

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA.**

**CAMPUS JOINVILLE
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM
MECATRÔNICA INDUSTRIAL**

SÉRGIO GEFFERSON GOMES

**PROJETO E CONSTRUÇÃO DE UM DISPOSITIVO
PARA ENSAIO DE FLUÊNCIA EM POLÍMERO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

SÉRGIO GEFFERSON GOMES

**PROJETO E CONSTRUÇÃO DE UM DISPOSITIVO
PARA ENSAIO DE FLUÊNCIA EM POLÍMERO**

JOINVILLE, 2015

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA
CAMPUS JOINVILLE
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM MECATRÔNICA
INDUSTRIAL**

SÉRGIO GEFFERSON GOMES

**PROJETO E CONSTRUÇÃO DE UM DISPOSITIVO
PARA ENSAIO DE FLUÊNCIA EM POLÍMERO**

**Submetido ao Instituto Federal
de Educação, Ciência e
Tecnologia de Santa Catarina
como parte dos requisitos de
obtenção do título de Tecnólogo
em Mecatrônica Industrial.**

**Orientador: André Kühl, Msc
eng.**

**Co-orientador: Emerson Luis de
Oliveira, Msc eng.**

JOINVILLE, 2015

Gomes, Sérgio Gefferson.

Projeto e construção de um dispositivo para ensaio de fluência/ Gomes, Sérgio Gefferson – Joinville: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, 2015. 106f.

Trabalho de Conclusão de Curso – Instituto Federal de Santa Catarina, 2015. Graduação. Curso Superior de Tecnologia em Mecatrônica Industrial. Modalidade: Presencial.

Orientador: André Kühn, Msc. eng

Co-orientador: Emerson Luis de Oliveira Msc. eng

1. Projeto 2. Construção Mecânica 3. Sistema de aquisição de sinal

I.Título. PROJETO E CONSTRUÇÃO DE UM DISPOSITIVO PARA ENSAIO DE FLUÊNCIA EM POLÍMEROS.

PROJETO E CONSTRUÇÃO DE UM DISPOSITIVO PARA ENSAIO DE FLUÊNCIA EM POLÍMEROS

SÉRGIO GEFFERSON GOMES

Este trabalho foi julgado adequado para obtenção do título de Tecnólogo em Mecatrônica Industrial e aprovado na sua forma final pela banca examinadora do Curso Mecatrônica Industrial do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina.

Joinville, 17 de Dezembro de 2015.

Banca Examinadora:

Prof^o. André Kühl, Msc.eng
Orientador

Prof^o. Emerson Luis de Oliveira, Msc.eng.
Co-orientador

Prof^o. Anael Preman Krelling, Msc.eng.
Avaliador

Prof^o. Valter Vander de Oliveira, Msc.eng.
Avaliador

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, o qual permitiu a superação dos desafios encontrados durante a concretização deste trabalho, bem como as inúmeras dificuldades deste que vos escreve.

A minha família, em especial aos meus pais, pela paciência que tiveram comigo.

Ao professor André Kühl, orientador deste tema, ao professor co-orientador Emerson Luis de Oliveira, pela ajuda e por terem compartilhado de seus conhecimentos, E ao professor Antônio Carlos Dias Pires, pela contribuição nos projetos em CAD e pelo interesse no tema abordado.

E a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a concretização deste projeto.

RESUMO

Cada vez mais os polímeros vêm ocupando lugar na indústria, porém, os materiais poliméricos apresentam comportamento viscoelastoplástico, ou seja, suas propriedades dependem do tempo. No caso do Polietileno de Alta Densidade (PEAD), esse comportamento é viscoelástico não linear, portanto, as propriedades do material dependem também do nível de tensão aplicada. Uma das formas de caracterizar o comportamento do PEAD é utilizar ensaios uniaxiais de fluência. Nesse trabalho foi realizada a construção de um dispositivo capaz de realizar ensaios de fluência. Para tal, seguiu-se as diretrizes da PDP, afim de, elaborar um dispositivo com o máximo de aceitação entre seus usuários. Foram elaborados projetos em software de CAD, a fabricação mecânica do mesmo teve o uso de máquinas convencionais e CNC. Após a montagem do dispositivo foram levantados possíveis sistemas de aquisição de sinal, e a escolha do mais viável.

Palavras-chave: PEAD; Ensaios uniaxiais de fluência; PDP; aquisição de sinal.

ABSTRACT

Increasingly polymers are occupying in the industry, however, the polymeric materials exhibit behavior viscoelastoplastic, that is, their properties depend on the time. In the case of high density polyethylene (HDPE), this behavior is non-linear viscoelastic therefore the material properties also depend on the applied tension level. One way to characterize the behavior of HDPE is using uniaxial creep. In this work the construction of a device capable of performing creep tests were performed. For this was followed by the PDP guidelines, in order to devise a device with as much acceptance among its members. Projects have been developed in CAD software, Mechanical manufacturing the same had the use of conventional and CNC machines. After mounting the device have been raised potential signal acquisition system, and choose the most viable.

Key-words: HDPE; Uniaxial creep; PDP; signal acquisition.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Principais Características do PEAD.....	26
Figura 2: Exemplo de teste de fluência.....	28
Figura 3: Viscosidade.....	29
Figura 4: Elasticidade.....	30
Figura 5: Processo de desenvolvimento de produtos.....	31
Figura 6: Diagrama de Kano.....	33
Figura 7: Atributos Gerais de Projeto.....	34
Figura 8: Padrão de Matriz QFD.....	38
Figura 9: Escala de Grau de Relacionamento.....	39
Figura 10: Escala de Grau de Relacionamento.....	39
Figura 11: KAPPA LA com Peso Morto.....	40
Figura 12: Modelo geral de estrutura de funções.....	43
Figura 13: Estrutura de Funções.....	44
Figura 14: Matriz Morfológica.....	45
Figura 15: Braço de Alavanca.....	46
Figura 16: Dispositivo com acionamento hidráulico.....	47
Figura 17: Terceira Alternativa.....	48
Figura 18: Extração dos CP.....	52
Figura 19: Dimensões de um CP segundo ASMT E8.....	52
Figura 20: Corpo de Prova em PEAD.....	53
Figura 21: Base de Fixação Superior.....	54
Figura 22: Base de Fixação Inferior.....	54
Figura 23: Tampa de Fixação.....	55
Figura 24: Coluna-Guia.....	56
Figura 25: Base do Mecanismo.....	56
Figura 26: Análise da massa do Peso-Morto.....	57
Figura 27: Exemplo de Movimento sem Lubrificação.....	58
Figura 28: Exemplo de Movimento com Lubrificação.....	58
Figura 29: Bucha Guia.....	59
Figura 30: CNC Simulator ©.....	61
Figura 31: Montagem do Dispositivo.....	63
Figura 32: Extensômetro uniaxial (a), biaxial (b) e triaxial (c).....	65
Figura 33: Tipos de ponte de Wheatstone.....	66
Figura 34: Amplificador de Instrumentação.....	67
Figura 35: Amplificadores.....	71
Figura 36: Placa DATAQ DI-158U.....	71

Figura 37: Gráfico Ensaio de Fluência.....	72
Figura 38: Ensaio de Fluência.....	72

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AMPOP – Amplificador Operacional

ASTM – American Society for Testing and Materials

3D – Três Dimensões

CAD - Computer Aided Design

CMRR – Common Mode Rejection Ratio

CNC – Comando Numérico Computadorizado

CP – Corpo de Prova

PDP- Política de Desenvolvimento de Produto.

PEAD – Polietileno de Alta Densidade

QFD - Quality Function Deployment

OPAMP – Operational Amplifier

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	21
1.1 OBJETIVO GERAL	22
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	22
1.3 PROBLEMA.....	22
1.4 JUSTIFICATIVA.....	23
 2 REVISÃO DE LITERATURA	 24
2.1 Os POLÍMEROS	24
2.1.1 CATEGORIAS DO PLÁSTICO	25
2.1.2 POLIETILENO DE ALTA DENSIDADE - PEAD	26
2.2 FLUÊNCIA.....	27
2.3 VISCOELASTICIDADE.....	28
 3. METODOLOGIA PARA O PROJETO	 31
3.1 PROJETO INFORMACIONAL.....	31
3.1.1 DIAGRAMA DE KANO	32
3.1.2 ATRIBUTOS DO DISPOSITIVO	34
3.1.3 DEFINIÇÃO DAS NECESSIDADES DO USUÁRIO	36
3.1.4 DESENVOLVIMENTO DA QFD	36
3.1.5 MODELO DE REFERÊNCIA.....	39
3.1.6 RESULTADOS DA MATRIZ QFD	41
3.2 PROJETO CONCEITUAL	41
3.2.1 MÉTODO DA FUNÇÃO SÍNTESE	41
3.2.2 MATRIZ MORFOLÓGICA	45
3.2.3 LEVANTAMENTO DE ALTERNATIVAS	46
3.2.4 MATRIZ DE PUGH	49
3.3 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO	51
3.3.1 O CORPO DE PROVA.....	51
3.3.2 BASES DE FIXAÇÃO (SUPERIOR E INFERIOR)	53
3.3.3 TAMPAS DE FIXAÇÃO	55

3.3.4 COLUNA GUIA.....	55
3.3.5 BASE DO MECANISMO	56
3.3.6 PESOS-MORTOS.....	57
3.3.7 BUCHA-GUIA	57
3.4 ESCOLHA DO MATERIAL	59
3.5 USINAGEM DOS COMPONENTES	60
3.6 MONTAGEM DOS COMPONENTES	62
4 SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE SINAL	64
4.1 EXTENSOMETRIA	64
4.2 PONTE DE WHEATSTONE	65
4.3 AMPLIFICADOR DE INSTRUMENTAÇÃO	67
5 CONCLUSÕES	73
REFERÊNCIAS	74
ANEXO A – DESENHOS TÉCNICOS	78
ANEXO B – PROGRAMAS CNC	89
ANEXO C – FERRAMENTAS UTILIZADAS.....	100
ANEXO D – MATRIZ QFD	104

1 INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos em muitas aplicações, os materiais metálicos vêm sendo substituídos por polímeros. Esse crescimento só se deve ao fato de que os materiais poliméricos apresentam propriedades interessantes em engenharia estrutural, como: boa resistência à abrasão, baixo custo, resistência à corrosão, boa resposta em fadiga, além de flexibilidade, fácil manufatura e baixo peso (KÜHL, A., 2014, p.13). Todavia, os materiais poliméricos apresentam um comportamento viscoelastoplástico, ou seja, a deformação varia com a temperatura ambiente e com o tempo, para certa tensão aplicada, de forma que a relação constitutiva dos polímeros dependerá sempre do fator tempo. Dentre os materiais poliméricos que vêm sendo constantemente pesquisados, foi abordado o Polietileno de Alta Densidade (PEAD), que possui comportamento viscoelástico não linear, ou seja, as deformações que ocorrem no material variam tanto com o tempo como com a tensão aplicada (WASILKOSKI, C. M., 2008, p.15).

Para caracterizar o comportamento viscoelástico dos materiais podem-se utilizar ensaios uniaxiais de fluência. Estes consistem na aplicação de uma carga constante onde a deformação é monitorada ao longo do tempo (KÜHL, A., 2011, p.19).

Neste trabalho são apresentados os projetos e a construção de um mecanismo capaz de medir a fluência em corpos-de-prova retirados de tubos de PEAD, através da aquisição de dados de um extensômetro acoplado no material.

O trabalho é estruturado em cinco capítulos. No primeiro capítulo apresentam-se os objetivos gerais e específicos desejados, os problemas relacionados ao tema e a justificativa da escolha do mesmo. No segundo capítulo será dada uma visão histórica dos materiais poliméricos enfatizando o PEAD, quanto às suas aplicações e explicações referentes ao comportamento viscoelástico não linear. O terceiro capítulo descreve a metodologia utilizada. O quarto capítulo refere-se aos componentes mecânicos e o funcionamento da máquina. Por fim, no quinto e último capítulo, apresentam-se as conclusões da pesquisa e recomendações para trabalhos futuros.

1.1 Objetivo Geral

O trabalho tem por objetivo geral projetar e desenvolver um mecanismo para realizar testes de fluência em PEAD. Desta forma, foram realizados projetos no software de CAD SolidWorks®. Com o projeto do dispositivo finalizado, partiu-se para a fabricação mecânica dos componentes.

Por fim, projetar um sistema de aquisição de sinal que consiga captar as deformações sofridas no corpo de prova, através de um extensômetro. Também faz parte dos objetivos deste trabalho:

1.2 Objetivos Específicos

- Projetar um mecanismo para fazer testes de fluência com os corpos de provas, através do software SolidWorks®;
- Fabricar os componentes do mecanismo no centro de usinagem presente na instituição, para tanto deverão ser gerados os devidos programas CNC;
- Realizar a aquisição de sinal através de um sistema capaz de medir a deformação sofrida pelo corpo de prova.

1.3 Problema

Com o aumento da tecnologia, os polímeros têm sido amplamente utilizados na indústria, principalmente no setor automobilístico.

Neto (2012, p.14) explica que:

Os plásticos estão sendo constantemente usados como substitutos dos materiais clássicos na indústria automobilística com o objetivo de reduzir peso, melhorar projeto e consequentemente reduzir custos de produção.

De maneira que, reduzindo tanto peso, quanto custos melhoram-se características como consumo de combustível, minimizando a emissão de gases no meio ambiente, etc.

Através desses dados, tem-se por principal meta: caracterizar, de forma simples, o comportamento viscoelastoplástico dos polímeros.

Para tal, faz-se necessário a construção de um dispositivo para ensaios de fluência, bem como a aquisição dos dados obtidos.

1.4 Justificativa

Para caracterizar o comportamento viscoelastoplástico, existem diversos modelos e formulações apresentados na literatura (KÜHL, 2011, p.15). Entretanto, a maioria destes procedimentos apresenta matemática complexa e/ou exige um número elevado de ensaios experimentais.

Com o rápido crescimento da utilização dos polímeros, em especial do PEAD, surge a necessidade de um equacionamento que exprime como o material vai reagir ao aumento da deformação ao longo do tempo. O tema estudado possui relevância, considerando que existem poucas pesquisas referentes ao comportamento viscoelastoplástico que permitem caracterizar as deformações de forma prática e simples. Além disso, o trabalho poderá servir como base para a caracterização da relação constitutiva do PEAD.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Neste capítulo serão abordados os conceitos referentes aos polímeros, dando ênfase ao PEAD, e em seguida será feita uma discussão sobre o comportamento viscoelastoplástico, fundamentação necessária para o entendimento do trabalho.

2.1 Os Polímeros

Por volta de 1860, o inglês Alexandre Parkes iniciou seus estudos com o nitrato de celulosa, que era um tipo de resina chamado de "Parkesina". O material era utilizado em estado sólido e tinha como características principais flexibilidade, resistência a água, cor opaca e fácil pintura (CARONE, 2011).

No mesmo ano o tipógrafo americano John Wesley Hyatt começou suas pesquisas para desenvolver um material capaz de substituir o marfim. Somente em 1870 que Hyatt obteve sucesso, aperfeiçoando a celulóide - uma versão comercial do nitrato de celulosa com adição de piroxilina, cânfora, álcool, polpa de papel e serragem. Nasceu, então, a primeira matéria plástica artificial (CARONE, 2011).

Em 1909, Leo Hendrik Baekeland desenvolveu um aparato que permitia o controle para variar o calor e a pressão da combinação de ácido carbólico (fenol) com formaldeído, criando a primeira resina totalmente sintética, a Baquelita (CARONE, 2011).

Segundo CARONE (2011):

Este material foi empregado para substituir inúmeros materiais naturais provenientes de animais, como marfim, cascos de tartarugas, madeira, etc, fabricando-se pentes, manivelas de facas, botões, bolas de bilhar, materiais elétricos, joias e em produtos fabricados até hoje com ela.

Após essas três principais descobertas, a evolução do plástico foi desenvolvida pelas grandes companhias, voltadas para as novas tecnologias de transformação em diversas áreas como a indústria espacial, automobilística, etc. (CARONE, 2011).

2.1.1 Categorias do Plástico

Os plásticos são materiais sintéticos formados pela união de grandes cadeias moleculares, os polímeros. Do grego, poli, que significa muitas, e mero, partes (FILHO, 2013, p.10).

Existem polímeros naturais e sintéticos. Os sintéticos geralmente são derivados do petróleo (FILHO, 2013, p.10) sendo produzidos industrialmente e dão origem aos plásticos. Os polímeros naturais podem ser encontrados em plantas e animais. A madeira, o algodão e o látex são alguns deles.

Os polímeros classificam-se em três categorias: Os elastômeros, termoplásticos e termoestáveis;

Os elastômeros, de origem natural ou sintética, possuem um elevado grau de elasticidade. Quando submetidos a uma tensão deformam-se significativamente (POLÍMEROS E MATERIAIS POLIMÉRICOS, 2010, p.06). Esta deformação é reversível. Retirada a tensão, o material volta às suas dimensões originais. Possui uma estrutura macromolecular, compostas por longas cadeias, enroladas e torcidas entre si o que lhes confere uma grande flexibilidade.

Já termoplásticos, passam por uma transformação física quando submetidos à pressão e calor, não sofrem mutação em sua estrutura química, e são reversíveis, ou seja, podem ser reaproveitados em novas moldagens (NETO, 2012, p.17). Exemplos desse tipo de material: os derivados de celulose, PVC rígido, PVC não rígido, polietileno de alta e baixa densidade, polipropileno, poliestireno, policarbonato, “nylon” e outros.

Os termoestáveis ou termofixos, por sua vez sofrem uma transformação química quando submetidos ao calor e pressão, e são irreversíveis, não podendo ser reaproveitados (FILHO, 2013, p.12). Pertencem a essa categoria os plásticos fenólicos, uréicos, o poliéster e a melanina.

2.1.2 Polietileno de Alta Densidade - PEAD

Dentre os tipos de polímeros, o Polietileno de Alta Densidade (PEAD), também conhecido como Altileno, vem se destacando em diversas áreas, principalmente pela sua característica única de atoxidade, de maneira que o mesmo pode ser utilizado em contato direto com alimentos (HIPERMETAL, 2009, p.01).

Possui uma absorção de umidade praticamente nula, de maneira que se torna impermeável tanto para líquidos como para gases. Apresenta baixo coeficiente de atrito e boa conformabilidade. Essas são algumas de suas características (HIPERMETAL, 2009, p.01).

As principais características do PEAD são mostradas abaixo:

Principais Características :

- | | |
|--|-------------------------------|
| - Baixo coeficiente de atrito; | - Anti-aderente; |
| - Excelente resistência química; | - Auto-lubrificante; |
| - Soldável, moldável e estampável; | - Boa resistência dielétrica; |
| - Pode ser aditivado; | - Boa resistência ao impacto. |
| - Baixo peso específico (0,95 g/cm ³); | |

Figura 1: Principais Características do PEAD

Fonte: HIPERMETAL (2009, p.01)

Em comparação a alguns materiais ferrosos, o PEAD se destaca em várias propriedades, como por exemplo, o fator de resistência, que é o fator que define o aumento na perda de carga por fricção do material que estiver passando dentro de um tubo de PEAD. A tabela 1 mostra alguns dados de fator de resistência para vários materiais.

Segundo dados da Interplast:

	Novo Tubo 'n'	Antigo Tubo 'n'
PEAD	0,008	0,008
Ferro Dúctil	0,012	0,014
Ferro Fundido	0,013	0,015
Aço	1,012	0,013

Tabela 1 : Fator de Resistência

Fonte: INTERPLAST, (2011, p.01)

Onde n é o coeficiente de atrito. Como se pode observar, o PEAD em relação aos materiais ferrosos possui menor resistência ao atrito, o que torna o fluxo dentro de uma estrutura feita desse material constante e com menos resistência ao atrito.

Entretanto, estes materiais são caracterizados pelo comportamento viscoelástico, ou seja, reúnem propriedades viscosas, típica de fluidos, com propriedades elásticas e plásticas, que por sua vez são típicos de sólidos (POLÍMEROS E MATERIAIS POLIMÉRICOS, 2010). Esse comportamento deve ser investigado.

2.2 Fluência

A fluência é um fenômeno de deformação progressiva, lenta, sob ação de uma carga constante aplicada durante longo período de tempo (DIETER, 1981).

Abaixo um exemplo de teste de fluência. Como se observa, a carga é linear, ou seja, não varia, todavia, os elementos “deslocamento” e “deflexão” variam conforme o tempo.

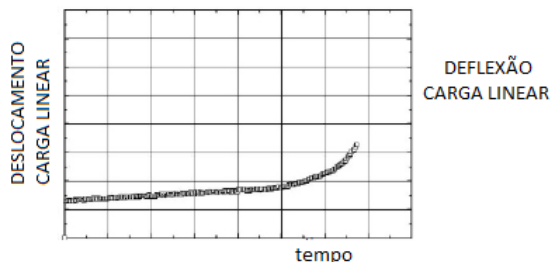


Figura 2: Exemplo de teste de fluência

Adaptado: MESSPHYSIK, (2014, p.4).

2.3 Viscoelasticidade

Para entender a viscoelasticidade é necessário entender dois outros tipos de comportamentos mecânicos, a **viscosidade** e a **elasticidade**:

Viscosidade: é a característica que o material possui de resistir ao escoamento quando lhe é aplicada uma força F .

Uma vez que a mesma é retirada, o material para de escoar. Este fenômeno é representado pelo elemento viscoso, conforme a Lei de Newton para viscosidade, em que:

$$\sigma = \eta \dot{\gamma}.$$

Onde:

σ : tensão viscosa;

η : coeficiente de atrito;

$\dot{\gamma}$: deslocamento.

É representado conforme a figura 3.

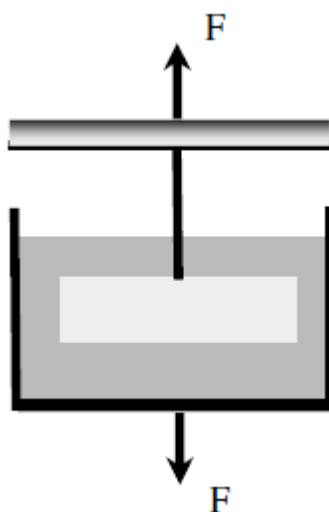


Figura 3: Viscosidade
 Fonte: PINHO, S. T. (2005, p.2)

A Elasticidade: ocorre nos materiais que não escoam, geralmente sólidos, o material se deforma enquanto lhe é aplicada a força, mas quando a mesma é retirada o material volta a sua forma original (PINHO, 2005, p.02).

É representado por uma mola, e caracterizado pela Lei de Hooke, sendo:

$$\sigma = E \cdot \varepsilon$$

Onde:

σ : tensão viscosa;

E : módulo de elasticidade;

ε : deformação específica.

Representado conforme a figura 4.



Figura 4: Elasticidade

Fonte: PINHO, S. T. (2005, p.3)

Viscoelasticidade é a união desses dois comportamentos, ou seja, o material possui tanto comportamento viscoso como comportamento elástico.

A viscoelasticidade depende do tempo em que a força é aplicada, quando comparada com a escala de tempo do material (PINHO, 2005, p.03).

3. METODOLOGIA PARA O PROJETO

Neste capítulo serão apresentadas as informações levantadas para o projeto do dispositivo para análise de fluência do PEAD. Para tanto, seguiu-se alguns passos, descritos abaixo:

- Projeto Informacional;
- Projeto Conceitual;
- Desenvolvimento do projeto no CAD;
- Usinagem e montagem dos componentes.

3.1 Projeto Informacional

Para a realização de um projeto de algum tipo de produto, existe um cronograma sugerido pela PDP, Política de Desenvolvimento de Produto (PEREIRA, 2013).

Esse cronograma visa a concepção de um produto com o menor número de defeitos possível. Esse cronograma é mostrado a seguir:

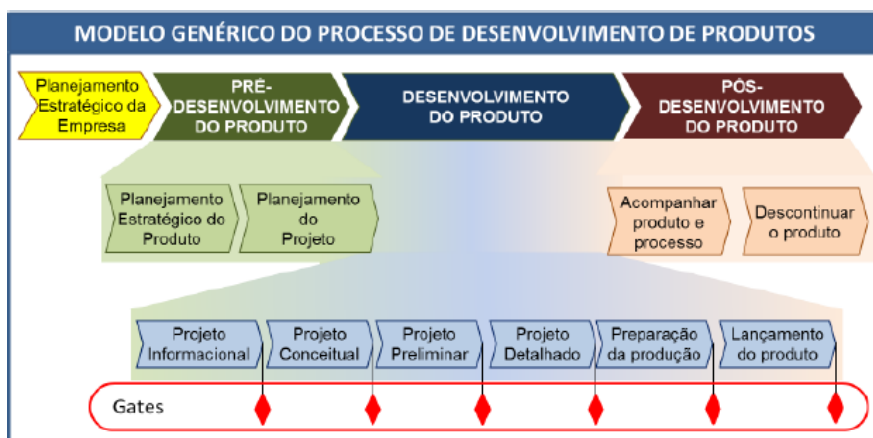


Figura 5: Processo de desenvolvimento de produtos.

Fonte: PEREIRA, (2013, p.2).

O primeiro passo desenvolvido é o Projeto Informacional, durante essa etapa, sugerida pela PDP, devem ser levantadas

questões que irão definir como deverá ser o projeto (FERREIRA, 2013).

Através da relação dos requisitos de cliente e requisitos do produto, resumidos em uma QFD (Quality Function Deployment), que apresentará quais os requisitos de projeto mais importantes, para que em seguida seja realizado o chamado projeto conceitual (FERREIRA, 2013).

O projeto conceitual será dividido em Diagrama de Kano, atributos do dispositivo, definição das necessidades do cliente, estudo de mercado, desenvolvimento de alternativas.

3.1.1 Diagrama de Kano

O diagrama de Kano é um método para o desenvolvimento ou melhoria de produtos, baseado na caracterização das necessidades do cliente. (SARTORI, 2009, p.3).

O diagrama de Kano pode ser dividido em vários tipos de atributos, os que serão utilizados nesse dispositivo foram baseados em Sartori (2009) são:

- Atributo obrigatório (O): se este não estiver presente ou se o grau de desempenho for insuficiente, o cliente ficará insatisfeito, por outro lado, se estiver presente ou tiver grau de desempenho suficiente, não trará satisfação;
- Atributo neutro (N): refere-se aos aspectos que não são bons e nem ruins, conseqüentemente, eles não resultam em qualquer satisfação ou insatisfação do cliente;
- Atributo atrativo (A): este atributo é ponto-chave para a satisfação do cliente, se tiver alto grau de desempenho trará plena satisfação, porém, não trará insatisfação ao cliente se não for atendido;
- Atributo reverso (R): refere para o alto grau de desempenho resultando na insatisfação (e vice versa, o baixo grau de desempenho resultando na satisfação) e para o fato de não ser semelhante para todos os clientes;

Como se trata de um dispositivo para ensaio de fluência, os atributos foram divididos da seguinte forma:

- Atributos obrigatórios: Medir fluência, gerar gráficos de deformação / tempo;
- Atributos neutros: Não poderá haver qualquer tipo de deformação além da fluência;
- Atributos atrativos: Mecanismo de pequeno porte, baixo custo de produção, layout amigável, design aprimorado;
- Atributos reversos: Medição imprecisa, elevado custo, grande porte.

Através desses atributos gerados, têm-se o seguinte diagrama de Kano:

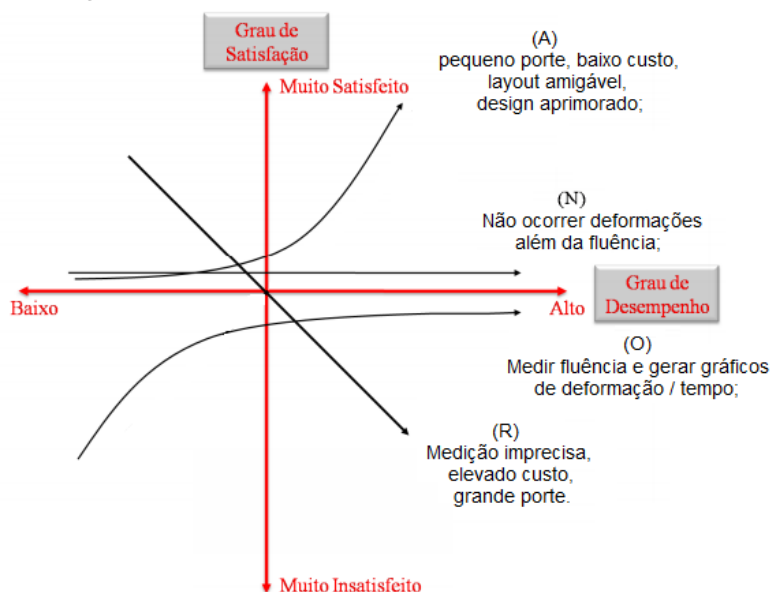


Figura 6: Diagrama de Kano

Fonte: O Autor.

Uma vez que têm-se o diagrama de Kano gerado, já é possível identificar quais os parâmetros que o projeto deverá possuir para que o cliente (usuário do produto) esteja satisfeito.

3.1.2 Atributos do Dispositivo

Para atingir as metas estabelecidas pelo Diagrama de Kano levantaram-se as características e/ou atributos que o dispositivo deverá apresentar.

Segundo Ferreira (2013), os atributos gerais são divididos em: atributos básicos e atributos de ciclo de vida;

As ramificações desses dois são demonstradas a seguir:

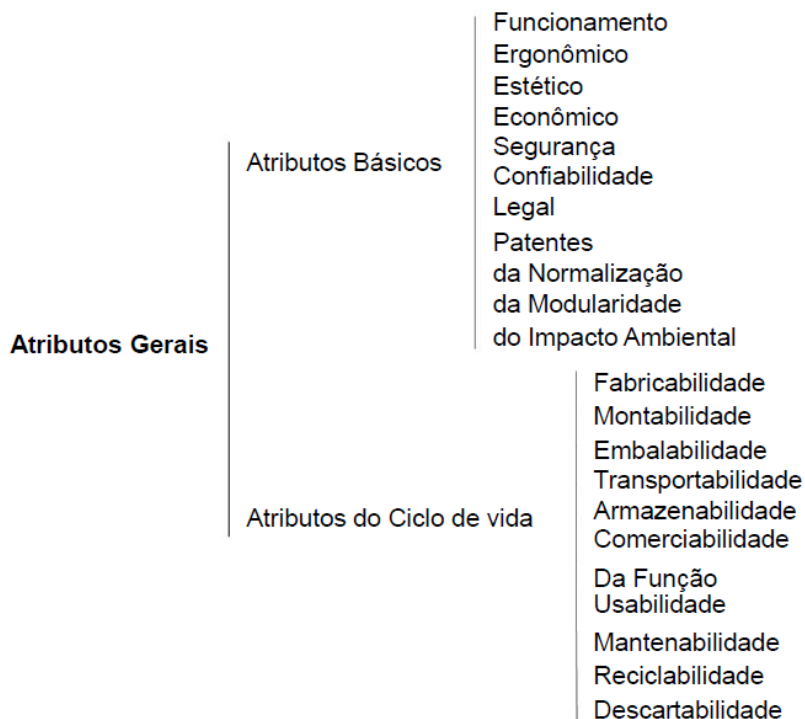


Figura 7: Atributos Gerais de Projeto

Fonte: FERREIRA, (2013, p.12).

Esses requisitos vão de encontro ao presente projeto da seguinte forma:

➤ **Atributos Básicos:**

- Funcionalidade: O corpo de prova deve ser facilmente acoplado no mecanismo;
- Ergonomia: A interface homem-máquina (computador) deve estar bem posicionada em relação à estrutura da máquina;
- Estética: A interface deve ser amigável ao operador;
- Econômico: Os mecanismos devem ser desenvolvidos com materiais de baixo custo;
- Segurança: Deve ser livre de arestas cortantes.
- Confiabilidade: As aquisições de dados devem ser precisas;
- Normalização: Deve estabelecer os requisitos mínimos para a prevenção de acidentes, conforme NR12, corpo de prova deve obedecer a norma ASMT E8;
- Impacto Ambiental: Deverá demonstrar as vantagens na utilização de materiais poliméricos, como alternativa a materiais que representam maior degradação no meio ambiente.

➤ **Atributos de Ciclo de Vida:**

- Fabricabilidade: Deverá ser projetado de forma que a usinagem dos componentes seja facilitada;
- Montabilidade: Deverá ser projetado de maneira que as partes móveis do mecanismo sejam de fácil montagem, com engates rápidos e roscas.
- Transportabilidade: Como o mesmo será portátil, de pequeno porte, e baixo peso.
- Comerciabilidade: Possuirá peças de fácil fabricação e baixo custo, podendo se aplicar em larga escala;
- Da função de usabilidade: O mecanismo possuirá uma interface amigável;

- Mantenabilidade: A manutenção do mesmo será facilitada já que toda a estrutura é móvel, e as peças podem ser facilmente substituídas;

3.1.3 Definição das necessidades do usuário

Segundo Ferreira (2013), através da relação entre os atributos básicos e os atributos de ciclo de vida, é possível identificar as necessidades do cliente, ou usuário.

A relação é demonstrada na tabela a seguir:

Atributos básicos do produto – cruzamento das necessidades								
Ciclo de vida	Funcionamento	Ergonomia	Estética	Economia	Segurança	Confiança	Normalização	Impacto Ambiental
Fabricar	Precisão	Fácil usinagem	Bom acabamento	Custo benefício do material	Livre de cantos vivos	CNC	ASMT E8	Tipo de material
Montar	Partes móveis	Rápida montagem	Elementos de fixação	Elementos métricos		DIN		
Transporte		Leve		Volume				
Comerciável	Confiável		Layout amigável	Material utilizado	NR12	DIN	ASMT E8	
Usabilidade		Posição do operador						
Manutenção		Fácil desmontagem do mecanismo	Auto - lubrificação	Reduzir manutenção				Lubrificante sólido

Tabela 2: Relação dos atributos

Fonte: O Autor

3.1.4 Desenvolvimento da QFD

Para relacionar os requisitos de projeto aos requisitos de cliente, utilizou-se a ferramenta denominada QFD: Quality Function Deployment, ou Desenvolvimento da Função Qualidade.

Conforme FERREIRA (2013):

É uma técnica que auxilia na organização, tratamento e análise das necessidades dos clientes e requisitos de projeto de produtos, considerando aspectos relacionados ao ciclo de vida de produtos.

Ou seja, através da QFD será possível garantir que as necessidades do usuário do projeto imponham como deverá ser tanto o projeto como a produção do mesmo.

Os principais objetivos ao se implementar um QFD no projeto são:

1. Manter uma interpretação fiel dos objetivos do projeto, baseados nas necessidades dos clientes, ao longo de todas as etapas do ciclo de vida do produto;
2. Redução do número de reclamações sobre o produto;
3. Desenvolver um produto em ciclo de tempo menor, minimizando o re-projeto e propiciando que o produto atenda as necessidades dos clientes.
4. Reduzir as mudanças de engenharia;
5. Reduzir custos e aumentar a produtividade, por meio de planejamento e prevenção de problemas;

Para a utilização da Matriz QFD existe um padrão a ser seguido, conforme a figura 8.

Têm-se os requisitos do cliente (1), requisitos do projeto (2), relacionamento entre ambos (3), pontuação dos requisitos (4), telhado da matriz, relacionamento entre os requisitos (5), Avaliação de produtos “concorrentes” (6) e por fim o resultado obtido na Matriz propriamente dita (7).

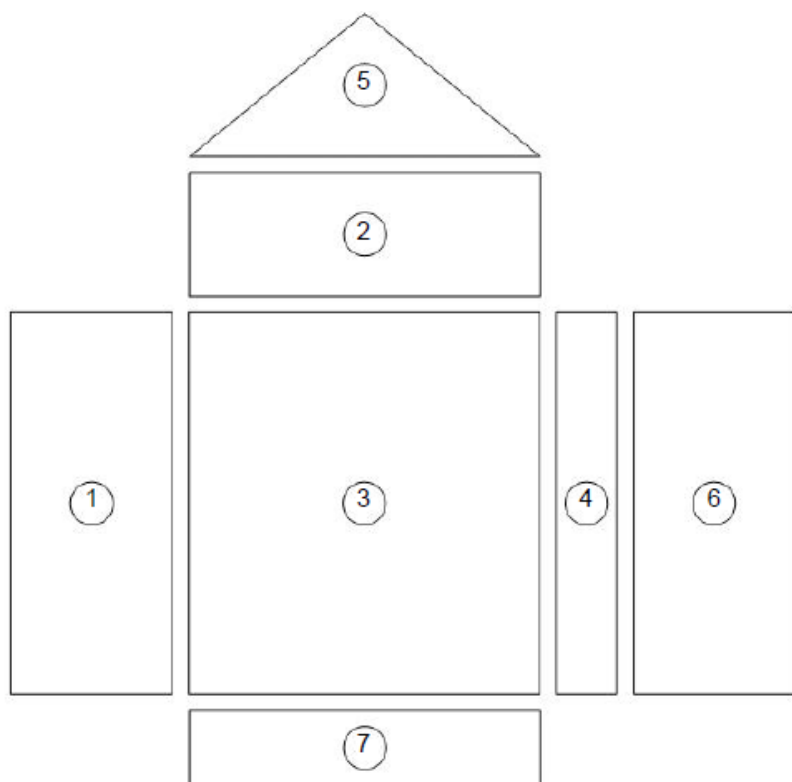


Figura 8: Padrão de Matriz QFD

Fonte: FERREIRA, (2013, p.50).

Existem duas formas de relacionar os requisitos de cliente aos requisitos de produto, isto é, nos endereços (3) e (5), a diferença é que, no endereço 3 se avalia se os requisitos possuem um relacionamento forte, médio, fraco ou nulo, conforme a figura 9:



Figura 9: Escala de Grau de Relacionamento

Fonte: FERREIRA, (2013, p.64).

No caso do telhado da matriz, o relacionamento é dado em função de o relacionamento ser fortemente positivo, positivo, negativo ou fortemente negativo, conforme a figura 10:

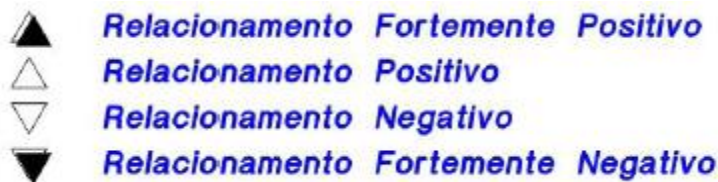


Figura 10: Escala de Grau de Relacionamento

Fonte: FERREIRA, (2013, p.64).

3.1.5 Modelo de Referência

Seguindo os moldes de Ferreira (2013), para a elaboração da Matriz QFD, viu-se a necessidade de um estudo de modelos de referência, ou seja, estudar os modelos de mecanismos de ensaio de fluência que já existem no mercado, para tê-los como base.

Durante as pesquisas sobre o tema, encontrou-se os produtos da fabricante KAPPA, que desenvolve diversos mecanismos para ensaios de fluência, tração e compressão.

Dentre os mesmos, o modelo para ensaio de fluência utilizado é o chamado **KAPPA LA** com peso morto, demonstrado na figura 11:



Figura 11: KAPPA LA com Peso Morto

Fonte: MESSPHYSIK, (2014, p.1).

As características desse mecanismo segundo a fabricante são:

- Sem atrito, sem abrasão e com aplicação constante de força;
- Máxima precisão, confiabilidade e durabilidade;
- Articulações axiais no eixo de carga.

Utilizou-se esse modelo para comparação, durante a matriz QFD.

3.1.6 Resultados da Matriz QFD

Uma vez que os dados foram levantados, é possível deduzir quais os requisitos de projeto que deverão ser considerados mais importantes. São eles:

- Detalhamento;
- Roscas métricas;
- Normas DIN;
- Aquisições de dados precisas;
- Medidas em milímetros.

Os dados da Matriz QFD estão disponíveis nos anexos.

3.2 Projeto Conceitual

Com a matriz de QFD finalizada, têm-se o projeto informacional concluído, a próxima etapa é o projeto conceitual.

Durante o projeto conceitual, tem-se por meta a criação de uma modelagem funcional do produto, através da geração de alternativas de possíveis concepções que poderiam atender aos requisitos tanto de projeto como de cliente.

Conforme NETO e FAVARETTO (2005):

O projeto conceitual deverá definir as linhas básicas em termos de forma e função do produto, sem preocupar-se com soluções tecnicamente viáveis. Durante esta etapa do desenvolvimento deve-se evitar o excesso de restrições, ou seja, todas as alternativas (idéias) são válidas para atender às necessidades especificadas.

Uma vez geradas as possíveis concepções de alternativas, faz-se a escolha da melhor concepção através da chamada Matriz de Pugh. A qual será apresentada a seguir.

3.2.1 Método da Função Síntese

A primeira etapa do projeto conceitual, segundo Ferreira (2013), é a caracterização das funções Global, Parcial e Elementar.

Função Global do sistema, ou projeto, é caracterizada pelas formas de energia que estarão atuando no projeto.

São elas energias que entram e saem do sistema, material que entra e sai e sinais que entram e saem do sistema.

Como se trata de um dispositivo para teste de fluência, a função global é a medição de fluência em si. Em exclusivo, medição de fluência em corpos de prova de PEAD.

As energias que estarão entrando no sistema são:

- Energia Elétrica: Que alimentará a parte de aquisição de dados;
- Energia Mecânica: Utilizada para fixação dos elementos, entre outras.
- Energia Gravitacional: Que auxiliará no deslocamento dos componentes;
- Energia Solar: Pois o dispositivo não estará em nenhum local isolado;
- Energia Vibratória: Decorrente de todas as ondas sonoras ao redor do mesmo.

As energias que saem do sistema são:

- Energia Térmica: Através do atrito entre os componentes;
- Energia Elétrica: Através dos dados adquiridos pela ponte de Wheatstone;
- Energia de Deformação: A resposta do corpo de prova em relação à carga aplicada nele.

Referente aos sinais que entram no sistema são os sinais elétricos referentes ao *Strain Gage*, e os sinais que saem do sistema são referentes à variação de resistência do mesmo.

Os materiais que entram no sistema são o corpo de prova e os elementos de fixação, parafusos, porcas, arruelas.

E por fim, os materiais que saem do sistema durante os testes de fluência são referentes ao desgaste dos materiais.

Tendo definido esses parâmetros da função global, o próximo passo é desdobramento da função global nas funções parciais e por fim nas funções elementares.

Seguindo o modelo de FERREIRA (2013):

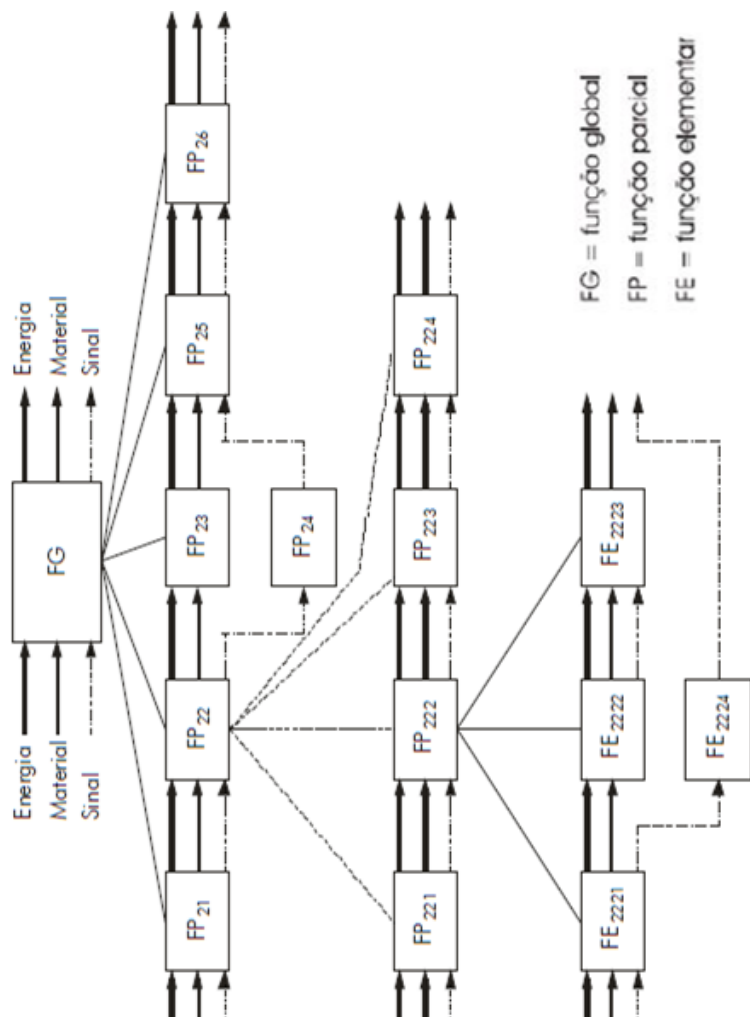


Figura 12: Modelo geral de estrutura de funções

Fonte: FERREIRA, (2013, p.59).

Através desse modelo obteve-se a seguinte estrutura de funções:

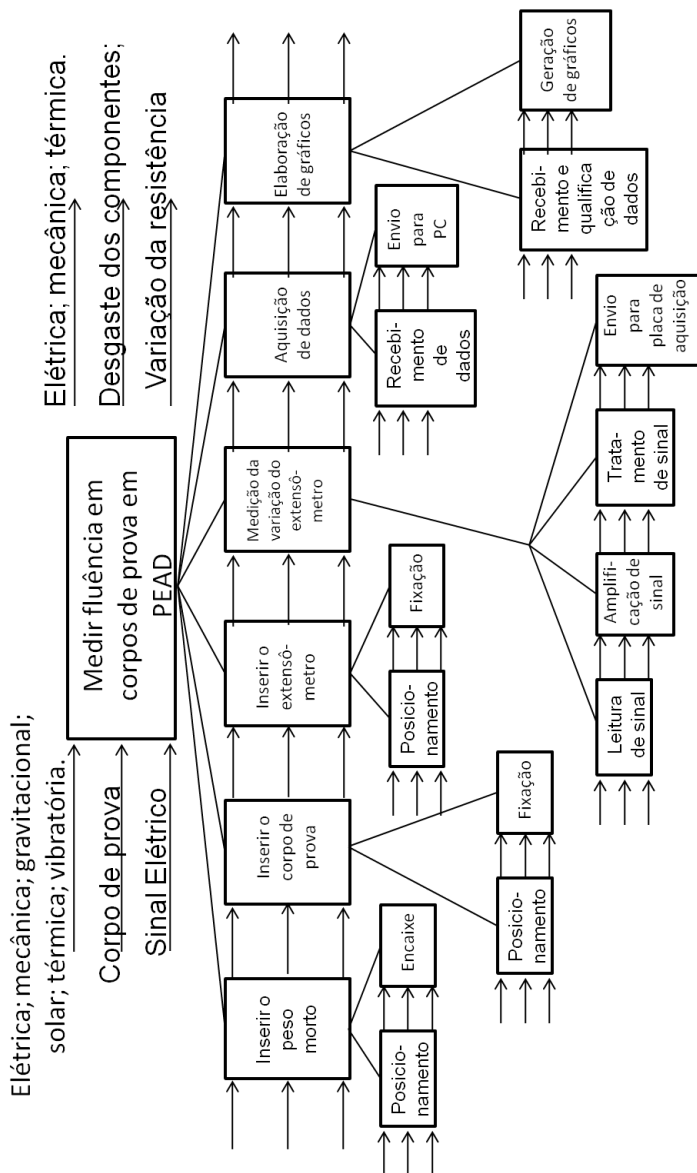


Figura 13: Estrutura de Funções

Fonte: O Autor.

3.2.2 Matriz Morfológica

Uma vez que a estrutura geral das funções do projeto é conhecida, parte-se para a chamada Matriz Morfológica.

Essa técnica, idealizada por Fritz Zwicky (1969), propõe o cruzamento dos componentes de um dado problema com suas possíveis soluções (FERREIRA, 2013, p.68).

A mescla desses elementos servirá de inspiração para novas ideias.

Para o desenvolvimento da Matriz Morfológica, utilizam-se as funções do projeto, tanto geral, parcial e elementar.

O resultado dessa Matriz é encontrado a seguir:













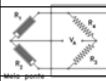
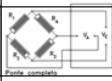
a) Colocação dos pesos mortos	a.1 Posição dos pesos mortos		
	a.2 Sentido dos pesos		
b) Alimentação	b.1 Posição do corpo de prova		
	b.2 Sentido da alimentação		
c) Inserir extensômetro	c.1 Posição do Extensômetro		
	c.2 Sentido do extensômetro		
d) Medição da variação do extensômetro	d.1 Leitura de sinal		
	d.2 Amplificação de sinal	AMPOP	Placa de amplificação
	d.3 Tratamento de sinal	Filtro passa alta	Filtro passa baixa
	d.4 Envio para placa de aquisição	Cabo Flat	Placa conectada

Figura 14: Matriz Morfológica

Fonte: O Autor.

3.2.3 Levantamento de alternativas

Através da matriz morfológica, foram levantadas características para melhor atender a construção do mecanismo, sempre visando atingir os requisitos de produto que mais se destacaram na matriz QFD.

Dessa forma, foram levantadas três alternativas, descritas a seguir:

3.2.3.1 Alternativa 1

Esta consiste em um mecanismo com braço de alavanca, quanto maior o braço de alavanca, maior é a força aplicada (KÜHL, 2011, p.25).

A figura a seguir ilustra essa alternativa:

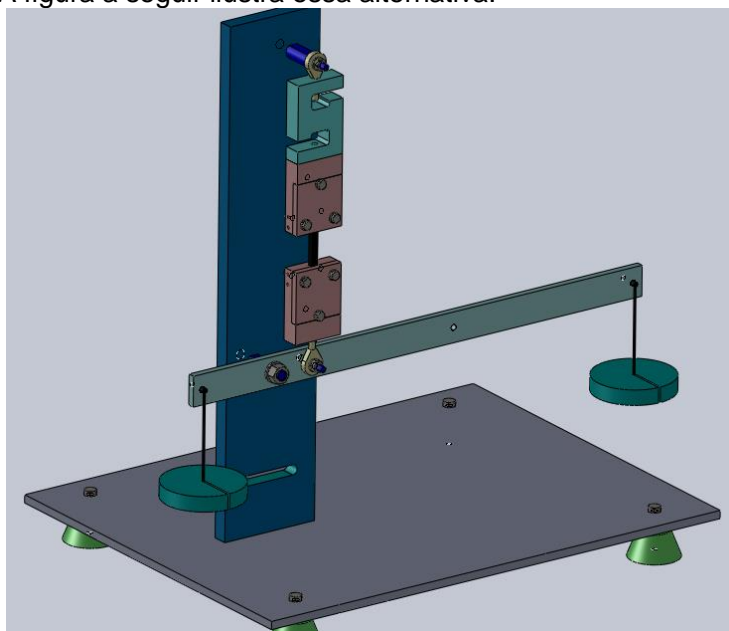


Figura 15: Braço de Alavanca

Fonte: KÜHL, (2011, p.26).

Vantagens: Menos componentes usinados, ou seja, um menor tempo de usinagem. Com braço de alavanca os pesos mortos poderiam ser menores.

Desvantagens: Possui uma estética desagradável, necessidade de habilidades com solda. Principal desvantagem são o tamanho da base e do braço de alavanca, esses problemas afetam a transportabilidade do mecanismo, uma vez que o mesmo deverá ser portátil e de pequeno porte, como já definido nos requisitos de projeto. Alto custo e como foi feito em aço 1020 necessita de resistência à oxidação.

3.2.3.2 Alternativa 2

Tentando substituir o braço de alavanca e o tamanho e fixação da base (por solda), pensou-se na ideia de utilizar componentes hidráulicos, o que resultaria em um mecanismo mais compacto, conforme ilustração a seguir:

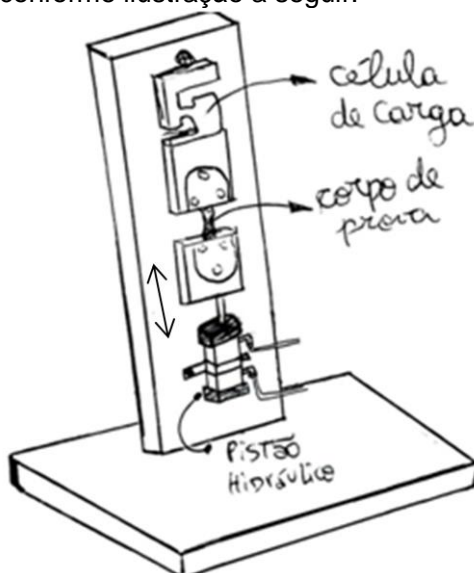


Figura 16: Dispositivo com acionamento hidráulico

Fonte: O autor.

Tem como desvantagem a dificuldade encontrada para fixação do pistão hidráulico e da posição de trabalho do mesmo, uma vez que enquanto estivesse em repouso não poderia comprimir o corpo de prova.

Outros fatores negativos seriam: a necessidade de uma bomba hidráulica, o que também iria diminuir a transportabilidade do mecanismo e o aumento do custo do projeto.

3.2.3.3 Alternativa 3

A fim de tornar o dispositivo o mais portátil possível, com boa estética e fácil fabricação fez-se uma terceira alternativa, representada na figura a seguir:

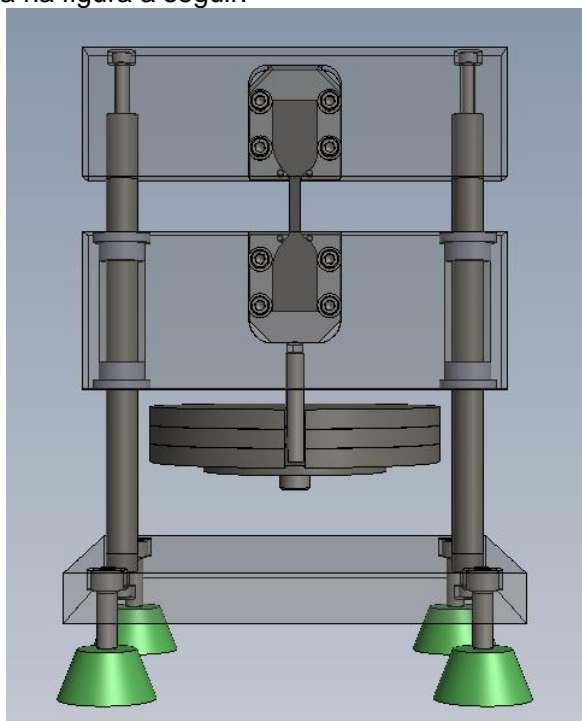


Figura 17: Terceira Alternativa

Fonte: O Autor.

Como é possível ver na figura, essa alternativa tornou o projeto mais compacto, além de ter uma estética aprimorada, em relação às demais alternativas.

Algumas vantagens são:

- Facilidades na construção do mesmo;
- Não há necessidade de soldagem;
- Não necessita de uma base muito grande;
- Fixações feitas por rosqueamento;
- Não necessita de compressores;
- Pequeno porte;
- Boa transportabilidade.

Desvantagens:

- Uma vez que o mecanismo não possui braço de alavanca demanda de mais pesos mortos.
- Se houver necessidade de aumentar a quantidade de pesos mortos o mecanismo não teria suporte para tal, precisando mudar alguns dos elementos do mesmo.

3.2.4 Matriz de PUGH

Com os dados da matriz morfológica, e a geração de alternativas, utiliza-se a matriz de Pugh, para que seja feita a seleção de qual alternativa que mais se adéqua aos requisitos de projeto e cliente.

A matriz de Pugh é uma tabela com duas grandezas. Os requisitos de projeto, retirados da matriz QFD e as alternativas de solução, que são encontradas baseando-se na matriz morfológica.

Existem algumas formas de se aplicar “pesos” ou “notas” em cada um dos requisitos, a utilizada é demonstrada a seguir:

Nota	Desempenho
0	Insatisfatório
1	Regular
2	Bom
3	Muito Bom
4	Ótimo

Tabela 3: Desempenhos para Matriz de PUGH

Fonte: O Autor

Nº	Requisitos de projetos	CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS GERADAS		
		BRAÇO DE ALAVANCA	HIDRÁULICO	PESOS MORTOS
1	LAYOUT AMIGÁVEL	0	1	2
2	FÁCIL ACOPLAMENTO DO CORPO DE PROVA	2	0	2
3	BAIXO PESO	0	0	1
4	BAIXO CUSTO	0	0	1
5	FÁCIL DE USINAR	1	1	1
6	NÃO SOFRE OXIDAÇÃO	4	4	4
7	LIVRE DE ARSTAS CORTANTES	4	4	4
8	AQUISIÇÕES DE DADOS PRECISAS	1	1	1
9	SEGUE A NORMAS DA NR12	1	1	1
10	FÁCIL DE MONTAR	0	0	4
11	PORTÁTIL	1	0	4
12	MANUTENÇÃO/ LUBRIFICAÇÃO BARATA	2	0	3
13	BOM ACABAMENTO	4	4	4
14	NORMAS DIN	4	4	4
15	ROSCAS MÉTRICAS	4	4	4
16	MEDIDAS EM MILÍMETROS	4	4	4
17	COLUNAS GUIAS COM AJUSTE DESLIZANTE	0	0	3
18	PROGRAMAS LICENCIADOS	4	4	4
19	PLACAS DE BAIXO CUSTO	4	4	4
20	CÉLULA DE CARGA PARA MAIOR PRECISÃO	4	4	0
21	PEQUENO PORTE	0	3	3
22	REPETIBILIDADE	4	4	4
23	AJUSTÁVEL	4	3	4
24	DETALHADO	4	4	4
25	CRIATIVO	4	4	4
RESULTADO FINAL		60	62	74

Tabela 4: Matriz de PUGH

Fonte: O Autor

Através dos resultados da matriz de Pugh, viu-se que o projeto que resultara em mais vantagens foi a terceira alternativa.

3.3 Desenvolvimento do Projeto

Uma vez que foi escolhida a alternativa iniciou-se os projetos, utilizando o sistema CAD, SolidWorks®.

A ordem para o projeto foi:

- Modelagem do corpo de prova;
- Bases de fixação (superior e inferior);
- Tampas de fixação (do produto);
- Colunas-guia;
- Base do mecanismo;
- Bucha Guia;
- Célula de carga.
- Montagem dos componentes;
- Detalhamento dos componentes;

Depois de feito o detalhamento das peças, foi feita a posterior usinagem e esquadreamento das peças, utilizando máquinas convencionais, os detalhes de furos e rebaixos foram feitos utilizando-se o centro de usinagem. Concluída a usinagem, fez-se a posterior montagem do dispositivo.

3.3.1 O Corpo de Prova

O corpo de prova foi adquirido de um trabalho de conclusão de curso semelhante, feito pelo orientador desse projeto. As amostras foram retiradas de tubos de PEAD, utilizando uma máquina própria para esse fim.

Estão em conformidade com as normas da ASTM E8, para corpos de prova. O mecanismo foi construído respeitando o comprimento útil da amostra, conforme ilustrado na figura a seguir:

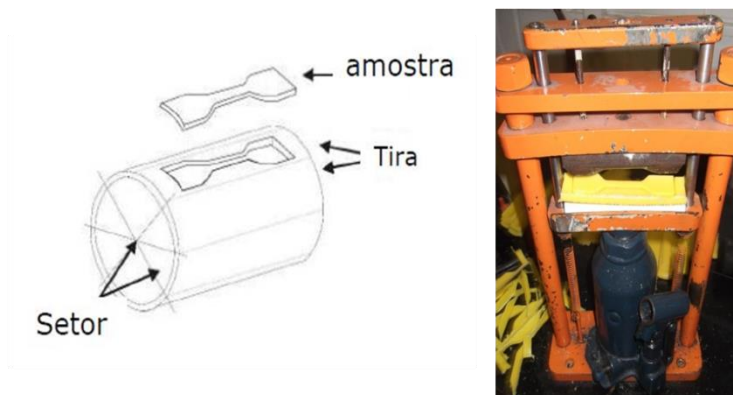


Figura 18: Extração dos CP

Fonte: KÜHL, (2014, p.89)

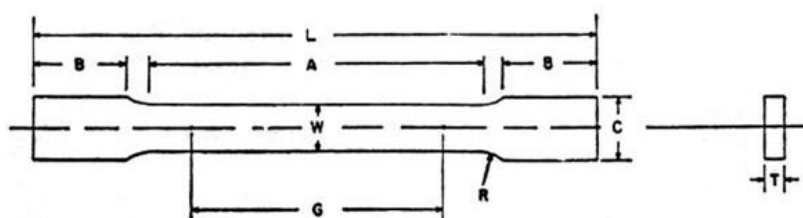


Figura 19: Dimensões de um CP segundo ASMT E8

Fonte: MORAIS, (2003, p11).

Dimensões [mm]			
Largura Nominal	Espécimes Padrão		Sub- tamanho da espécime 6 mm
	Tipo Plano 40 mm	Plano-Folha 12.5mm	
G- Comprimento útil	200.0±0.2	50.0±0.1	25.0±0.1
W- Largura	40.0±2.0	12.5±0.2	6.0±0.1
T- espessura	Espessura do material		
R- Raio do filete, min.	25	12.5	6
L-Comprimento total min.	450	200	100
A - Comprimento da seção reduzida, min.	225	57	32
B-Comprimento da seção de aperto, min.	75	50	30
C-Espessura da seção de aperto, aprox.	50	20	10

Tabela 5: Dimensões CP

Adaptado: MORAIS, (2003, p11).

O corpo de prova a ser ensaiado pode ser visualizado na figura a seguir:



Figura 20: Corpo de Prova em PEAD

Fonte: O Autor.

3.3.2 Bases de Fixação (superior e inferior)

Também chamadas de bases fixa e móvel, são as responsáveis pela fixação do corpo de prova.

São de aço inoxidável, a fim de manter o mecanismo em bom estado, sem risco de oxidação, além de aumentar a resistência. Possuem cavidades para o acoplamento, tanto do corpo de prova como cavidades para colocação das tampas de fixação. De maneira que, para a fixação do corpo de prova, são utilizados dois pinos guias comerciais de 3x10mm.

O corpo de prova é acoplado pelos pinos guias e em seguida, colocam-se as tampas de fixação que através de parafusos fixam a amostra.

Como os pesos estão alinhados com a amostra vão se movimentar de forma linear, não havendo a existência de outros tipos de esforços.

Outro detalhe importante é o alinhamento dos furos onde serão colocadas as colunas guias, para que a base inferior não gere esforços durante seu deslocamento.

As bases de fixação possuem furos para colocação das colunas guias e dos pinos guias. Na base de fixação inferior os furos para as colunas guia são passantes, com diâmetro cinco

milímetros maior que a coluna, para que possam ser acopladas duas buchas guias, com ajuste deslizante. Assim, a base móvel irá deslizar nas colunas guias conforme a força aplicada ao corpo de prova.

As bases são demonstradas a seguir:

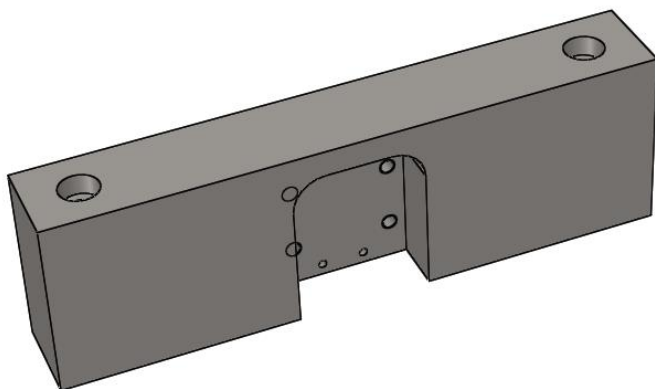


Figura 21: Base de Fixação Superior

Fonte: O Autor.

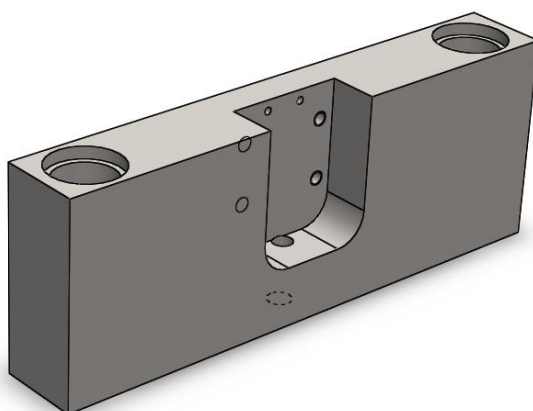


Figura 22: Base de Fixação Inferior

Fonte: O Autor.

3.3.3 Tampas de fixação

Uma vez que o produto estiver acoplado nas cavidades das bases de fixação, as tampas de fixação são colocadas por cima, retidas por quatro parafusos, (os parafusos não transpassam o corpo de prova).

As tampas também são de aço inoxidável.

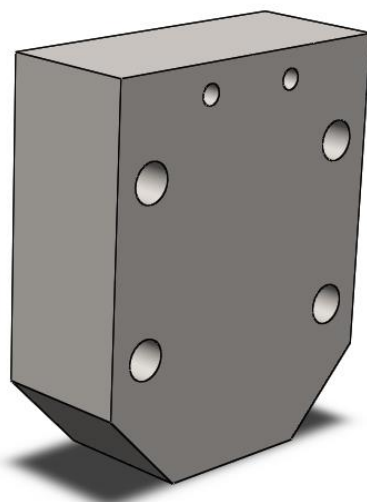


Figura 23: Tapa de Fixação

Fonte: O Autor.

3.3.4 Coluna Guia

As colunas guias são as responsáveis como o nome sugere, em guiar a base de fixação móvel, a saber, base de fixação inferior.

Possuem rosca M8 nas duas extremidades, para a fixação tanto na base de fixação superior, como na base do mecanismo. Confeccionadas em aço inoxidável e posterior retificação.



Figura 24: Coluna-Guia
Fonte: O Autor.

3.3.5 Base do Mecanismo

A base do mecanismo é a responsável por suportar todos os demais componentes, possui roscas M8, onde são fixadas as colunas-guia, também em aço inoxidável.

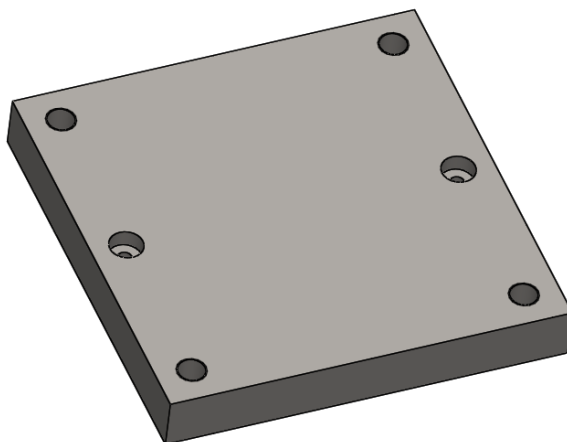


Figura 25: Base do Mecanismo
Fonte: O Autor.

3.3.6 Pesos-Mortos

Para a realização do ensaio de fluência no mecanismo, é necessária a aplicação de uma força constante, durante um período de tempo. Nesse caso, o tempo utilizado é de 24 horas.

A força constante é gerada por meio de pesos padrão, que são acoplados na base de fixação móvel através de um parafuso M10.

Para se obter um nível de deformação razoável, utilizaram-se pesos de aproximadamente 1480 gramas.

Para saber a massa que os pesos mortos iriam ter, fez-se uma análise no Software de Modelagem SolidWorks®, sendo que, para tal foram dadas as dimensões e o material que seria utilizado na fabricação, de acordo com a figura a seguir.

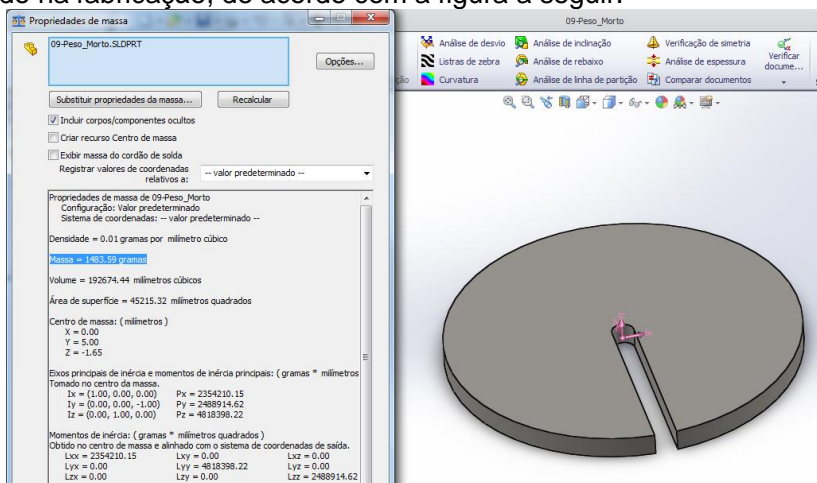


Figura 26: Análise da massa do Peso-Morto

Fonte: O Autor.

3.3.7 Bucha-Guia

Durante os ensaios de fluência, uma vez que o corpo de prova estiver fixo, os pesos-mortos serão colocados, e durante um período de tempo irão exercer uma força constante sobre o mesmo. De maneira que, a amostra irá se deformar, o que resultará na movimentação da Base de Fixação Inferior, que irá deslizar sobre as colunas guias, gerando atrito.

Existem três formas de movimentação que envolve o contato de diferentes corpos:

Movimento sem lubrificação:

Neste caso ocorre atrito, que gera o desgaste dos componentes, adesão das superfícies, etc.

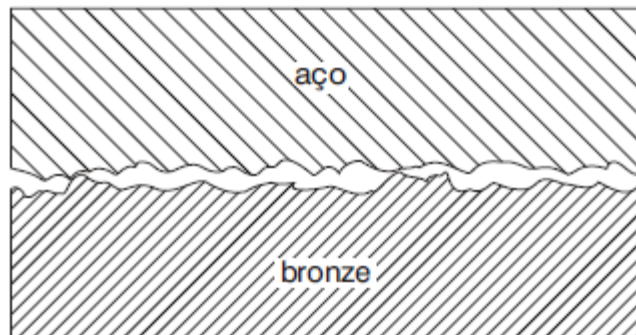


Figura 27: Exemplo de Movimento sem Lubrificação

Fonte: GGB BEARING TECHNOLOGY, (2009, p6).

Movimento com lubrificação externa:

Também chamada de lubrificação convencional, neste caso utiliza-se de algum material como graxa ou óleo, a fim de, reduzir o atrito e desgaste entre os materiais.

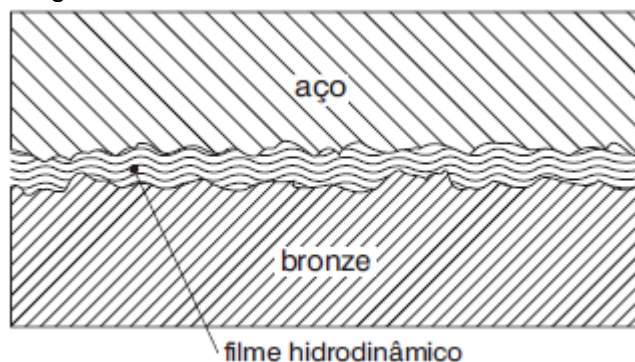


Figura 28: Exemplo de Movimento com Lubrificação

Fonte: GGB BEARING TECHNOLOGY, (2009, p6).

Movimento com Lubrificante sólido:

Para evitar o uso de lubrificantes líquidos, existe a possibilidade da utilização de lubrificantes sólidos.

Segundo a GGB (2009):

O uso de polímeros e outros lubrificantes sólidos reduzem o atrito adesivo e o desgaste entre as superfícies de deslizamento metálicas.

A fim de reduzir custos e futuras manutenções, decidiu-se utilizar no presente projeto buchas de Nylon, um material que pode ser empregado como lubrificante sólido.

As buchas de Nylon são representadas a seguir:

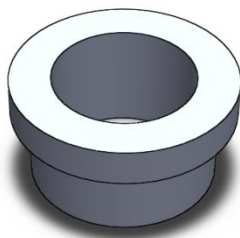


Figura 29: Bucha Guia

Fonte: O Autor.

3.4 Escolha do Material

A princípio, teve-se a ideia da construção dos componentes em alumínio ou latão, que por serem materiais não-ferrosos, tem uma característica mecânica mais macia, o que facilitaria a usinagem dos componentes.

Porém, através de pesquisas, viu-se que o material Latão não se adequaria ao projeto, visto que, o preço desse material em relação ao Alumínio é muito superior.

Uma vez descartado o Latão, pensou-se em utilizar o alumínio, porém, após pesquisas referentes ao material, encontrou-se algumas desvantagens, tais como:

Segundo a SANDVIK (2015):

O alumínio contém 13% de silício (Si) que é muito abrasivo. Geralmente, altas velocidades de corte e vida útil longa podem ser esperadas para pastilhas com arestas vivas.

Outros dados do fornecedor indicam que o módulo de elasticidade do alumínio é muito inferior se comparado aos aços. Tem-se também que, para se obter um bom acabamento no alumínio, necessita-se de ferramentas mais complexas, de arestas vivas e trabalhar com altas rotações.

Como o alumínio é menos denso, necessitaria de mais quantidades de alumínio, o que tornaria o projeto mais caro e ocuparia um volume maior, se comparado a um aço, por exemplo.

Desvantagens que tornam o projeto inviável.

Dessa forma, optou-se em utilizar o aço inoxidável (304 e 420), da classe ISO M, e está entre os materiais mais utilizados na indústria.

Em relação aos materiais anteriores, devido a sua densidade maior, necessitaria de um volume menor para obter as mesmas características de peso.

3.5 USINAGEM DOS COMPONENTES

Para que fosse possível a usinagem dos componentes, utilizou-se tanto máquinas convencionais, torno e fresadora, quanto máquinas CNC, centro de usinagem e torno CNC.

Para empregar máquinas com comando CNC, fez-se necessário o conhecimento desse tipo de programação, e para tanto, utilizou-se o Software livre CNC Simulator ©, com o qual foi possível realizar simulações dos programas utilizados.

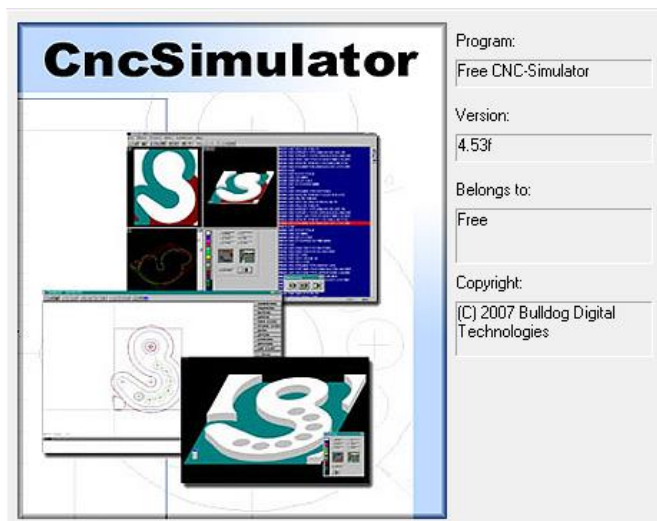


Figura 30: CNC Simulator ©

As peças, em geral, passaram por três processos de fabricação, a saber, usinagem em máquinas convencionais, usinagem em centro de usinagem e serviços de bancada;

Para ser feito o esquadrejamento das peças, ou seja, colocar a matéria prima nas medidas externas, utilizou-se fresadoras convencionais e também tornos convencionais para fazer furos e cortar rosca nas colunas guias.

Em seguida a usinagem no centro de usinagem, com auxílio do co-orientador, para a usinagem de perfis e interpolações de furos.

E por fim o serviço de bancada, rebarbar as peças, furar pequenos diâmetros, cortar roscas, a fim de não danificar os componentes, e lixamento das peças, tanto com lixadeiras manuais como lixadeiras pneumáticas.

3.6 MONTAGEM DOS COMPONENTES

Uma vez usinados os componentes, foi iniciado a fase de montagem e ajustes, para a ligação dos componentes móveis, utilizou-se componentes comerciais, sendo que os diâmetros e comprimentos já estavam estabelecidos durante a fase de projetos.

Segue a seguir a lista dos componentes comerciais necessários para a montagem do mecanismo:

Quantidade	Nominal	Passo	Comprimento (mm)	Preço (R\$)
8	M6	1.0	30	1,26
8	M6	ARRUELA	6	0,16
2	M8	1.25	20	0,52
2	M8	1.25	40	0,92
4	M10	1.5	30	2,64
1	M10	1.5	65	1,45
4	3mm	PINO GUIA	10	0,45

Tabela 6: Componentes comerciais.

Fonte: O Autor

A seguir os valores para a compra da matéria prima para a montagem dos componentes, com exceção das buchas de fixação, em Nylon, recebidas pela empresa C&B Ferramentaria Ltda.

Denominação	Quantidade	Dimensões (mm)	Preço (R\$)
Base Mecanismo	1	232 X 27 X 232	310,00
Coluna Guia	2	Ø 17.2 X 252	37,50
Base de fixação Superior	1	232 X 72 X 27	190,00
Base de fixação Inferior	1	232 X 72 X 27	165,00
Peso Morto	5	Ø 145 X 10	135,00
Tampa de Fixação	2	12 X 52 X 62	45,00

Tabela 7: Matéria prima para usinagem

Fonte: O Autor

Para fazer os pesos mortos, e peso padrão, não seria viável utilizar dos meios convencionais disponíveis, dessa forma, optou-se em fazer os mesmos através do processo denominado corte a jato d'água.

Segue em anexo os custos do processo.

Denominação	Quantidade	Diâmetro (mm)	Espessura (mm)	Preço Total (R\$)
Peso Morto	3	145	9,54	231,00
Peso Padrão	1	100	5	22,00

Tabela 8: Custo corte à água

Fonte: O Autor

Através de todos esses dados e da usinagem concluída, fez-se a montagem do dispositivo, após os ajustes necessários, na figura 34 pode-se observar como ficou o mesmo:

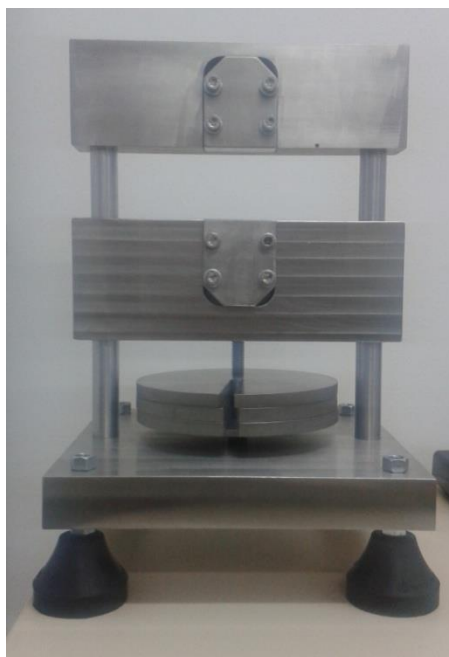


Figura 31: Montagem do Dispositivo

Fonte: O Autor

4 SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE SINAL

O dispositivo construído tem como função a medição de fluência, para tanto, necessitará da construção de um sistema de aquisição de sinal.

Sabe-se que existem algumas formas para a medição de tensão, deformação, tração, etc. Neste caso, dois sensores são mais utilizados para viabilizar essa avaliação: extensômetros e cristais piezoresistivos. No primeiro caso, os sensores são baseados no princípio piezoresistivo, em que uma alteração na grandeza de entrada (deformação, no caso) causa uma variação na resistência elétrica do material. No segundo caso, o princípio de funcionamento se baseia no fato de que concentração de cargas elétricas são alteradas, em certos materiais (como o quartzo), quando submetidas à tensão mecânica. (RIBEIRO, 2014, p.13).

4.1 Extensometria

A extensometria é o método que utiliza do princípio da relação que existe entre tensões mecânicas e deformações em corpos submetidos a solicitações mecânicas, conforme estabelecido pelos estudos de Robert Hooke no século XVII. (SOUZA e JÚNIOR, 2014, p.2).

Desse modo, extensômetros elétricos de resistência ou *strain gages*, são dispositivos resistivos que, quando deformados sofrem uma variação na resistência proporcional a força aplicada. (PERBONI, 2013, p.2).

Segundo RIBEIRO (2014):

Extensômetros são capazes de indicar deformação na ordem de 10^{-6} m. As vantagens encontradas estão presentes na precisão da medida, no baixo custo, na linearidade, na instalação e na adequação ao meio, visto que pode ser imerso em água, ar e gás corrosivo diante de uma proteção.

Os extensômetros mais utilizados são os de resistência nominal igual a 120Ω ou 350Ω (RIBEIRO, 2014, p.30).

Existem três formas de extensômetros, que possibilitam medir de forma uniaxial, biaxial e triaxial. (RIBEIRO, 2014, p.30).

A figura a seguir exemplifica esses modelos:

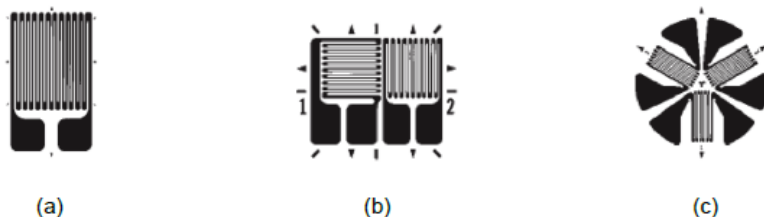


Figura 32: Extensômetro uniaxial (a), biaxial (b) e triaxial (c)

Fonte: RIBEIRO, (2014, p30).

Os Extensômetros que foram utilizados nesse dispositivo serão do tipo uniaxial de valor nominal 120 Ω .

Para a fixação dos extensômetros ao corpo de prova, utilizou-se de adesivos epóxis, esse tipo de fixação apresenta algumas características interessantes, tais como (BORGES, 2012, p.1):

- Alta resistência a tração;
- Boa rigidez;
- Alta resistência térmica;
- Cura fácil;
- Resistência a fluência;

E em contra partida apresenta as seguintes desvantagens:

- Baixa resistência ao impacto;
- Alto custo.

4.2 Ponte de Wheatstone

O extensômetro tem por sinal de saída um valor de resistência, para que seja possível fazer o processamento desse sinal, é necessário transformar esse valor na forma de tensão.

Para fazer essa conversão, utiliza-se a chamada ponte de Wheatstone, composto por quatro resistores de mesmo valor, incluindo o extensômetro sem nenhuma deformação.

As deformações no extensômetro acarretam em uma pequena variação na resistência do mesmo, o que provoca um

desequilíbrio na ponte de Wheatstone, alterando proporcionalmente a tensão E_o . (SOUZA e JÚNIOR, 2014, p.2).

Existem três maneiras possíveis, de forma que os extensômetros ocupem o lugar de uma das resistências da ponte para a criação de uma ponte de Wheatstone, sendo, ponte completa, meia ponte e um quarto de ponte.

A imagem a seguir demonstra essas três formas de pontes:

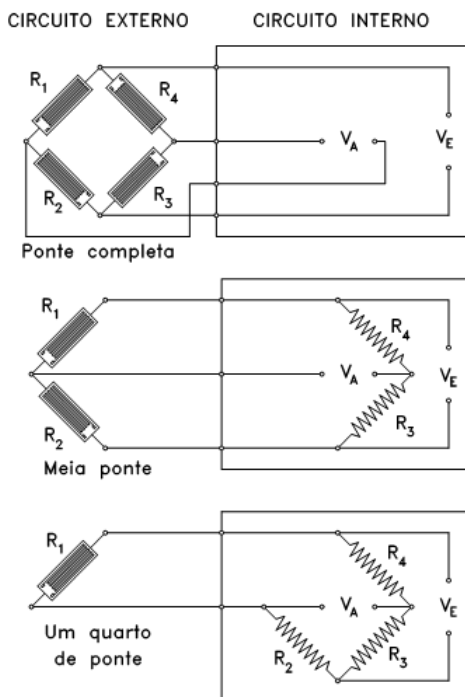


Figura 33: Tipos de ponte de Wheatstone

Fonte: PERBONI, (2013, p.9).

Todavia, o sinal de saída da ponte é geralmente de amplitude muito baixa, tornando suscetível a ruídos do meio, e dificultando a digitalização do mesmo. (SOUZA e JÚNIOR, 2014, p.3).

4.3 Amplificador de Instrumentação

Utilizados em aplicações onde é necessário amplificar um pequeno sinal com o mínimo de distorção possível. (DINIS, 2010, p.33).

Em geral os amplificadores de instrumentação são constituídos por três amplificadores operacionais. Possuem características como boa estabilidade em relação a variações de temperatura, um melhor desempenho no nível de consumo de energia e linearidade

A figura a seguir mostra a tipologia básica de um amplificador de instrumentação:

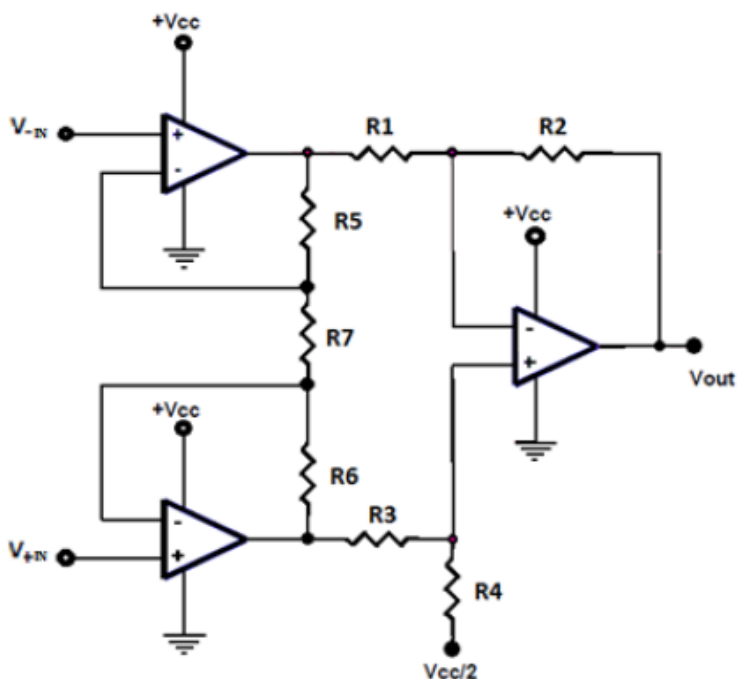


Figura 34: Amplificador de Instrumentação

Fonte: (DINIS, 2010, p.33).

Como é possível verificar na figura 37, no amplificador de instrumentação existe uma entrada diferencial, dada pelas

tensões V_1 e V_2 , essas duas tensões são convertidas em uma tensão simples, V_{OUT} .

O amplificador de instrumentação ideal deverá ser capaz de amplificar somente a diferença entre os sinais presentes nas entradas V_1 e V_2 .

Segundo Fabbro (2002):

Para tanto, a componente de modo comum aos sinais de entrada deve ser completamente rejeitada. (...) um amplificador de instrumentação deve primar por apresentar, sendo conhecida como rejeição de modo comum.

A Razão de Rejeição de Modo Comum, ou CMRR (*Common Mode Rejection Ratio*) é normalmente expressa em decibéis (dB), e é dada pela razão entre ganho do amplificador para sinais diferenciais (A_{MD}) e o ganho de modo comum (A_{MC}), como expresso a seguir:

$$CMRR = \frac{A_{MD}}{A_{MC}}$$

De maneira que, quanto maior for a CMRR, melhor é o amplificador de instrumentação (FABBRO, 2002, p16).

Em geral, a faixa utilizada para esse tipo de amplificador é de 80dB, ou seja, pelo menos 10 mil vezes o ganho para sinais de modo comum.

Segundo Fabbro, 2002:

Isto significa que na leitura de um sinal de amplitude de 1mV na presença de um sinal de modo comum com 1V de amplitude, um amplificador de instrumentação apresentando uma CMRR = 100dB, cometerá um erro de 1% na medida.

Outra fórmula para se calcular o CMRR é seguindo a equação:

$$CMRR = \frac{(1 + 2R_f/R_G)}{A_c}$$

Também, sabe-se que para calcular a tensão de saída V_{OUT} utiliza-se a seguinte equação:

$$V_{out} = \left(1 + \frac{2R_f}{R_G}\right) V_d + A_c V_c$$

Onde:

$$V_d = V_2 - V_1$$

$$V_c = (V_2 + V_1)/2$$

Juntando ambas as equações tem-se que:

$$V_{out} = \left(1 + \frac{2R_f}{R_G}\right) V_d + \left(\frac{1 + \frac{2R_f}{R_G}}{CMRR}\right) V_c$$

Sendo que o valor de CMRR é conhecido, pois, como foi dito, deverá ser de 100dB, valor esse, encontrado em amplificadores do tipo TL084.

Dessa forma, o projeto deste amplificador terá como meta amplificar o valor de mV da ponte de Wheatstone em uma saída em V, e esse sinal será digitalizado através de uma placa de aquisição de sinais.

O valor obtido da ponte de Wheatstone estará relacionado diretamente a resistência do *strain gage* utilizado. No caso 120Ω.

A relação entre resistência e deformação é demonstrada a seguir (PADILHA, 2010, p9):

$$\varepsilon = \left(\frac{1}{F}\right) * \left(\frac{DR}{R}\right)$$

Onde ε é a deformação, F é o fator do medidor e R é a resistência do medidor.

Para um medidor típico, F é 2 e R é 120Ω.

A relação entre a tensão e a deformação é demonstrada a seguir (RIBEIRO, 2014, p62):

$$\frac{V_o}{V_{ex}} = \varepsilon F$$

Onde V_o é a tensão de saída, V_{EX} será a tensão de excitação, no caso, a fonte de alimentação.

Como o valor de saída da ponte de Wheatstone será calculado pelo amplificador, a deformação será dada pela fórmula:

$$\varepsilon = \left(\frac{V_o}{V_{ex}} \right) * \left(\frac{1}{F} \right)$$

Todavia, devido à complexidade para o desenvolvimento de um circuito de amplificação, da alta impedância gerada, do alto custo para sua fabricação em termos de projeto, utilizaram-se conversores/transdutores comerciais, série CS-9900-P1, que fazem interface com uma placa de aquisição do tipo DATAQ DI-158U, emprestados na Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC).

Segue em anexo o preço aproximado dos componentes da aquisição de sinal:

Denominação	Quantidade	Preço (R\$)
Placa DATAQ DI 158U	1	566,20
Conversor/ Transdutor de Sinal CS-9900-P1	2	300,00
Resistores (120Ω)	3	0,15
Strain Gage	4	36,00
Adesivo Epóxi	1	17,00

Segue imagens dos mesmos:

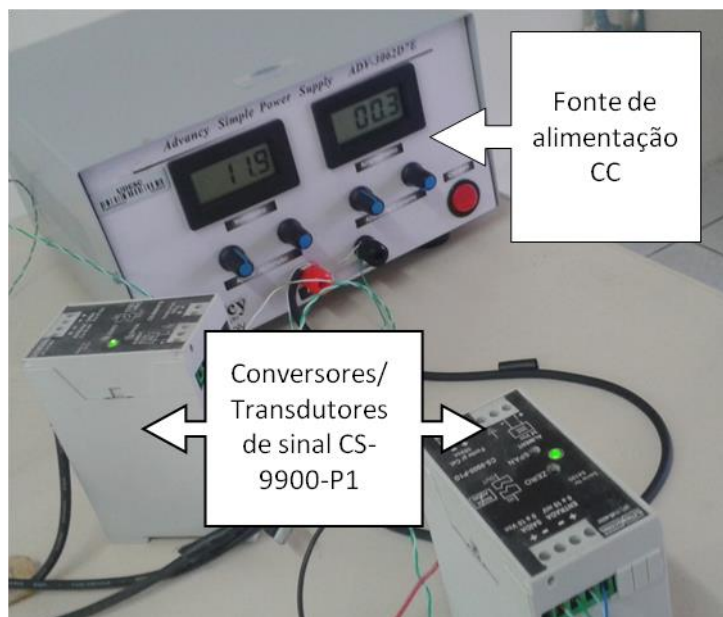


Figura 35: Amplificadores
Fonte: O Autor.



Figura 36: Placa DATAQ DI-158U.
Fonte: O Autor

Através desses instrumentos comerciais, foi possível testar o mecanismo, em um laboratório com temperatura controlada.

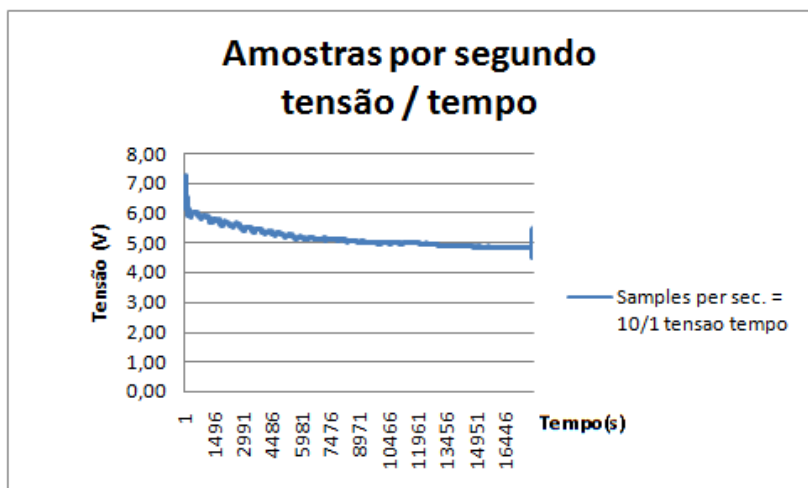


Figura 37: Gráfico Ensaio de Fluência

Fonte: O Autor

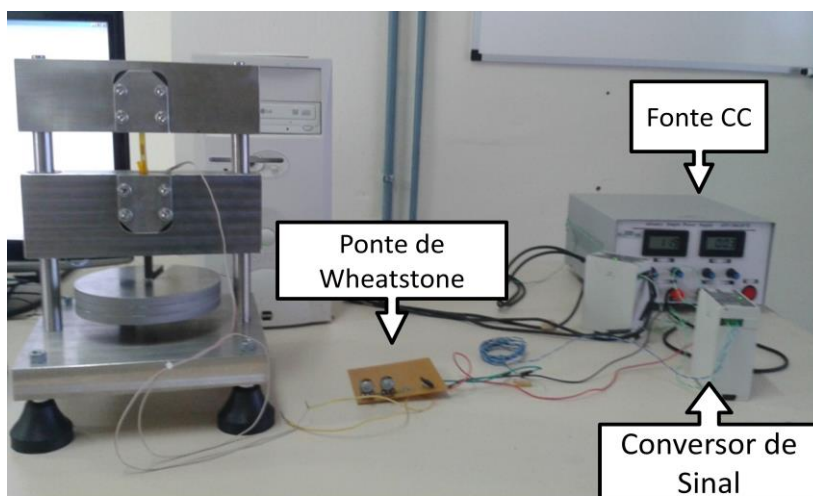


Figura 38: Ensaio de Fluência

Fonte: O Autor

Para a geração do gráfico tensão/tempo, utilizou-se software WinDaq, sendo que o mesmo está disponível para *download* na página da Dataq Instruments.

5 CONCLUSÕES

O mercado vem buscando formas mais viáveis no desenvolvimento de produtos, substituindo materiais metálicos por materiais poliméricos.

Este trabalho apresentou a criação de um mecanismo para ensaios de fluência, um estudo com o objetivo de analisar o comportamento do material PEAD, afim de, gerar gráficos que apresentem a relação deformação em relação ao tempo.

Para tal, foram aplicados os seguintes passos: Identificação dos objetivos, referencial teórico, metodologia utilizada (referente ao projeto, seguindo os passos da PDP). Escolha de um sistema de aquisição viável.

Conclui-se que o objetivo deste trabalho foi alcançado, considerando que foi possível construir um mecanismo funcional para ensaios de fluência em PEAD, respeitando os requisitos de projeto e cliente. Foi possível levantar alternativas para a aquisição dos sinais, escolhendo o método mais viável.

Sugere-se ainda para futuros trabalhos, uma maior carga aplicada ao corpo de prova (maior gama de pesos mortos), afim de, obter resultados em menos tempo.

Têm-se também por sugestão, o desenvolvimento de um sistema de amplificação e leitura de sinal que utilize placas Arduino ou MyRio, disponíveis no Instituto, de maneira que não seja necessária a remoção do mecanismo para outros locais.

Por fim, sugere-se a validação do dispositivos, visto que os ensaios realizados foram somente qualitativos.

As principais dificuldades encontradas estão relacionadas ao desenvolvimento de uma placa de amplificação utilizando AMPOPS, uma vez que devido ao grande nível de amplificação, qualquer ruído seria percebido, de maneira que a leitura do sinal ficaria prejudicada.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, P. A. O. **Introdução a Extensometria Elétrica de resistência**, 1996. 22 f. Notas de Aula. Digitalizado.

BORGES, M. **União com Adesivos**. Disponível em: <http://mmborges.com/processos/Uniao/uniao_com_adesivos.htm> - Acesso em: 13 Out. 2015

CANEVAROLO, Jr.; SEBASTIÃO V. **Ciência dos Polímeros** - Um Texto Básico para Tecnólogos e Engenheiros. Artliber Editora. São Paulo, 2002.

CARONE, P. **História do Plástico**. Disponível em: <http://www.nossofuturoroubado.com.br/arquivos/junho_09/historia_plastico.html> - Acesso em: 08 Mar. 2015

DIETER, G. E. **Metalurgia Mecânica**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1981.

DINIS, F. J. V. **Sistema de Instrumentação de Baixo Custo Compatível com o LabVIEW**. 2010. 153 f. Tese (Mestrado em Engenharia de Telecomunicações e Redes) - Universidade da Madeira, Funchal, Portugal.

FABBRO, P. A. D. **Projeto de um Amplificador de Instrumentação CMOS Integrado**. 2002. 113 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

FERREIRA, C. V. **Projeto Conceitual** – Geração de Alternativas de Concepção. Disponível em: <http://joinville.ifsc.edu.br/~antonio.dias/201502%20PMQ%20Concomitante/Aula%204%20_%20Projeto%20Conceitual%20Selec%20ao.pdf> - Acesso em: 13 Ago. 2015

FILHO, R. M. B. **Polímeros**. Disponível em: <faculdadeinap.edu.br/materiais_didaticos_disciplinas/materiais%20e%20tecnologia/polimeros.pdf> - Acesso em 23 fev. 2015.

GGB BEARING TECHNOLOGY. **Mancais Autolubrificantes**. Disponível em: http://www.kingcomercial.com.br/DB_pt2010.pdf – Acesso em 14 abril 2015.

HEMAIS, C. A. Polímeros e a Indústria Automobilística. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, São Paulo, v 13, p.107-114, Cubo, 2003.

HIPERMETAL. **Polietileno PEAD**. Disponível em: http://www.hipermetal.com.br/site/produtos/plasticos_industriais/Polietileno.pdf - Acesso em 16 fev. 2015.

INTERPLAST GHANA. **Text Technical HDPE 73**. Disponível em: http://www.interplastghana.com/pgs/portuguese/Text%20Technical%20HDPE%2073_POR.pdf - Acesso em 16 fev. 2015.

KÜHL, A. **Projeto e Execução de um Dispositivo para Ensaio de Fluência de PEAD**. – Disponível em <http://www.escavador.com/pessoas/9073267> – Acesso em 10 fev.2015

KÜHL, A. **Uma Formulação Viscoelastoplástica Não Linear Aplicada ao Polietileno de Alta Densidade (PEAD)**. 2014. 135 f. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Engenharia Mecânica) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville.

MESSPHYSIK, M. T. **Product Information**. Disponível em: <http://www.zwick.net.br/br/produtos> – Acesso em 03 Maio 2015.

MORAIS, W. A. **Elasticidade e Plasticidade Avaliada Através do Ensaio de Tração**. Disponível em: <http://cursos.unisanta.br/mecanica/ciclo8/anexo1-tracao.pdf> - Acesso em 03 abril 2015.

NETO, A. I. ; FAVARETTO, F. **Projeto conceitual: O Projeto da “Forma” do Produto**. Disponível em:

<http://paginapessoal.utfpr.edu.br/iarozinski/publicacoes/Projeto%20conceitual.pdf/at_download/file> – Acesso em 07 jun. 2015.

NETO, N. J. R. **A Evolução dos Polímeros na Indústria Automobilística**. 2012. 53 f. Monografia (Tecnologia em Polímeros) – Faculdade de Tecnologia de Sorocaba, Sorocaba.

PADILHA, H. **Deslocamentos e Deformações**. Disponível em: <<http://slideplayer.com.br/slide/1755847/>> – Acesso em 13 out. 2015.

PERBONI, A. **Célula de Carga**. Disponível em: <http://www.leb.esalq.usp.br/aulas/lce5702/apres_acacio_perboni.pptx> - Acesso em 16 ago. 2015.

PEREIRA, J. B. **Visão Geral do Processo de Desenvolvimento de Produtos**. Disponível em: <<http://www.joinville.ifsc.edu.br/~josue/AULA%20A%20PDP%C3VISA1O%20GERAL.pdf>> - Acesso em 31 mar. 2015.

PINHO, S. T. **Viscoelasticidade**. Disponível em: <<http://www.fe.up.pt/~ldinis/viscoelasticidade.pdf>> - Acesso em 02 mar. 2015.

PRICKEN, M. Disponível em: <<http://www.processocriativo.com/matriz-morfologica/>> – Acesso em 08 jun. 2015.

Polímeros e Materiais Poliméricos. Disponível em: <<http://educa.fc.up.pt/ficheiros/noticias/69/documentos/108/Manual%20Polimeros%20e%20Materiais%20polimericos%20NV.pdf>> - Acesso em 23 fev. 2015.

RIBEIRO, K. S. B. **Construção de Dinamômetro para Avaliação de Carregamentos na Manufatura de Componentes para a Indústria do Petróleo**. 2014. 80 f. Monografia (Engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

SANDVIK. **Alumínio e materiais não ferrosos.** Disponível em: <http://www.sandvik.coromant.com/pt-pt/knowledge/parting_grooving/how-to-achieve-good-component-quality/parting-and-grooving-in-different-materials/aluminum-and-non-ferrous-materials/pages/default.aspx> – Acesso em 25 maio 2015.

SARTORI, S. **Modelo de Kano para a Identificação de Atributos Capazes de Superar as Expectativas do Cliente.** Disponível em: <<http://www.producaoonline.org.br/rpo/article/viewFile/186/495>> – Acesso em 06 jun. 2015.

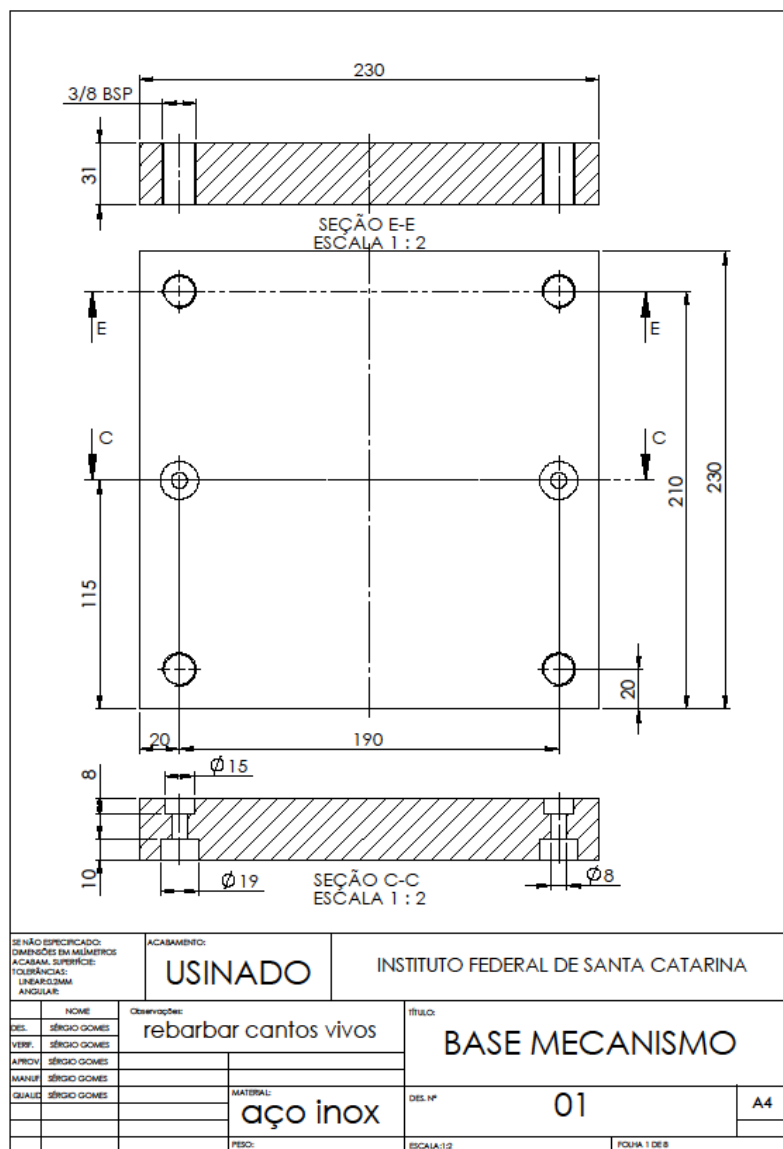
SNYDER TIMOTHY. **Aluminum vs. Steel: Advantages and Disadvantages.** Disponível em: <<http://www.murraymh.com/aluminum-vs-steel-advantages-and-disadvantages/>> – Acesso em 25 maio 2015.

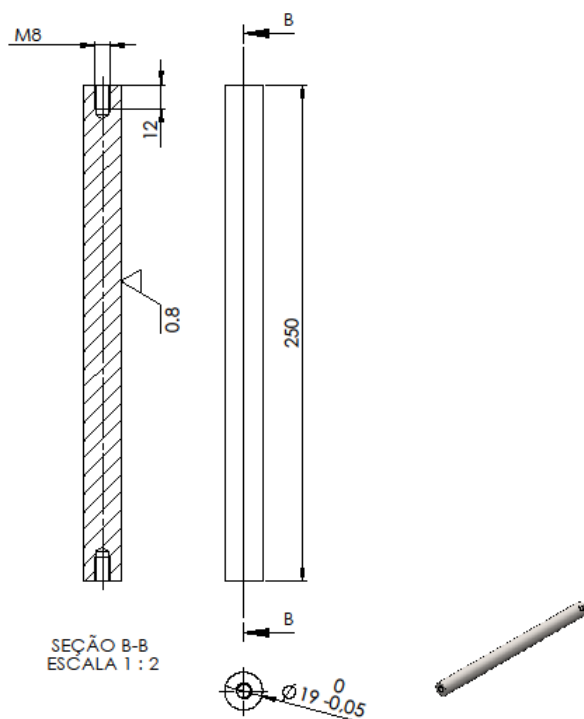
SOUZA, A. M. C.; DEMARQUETTE N. R. **Comportamento Viscoelástico Linear e Morfologia de Blendas PP/HDPE.** São Paulo, v 11, p.201-212, Cubo, 2001.

SOUZA, V. R. F. B; JÚNIOR, A.G.C. **Plataforma de Caracterização de Extensômetro para Medição de Massas Utilizando LABView®.** Disponível em: <<http://www.abenge.org.br/cobenge-2014/Artigos/129173.pdf>> – Acesso em 15 jun.2015.

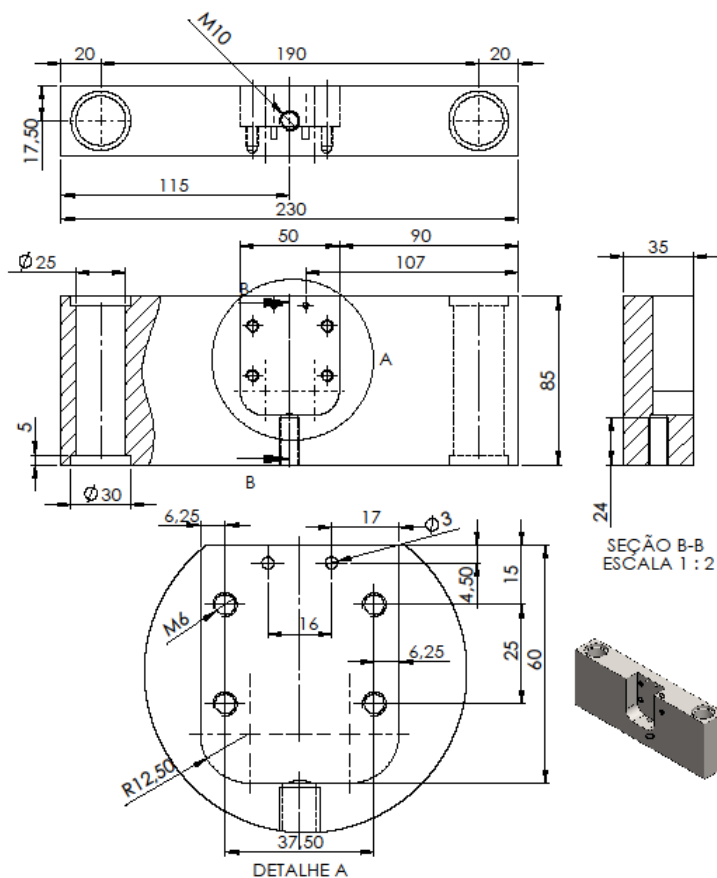
WASILKOSKI,C. M. **Comportamento Mecânico dos Materiais Poliméricos.** 2006. 82 f. Tese (Doutorado em Engenharia e Ciência dos Materiais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

ANEXO A – DESENHOS TÉCNICOS





SE NÃO ESPECIFICADO: DIMENSÕES EM MILÍMETROS ACABAM. SUPERFÍCIE: TOLERÂNCIAS: LINEAR: 0,04 ANGULAR:		ACABAMENTO: USINADO		INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA		
		OBSERVAÇÃO:		COLUNA GUIA		
		REBARBAR CANTOS VIVOS				
DEL.	SÉRGIO GOMES			DES. Nº	02	A4
VERIF.	SÉRGIO GOMES					
APROV.	SÉRGIO GOMES			MATERIAL:	aço inox	
MANUF.	SÉRGIO GOMES					
QUALIF.	SÉRGIO GOMES			PESO:	ESCALA: 1:2	FOLHA 2 DE 8



SE NÃO ESPECIFICADO:
DIMENSÕES EM MILÍMETROS
ACABAMENTO SUPERFÍCIE
TOLERÂNCIAS
UNIDARQMM
ANGULAR

ACABAMENTO:

USINADO

INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA

DEL.	NOME	Observação:
DEL.	SÉRGIO GOMES	rebarbar cantos vivos
VERIF.	SÉRGIO GOMES	
APROV.	SÉRGIO GOMES	
MANUF.	SÉRGIO GOMES	
QUALIF.	SÉRGIO GOMES	

MATERIAL:
aço inox

Ítulo:

BASE DE FIXAÇÃO MÓVEL

DEL. Nº

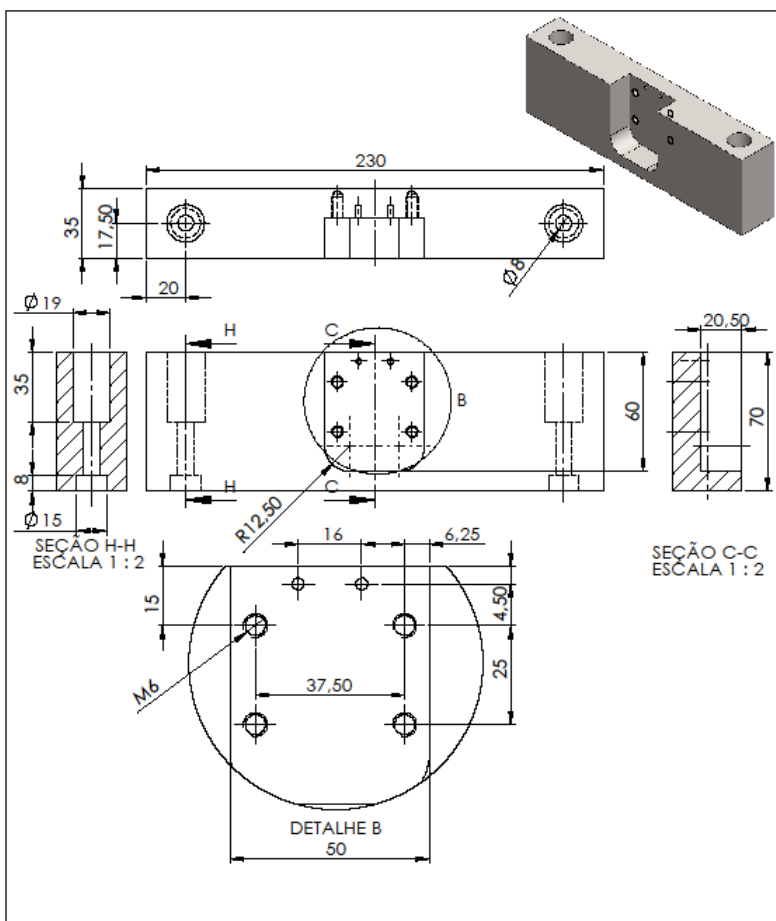
03

A4

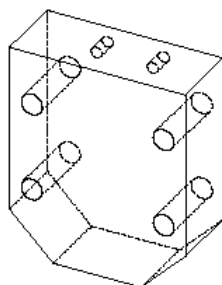
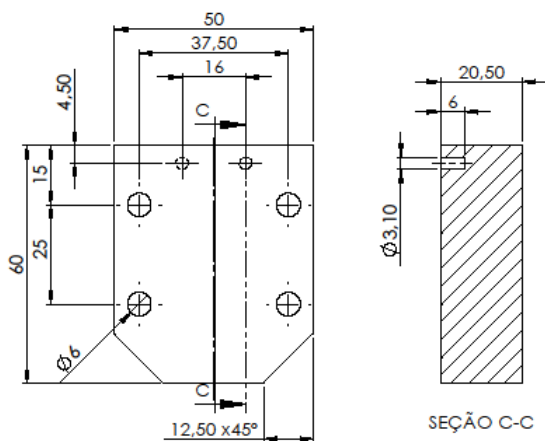
PEÇO:

ESCALA: 1:2

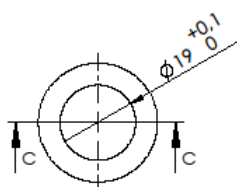
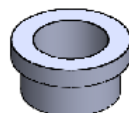
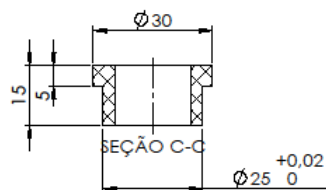
FOLHA 3 DE 8



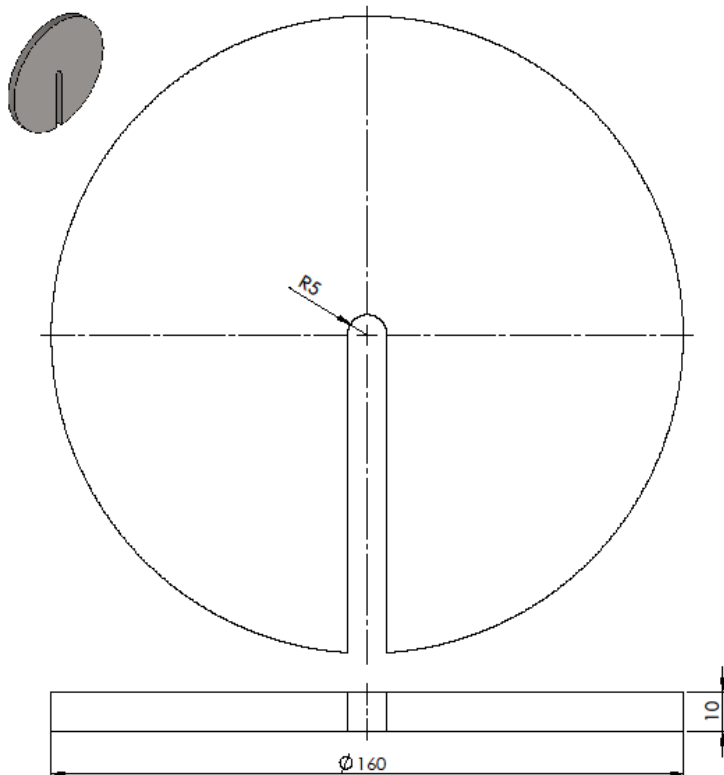
SE NÃO ESPECIFICADO: DIMENSÕES EM MILÍMETROS A CARAM. SUPERFÍCIE: TOLERÂNCIAS: UNIDADE:MM ANGULO:°		ACABAMENTO:		USINADO		INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA	
DES.	SÉRGIO GOMES	ASSINATURA	DATA			ITENS: BASE DE FIXAÇÃO SUPERIOR	
VERIF.	SÉRGIO GOMES						
APROV.	SÉRGIO GOMES						
MANUF.	SÉRGIO GOMES						
QUALIF.	SÉRGIO GOMES						
		MATERIAL:		aço inox		DES. Nº	04
		PERO:		ESCALA: 1:2		FOLHA 4 DE 8	
						A4	



SE NÃO ESPECIFICADO: DIMENSÕES EM MILÍMETROS ACABAM. SUPERFÍCIE: TOLERÂNCIAS: LINEAR: 0,20 mm ANGULAR:		ACABAMENTO: USINADO		INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA	
DES.	NOME	Observação:		Título:	
VER.	SÉRGIO GOMES	rebarbar cantos vivos		Tampa Fixação	
APROV.	SÉRGIO GOMES				
MANUF.	SÉRGIO GOMES			MATERIAL:	DES. Nº
QUALIF.	SÉRGIO GOMES				
				aço inox	05
				PESO:	ESCALA: 1:1
					FOLHA 3 DE 8



SE NÃO ESPECIFICADO: DIMENSÕES EM MILÍMETROS ACABADA: SUPERFÍCIE TOLERÂNCIAS: LINEARES: 0,2MM ANGULAR:		ACABAMENTO: USINADO		INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA	
NOME:		Observação:		Bucha Guia	
DES. SÉRGIO GOMES		Rebarbar cantos vivos			
VERIF. SÉRGIO GOMES					
APROV. SÉRGIO GOMES					
MANEJ. SÉRGIO GOMES					
QUALIF. SÉRGIO GOMES					
		MATERIAL:		DES. Nº	
		nylon		06	
		PESO:		A4	
		ESCALA: 1:2		FOLHA 6 DE 8	



SE NÃO ESPECIFICADO:
DIMENSÕES EM MILÍMETROS
ACABAM. SUPERFÍCIE:
TOLERÂNCIAS:
LINEAR: 0,2MM
ANGULAR:

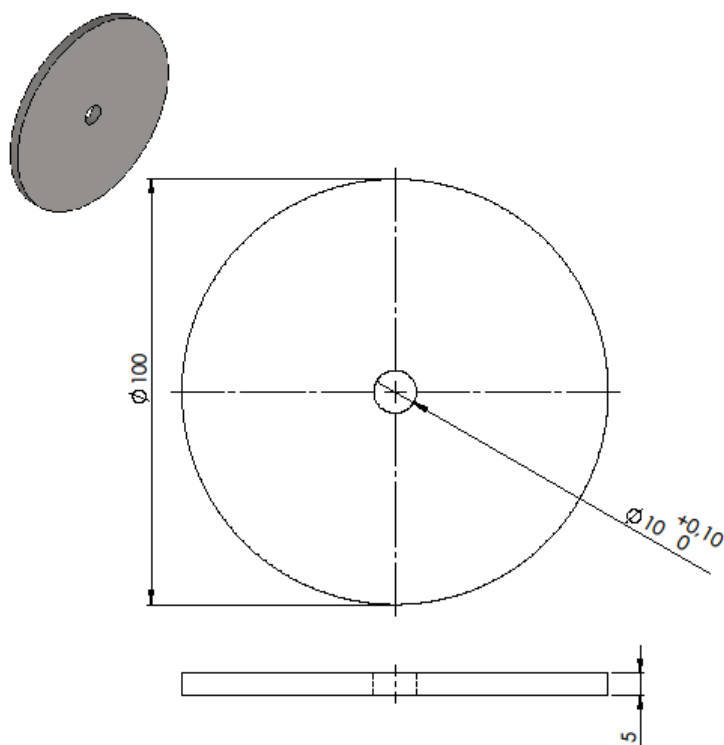
ACABAMENTO:

mat. bruto

INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA

DEL.	NOME	Observação:	TÍTULO:
VER.	SÉRGIO GOMES	Rebarbar cantos vivos	Peso Morto
APROV.	SÉRGIO GOMES		
MANUF.	SÉRGIO GOMES		
QUALIF.	SÉRGIO GOMES		
		MATERIAL:	DES. Nº
		 aço inox	07
		PESO:	ESCALA: 1:1
			FOLHA 7 DE 8

A4



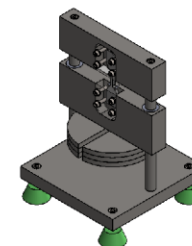
SE NÃO ESPECIFICADO:
DIMENSÕES EM MILÍMETROS
ACABAM. SUPERFÍCIE:
TOLERÂNCIAS:
LINEAR: 0,03 mm
ANGULAR:

ACABAMENTO:

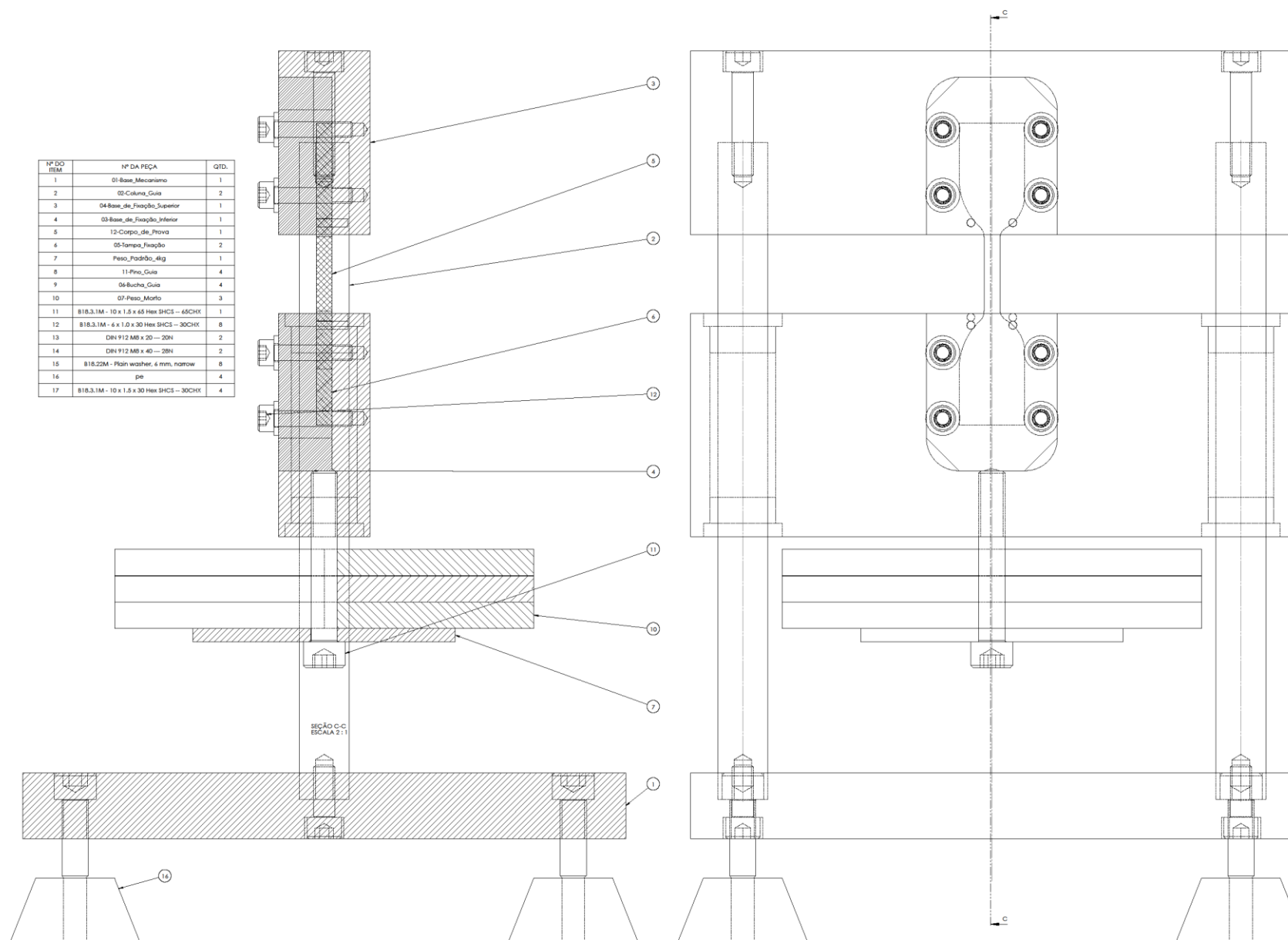
USINADO

INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA

	NOME	Observação:	TÍTULO:
DES.	SÉRGIO GOMES	rebarbar cantos vivos	Peso Padrão 4 kilos
VERIF.	SÉRGIO GOMES		
APROV.	SÉRGIO GOMES		
MANUF.	SÉRGIO GOMES		
QUALID.	SÉRGIO GOMES		
		MATERIAL:	DES. Nº
		aço inox	08
		PESO:	ESCALA: 1:1
			FOLHA 8 DE 8
			A4



Nº DO ITEM	Nº DA PEÇA	QTD.
1	01-Base_Mecanismo	1
2	02-Coluna_Guia	2
3	04-Base_de_Fixação_Superior	1
4	03-Base_de_Fixação_Inferior	1
5	12-Corpo_de_Prova	1
6	05-Tampa_Fixação	2
7	Peso_Padrão_4kg	1
8	11-Pino_Guia	4
9	06-Bucha_Guia	4
10	07-Peso_Morfo	3
11	B18.3.1M - 10 x 1.5 x 65 Hex SHCS - 6SCHX	1
12	B18.3.1M - 6 x 1.0 x 30 Hex SHCS - 30CHX	8
13	DN1912 M8 x 20 - 20H	2
14	DN1912 M8 x 40 - 28H	2
15	B18.22M - Plain washer, 6 mm, narrow	8
16	pe	4
17	B18.3.1M - 10 x 1.5 x 30 Hex SHCS - 30CHX	4



ANEXO B – PROGRAMAS CNC

O301;BASE_MECANISMO_1ºOP

N05 G90 G40 G54 G21 G17 G80;
 N10 G0 Z200;
 N15 T01 M6; BROCA_CENTRO_Ø6
 N20 G0 X20 Y20;
 N25 S1200 M3;
 N30 G43 Z5 H01;
 N35 G0X20 Y20;
 N40 G81 Z-5 F100 R5;
 N45 G73.1 X20 Y20 I190 P2 J95 K3;
 N50 G80 G0 Z200;
 N52 M00; TROCAR FERRAMENTA
 N55 T01 M6; BROCA_8MM
 N60 S1200 M3;
 N65 G43 Z5 H01;
 N70 G0X20 Y115 I190 J0 K2;
 N75 G81 Z-30 F100 R5;
 N80 G35 X20 Y115 I190 J0 K2;
 N85 G80 G0 Z200;
 N87 M00; TROCAR FERRAMENTA
 N90 T01 M6; BROCA_8.5MM
 N95 S1200 M3;
 N100 G43 Z5 H01;
 N105 G0Z20 Y20;
 N110 G81 Z-30 R5 Q6 F100;
 N115 G73.1 X20 Y20 I190 P2 J190 K2;
 N120 G80 G0 Z200;
 N122 M00; TROCAR FERRAMENTA
 N125 T01 M6; FRESA_16;
 N130 S1200 M3;
 N135 G43 Z5 H01;
 N140 G0X20 Y20;
 N145 G81 Z-10 R5 F100 L0;
 N150 G73.1 X20 Y20 I190 P2 J190 K2;
 N155 G80 G0 Z200;
 N157 M00; TROCAR FERRAMENTA
 N160 T01 M6; FRESA_19MM
 N165 S1200 M03;

N170 G43 Z5 H01;
 N175 G0X20 Y115 I190 J0 K2;
 N180 G81 Z-10 F100 R5 L0;
 N185 G35 X20 Y115 I190 J0 K2;
 N190 G80;
 N195 G0 Z200 M09;
 N200 M30

O301;BASE MECANISMO_2º_OPERAÇÃO

N05 G90 G40 G54 G21 G17 G80;
 N10 G0Z200;
 N15 T01 M6;FRESA_16MM
 N20 S400 M03
 N25 G43 Z5 H04;
 N30 G0X20 Y115;
 N35 G81 Z-8 F100 R5 L0;
 N40 G73.1 X20 Y115 I190 J0 K2;
 N45 G80 G0 Z200 M9;
 N50 M30;

O302; COLUNA_GUIA_M8

N05 G99;
 N10 G0X150 Z150;
 N15 G54 T00;
 N20 T0701;MTB.8
 G0 X18 Z2.5;
 G1 X-.5 F.2;
 G0Z3;
 X18 Z2;
 G1 X-.5;
 G0Z2.5;
 X18 Z1.5;
 G1 X-.5;
 G0Z2.
 X18 Z1;
 G1 X-.5;
 G0Z1.5
 X18 Z.5;
 G1 X-.5;
 G0Z1.

X18
N25 G0 X18. Z0.
N30 G1 F.2 Z-.1;
N35 X16 Z0;
N40 X-.5;
N45 G0 Z150 X150;
N50 G54 T00;
N55 T0501;BROCA_CENTRO;
N60 S100 M3;
N65 M8;
N70 G0 X0 Z2.;
N75 Z.2;
N80 G1 F.2 Z-1.;
N85 F.08Z-5;
N90 G0 Z20;
N95 G0X150 Z150;
N100 G54 T00
N105 T0201;BROCA_7MM;
N110 S800 M3
N115 M8;
N120 G0 X0 Z2.;
N125 Z.2;
N130 G74 Z-15 Q1700 R1 F.05;
N135 G0 Z10;
N140 G0 X150 Z150;
N145 G54 T00;
N150 T0401;MACHO_M8x1.25;
N155 S80 M3
N160 M8;
N165 G0 X0. Z2;
N170 M29;
N175 G84 Z-12 F1.25;
N180 G80;
N185 G0 Z10 M5;
N190 X150 Z150 M9;
N195 G54 T00;
N200 T0801; ENCOST
N205 G0 X0Z0;
N210 M24;
N215 M2;

O303; BASE_INFERIOR_1ºOP.

N10 G90 G40 G54 G21 G17 G80;
N20 G0 Z200
N30 T01 M6; (BROCA DE CENTRO)
N40 S400 M3;
N50 G43 Z5 H01;
N60 M98 P309 L1;
N70 G0 Z100;
N80 M00; (TROCAR P/ BROCA 25 MM)
N90 M98 P310 L1;
N100 G0 Z100;
N110 M00; (TROCAR P/ BROCA 8.5 MM)
N120 M98 P311 L1;
N130 G0 Z100;
N140 M00; (TROCAR P/ MACHO M10X1.5)
N150 M98 P312 L1;
N160 G0 Z100;
N170 M00; (TROCAR P/ FRESA 30 MM)
N180 M98 P313 L1;
N190 G0 Z100;
N200 M30;

O309; BROCA _CENTRO

N10 G0 Z100;
N20 G83 X20 Y17.5 Z-6 R2 Q2 F60;
N30 X115;
N40 G0Z20;
N50 X210;
N60 G80
N70 G0 Z150;
N80 M99;

O310; BROCA_25 MM

N10 T01 M6;
N20 S1000 M3;
N30 G43 Z10 H05;
N40 G0 Y17.5 X20;
N50 G83 X20 Y17.5 Z-70 R5 F100 Q10;
N60 X210;
N70 G80;

N80 G0 Z100;
N90 M99;

O311; BROCA_8.5 MM

N10 T01 M6;
N20 S1000 M3;
N30 G43 H03 Z20;
N40 G0 Y17.5 X115;
N50 G83 X115 Y17.5 Z-30 R4 F100 Q8;
N60 G80;
N70 G0 Z150;
N80 M99;

O312; MACHO_M10 X 1.5

N10 T06 M6;
N20 S300 M3;
N30 G0 Y17.5 X115;
N40 G84 X115 Y17.5 Z-24 R4 F5 P1.5, R1;
N50 G80 G0 Z20;
N60 G0 X-100 Y-100 Z150;

O313; FRESA_30 MM

N10 T07 M6;
N20 S1000 M3;
N30 G43 H07 Z10;
N40 G0 Y17.5 X20;
N50 G83 X20 Y17.5 Z-5 R5 F100 Q10;
N60 G80 G0 Z20;
N70 X210;
N80 G83 X20 Y17.5 Z-5 R5 F100 Q10;
N90 G80 G0 Z150 M9;
N100 X-100 Y-100M5;
N110 M30;

O303; BASE_INFERIOR_2ºOP

N5 G90 G40 G54 G21 G17 G80;
N10 Z200
N15 T01 M6; (FRESA DE TOPO Ø 25 MM)
N20 S1200 M03;
N25 G43 Z5 H35;

N30 G0 X-100 Y-100;
 N35 X90 Y-30
 N40 M98 PO314 L10;
 N45 G0 Z200;
 N80 M00; (TROCAR P/ BROCA CENTRO)
 N90 M98 P315 L1;
 N100 G0 Z100;
 N110 M00; (TROCAR P/ BROCA 5 MM)
 N120 M98 P316 L1;
 N130 G0 Z100;
 N140 M00; (TROCAR P/ BROCA 3 MM)
 N150 M98 P317 L1;
 N160 G0 Z100;
 N170 M00; (TROCAR P/ MACHO M6 X1)
 N180 M98 P318 L1;
 N190 G0 Z100;
 N200 M30;

O314;REBAIXO_FRESA_25MM

N10 G91 Z-1;
 N15 G90 G42 X90 Y0 D35 M08;
 N20 Y47.5;
 N25 G2 X102.5 Y60 R12.5;
 N30 G1 X127.5;
 N35 G2 X140 Y47.5 R12.5;
 N40 G1 Y-30;
 N45 G40 X-100 Y-100;
 N50 M99;

O315; BROCA_CENTRO

N10 T01 M6;
 N15 S400 M03;
 N20 G43 H01 Z10;
 N25 G83 R2 Q2 F60 Z-23 X107 Y3;
 N30 X123 Y3;
 N35 X96.25 Y15;
 N40 Y40;
 N45 X133.75;
 N50 Y15;
 N55 X115 Y50;

N60 G80;
 N65 G0 Z150;
 N70 M99;

O316; BROCA_5 MM

N10 T01 M6;
 N20 S1000 M03;
 N30 G43 H01 Z10;
 N40 G83 R2 Q2 F60 Z-23 X96.25 Y15;
 N50 Y40;
 N60 X133.75;
 N70 Y15;
 N80 X115 Y50;
 N90 G80;
 N100 G0 Z150;
 N110 M99;

O317; BROCA_3 MM

N10 T01 M6;
 N20 S400 M03;
 N30 G43 Z10 H01;
 N40 G83 X107 Y3 Z-25.5 R5 F100 Q8;
 N50 X123;
 N60 G80;
 N70 G0 Z150;

O318; MACHO M6X1

N10 T01 M6;
 N20 S300 M3;
 N30 G43 H06 Z10;
 N40 G84 X96.25 Y15 Z-30 R4 F5 P1, R1;
 N50 Y40
 N60 X133.75;
 N70 Y15;
 N80 G80;
 N90 G0 Z150
 N100 M30;

O319;BASE_INFERIOR_3ºOP.

N10 G90 G40 G54 G21 G17 G80;
 N20 G0 Z200
 N30 T01; (FRESA.30MM);
 N40 S1000 M3;
 N45 G43 H38 Z10;
 N60 G83 X20 Y17.5 Z-5 R5 F100 Q10;
 N80 X210;
 N100 G80;
 N110 G0 Z150;
 N120 M30;

O320; BASE_SUPERIOR_1ºOP.

N10 G90 G40 G54 G21 G17 G80;
 N20 G0 Z200
 N30 T01 M6;(BROCA DE CENTRO)
 N40 S400 M03;
 N50 G43 Z5 H01;
 N60 G83 X20 Y17.5 Z-6 Q2 R2 F60;
 N70 X210 Y17.5;
 N80 G80;
 N90 G0 Z200;
 N100 M00; TROCAR FERRAMENTA
 N110 T01 M6; (BROCA.19MM);
 N120 S1000 M3;
 N130 G43 Z10 H32;
 N140 G83 X20 Y17.5 Z-35 R5 F100 Q10;
 N150 X210;
 N160 G80;
 N170 G0 Z200 M9;
 N180 M30;

O321;BASE_SUPERIOR_2ºOP

N5 G90 G40 G54 G21 G17 G80;
 N10 Z200
 N15 T01 M6; (FRESA DE TOPO Ø 25 MM)
 N20 S1200 M03;
 N25 G43 Z5 H35;
 N30 G0 X-100 Y-100;

N35 X90 Y-30
 N40 M98 PO314 L10;
 N45 G0 Z200;
 N80 M00; (TROCAR P/ BROCA CENTRO)
 N90 M98 P315 L1;
 N100 G0 Z100;
 N110 M00; (TROCAR P/ BROCA 5 MM)
 N120 M98 P316 L1;
 N130 G0 Z100;
 N140 M00; (TROCAR P/ BROCA 3 MM)
 N150 M98 P317 L1;
 N160 G0 Z100;
 N170 M00; (TROCAR P/ MACHO M6 X1)
 N180 M98 P318 L1;
 N190 G0 Z100;
 N200 M30;

O322;BASE_INFERIOR_3ºOP.

N10 G90 G40 G54 G21 G17 G80;
 N20 G0 Z200
 N30 T01 M6;(BROCA DE CENTRO)
 N40 S400 M03;
 N50 G43 Z5 H01;
 N60 G83 X20 Y17.5 Z-2 R5 F100 Q10;
 N70 X210;
 N80 G80;
 N90 G0Z150
 N100 Z150
 N110 M00; TROCAR P/ BROCA.8MM;
 N120 T01 M6;
 N130 S1000 M03;
 N140 G43 Z10 H01;
 N150 G83 X20 Y17.5 Z-40 R5 F100 Q10;
 N160 X210;
 N170 G80;
 N180 G0Z150
 N190 M00; TROCAR P/ BROCA.15MM;
 N170 T01 M6;
 N180 S1000 M3;
 N185 G43 Z10 H01;

N200 G83 X20 Y17.5 Z-8 R5 F100 Q10;
 N220 X210;
 N240 G80;
 N245 G0 Z150
 N270 M30;

O305; TAMPA_DE_FIXAÇÃO;

N05 G90 G40 G54 G21 G17 G80;
 N10 G0 Z200
 N15 T01 M6;BROCA_CENTRO
 N20 S400 M13;
 N25 G43 Z10 H01;
 N30 G0 Z10 X-10 Y-10;
 N35 X17 Y3;
 N40 G1 Z-1 F100;
 N45 F50 Z-5;
 N50 G0Z5;
 N55 X33 Y3;
 N60 G1 Z-1 F100;
 N65 F50 Z-5;
 N70 G0Z5;
 N75 X7.5 Y15
 N80 G81 Z-5 F200 R5 L0;
 N85 G73.1 X7.5 Y15 I37.5 P2 J25 K2;
 N90 G80 G0 Z200;
 N95 X-20 Y-20;
 N100 Z200;
 N100 T05 M6; BROCA_5MM
 N105 S1000 M13
 N110 G43 Z10 H05;
 N115 G0 Z10 Y-100 X-100;
 N120 X7.5 Y15
 N125 G83 X7.5 Y15 Z-12 R4 F100 Q8 L0;
 N130 G73.1 X7.5 Y15 I37.5 P2 J25 K2;
 N135 G80 G0 Z200;
 N140 X-20 Y-20;
 N145 G0Z20;
 N150 Z150
 N155 X-100 Y-100;
 N160 T06 M6;BROCA_3MM

N560 S400 M13;
 N570 G43 Z10 H06;
 N580 G0 Z10 Y-100 X-100;
 N590 X17 Y3;
 N600 G83 X17 Y3 Z-6 R5 F100 Q8;
 N610 G80 G0Z20;
 N620 X33 Y3;
 N630 G83 X33 Y3 Z-6 R5 F100 Q8;
 N640 G80 G0Z20;
 N650 Z150 X-100 Y-100
 N660 T6 M6; (MACHO.M6X1)
 N670 S300 M3
 N675 G43 Z10 H06;
 N680 G0 X7.5 Y15;
 N690 G84 X7.5 Y15 Z-10 R4 F5 P1, R1L0;
 N695 G73.1 X7.5 Y15 I37.5 P2 J25 K2;
 N700 G80 G0 Z200 M9;
 N705 X-100 Y-100 Z150M5;
 N710 M30

O306; BUCHA_GUIA;

N05 G99;
 N10 G0 X150 Z150;
 N15 G54 T00;
 N20 T0101; MTB
 N25 S1200 M3;
 N30 M8;
 N35 G0 Z5 X35;
 N40G1 X-.5;
 N45 G0 Z2.;
 N50 G0 X35;
 N55G74 X25 Z-10 Q2500 P1000 F.2 R2;
 N60 G1 X23;
 N65 Z-1 X25;
 N70 Z-10;
 N75 X29;
 N80 X31 Z-11;
 N85 Z-18;

N90 X35;
N95 G0 X150 Z150;
N100 G54 T00;
N105 T0201; BROCA_15MM;
N110 S1200 M3;
N115 M8;
N120 G0 X0 Z2;
N125 Z.2;
N130 G1 F.1 Z-5
N135 G1 F.2 Z-20;
N140 G0 Z5;
N145 X100 Z100;
N150 G54 T00
N155 T0401; FER_FURO_M
N160 S1200 M3;
N165 M8;
N170 G0 X19 Z2;
N175G1 Z0 F.05;
N180 X17 Z-1;
N185 G1 F.1 Z-15;
N190 X16;
N195 G0 Z5;
N200 X150 Z150;
N205 G54T00;
N210 T0601; SANG.3;
N215 S800 M3;
N220 M8;
N225 X35 Z-18;
N230 G1 X25 F.15;
N235 G0 X35;
N240 G1 X15;
N245 G0 X50M9;
N250 X150 Z150 M5;
N255 G54 T00;
N260 T0801;ENCOST.
N265 G0X0Z0;
N270 M24;
N480 M30;

ANEXO C – FERRAMENTAS UTILIZADAS

BROCA DE CENTRO	BROCA Ø 34 MM
BROCA Ø 3 MM	MACHO M6X1
BROCA Ø 5 MM	MACHO M8X1.25
BROCA Ø 7 MM	MACHO M10X1.5
BROCA Ø 8 MM	SANGRADOR 3 MM
BROCA Ø 8,5 MM	FERRAMENTA DE FURO INTERNO
BROCA Ø 15 MM	CABEÇOTE Ø 16 MM
BROCA Ø34 MM	CABEÇOTE Ø 25 MM

Legend		
	Strong Relationship	9
	Moderate Relationship	3
	Weak Relationship	1
	Strong Positive Correlation	
	Positive Correlation	
	Negative Correlation	
	Strong Negative Correlation	
	Objective is To Minimize	
	Objective is To Maximize	
	Objective is To Hit Target	

Row #	Max Relationship Value In Row	Relative Weight	Weight / Importance	Quality Characteristics (a.k.a. "Functional Requirements" or "Whats")	Column #	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
						▲	X	▼	▼	▲	X	▲	▲	X	▲	X	▲	▲	X	X	X	▲	X	▼	X	▼	▲	X	▲	▲
				LAYOUT AMIGÁVEL (NÚMERO MÁXIMO DE COMPONENTES MONTADOS)																										
				FÁCIL ACOPLAMENTO DO CORPO DE PROVA (TEMPO DE ACOPLAMENTO)																										
				BAIXO PESO (PESO MÁXIMO DO CONJUNTO)																										
				BAIXO CUSTO (CUSTO MÁXIMO)																										
				FÁCIL DE USINAR (TEMPO DE USINAGEM)																										
				NÃO SOFRE OXIDAÇÃO (TEMPO DE VIDA EM BOM ACABAMENTO)																										
				LIVRE DE ARISTAS CORTANTES (QUANTIDADE DE ARESTAS VIVAS)																										
				AQUISIÇÕES DE DADOS PRECISAS (INCERTEZA DE MEDIÇÃO DO SISTEMA ELETRÔNICO)																										
				SEGUIR A NORMAS DA NR12 (NÚMERO DE EPIS NECESSÁRIOS PARA OPERAÇÃO)																										
				FÁCIL DE MONTAR (TEMPO DE MONTAGEM)																										
				PORTÁTIL (PESO)																										
				MANUTENÇÃO/LUBRIFICAÇÃO BARATA (PREÇO MÁXIMO)																										
				BOM ACABAMENTO (NÚMERO DE SUPERFÍCIES PINTADAS)																										
				NORMAS DIN (PERCENTUAL DO NÚMERO TOTAL DE COMPONENTES)																										
				ROSCAS MÉTRICAS (PERCENTUAL DO NÚMERO TOTAL DE ROSCAS)																										
				MEDIDAS EM MILÍMETROS (PERCENTUAL DO NÚMERO TOTAL DE COTAS)																										
				COLUNAS GUIAS COM AJUSTE DESLIZANTE (TOLERÂNCIA DIMENSIONAL)																										
				PROGRAMAS LICENCIADOS (TEMPO DE LICENÇA)																										
				PLACAS DE BAIXO CUSTO (PREÇO MÁXIMO)																										
				CELULA DE CARGA PARA MAIOR PRECISÃO (INCERTEZA DE MEDIÇÃO)																										
				PEQUENO PORTE (VOLUME TOTAL DA MÁQUINA)																										
				REPETIBILIDADE (PRECISÃO DIMENSIONAL)																										
				AJUSTÁVEL (CURSO BASE DE FIXAÇÃO)																										
				DETALHADO (Nº DE DETALHAMENTOS DOS COMPONENTES)																										
				CRIATIVO (Nº DE PEÇAS INOVADORAS)																										

ANEXO D – MATRIZ QFD

1	9	5,5	5,0	FÁCIL DE USAR	☉	☉	☉	▲	▲	▲	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	▲	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	▲		
2	9	5,5	5,0	ERGONOMIA	▲	☉	☉	▲	☉	▲	☉	▲	☉	☉	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	☉	☉	▲	▲	▲		
3	9	3,3	3,0	ESTÉTICA	☉	☉	▲	☉	▲	☉	☉	▲	▲	☉	☉	☉	▲	☉	▲	▲	▲	▲	☉	☉	▲	☉	☉		
4	9	5,5	5,0	ECONOMICO	☉	▲	☉	☉	☉	☉	▲	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉			
5	9	2,2	2,0	SEGURANÇA	▲	☉	☉	▲	☉	☉	☉	▲	☉	☉	▲	▲	☉	☉	☉	▲	☉	▲	☉	☉	☉	☉	▲		
6	9	5,5	5,0	CONFIABILIDADE	☉	▲	▲	▲	☉	▲	▲	☉	☉	☉	▲	▲	▲	☉	☉	☉	☉	☉	☉	▲	☉	☉	▲		
7	9	2,2	2,0	NORMALIZAÇÃO	☉	▲	▲	▲	▲	▲	▲	☉	☉	▲	▲	☉	▲	☉	☉	☉	☉	▲	☉	▲	▲	▲	☉	☉	
8	9	5,5	5,0	IMPACTO AMBIENTAL	▲	▲	☉	☉	▲	☉	☉	▲	▲	▲	▲	☉	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	☉	▲	▲	▲	▲	
9	9	5,5	5,0	FABRICABILIDADE	▲	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	▲	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	▲	☉	☉	☉	☉		
10	9	5,5	5,0	MONTABILIDADE	▲	☉	☉	▲	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉		
11	9	1,1	1,0	EMBALABILIDAE	▲	▲	☉	▲	▲	☉	☉	▲	▲	☉	▲	☉	▲	▲	▲	▲	▲	▲	☉	▲	▲	▲	▲	☉	
12	9	5,5	5,0	TRANSPORTABILIDADE	▲	▲	☉	▲	▲	▲	▲	▲	▲	☉	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	☉	▲	▲	▲	☉		
13	9	1,1	1,0	COMERCIABILIDADE	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉		
14	9	5,5	5,0	USABILIDADE	☉	☉	☉	▲	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉		
15	9	1,1	1,0	MANTENABIDADE	☉	☉	▲	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	▲	☉	☉	☉	☉	☉		
16	3	3,3	3,0	EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	▲	▲	▲	▲	☉	☉	▲	☉	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	☉	☉	☉	▲	▲	▲	
17	9	1,1	1,0	AQUECIMENTO	▲	☉	☉	▲	▲	▲	▲	☉	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	☉	▲	☉	▲	▲	▲	▲	▲		
18	9	1,1	1,0	EMIÇÃO DE RUÍDO	▲	☉	▲	▲	▲	☉	▲	☉	▲	▲	▲	▲	☉	▲	▲	☉	▲	☉	▲	▲	▲	▲	▲		
19	9	4,4	4,0	EMIÇÃO DE VIBRAÇÃO	▲	▲	☉	☉	▲	☉	▲	☉	▲	▲	▲	▲	☉	▲	▲	☉	▲	▲	▲	▲	▲	▲	☉		
20	9	5,5	5,0	TEMPO DE VIDA	▲	▲	▲	☉	▲	☉	▲	▲	▲	▲	☉	▲	☉	☉	☉	☉	☉	☉	▲	▲	▲	▲	▲		
21	9	5,5	5,0	TOLERÂNCIAS	▲	☉	☉	☉	▲	▲	▲	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	▲	☉	☉	☉	☉	☉	☉		
22	9	5,5	5,0	VELOCIDADE	☉	☉	☉	☉	☉	▲	☉	☉	▲	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	▲	☉	▲	☉	☉	☉	☉		
23	9	5,5	5,0	ESTABILIDADE	☉	☉	☉	☉	☉	☉	▲	☉	▲	☉	▲	☉	☉	☉	☉	☉	☉	▲	☉	☉	▲	☉	☉		
24	9	2,2	2,0	ACESSIBILIDADE	☉	☉	☉	☉	▲	▲	☉	☉	▲	▲	☉	▲	☉	▲	☉	▲	☉	☉	▲	☉	☉	☉	☉		
25	9	5,5	5,0	CUSTO-BENEFÍCIO	☉	▲	☉	☉	☉	☉	☉	☉	▲	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉		
				Target or Limit Value	10 COMPONENTES	2 MINUTOS	12 Kg	R\$ 990,00	7 DIAS	5 ANOS	18 ARESTAS	0.01 CHM	3 EPI'S	8 MINUTOS	12 Kg	R\$ 200,00	20 SUPERFÍCIES	80% DOS COMPONENTES	80% DOS COMPONENTES	90% DOS COMPONENTES	0.2 mm	12 MESES	R\$ 150,00	0.1 g	0.15 m²	0.1 mm	250 mm	7 DETALHAMENTOS	4 PEÇAS INOVADORAS
				Difficulty (0=Easy to Accomplish, 10=Extremely Difficult)	1	6	6	3	5	1	1	8	3	3	5	7	3	1	1	1	8	3	3	1	3	3	3	0	8
				Max Relationship Value In Column	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
				Weight / Importance	289,0	409,9	401,1	416,5	352,7	354,9	223,1	513,2	365,9	440,7	300,0	361,5	282,4	482,4	497,8	462,6	442,9	387,9	354,9	306,6	390,1	440,7	401,1	493,4	256,0
				Relative Weight	3,0	4,3	4,2	4,3	3,7	3,7	2,3	5,3	3,8	4,6	3,1	3,8	2,9	5,0	5,2	4,8	4,6	4,0	3,7	3,2	4,1	4,6	4,2	5,1	2,7

