, Michael PM, Peter F Duckworth, Anna B Baker, Guillaume Francois, Mark K Hazzard, and Paul M Weaver. 2014. "Green composites: A review of material attributes and complementary applications." *Composites part A: applied science and manufacturing* 56:280-289.
- Ekiert, M, A Mlyniec, and T Uhl. 2015. "The influence of degradation on the viscosity and molecular mass of poly (lactide acid) biopolymer." *Diagnostyka* 16 (4):63--70.
- Eurostat. "Water use in industry." accessed July 2017. http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Water_use_in_industry.
- Festo. 2016. Atuadores pneumáticos.
- FEUP. 2017. "Energia limpa e interligações energéticas." Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- FN, Chaudhry, and Malik MF. 2017. "Factors Affecting Water Pollution: A Review." *Journal of Ecosystem & Ecography*.
- GFN. 2017. "Ecological footprint." accessed 25th August. <http://www.footprintnetwork.org/our-work/ecological-footprint/>.
- Goodship, Vannessa. 2009. *Management, recycling and reuse of waste composites*: Elsevier.
- IEA. 2015. "Energy balances of OCDE countries."
- Initiative, European Electricity Grid. 2013. "Research and Innovation Roadmap 2013-2022." *Grid+* http://www.gridplus.eu/Documents/20130228_EEGI%20Roadmap%202013-2022_to%20print.pdf.
- IPCC. 2007. Climate Change 2007: Synthesis Report. In *IPCC Fourth Assessment Report*.

- Miranda, António Manuel Vasconcelos. 2012. "Tecnologias de armazenamento de energias- identificação do potencial e aplicações." Engenharia Electrotécnica e de Computadores, Universidade do Porto.
- Mohanty, AK, M Misra, and LT Drzal. 2002. "Sustainable bio-composites from renewable resources: opportunities and challenges in the green materials world." *Journal of Polymers and the Environment* 10 (1):19-26.
- NASA. 1998. Global Warming.
- OECD. 2015. "Material Resources, Productivity and the Environment." Green Growth.
- OMEGA. 2017. Cartridge heater.
- REN. 2016. Dados técnicos.
- Rexroth, Bosch. 2016. Screw Assemblies.
- Rockström, Johan, Will Steffen, Kevin Noone, Åsa Persson, F Stuart Chapin III, Eric Lambin, Timothy Lenton, Marten Scheffer, Carl Folke, and Hans Joachim Schellnhuber. 2009. "Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity." *Ecology and society* 14 (2).
- Rosen, Marc A. 2009. "Energy sustainability: a pragmatic approach and illustrations." *Sustainability* 1 (1):55-80.
- Rosen, Marc A. 2012. "Engineering sustainability: A technical approach to sustainability." *Sustainability* 4 (9):2270-2292.
- Sachs, Jeffrey D. 2015. *The age of sustainable development*: Columbia University Press.
- Shigley, Joseph E., and Charles R. Mischke. 2005. *Mechanical engineering design*. New York: McGraw Hill.
- SKF. 2016. Rolling bearings.
- Steffen, Will, Katherine Richardson, Johan Rockström, Sarah E Cornell, Ingo Fetzer, Elena M Bennett, Reinette Biggs, Stephen R Carpenter, Wim de Vries, and Cynthia A de Wit. 2015. "Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet." *Science* 347 (6223):1259855.
- Sweden. 2017. "The Swedish recycling revolution." accessed 1st September. <https://sweden.se/nature/the-swedish-recycling-revolution/>.
- UN, General Assembly. 2015. Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development. A/RES/70/1, 21 October.

ANEXO A:

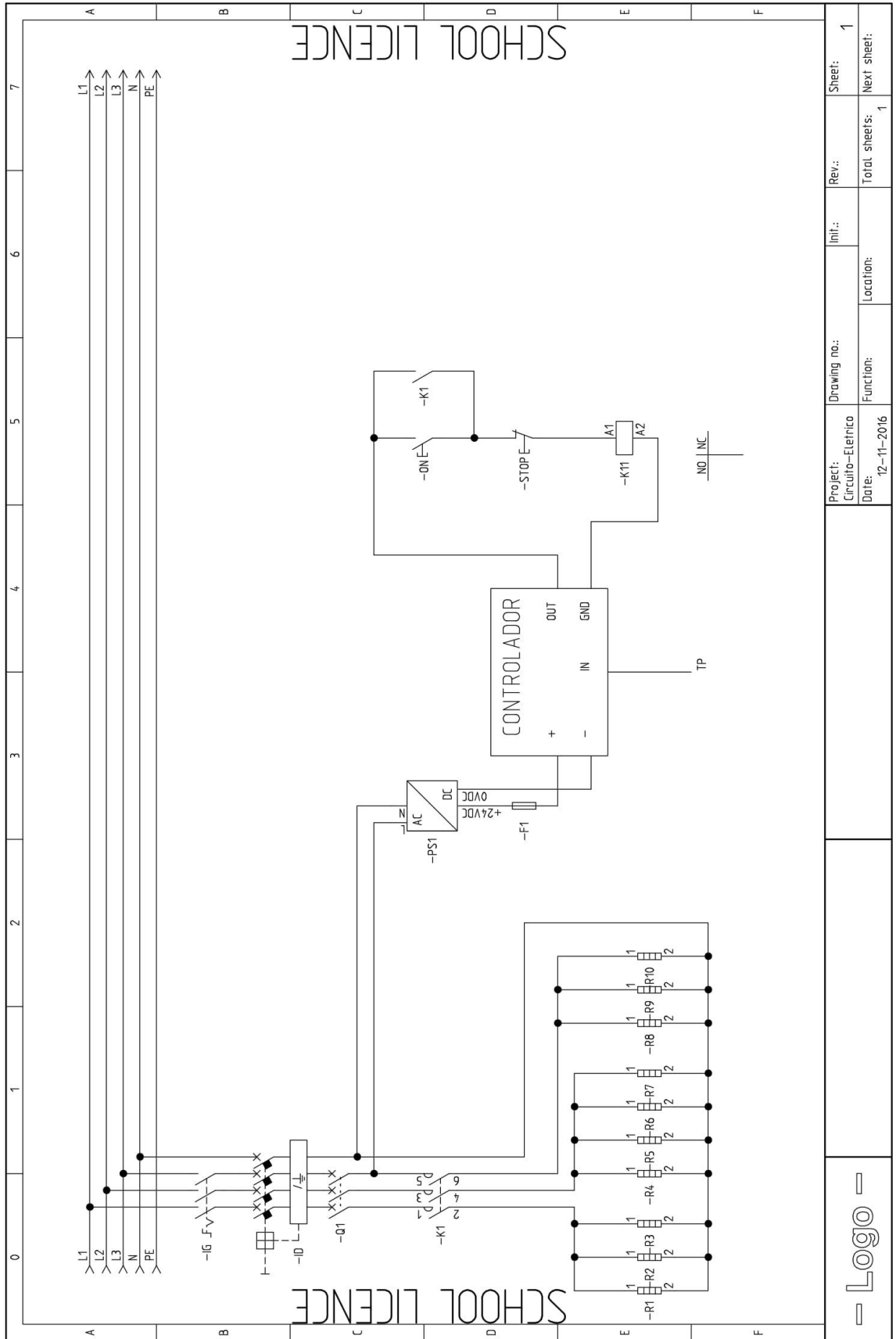
Matriz de Comparação

Função	Critério	Peso	Conceito 1		Conceito 2	
			Pontuação	Pontuação pesada	Pontuação	Pontuação pesada
Fonte de energia	Custo de aquisição	2	-	-	1	2
	Custo de operação/manutenção	3	-	-	-2	-6
	Facilidade de montagem	1	-	-	-1	-1
	Durabilidade	2	-	-	-1	-2
	Rendimento	2	-	-	2	4
	Produtividade	1	-	-	2	2
	Impacto ambiental	3	-	-	-2	-6
Conversão de corrente elétrica em calor	Custo de aquisição	2	-	-	-2	-4
	Custo de operação/manutenção	3	-	-	0	0
	Facilidade de montagem	1	-	-	1	1
	Durabilidade	2	-	-	2	4
	Rendimento	2	-	-	1	2
	Produtividade	1	-	-	0	0
	Impacto ambiental	3	-	-	-1	-3
Movimento do eixo vertical	Custo de aquisição	2	-	-	-2	-4
	Custo de operação/manutenção	3	-	-	-2	-6
	Facilidade de montagem	1	-	-	-1	-1
	Durabilidade	2	-	-	2	4
	Rendimento	2	-	-	0	0
	Produtividade	1	-	-	3	3
	Impacto ambiental	3	-	-	-1	-3

Função	Critério	Peso	Conceito 1	Conceito 2	Função	Critério
			Pontuação	Pontuação pesada	Pontuação	Pontuação pesada
Controlo de temperatura	Custo de aquisição	2	-	-	0	0
	Custo de operação/ manutenção	3	-	-	0	0
	Facilidade de montagem	1	-	-	0	0
	Durabilidade	2	-	-	0	0
	Rendimento	2	-	-	0	0
	Produtividade	1	-	-	0	0
	Impacto ambiental	3	-	-	0	0
			-	-	-1	-14

ANEXO B:

Esquema Elétrico do Sistema de Aquecimento



- Logo -

Project:	Circuitos-Eléctrica	Drawing no.:	Sheet:	1
Date:	12-11-2016	Function:	Total sheets:	1
		Location:	Next sheet:	

Init.:	
--------	--

--

ANEXO C:

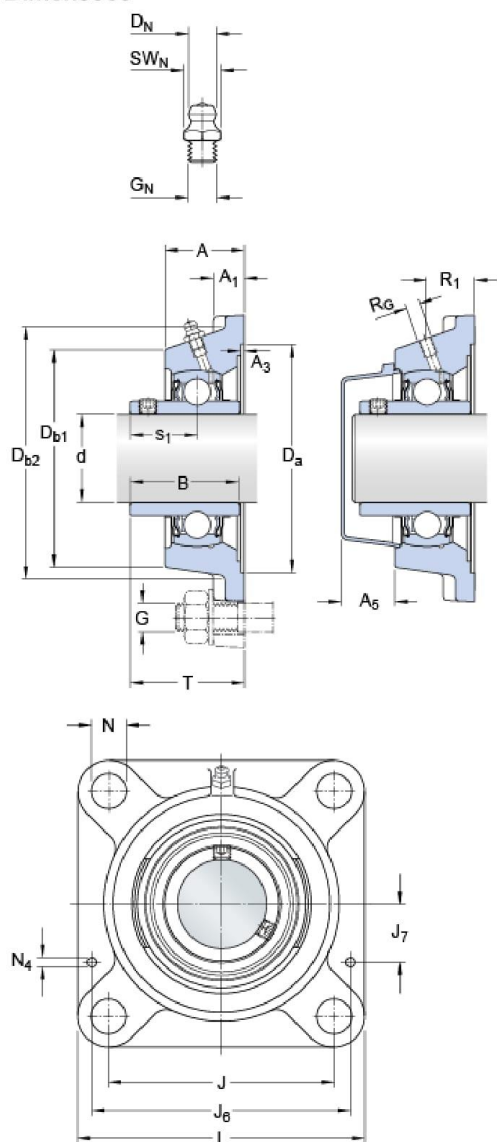
Especificações da chumaceira

FY 35 TF

Material do mancal

Em ferro fundido

Dimensões



d	35	mm
A	34.5	mm
A ₁	13	mm
A ₃	H14 3.2	mm
A ₅	22	mm
B	42.9	mm
D _a	H11 106.4	mm
D _{b1}	87	mm
D _{b2}	95	mm
J	92	mm
L	118	mm
N	14	mm
s ₁	25.4	mm
T	46.4	mm

Furo roscado

R _G	1/4-28 UNF
R ₁	22.5 mm

Pino graxeiro

D _N	6.5	mm
SW _N	7	mm
G _N	1/4-28 SAE-LT	

Pinos de ajuste

J ₆	106	mm
J ₇	29	mm
N ₄	4	mm

Dados de cálculo

Classificação de carga dinâmica básica	C	25.5	kN
Classificação de carga estática básica	C ₀	15.3	kN
Limite de carga de fadiga	P _u	0.655	kN
Velocidade-limite (com tolerância do eixo h6)		5300	r/min

Massa

Massa da unidade de rolamento		1.3	kg
-------------------------------	--	-----	----

Informações de montagem

Rosca do pino roscado	G ₂	M6x0.75	
Tamanho da chave sextavada para pino roscado	N	3	mm
Torque de aperto recomendado para pino roscado		4	N·m
Diâmetro recomendado para parafusos de fixação, mm	G	12	mm
Diâmetro recomendado para parafusos de fixação, em polegadas	G	0.5	in

Produtos relacionados

Mancal		FY 507 M	
Rolamento		YAR 207-2F	

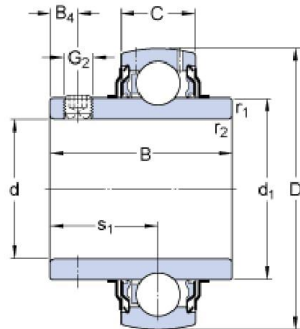
Produtos apropriados

Tampa de fechamento		ECY 207	
---------------------	--	---------	--

ANEXO D: Especificações do rolamento

YAR 207-2F

Dimensões



d	35	mm
D	72	mm
B	42.9	mm
C	19	mm
d ₁	≈ 46.1	mm
B ₄	6	mm
r _{1,2}	min. 1	mm
s ₁	25.4	mm

Dados de cálculo

Classificação de carga dinâmica básica	C	25.5	kN
Classificação de carga estática básica	C ₀	15.3	kN
Limite de carga de fadiga	P _u	0.655	kN
Velocidade-limite com tolerância do eixo h6		5300	r/min
Fator de cálculo	f ₀	14	

Massa

Massa do rolamento	0.45	kg
--------------------	------	----

Informações de montagem

Rosca do pino roscado	G ₂	M6x0.75
Tamanho da chave sextavada para pino roscado	N	3 mm
Torque de aperto recomendado para pino roscado		4 N·m

Produtos apropriados

Anel de assento de borracha	RIS 207 A
-----------------------------	-----------

ANEXO E:
Especificações do fuso de esferas

Configuration documentation
Ball Screw Assembly

Model code BASA / 50x5Rx3.5 / FEM-E-S - 5 / 00 / 1 / 0 / T5 / R / 21K350 / 21/GX/350 / 434 / 0 / 1

Description

Type		Ball Screw Assembly
Nut Type	FEM-E-S	Flange individual nut, standard series, Rexroth connection dimensions
Nut	R151251013	FEM-E-S 50 x 5R x 3,5-5 $C_{dyn.} = 38400 \text{ N} \cdot \text{Correction factor for tolerance grades } f_{ac}$
Nominal Diameter	50	$d_0 = 50 \text{ mm}$
Lead	5	$P = 5 \text{ mm}$
Direction of Lead	R	Screw Direction of Lead right (RH)
Ball diameter	3.5	$D_w = 3.5 \text{ mm}$
Number of circulations	5	$i = 5$
Seal	1	Standard Seal: Frictional torque T_{RD} ca. 0.5 Nm
Preload	0	C0 standard backlash max. 0.04 mm
Precision	T5	T5 (0.023mm/300mm) Correction factor for tolerance grades $f_{ac} = 1$
Screw	R	rolled precision spindle
Left screw end	L	floating end
Form	21	
Version	350	Fitting bearing (not included in delivery) R159063500 R159163510
Option	K	none
Right screw end	L	floating end
Form	21	
Version	350	Fitting bearing (not included in delivery) R159063500 R159163510
Option	GX	Internal thread $G = M10, t_G=18\text{mm}$
Overall length	434.0 mm	
Threaded length	400.0 mm	
Documentation	0	Standard report
Lubrication	1	preserved and basically greased

Please note:

Customized end forms are not checked for technical functionality. A separate sizing to determine the limits is mandatory. We will be glad to help you check the limits. For assistance, please use the function "request for advice".

ANEXO F:

Especificações da porca do fuso de esferas

Porca simples flangeada FEM-E-S

Medidas de conexão Rexroth

Com vedações
Parcialmente na versão esquerda
Classe de pré-carga: C0, C00, C1, C2, C3
Classe de tolerância: T3²⁾, T5, T7, T9

Nota: A unidade de lubrificação frontal está somente disponível para a versão direita.

⚠ Ao instalar, não encostar na unidade de lubrificação frontal.



Dados do pedido:

BASA	20 x 5R x 3	FEM-E-S - 4	00	1	2	T7	R	82Z120	41Z120	1250	0	1
------	-------------	-------------	----	---	---	----	---	--------	--------	------	---	---

d_0 = Diâmetro nominal
 P = Passo (R = à direita, L = à esquerda)
 D_w = Diâmetro da esfera
 i = Quantidade das recirculações

Categoria	Tamanho $d_0 \times P \times D_w - i$	Referência	Capacidades de carga ³⁾		Velocidade ¹⁾
			din. C (N)	estat. C ₀ (N)	v_{max} (m/min)
A	16 x 5R x 3 - 4	R1512 010 23	14 800	16 100	30
A	16 x 10R x 3 - 3	R1512 040 13	11 500	12 300	60
A	16 x 16R x 3 - 2	R1512 060 13	7 560	7 600	96
A	20 x 5R x 3 - 4	R1512 110 13	17 200	21 500	30
A	20 x 10R x 3 - 4	R1512 140 13	16 900	21 300	60
A	20 x 20R x 3,5 - 2	R1512 170 13	10 900	12 100	120
A	25 x 5R x 3 - 4	R1512 210 13	19 100	27 200	30
A	25 x 10R x 3 - 4	R1512 240 13	18 800	27 000	60
A	25 x 25R x 3,5 - 2	R1512 280 13	12 100	15 100	150
A	32 x 5R x 3,5 - 4	R1512 310 13	25 900	40 000	23
A	32 x 10R x 3,969 - 5	R1512 340 13	38 000	58 300	47
A	32 x 20R x 3,969 - 2	R1512 370 13	16 200	21 800	94
A	32 x 32R x 3,969 - 2	R1512 390 13	16 100	22 000	150
A	40 x 5R x 3,5 - 5	R1512 410 13	34 900	64 100	19
A	40 x 10R x 6 - 4	R1512 440 13	60 000	86 400	38
A	40 x 10R x 6 - 6	R1512 440 23	86 500	132 200	38
A	40 x 20R x 6 - 3	R1512 470 13	45 500	62 800	75
A	40 x 40R x 6 - 2	R1512 490 13	30 600	40 300	150
B	50 x 5R x 3,5 - 5	R1512 510 13	38 400	81 300	15
B	50 x 10R x 6 - 6	R1512 540 13	95 600	166 500	30
C	50 x 16R x 6 - 6	R1512 560 13	95 300	166 000	48
B	50 x 20R x 6,5 - 3	R1512 570 13	57 500	87 900	60
B	50 x 40R x 6,5 - 2	R1512 590 13	38 500	55 800	120
B	63 x 10R x 6 - 6	R1512 640 13	106 600	214 300	24
B	63 x 20R x 6,5 - 3	R1512 670 13	63 800	112 100	48
B	63 x 40R x 6,5 - 2	R1512 690 13	44 300	74 300	95
C	80 x 10R x 6,5 - 6	R1512 740 13	130 100	291 700	19
C	80 x 20R x 12,7 - 6	R1512 770 23	315 200	534 200	30
Versões com passo à esquerda					
B	16 x 5L x 3 - 4	R1552 010 03	14 800	16 100	30
B	20 x 5L x 3 - 4	R1552 110 13	17 200	21 500	30
B	25 x 5L x 3 - 4	R1552 210 13	19 100	27 200	30
B	32 x 5L x 3,5 - 4	R1552 310 03	25 900	40 000	23
B	40 x 5L x 3,5 - 5	R1552 410 03	34 900	64 100	19
B	40 x 5R x 6 - 4	R1552 440 03	60 000	86 400	38

1) Consulte "Velocidade característica $d_0 \cdot n$ " na página 141 e "Rotação crítica n_{cr} " na página 176

2) Classe de tolerância T3 para tamanhos segundo a tabela Página 12

3) As capacidades de carga são válidas apenas para classes de tolerância T3 e T5.

Em outras classes de tolerância, considere o fator de correção f_{bc} na página 141.

ANEXO G:

Especificações dos casquilhos do conjunto veio- excêntrico



Bushes EGB3020-E40-B (Series EGB..-E40-B)

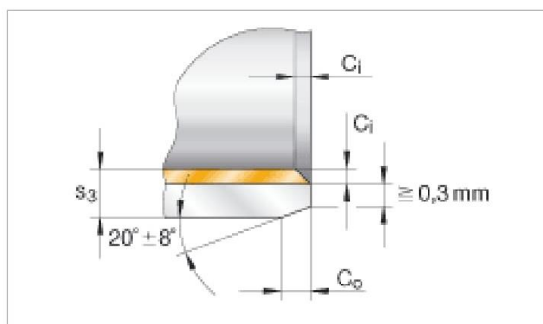
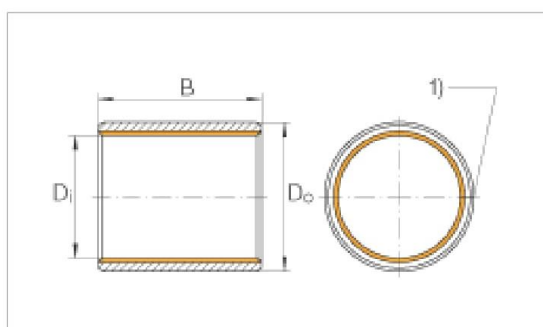
bushes, maintenance-free, with bronze backing

The datasheet is only an overview of dimensions and basic load ratings of the selected product. Please always observe all the guidelines in these overview pages. Further information is given on many products under the menu item "Description". You can also order comprehensive information via the Catalogue ordering system

(<http://www.ina.de/content.ina.de/en/mediathek/library/library.jsp>) or by telephone on +49 (91 32) 82 - 28 97.

D_i	30 mm
D_o	34 mm
B	20 mm Tolerance: $\pm 0,25$
	Recommended mounting tolerance:
	Shaft
	$dW < 80$: f7
	$dW \geq 80$: h8
	Housing bore
	H7
1)	Joint gap
C_i max	0,7 mm
C_i min	0,1 mm
C_o	1,2 mm Tolerance: $\pm 0,4$
s_3	2 mm
m	34,1 g Mass

Bushes in special sizes available by agreement.



ANEXO H:

Especificações dos casquilhos da placa de ejeção

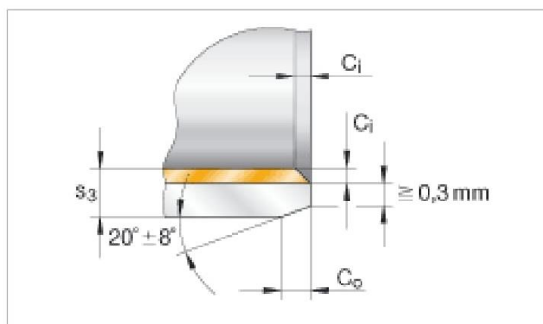
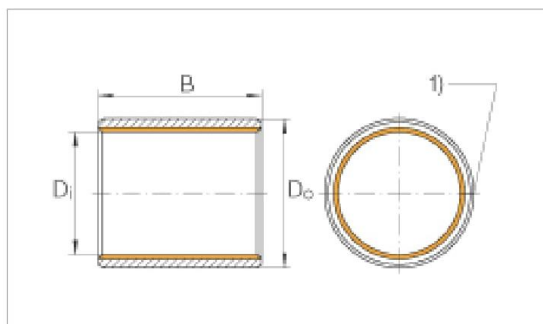


Bushes EGB1010-E40-B (Series EGB..-E40-B)

bushes, maintenance-free, with bronze backing

The datasheet is only an overview of dimensions and basic load ratings of the selected product. Please always observe all the guidelines in these overview pages. Further information is given on many products under the menu item "Description". You can also order comprehensive information via the Catalogue ordering system (<http://www.ina.de/content.ina.de/en/mediathek/library/library.jsp>) or by telephone on +49 (91 32) 82 - 28 97.

D_i	10 mm
D_o	12 mm
B	10 mm Tolerance: $\pm 0,25$
	Recommended mounting tolerance:
	Shaft
	$dW < 80$: f7
	$dW \geq 80$: h8
	Housing bore
	H7
1)	Joint gap
$C_{i \max}$	0,6 mm
$C_{i \min}$	0,1 mm
C_o	0,6 mm Tolerance: $\pm 0,4$
s_3	1 mm
m	2,8 g Mass
	Bushes in special sizes available by agreement.



ANEXO I: Especificações do manipulador

Descrição do artigo/Imagens dos produtos

**Descrição****Material:**

Termoplástico PA (poliamida), reforçado com shot peening ou PP (polipropileno) reforçado com shot peening.

Versão:

grafite escuro.

Indicação:

O furo de fixação é feito de uma forma, que os puxadores possam ser fixados com um parafuso de cabeça cilíndrica ou uma porca sextavada pelo lado de operação.

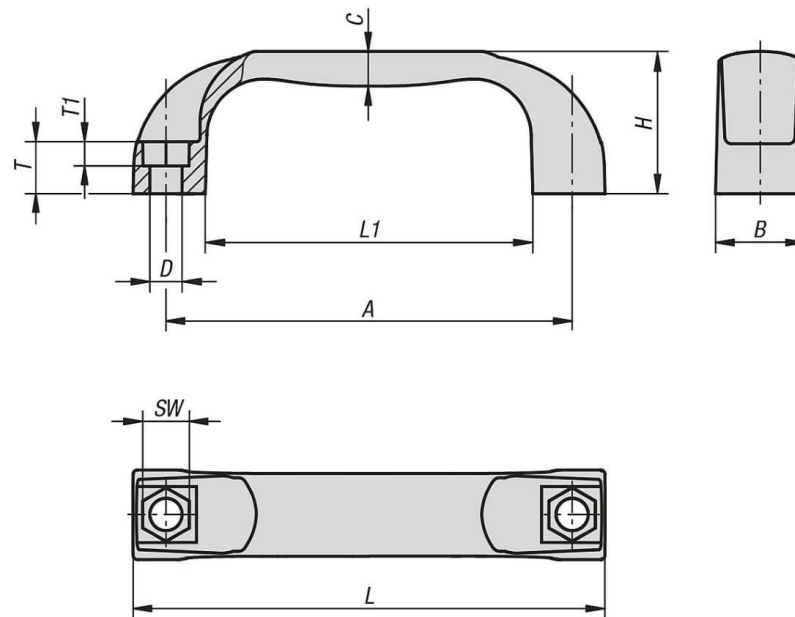
Montagem:

Pelo lado de operação ou traseiro.

Sob consulta:

Outras cores de alça.

Desenhos



Visão geral dos artigos

Código do artigo	Material do corpo básico	A	B	C	D	H	L	L1	SW	T	T1	Capacidade de carga N
06903-109406	Poliamida	94	21	8	6,6	36	109	76	10	13	6	1000
06903-111708	Poliamida	117	26	10	9	41	136	94	13	15	8	1500
06903-113208	Poliamida	132	27	11	9	44	154	112	13	16	8	1500
06903-117908	Poliamida	179	28	11	9	50	197	156	13	17	8	1500

06903 Puxadores industriais



Visão geral dos artigos

Código do artigo	Material do corpo básico	A	B	C	D	H	L	L1	SW	T	T1	Capacidade de carga N
06903-209406	Polipropileno	94	21	8	6,6	36	109	76	10	13	6	500
06903-211708	Polipropileno	117	26	10	9	41	136	94	13	15	8	800
06903-213208	Polipropileno	132	27	11	9	44	154	112	13	16	8	800
06903-217908	Polipropileno	179	28	11	9	50	197	156	13	17	8	800