

ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

LUCAS CHOJIRO SEGAWA

DESTACADOR DE FORMULÁRIO  
CONTINUO

A apresentação é - A fac<sup>99</sup>  
Banca Prof. Marcelo Alves (orientador)  
Prof. Edson Gomes (coordenador de PMC581)

Estudo apresentado à Escola  
Politécnica da Universidade de São  
Paulo para a disciplina:  
PMC 581 - Trabalho de Formatura

Área de Concentração:  
Engenharia Mecânica, com ênfase  
em Projetos e Fabricação

Orientador:  
Professor Marcelo Augusto Leal  
Alves

9,5 M<sup>2</sup>

São Paulo

1998

## **Agradecimentos**

Gostaria de agradecer, principalmente ao Professor Orientador **Marcelo Alves** pela grande atenção e apoio dado a execução deste trabalho de formatura. Gostaria de agradecer também ao pessoal da Oficina, Alceu, Tigrão, Cícero, Zé Guilherme e Laércio pelo auxílio prestado, além do Francisco do Laboratório de Máquinas inteligentes por todo apoio e a todo pessoal com que dividi as pizzas. E é claro, meus agradecimentos ao meu pai e minha mãe.

## **ÍNDICE**

<b>Estudo de Viabilidade</b>	<b>1</b>
<b>1.Introdução.....</b>	<b>2</b>
<b>2.Estabelecimento de necessidade</b>	
2.1 Introdução.....	3
2.2 O uso de formulário contínuo.....	3
2.3 A impressora matricial.....	4
2.4 Outro uso dos formulários.....	5
2.5 Como se destaca atualmente formulário contínuo.....	6
2.6 Estudo da economia de custos.....	6
2.7 Mercado.....	7
<b>3.Formulação do projeto</b>	
3.1 Funcionais.....	8
3.2 Operacionais.....	8
3.3 Construtivas.....	8
3.4 Síntese de possíveis soluções.....	9
<b>4.Exequibilidade Física</b>	
<b>4.1 Análise de propostas iniciais.....</b>	<b>10</b>
4.1.1 modelo nº1.....	10
4.1.2 modelo nº2.....	12
4.1.3 modelo nº3.....	13
<b>4.2 Desenvolvimento da síntese das possíveis soluções.....</b>	<b>14</b>
4.2.1 Quanto ao corte.....	14
4.2.2 Quanto ao tracionamento.....	15
4.2.3 Quanto ao posicionamento do papel.....	16
4.2.4 Quanto ao mecanismo de acionamento da faca, ou destacador.....	16
<b>4.3 Análise das soluções.....</b>	<b>18</b>
<b>4.4 Alternativas de novas propostas de projeto.....</b>	<b>19</b>
4.4.1 Alternativa de cizalhamento.....	19
4.4.2 Alternativa de tracionamento.....	19
4.4.3 Alternativa de reposicionamento das folhas.....	20
<b>5 Continuidade do projeto.....</b>	<b>21</b>

<b>Projeto Básico.....</b>	<b>21</b>
<b>1. Desenvolvimento de Protótipo.....</b>	<b>22</b>
<b>1.1 Introdução.....</b>	<b>23</b>
<b>1.2 Modelo Proposto.....</b>	<b>23</b>
<b>1.3 Escolha do Material.....</b>	<b>24</b>
<b>1.4 Determinação da Força de Destacamento.....</b>	<b>25</b>
<b>1.5 Calculo da Força de Atrito.....</b>	<b>26</b>
<b>1.6 Calculo do ângulo do eixo Cônico.....</b>	<b>26</b>
<b>1.7 Calculo da Tensão de Contato nos Cilindros.....</b>	<b>28</b>
<b>1.8 Escolha do Motor.....</b>	<b>29</b>
<b>1.9 Calculo da Polia do Motor.....</b>	<b>30</b>
<b>1.10 Calculo do Momento Torçor no Eixo.....</b>	<b>31</b>
<b>1.11 Determinação da Correia.....</b>	<b>32</b>
<b>1.13 Esticamento da Correia.....</b>	<b>33</b>
<b>1.14 Verificando Capacidade por Correia.....</b>	<b>34</b>
<b>1.15 Calculo do Volante.....</b>	<b>35</b>
<b>1.16 Calculo da Vida do Rolamento.....</b>	<b>37</b>
<b>1.17 Dimensionamento do Eixo.....</b>	<b>39</b>
<b>2. Máquinas Utilizadas na Fabricação do Protótipo..</b>	<b>40</b>
<b>2.1 Torno Universal.....</b>	<b>40</b>
<b>2.2 Fresadora Universal.....</b>	<b>40</b>
<b>2.3 Furadeira.....</b>	<b>41</b>
<b>2.4 Plaina Ferramenteira.....</b>	<b>41</b>
<b>2.5 Guihotina.....</b>	<b>42</b>
<b>2.6 Serra de Fita Vertical.....</b>	<b>42</b>
<b>2.7 Serra de Fita Horizontal.....</b>	<b>43</b>

<b>3. Peças do Protótipo.....</b>	<b>44</b>
<b>3.1 Eixos.....</b>	<b>46</b>
<b>3.2 Suporte dos Eixos, Regulador da Mola.....</b>	<b>50</b>
<b>3.3 Mancais.....</b>	<b>55</b>
<b>3.4 Suporte do Motor, Suporte do Eixo da Polias do motor,         Base dos Suportes e Placas dos Suportes dos Cones..</b>	<b>59</b>
<b>3.5 Tirantes.....</b>	<b>65</b>
<b>3.6 Placa de Apoio do Papel.....</b>	<b>68</b>
<b>4 Tabelas, Gráficos e Panfletos.....</b>	<b>70</b>
<b>5. Conclusão.....</b>	<b>71</b>
<b>6. Biobibliografia.....</b>	<b>72</b>

# **Estudo de Viabilidade**

## **1 - Introdução**

Este trabalho tem por objetivo o desenvolvimento do projeto de um destacador de formulário contínuo e construção de um modelo. Como primeira parte do projeto, este trabalho faz uma exposição do estudo de viabilidade, além de mostrar modelos, idéias e desenvolvimentos até aqui realizadas no projeto do destacador de formulário contínuo. Para todas os modelos e idéias foi feito uma análise procurando ser o mais minucioso possível. Procurando detectar todas as possíveis falhas. Nas alternativas de projeto estão os modelos propostos mais viáveis para construção, e a seguir os rumos para onde caminhará o projeto.

Devo lembrar da importância maior da parte inicial do projeto, pois como uma pilha ela será a base onde estará apoiado todo o projeto. Com um erro inicial pode-se levar todo trabalho do projeto em vão. Algumas figuras esquemáticas ilustram as idéias propostas para o projeto.

## **2 - Estabelecimento de necessidade**

### **2.1 Introdução**

O principal objetivo deste projeto é o destaqueamento de formulários contínuos. Esse tipo de papel é utilizado principalmente em trabalhos de impressão que necessitem de velocidade, baixo custo, continuidade na alimentação de papel, e uso de mais de uma via, por exemplo notas fiscais.

E a necessidade do destaqueamento seria para confecção de livros para o arquivamento.

O principal uso atual e quase que exclusivamente dos formulários contínuos é em impressoras matriciais. Sendo o projeto voltado para pessoas, ou empresas que tem que destacar grandes quantidades de formulários contínuos. Onde a relação custo/benefício atraia o investimento por parte dessas empresas.

A seguir temos uma análise do mercados de produtos e pessoas que viabilizam o projeto.

### **2.2 O uso do formulário contínuo**

Apesar da presença cada vez mais significativas do uso de folhas soltas com o barateamento das impressoras jato de tinta e laser, o formulário contínuo apresenta vantagem principalmente no meio comercial. Dentre as vantagem do formulário contínuo estão:

- Menor preço
- formulário contínuo.....R\$ 0,0060 / folha (80 colunas)
- folhas soltas.....R\$ 0,0085 / folha (tamanho A4)

O preço foi levantado tirando-se uma média de empresas fornecedoras de papel (Kalunga, KSR, Papéis Madi)

- o formulário contínuo pode trabalhar em gramaturas menores, pois devido ao tracionador não enrosca, fornecendo livros mais finos e leves, o que pode ser uma vantagem.
- pode-se trabalhar continuamente com maior número de folhas

- Outra vantagem é a não necessidade do tempo de realimentação e do uso de pequenas margens no papel devido ao sistema de tracionamento, aumentando a área de impressão.
- Mais uma vantagem seria a existência de formulário contínuos em diversas vias, por exemplo em notas fiscais, boletos de cobrança, guias do gare, duplicatas, etc.

## **2.3 A impressora matricial**

Logo que se pensa em formulário continuo vem a nossa cabeça a idéia de impressora matricial.

Atualmente este tipo de impressora perdeu mercado para impressoras laser e jato de tinta, porém possue algumas vantagem que as matém no mercado.:

- menor custo de impressão
- continuidade na impressão ( não existe tempo de ejetar uma folha e puxar outra).
- A existência no mercado de impressoras com mais de um cabeçote de impressão o que aumenta a velocidade.
- A necessidade da impressão de mais de uma via.
- O custo de fita de impressão é menor que o sistema jato de tinta ou laser. Sendo que na verdade o refil da matricial nunca acaba ele vai recirculando e quando o operador acha que quando a impressão está muito clara, então troca-se o refil.
- Existem impressoras com velocidade de 800cps (Elgin EE 818).
- Algumas impressoras jato de tinta aceitam formulário contínuo (Epson Sylus Color 400, HP Deskjet 692C).
- Segue-se abaixo uma relação dos custos de impressão:

	matricial	jato de tinta	laser
preço do refil	< R\$ 10,00	> R\$ 30,00	R\$ 200,00
nº folhas impressas	3.000	1.000,00	4.000
custo de impressão	R\$ 0,0033/folha	R\$ 0,03/folha	R\$ 0,05/folha

tabela 1 - Custos de impressão

O custo foi tirado levando-se em conta algumas impressoras do mercado.

Deve-se lembrar do caso em que são feitas várias vias de domínio exclusivo das impressoras matriciais em formulário contínuo.

## 2.4 Outro uso dos formulários

Devemos levar em consideração, que na atual legislação brasileira é exigido para controle fiscal que as firmas tenham encadernados livros diários, livros razão, balancetes, balanços, registros de entrada e saída. Conforme o tipo de atividade ou o porte da empresa são requeridos, alguns ou todos os citados. Esses livros, por lei devem estar encadernados e alguns deles devem ser registrados na Junta Comercial do Estado de São Paulo ou em Cartório. Como esses livros destinam-se a arquivos as empresas de contabilidade ou os setores contábeis procuram reduzir o custo ao máximo. Como foi observado o menor custo é obtido com o uso de formulário contínuo e impressora matricial. Supondo que cada empresa no país precise de pelo menos 2 livros (diário e razão), a quantidade de livros registrados é enorme. Estima-se algo acima de 1.000.000 de livros. Algumas empresas de grande porte chegam a ter que encadernar 100 livros por ano de 500 folhas cada.

Esses volumes impressos em formulários contínuos são enviados para encadernadoras, para confecção dos livros fiscais, e geralmente as empresas não se dão ao trabalho de enviar o formulário contínuo destacado. A seguir temos uma relação dos números fornecidos informalmente de algumas empresas que realizam este trabalho.

Empresa	nº de livros/ano	nº médio de folhas por livro	total de folhas por ano
Encadernadora L&L	2000	200	400.000
Encadernadora Barrezi	2000	200	400.000
Encadernador Athena	2000	150	300.000
Encadernadora Poliprint	4500	200	900.000
Encadernadora Sto Amaro	3000	200	600.000
Banco SRL	30	500	15.000
Paramont Lansul	90	500	45.000
Contabilidade J.Alves	200	30	6.000
Asconde -Assuntos Fiscais	100	20	2.000

tabela 2 - Pesquisa de mercado

## **2.5 Como se destaca atualmente formulário contínuo**

Praticamente todas as empresas destacam os formulários manualmente. Ver fotos em anexo.

O formulário vem sanfonado, onde duas frentes impressas estão com as faces voltadas uma contra a outra e invertidas. As bordas utilizadas pelo mecanismo da impressora é chamado de remalina e pode ser tirado com o auxílio de uma guilhotina.

Existem diversos tipos de picotes, alguns a distância entre os furos é mais espaçados que em outros, em outros é micro-serrilhado, com furos bem pequenos.

Para destacar o formulário manualmente ele é colocado em cima de uma mesa lisa e deslizado, utilizando a mão esquerda e a parte inferior do antebraço trava-se a penúltima folha e com a mão direita puxa-se a ultima destacando-a. Algumas folhas rasgam-se nesse processo e são remendadas com durex.

Existem algumas maneiras de facilitar o destacamento. Uma delas é chanfrar um dos lados do formulário direcionando a força de tração para o picote. Isso pode ser feito em questão de segundos utilizando uma faca bem afiada. Outra maneira é lixar as lombadas que contém o picote, somente o suficiente para reduzir a força necessária para o destacamento e reduzir o número de folhas rasgadas. (Ver fotos anexas ao relatório)

## **2.6 Estudo da economia dos custos**

Uma pessoa com muita prática nesse tipo de atividade, destaca um formulário de 80 colunas com 500 folhas em torno de 20 minutos. Devido a repetibilidade da ação ela torna-se tediosa e causa dores nas costas e nos braços. Não se consegue executar uma tarefa dessas por mais de quatro horas diárias.

Algumas empresas cobram um valor sobre o livro destacado pelo número de folhas. Por volta de R\$ 0,50 centavos por cento destacado.

Tirando-se de uma estimativa das empresas encadernadoras analisadas, pelo método de destacamento manual seria necessário ocupar um funcionário trabalhando 4 horas por dia, durante 2 meses do ano para destacar umas 300.000 folhas. Levando-se em conta um salário de R\$ 450,00 por mês. Posso ter uma estimativa do preço de mercado da impressora.

## **2.7 Mercado**

Naturalmente este não é um mercado em crescimento, principalmente porquê, nas áreas técnicas ou de editoração há muito tempo não se usa formulário contínuo. Provavelmente podem inventar um método que torne obsoleto o formulário contínuo, mas parece que não é do interesse de muitas pessoas. Algumas empresas que não se importam muito com o custo utilizam impressoras laser. Sendo está com a vantagem de ser mais silenciosa. Algumas impressoras matriciais são condicionadas em cabines contra ruído. Não pude conferir a existência de destacadores de formulário contínuo, ou achar fabricantes de tal equipamento. Podem ser feitas buscas na internet, algumas que fiz sem sucesso. Pode-se tentar com o uso de outros programas de busca em outras línguas. Existem alguns equipamentos multifuncionais como a "serrilhadora 1422" da Xerox que além de destacar, serrilham, ou microserrilham, além de cortar folhas contínuas. Porém é um equipamento caro, acima de R\$ 4000,00 o que não se destina a micro empresas. Soube da existência de equipamentos manuais, que segundo informações são devagares, de acionamento manual, que pouco rendem, porém não consegui ainda acesso a encadernadora que possui este equipamento. Inclusive não existem fornecedores vendendo um destacador exclusivamente.

## **3 - Formulação do Projeto**

### **Especificação de características técnicas:**

#### ***3.1 Funcionais:***

- Desempenho - Sabe-se que uma pessoa habilidade consegue destacar 500 folhas em 20 minutos. Devido a repetividade da atividade, consegue fazer isso por no máximo 4 horas. Com esse período, um número razoável seria de 7500 folhas/dia o que daria um limite de uma folha a cada 0,5 s. Mas podemos estabelecer um limite superior como o obtido manualmente por volta de uma folha a cada segundo. Deve ser capaz de destacar formulários de tamanho grande 132 colunas e pequenos.80 colunas.
- Segurança - deve-se proteger o operador contra danos físicos ao operador.

#### ***3.2 Operacionais:***

- Precisão \_ no caso de se destacar as folhas poderia-se rasgar uma a cada 500 folhas. No caso de cortar a folha essa poderia-se deslocar 1mm em relação ao picote.
- Durabilidade - a vida útil deve justificar a diferença entre o preço final do destacador de formulário contínuo e a economia de tempo com relação ao salário do operador, ou a necessidade de pessoa menos especializada.

#### ***3.3 Construtivas:***

- Peso - 15 Kg.
- Dimensão - que caiba num cubo de 0,5m<sup>3</sup>

### **3.4 Síntese de possíveis soluções:**

Funções	A	B	C
pull paper	cylinders	conveyor belt	claws
highlight paper	lamina	solenoid	guillotine
invert paper	rollers	levers	
operate device	electric motor	manual	pneumatic

Obs: O caso de invertar papel serviria principalmente para alternativa de reposicionamento de papel ver (item 4.4.3) dentre as alternativas de projetos propostos.

## **4 - Exequibilidade física**

### ***4.1 Análise de propostas iniciais***

Segue a análise de algumas idéias para o destacamento do formulário contínuo. Algumas conclusões importantes foram tomadas.

- Pensou na possibilidade de adequar um dispositivo para que a impressora destaca-se o formulário contínuo o termino da impressão da página. Porém teríamos um problema que deveria ser específico para um tipo de impressora ou adaptar-se a vários tipos o que tornaria-se quase que impossível devido ao grande número de impressoras e a inviabilidade de mercado, já que não atenderíamos o mercado dos encadernadores.
- Alguns problemas propostos não funcionam por erros de projeto, dentre esses erros alguns podemos tomá-los como princípios do que não deve ser feito, para este de projeto. Estes tipos de erros detroem toda a base da forma construtiva do modelo proposto, inviabilizando o.

Devido aos seguintes itens, os modelos propostos foram excluídos.

#### **4.1.1 Modelo nº1**

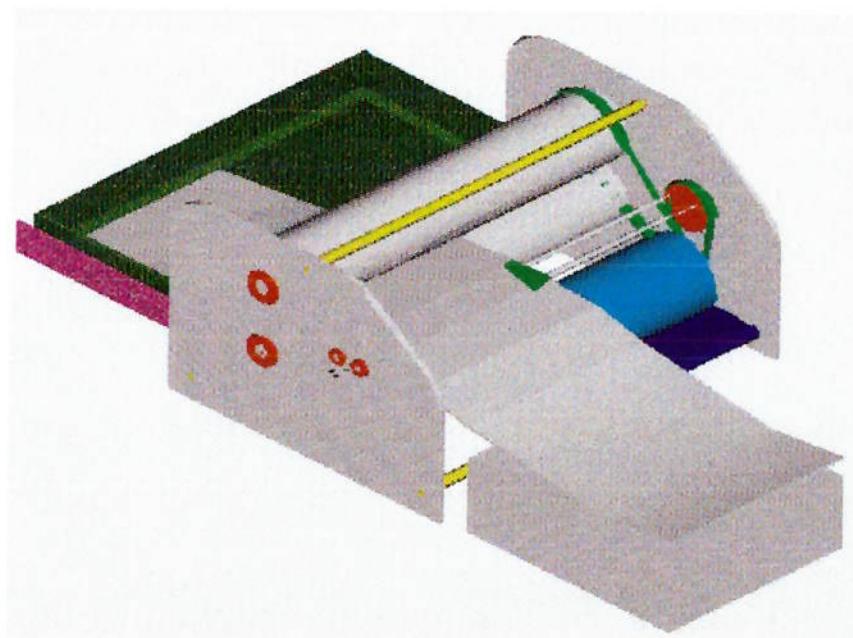


figura 1- exposição do modelo proposto

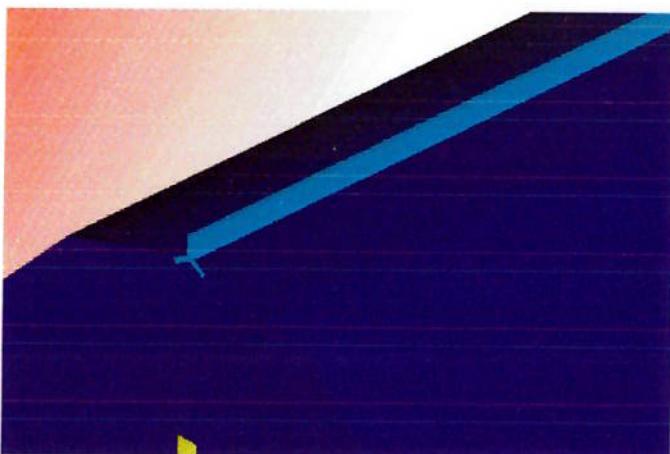


figura 2- Vista ampliada da faca

Nesta alternativa a cada volta do conjunto de cilindros, estaríamos com a lâmina da foto acima, destacando o picote. Neste caso o diâmetro do cilindro deveria ter o comprimento da folha.

1º) - *O rolo teria que ter a medida exata do comprimento do papel. Como exemplo, se tivéssemos um erro de perímetro de 0,1mm na centésima folha teríamos um erro somático de 10mm, intolerável para o projeto. Além disso teremos, todos os erros de folgas dos mancais. O rolo, deveria ser feito de material flexível para comprimir e tracionar o papel sem escorregamento, então o material flexível do rolo tornaria-se mais um fator de imprecisão. Além disso teríamos um diâmetro fixo.*

2º) - *A faca encaixada no rolo, não encaixaria no outro rolo, ver anexo. Para encaixar, imagine o momento em que o faca de cima encaixar na superfície do rolo de baixo, e for penetrando, deveríamos ter uma folga, já que a faca não entra reto na direção do centro do cilindro, mas angularmente. Esta folga pode comprometer todo o corte do papel.*

O 1º item foi adotado com princípio, não podemos ter um erro somático. Devemos ter um mecanismo independente que tome a medida de cada folha.

Outro item a ser questionado é sobre o processo de destacamento. A grande dúvida é se devemos destacar as folhas tracionando a região do picote ou se devemos cortá-las, já que neste caso seríamos independentes do estado do picote. Mas não seria mais um destacador de formulário contínuo, mas um "Cortador de formulário contínuo".

Quanto as outras alternativas proposta foram tomadas as seguintes conclusões.

#### 4.1.2 Modelo nº2

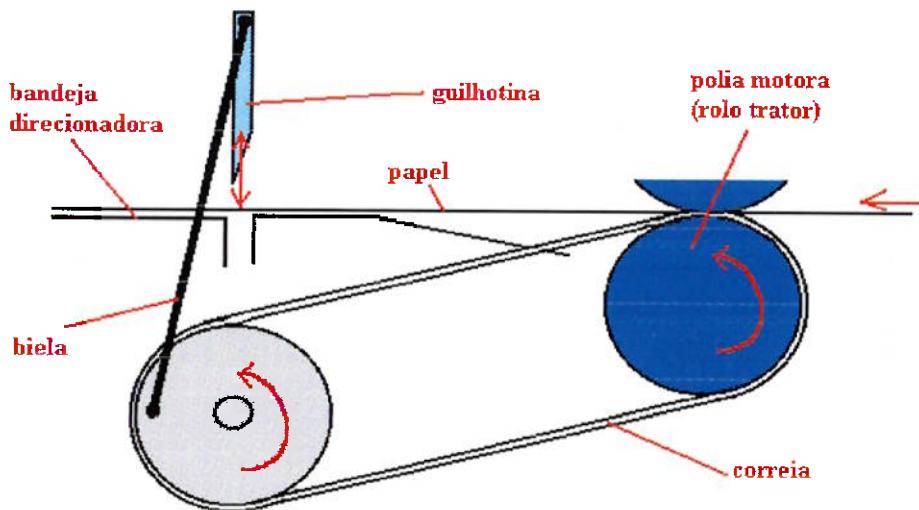


figura 3 - modelo nº2

Neste caso um sistema biela-manirovela acionando uma faca cortaria a folha.

1º) Teríamos o mesmos problema de erro somático.

2º) Como a faca deve cizalhar num único instante toda a superfície do papel, está pode mastigar ou embolar o papel, além de gastar-se rapidamente. Teríamos a necessidade de reafiação da faca e mais um custo de manutenção. E quanto maior a velocidade do sistema, mais rapidamente teríamos que afiar a faca. O custo de afiação de um faca está por volta de R\$ 15,00. Devemos considerar que devido a diminuição das medidas causada pela afiação da faca teríamos que trocá-la.

#### 4.1.3 Modelo nº3

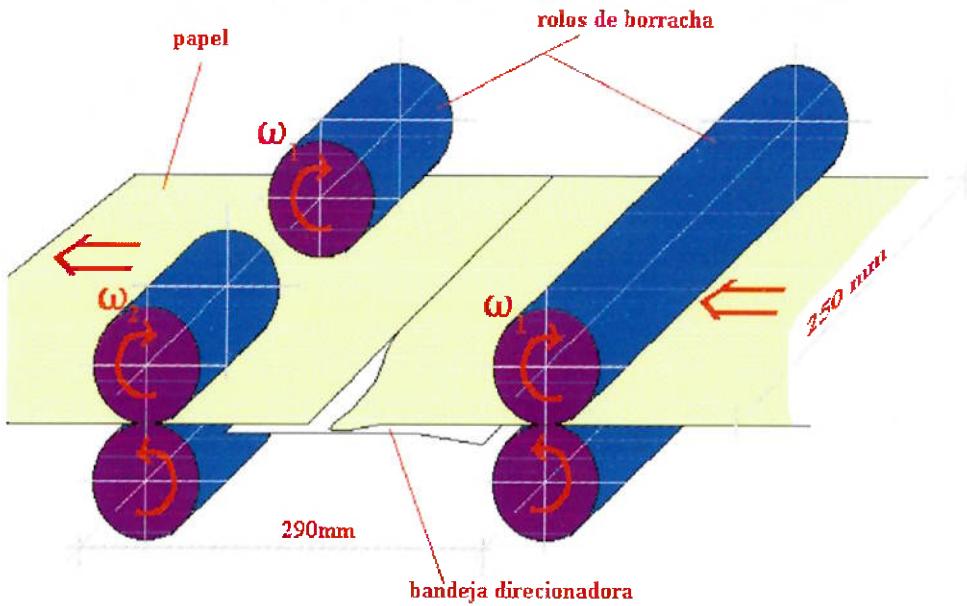


figura 4 - modelo nº4

Quanto ao terceiro sistema, que procura destacar o formulário contínuo com diferentes rotações:

- 1º) A velocidade  $w_1$  e  $w_2$  podem ser obtidas fazendo-se um par de eixos cônicos..
- 2º) Este projeto não soma erros de dimensionamento das peças como os outros, além de ser de construção mais simples.
- 3º) O rolo que traciona com diferente velocidade irá destacar o picote em todo seu comprimento de um só vez. O que aumenta a força necessária, aumenta a possibilidade de rasgar o papel.

## 4.2 Desenvolvimento da síntese de possíveis soluções

Pensei em algumas alternativas que possuem o mesmo problema de erro somático do item 1 da análise do projeto já feito. Pois somente percebi isso, quando desenvolvia algumas idéias, as quais não vale mais perder tempo em comentar, pois os erros são os mesmos. Outras embora não funcionem, ou não tenham confiabilidade, são citadas para não repetir os mesmos erros. Mas alguns, componentes isolados desses mecanismos, que podem ser úteis, serão comentados, como novas idéias para um projeto final. Além disso para pensar num mecanismo de forma criativa, para buscar todas as alternativas possíveis, devo considerar todas alternativas, para depois criticá-las. Mais tarde depois da análise das idéias, chega-se a conclusões importantes, que servem como uma base mais sólida para o projeto. Procurei dividir o projeto por partes, sendo cada parte uma função a ser realizada, lembrando que esta função pode ou não ser útil no projeto final escolhido.

### 4.2.1 Quanto ao corte:

1º) No caso de uso de uma faca esta deve cortar angularmente para não ter o esforço de corte num único ponto.

2º) Além disso deve cortar através da raspagem da face de duas facas, como uma tesoura. Isto diminuiria a manutenção em comparado ao corte perpendicular da faca com um anteparo.

3º) Durante o corte a faca deve acompanhar o papel na mesma velocidade durante o corte, e voltar recuada. Senão vai cortar torto o papel.

4º) No caso de um mecanismo que utilize o destacamento, devemos procurar fazer o destacamento da seguinte forma: este deve começar de um lado da folha, como se estivéssemos rasgando a folha, mas pelo picote e não puxar as folhas perpendicularmente e de uma vez só o picote, pois estariamos aumentando a probabilidade de rasgar a folha.

5º) Este sistema precisa ser independente do tracionamento, para não ocorrer o mesmo erro somático do item 1 do 1º mecanismo do projeto já feito. Isto é a faca deve cortar quando algo detectar, que cada picote de cada folha, está na posição de corte ou destacamento.

#### **4.2.2 Quanto ao tracionamento:**

1º) O papel não pode escorregar, pois isso comprometeria todo o processo de corte, ou destacamento do picote.

2º) Para não escorregar os rolos tracionadores devem ser feitos de material antiderrapante.

3º) Apesar disso deve-se supor o desgaste dos rolos.

4º) Como solução, pode-se utilizar o mecanismo utilizado em máquinas de plastificação, o qual consiste em ligar os mancais dos rolos, através de molas, em cujas pontas fixam-se a parafusos e na base de cada mancal deve haver um furo por onde prende-se o parafuso a uma porca. Apertando ou afrouxando a porca pode-se comprimir mais ou menos os rolos.

5º) Outros mecanismos de tracionamentos seriam esteiras, ou fixadores de remalina semelhante a encontrada em impressoras matriciais. Até aqui os rolos parecem de maior facilidade de construção. Os fixadores de remalina seguram somente as bordas, o que os torna inseguros.

#### **4.2.3 Quanto ao posicionamento do papel:**

1º) Como já foi citado, o mecanismo de posicionamento serviria para detectar o momento em que o picote estaria posicionado para ser destacado ou cortado. Isto deve ser feito para cada folha. Relembrando o caso de sistemas onde os erros de cada folha se somam e por isso são inviáveis.

2º) Como solução proposta podemos utilizar um sweeter ou um sensor ótico, quando o papel estivesse na posição certa, isto é o picote estivesse na posição certa, acionaria-se o mecanismo de corte, ou destacamento.

3º) Esse sensor poderia deslizar por um régua para regulagem, ou destacar formulários contínuos de tamanhos diferentes.

#### **4.2.4 Quanto ao mecanismo de acionamento da faca, ou destacador**

1º) O principal fator que complica este sistema, pois o sistema de acionamento deve ser dependente apenas do sinal produzido pelo sensor.

2º) É difícil pensar num mecanismo puramente mecânico, uma vez que teríamos que transmitir através de um sensor o posicionamento do papel, algo provavelmente pequeno, para um grande esforço de corte. Além disso pode não haver grande vantagem nisso. Um componente mecânico de alta, sensibilidade, tende a ser de difícil fabricação e manutenção, além de muito caro.

3º) Um novo componente deverá fornecer a força para mover um sistema de faca, ou devo aproveitar a força do motor, porém o que torna difícil o projeto é a alta velocidade e a necessidade de um sistema intermitente e independente do sistema de movimentação.

4º) Foi pensando em se utilizar o sistema de cremalheira com catraca de prensas excêntricas para acompanhar o papel durante o corte. Para subir e descer a faca utilizaria-se cames. Para acionar a catraca utilizaria-se um solenóide. Porém essa idéia foi descartada, porque devido a forma construtiva do sistema, o cubo com ranhuras, ver desenho, possui uma posição angular indefinida, na hora em que aclopa-se com a chaveta. O erro seria a diferença entre uma ranhura e outra. Além disso não é um mecanismo barato e de fácil usinagem.

5º) Um sistema biela-manivela, também não pode ser usado, pois seria dependente de um sistema de movimentação que somaria os erros.

6º) Também foi pensado num sistema em que se utilizaria solenóides, para acionar uma fricção. Porém para isto necessitara-se conhecer melhor como funciona solenóides, que tipos estão comercialmente disponíveis, como é descrita sua velocidade e força em função do tempo.

7º) E também é preciso conhecer mais sobre fricção, já que provavelmente o escorregamento durante a fricção pode alterar toda a precisão do sistema, inviabilizando sua implementação.

## 4.3 Análise das soluções

1º) Devemos lembrar que o erro não pode somar-se a cada folha.

2º) Devemos considerar 2 tipos de mecanismos, se resolver cortar ou destacar o picote.

No caso de cortar, seria o mecanismo independente do estado do picote, porém dependente do estado da faca e do mecanismos que a faz movimentar-se.

No caso de destacar a folha seríamos dependentes do estado picote e do sistema destacador .

3º) Deve-se levar em conta que um sistema de facas não possui um movimento contínuo, porque a faca precisa subir e descer, sendo acelerado e desacelerado. Então quando maior a massa, maior a inércia do sistema e mais potência será necessária para o acionamento do sistema, pode-se também pensar que isso aumentará o desgaste e o ruído.

4º) Deve-se sempre lembrar do custo do projeto uma vez que devo trabalhar numa faixa economicamente viável. Obviamente vários sistemas podem tornar o projeto mais confiável, porém mais caros, alguns projetos podem tomar caminhos que os tornam caros e complexos. Por exemplo, não há como colocar um sensor, junto a um feixe laser para cortar o papel, pois o feixe não deve ser nada barato. Nem utilizar componentes que necessitem de ar comprimido ou hidráulica. Como foi visto a melhor alternativa continua sendo o uso de um ou mais motores elétricos assíncronos, devido ao seu baixo custo e fácil disposição de energia para alimentá-lo.

5º) Deve-se pensar no fator de manutenção, peças disponíveis comercialmente, peças de fabricação especial (como camos). Essas peças podem ser caras ou de difícil fabricação.

## **4.4 Alternativas de projeto propostas**

### **4.4.1 Alternativa de Cizalhamento**

Até agora uma alternativa que não foi eliminada foi a de utilizar um sistema de solenóide com fricção, acionada por um sensor, para acionar um mecanismo tipo tesoura que avança cortando e retorna livre, recuada. Este mecanismo teria cames, ou manivelas, para subir e descer a faca superior da tesoura, sendo a inferior fixa, uma vez que por ela correria o papel. Para acionar o mecanismo utilizariam o solenóide com uma fricção ligada ao motor. Para escorar o eixo do solenóide utilizariam um rolamento axial. Deveríamos ter outro solenóide para parar o sistema, funcionando como freio ou trava. Assim que o conjunto da tesoura retornar, para garantir sempre o posicionamento correto. O maior problema é que este mecanismo torna-se complexo e com muitos componentes de difícil ajuste e usinagem, como cames. Todos esses fatores começam a tornar caro o projeto. Outros mecanismos como biela-manivela tornariam, mais complexa a construção. Lembrando que no sistema com faca precisamos estar exatamente em cima do picote. Segundo consulta com a firma Meac o tempo de acionamento de um solenóide com retorno por mola, é menor que 350 ms. Os modelos mais rápidos chegam a 50 ms. Durante este tempo o picote deve estar entre os rolos. Outro fator limitante seria o tempo ligação do solenóide, pois quanto menor, maior a força e menor os custos do projeto. Provavelmente este será o fator limitante do projeto.

### **4.4.2 Alternativa de tracionamento**

Como segunda alternativa o formulário passaria por 2 conjunto de rolos comprimidos por molas, os quais devem estar a uma mesma velocidade. Um dos lados de um dos conjuntos deve movimentar-se angularmente para destacar o papel ( ver croqui), isto pode ser feito através de rolos cônicos. Para regular a pressão de modo que um conjunto de rolos não desliza-se sobre o papel, regularíamos a pressão através do sistema de molas já proposto. Este projeto parece bem mais simples e com menos componentes que o primeiro, adotaríamos o sistema de destacamento ao invés do sistema de corte. Outra vantagem desse sistema é: estando o picote entre os rolos,

temos a posição necessária para o destacamento, com boa margem de erro.

Porém deve-se fazer um estudo mais detalhado da força necessária para o destacamento, da massa dos rolos e suas fixação, dos atritos e o momento de inércia que isso geraria. Pode-se utilizar na confecção dos rolos materiais, mais leves possíveis como o alumínio.

Através de um estudo estatístico, utilizando um prendedor para folhas e pesos ligados a esses prendedores pode-se determinar a força necessária de tracionamento do papel para destacá-lo. E a partir daí selecionar o solenóide com a força e a velocidade proposta. A grande desvantagem desse método estaria na total dependência do picote, e consequentemente de rasgar a folha.

#### **4.4.3 Alternativa de reposicionamento das folhas**

Surge uma terceira alternativa que consiste mais um novo método do que num modelo pensado, pois ainda não surgia uma boa idéia para sua implementação. Este consistiria em refilar(cortar) numa guilhotinha (equipamento presente em quase toda as encadernadoras) o formulário, próximo a margem. Assim retiraria-se o picote. Porém restaria inverter as folhas de posição, já que estariam numa posição invertida( face de uma com a face de outra ou verso de uma com o verso de outra). Algumas máquinas de Xerox possuem tal mecanismo. Estou colhendo dados destas para o possível aproveitamento de algumas idéias.

A desvantagem desse método é a necessidade de se remover uma pequena margem. Porém mesmo após serem destacados, por motivos estéticos a maioria das encadernações com formulário são refiladas. Somente em casos onde a impressão esteja muito perto da borda isso não ocorre, para não correr o risco de cortar o texto. A grande vantagem desse método estaria na total independência do picote, e consequentemente de rasgar a folha.

## **5 - Continuidade do projeto**

Antes de prosseguir devo lembrar da maior importância desta fase do projeto, pois é onde se apoiará todo o resto.

Pode-se que existam componentes que servirão de base para uma possível proposta de projeto. Entre eles estão o solenóide, sensores e a fricção. Porém o preço de alguns componentes tornariam o projeto inviável. O estudo de viabilidade não para por aqui. Pode-se notar que o projeto converge para modelos cada vez mais confiáveis e de amplia-se cada vez mais as idéias de como destacar o formulário contínuo.

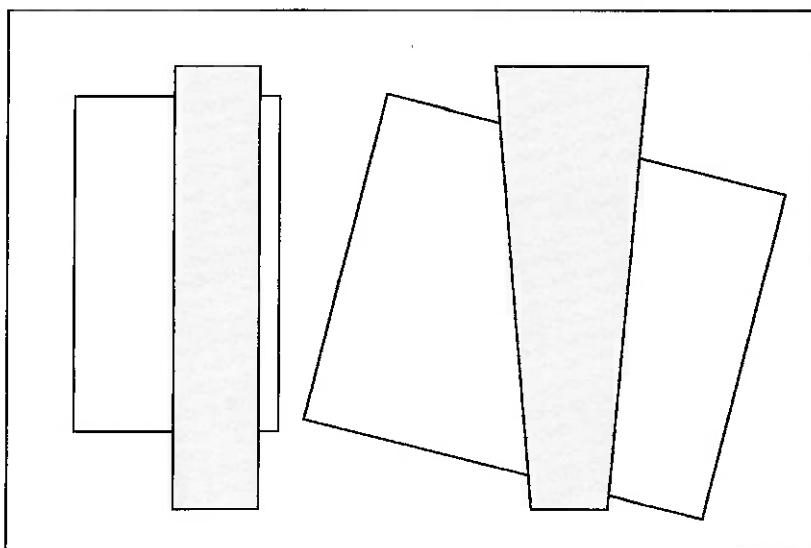
Dentre os mecanismos o sistema de compressão dos rolos cônicos por mola, não encontrei ainda objeções, devo também seguir alguns princípios da análise das idéias, como o qual o erro não pode somar-se a cada folha. O projeto utilizando rolos de diferente velocidades angulares, talvez seja o de mais fácil solução devido a maior facilidade de construção e baixo custo.

# **PROJETO BÁSICO**

# **1 - Desenvolvimento do Protótipo**

## ***1.1 Introdução***

A simplicidade e possibilidade de construção do destacador de formulário contínuo, utilizando um par de eixos paralelos e um par de rolos cônicos foi motiva como alternativa devido a inexistência de somatória de erros a cada destacamento. Pode-se ver abaixo a simplicidade do modelo proposto.



*figura 5 - esquema do destacamento*

Muitas vezes para o calculo de um item é retirado dados de outros itens. Este projeto foi desenvolvido de forma interativa entre diversos itens que estão relacionados, os quais procurei deixar indicado os capítulos correlatos

Para a construção foi estabelecido um protótipo, o qual sofreu uma série de mudanças durante a fabricação, para estar dentro das limitações de usinagem existentes, ou para tentar manter o projeto a custos razoáveis, ou pela descoberta de uma alternativa de melhor custo-benefício ou de maior facilidade de montagem. Assim não somente a parte teórica foi feita de maneira interativa, mas a parte prática de construção do protótipo, com a verificação teórica, através das ferramentas da engenharia, para tornar viável a construção deste trabalho de formatura.

## 1.2 Modelo Proposto

O modelo proposto é constituído de 2 pares de eixo(1,2), um paralelo para tracionar o formulário contínuo(1) e outro par cônico(2) para destacar o formulário contínuo. O acionamento se dá através de um motor(5) ligado a uma polia de dois canais(3), montada sobre um eixo fixo a mancais, a qual transmite a força para os dois eixos superiores dos pares de eixos paralelos e outros cônicos(1,2), os quais possuem polias em suas pontas(4). Através de uma correia para cada polia é transmitido o movimento. A tensão da correia é regulada subindo ou descendo a base do motor(9). A transmissão para os eixos inferiores se dá por atrito. Entre os eixos deve existir uma bandeja de apoio para o formulário ir de um par de eixos para outro. O pressão de contato e consequentemente a força de atrito com que os eixos puxam o papel é regulado através de molas sobre os mancais dos eixos superiores, fixos a um parafuso para regular a força, preso numa cantoneira(8). O mancal desliza por uma guia(6) para manter o contato com outro. O destacamento ocorrerá conforme o esquema da figura 1 visto na introdução. Na figura abaixo temos um esquema do protótipo proposto.

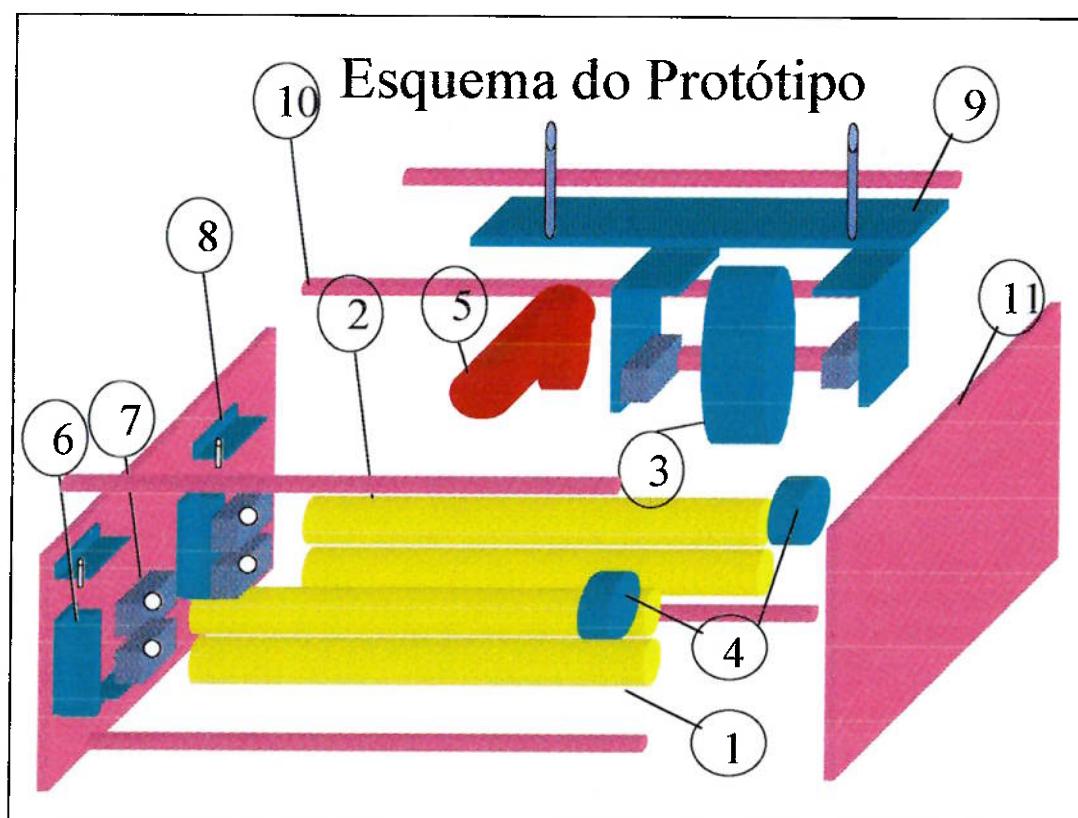


figura 6 - Esquema de protótipo proposto para a construção

O protótipo feito foi construído com os eixos simétricos, na pior das hipóteses ser necessário acrescentar outro motor.

A estrutura toda está montada em chapas de grande espessura(11) ligadas por tirantes(10) com rebaixos e rosas nas pontas..

### **1.3 Escolha do Material**

Inicialmente nos tempos de hoje, é comum pensar-se em utilizar materiais plásticos que são leves, porém comparados com o f<sup>º</sup>f<sup>º</sup> e o aço são de baixa resistência a tração e compressão, além da falta de estabilidade das medidas e alto custo, pois os plásticos tornam-se baratos quando injetados, pois dispensam operações de usinagem.

Além disso apesar da densidade ser alta o custo por quilo é muito inferior ao custo de outros materiais não ferrosos. Por exemplo, apesar de possuir densidade 2,8 vezes maior que o alumínio possui o preço pesquisado 5 vezes menor por quilo.

O f<sup>º</sup>f<sup>º</sup> é um material frágil, mas de grande resistência ao desgaste, por exemplo, é utilizado na construção de estruturas de máquinas ferramentas, por possuir também ótima estabilidade dimensional e amortecimento contra vibrações. O ferro e o aço conferem alta rigidez ao projeto. Além disso, possui altíssima usinabilidade, um fator de grande importância na para construção do projeto. É essencial neste projeto a viabilidade econômica, quanto a matéria-prima e a usinagem. Por estes motivos o f<sup>º</sup>f<sup>º</sup> foi utilizado na construção das caixas de rolamento, mancal, e dos eixos.

Já para as demais peças foi utilizado aço SAE 1020 devido a facilidade de compra, baixo preço e grande resistência. Este material foi utilizado no projeto das Placas de suporte, suporte dos eixos, suporte do motor, suporte das guias para eixos cônicos e tirantes.

Devido ao alto custo do aço inox, 5 vezes maior que o aço 1020, porém a necessidade de um suporte liso e livre de oxidação, foi utilizado este material inox liga 306 para construção de uma chapa para apoio do papel durante o deslocamento de um par de eixos a outro.

Para a construção dos eixos tentou-se a utilização de tubos, visando reduzir a massa. Porém devido a falta de espessura de parede para a construção do eixo cônicoo, principalmente de tubos com costura , e do custo mais elevado e dificuldade de encontrar a matéria-prima em tubos sem costura, além da dificuldade do embutimento das pontas

para construção da parte que vai embutida no rolamento e na polia, tenderam para a escolha do eixo maciço de fºfº.

As polias foram compradas com a seção já fundida na medida, somente foram usinado o furo do eixo e o rasgo de chaveta. Foram encontradas polias em alumínio, que são de fácil usinagem.

## **1.4 Determinação da força de destacamento**

A força de destacamento foi determinada através de testes, colocando-se o formulário num vão entre os picotes. Então foram colocados pesos até que o formulário se rompe-se. Neste caso estamos supondo o destacamento de uma só vez e não angularmente começando de um só lado, conforme foi especificado no protótipo proposto. Porém por segurança, foi adotado este tipo de destacamento superdimensionando o projeto, como é inovador, para não ocorrer o risco de não destacamento do formulário contínuo. Obteve-se um valor médio de rompimento das folhas de 5 Kgf. Então por segurança o projeto foi calculado para 10 Kgf. O ideal seria testar diferentes tipos e marcas de formulários. Porém para não correr o risco do não destacamento e como as forças são relativamente baixa, perto do equipamento disponível, como vai ser visto no projeto do motor (ver capítulo\*, projeto do motor), por segurança adota-se um valor superior. Nos testes com pesos 10 Kg foi considerado um valor, bem dimensionado dentro de uma margem de segurança. No cálculo dos esforços para dimensionamento das seções dos eixos, a própria massa do eixo maciço de fºfº é que gera as maiores tensões.

## **1.5 Cálculo da força de atrito**

A determinação da força de atrito é de vital importância para o projeto, já que através da determinação da força de atrito pode-se determinar a força atuante nos eixos de destacamento e a partir daí dimensionar as seções dos eixos, os rolamentos, a correia e a potência necessária para o motor.

Para o projeto especificado quanto maior a força de atrito menor será a força normal nos eixos, regulado através das molas, isto seria benéfico para reduzir os esforços nos elementos. Foi estimado um coeficiente de atrito estático de cerca de  $\mu = 0,5$ , baseado no livro do Dubbel, Heinrich, Manual do Engenheiro Mecânico. Onde o valor é tirado da página 230 do atrito mínimo entre metal e madeira. Infelizmente não foi encontrado nenhuma tabela que consta-se informações do coeficiente de atrito entre papel e diversos materiais. Devido ao limite de tempo e custo dos ensaios, o próprio protótipo terá como objetivo determinar se será necessário emborrachar os eixos, ou fazer um outro tratamento. O que gerara um coeficiente de atrito provavelmente maior que o do aço, o que reduziria a força normal nos eixos, reduzindo o desgaste dos rolamentos e os esforços. Uma maneira de se medir o coeficiente seria utilizando um plano inclinado, onde o valor da tangente do ângulo do plano, quando este estivesse em evidência de movimento, seria o valor do coeficiente de atrito. Uma maneira mais precisa e correta seria através da medição das forças para determinação das forças de atrito de rolamento, o qual sabe-se que é inversamente proporcional ao raio. Porém como não foi achado o valor desta em nenhuma bibliografia para a sua determinação empírica seria necessário construir um protótipo. Pôr este motivo será considerada a superfície de raio infinito.

Para o protótipo estabelecido a força de atrito seria determinada pela força normal devido a massa do eixo e da força das molas. A força de atrito desejada seria a necessária para o destacamento, medida empiricamente através de testes com formulários contínuos, no valor de  $F_{at} = 10 \text{ Kgf}$ . Já que a fórmula para o atrito estático:

$$F_{at} = \mu \cdot N$$

Isolando a normal, obteríamos o valor de 200N, porém como teremos 2 forças de atrito de mesmo módulo e direção em ambos lados do papel, já que temos um rolo de cada lado do papel nos eixos cônicos de destacamento, porém somente os de cima são motorizados. Através destes valores, já que a massa do cilindro é de cerca de 9 Kg, exerceria um peso de cerca de 90 N, por isso foi escolhida uma mola de coeficiente  $K=1,165 \text{ kgf/mm}$ . No modelo proposta o peso dos eixos e a força da mola são favoráveis a Normal e do lado de maior diâmetro a resultante das correias é para cima desfavorável a

Normal, mas felizmente devido ao modelo proposta as molas podem ser reguladas de modo independente.

## 1.6 Calculo do ângulo do eixo cônico

O ângulo do eixo cônico e a diferenças dos diâmetros em relação a os eixos paralelos e a conicidade, determinaram a velocidade que se dará o destacamento e a amplitude relativa ao distanciamento entre as folhas. Foi estabelecido o diâmetro de 60mm dos eixos paralelos

Para o calculo da conicidade dos eixos, primeiro estabeleceu-se o destacamento mínimo do lado de menor diâmetro do cone. Este valor seria da separação dos papéis em 15 mm no eixo de menor conicidade e de 40 mm no eixo de maior conicidade. Conforme esquema da figura abaixo:

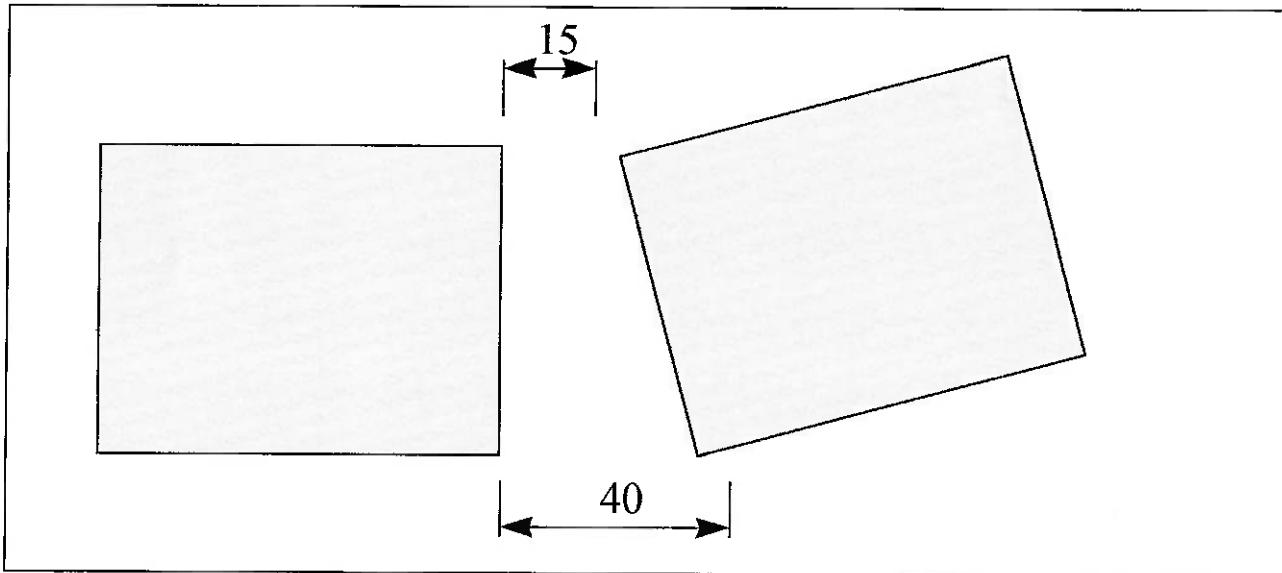


Figura 7 - Processo de Destacamento

Como o comprimento do papel é dado 280 mm a distância a ser percorrida pelo perímetro do lado menor do cone seria de  $280 + 15 = 295$  mm. O que daria um número n de rotações por folha:

$$n = \frac{280}{\pi \cdot 60} = 1,486 \text{ rotações/folha},$$

onde 60 mm é o diâmetro do eixo paralelo;

então para calcular o diâmetro menor d teríamos:

$$n = \frac{295}{d \cdot \pi}$$

Substituindo o valor de n=1,486 obtemos d = 63,2 mm.

Realizando a mesma conta, porém substituindo o valor do comprimento do perímetro durante o destacamento de 295 para 280 + 40 = 320, o qual é o comprimento de destacamento do cone maior, obteremos o valor de do diâmetro do cone maior de D = 68,6 mm.

## 1.7 Calculo da tensão no contato dos Cilindros

O calculo da tensão de contato dos cilindros foi obtida através da fórmula de Hertz, para o contato de 2 cilindros de mesmo módulo de Young e coeficiente de Poisson, tirado do livro Elementos de Máquinas (Joseph Edward Shigley), primeiro determina-se b da área de contato, cuja largura é um retângulo estreito de largura 2b.

$$b = \sqrt{\frac{2 \cdot F [(1 - \mu^2) / E]}{\pi \cdot l \cdot (1/d_1)}}$$

onde:

F= 20 Kgf = 200 N (ver capítulo 1.5 ,Calculo da força de Atrito), forças que pressiona os rolos;

$\mu = 0,2$  , coeficiente de Poison, ver tabela ( Shigley, pag. 320), para fºfº cinzento;

E = 14 Ksi = 96,5 Gpa ( Shigley,pag. 320), para fºfº cinzento;

Como no livro do Shigley e colocada a faixa de variação de E e de  $\mu$ , utilizou-se o caso limite, pior caso, onde a pressão de contato será maior, para isso E é o maior valor do intervalo e  $\mu$  o menor valor do intervalo..

o valor de b obtido foi de:

$$b = 0,014 \text{ mm}$$

A pressão máxima de contato segundo uma distribuição elíptica, segundo Herzt.

$$P_{\max} = -\frac{2.F}{\pi.b.l};$$

Substituindo os valores o valor obtido da pressão máxima é  $P_{\max} = 22 \text{ Mpa}$ , consultando a tabela \* , para o pior caso ( como o fornecedor não tem catálogo de máxima pressão de compressão) do material fºº ASTM 20 a resistência a tensão de compressão é 83 Mpa, logo não haverá deformação plástica no contato. O que é favorável ao uso de fºº, em relação ao alumínio, já que este possui boa resistência a tração, mas a resistência a compressão é cerca de 4 vezes menor em relação ao fºº.

## **1.8 Escolha do Motor**

Através do calculo do momento torçor no eixo, podemos determinar a potência mínima requerida do motor de 0,091 c.v. e o torque de 8,1 N.m, (ver capítulo \* , Determinação da correia) isto foi feito de maneira interativa , observando se o motor escolhido, através de sua especificação se este atende o projeto requerido.

Outro fator essencial para escolha do motor da BOSH - CEP 42-9.390.453.042 foi o custo, cerca de metade de um motor assíncrono de mesma potência (1/8 c.v.), e com a rotação de saída de cerca de 100 rpm eliminar a necessidade de um redutor, o que aumentaria demasiadamente o custo, o aumento seria de 50% a 100% do custo de todo material. Este motor já vêm com um redutor de parafuso sem-fim e coroa embutidos (Ver panfleto pág \*). Porém como o projeto destina-se ao uso residencial com corrente alternada de 110 V é necessário um transformador, 110 V- 12V e um retificador de corrente alternado para 12V e 5 A.

## 1.9 Calculo da Polia do Motor

Para determinar o diâmetro da polia do motor, primeiro vamos estabelecer o diâmetro da polia movida. Como o motor escolhido tem rotação nominal de 100rpm, e a velocidade desejada é de 2 folhas por segundo, a polia motora será maior que a movida. Devido ao desejo de ter um protótipo de dimensões reduzidas, foi escolhida a polia de menor dimensão possível, neste caso da movida. Para o calculo da transmissão foi utilizado o Manual de correias E.C. Multi-V.

Como dados temos:

Diâmetro da polia menor: 3";

diâmetro do cilindro: 60mm;

Comprimento do papel: 280mm

Velocidade desejada: 2 folhas por segundo, ou 120 folhas por minuto.

Para determinação do diâmetro da polia do motor. Foi calculado o perímetro do cilindro e dividido o comprimento do papel pelo perímetro. Obtendo 1,485 rotações por folha. Multiplicando-se por 2 folhas por minuto da velocidade de destacamento desejado, obtemos 178 rpm (rotações por minuto) que deve ser a rotação dos cilindros de destacamento. Este calculo foi feito de maneira interativa, já que a rotação do motor é função do torque (ver capítulo \*, Calculo do momento no eixo do motor) a rotação de funcionamento obtida é de cerca de 80 rpm (ver curva do motor). Assim o diâmetro da polia do motor será:

$$\text{Diâmetro da polia do motor} = 3".i$$

onde  $i$  = rotação dos cilindros/ rotação do motor

Foi obtido o valor de 6,67". Devido a polia comercialmente vendida de valor mais próximo ser de 7" foi adota esta. Teremos um aumento de 125 folhas por minuto. A rotação dos rolos será de 186 rpm.

## 1.10 Calculo do Momento Torçor no eixo

A potência transmitida é obtida através do momento torçor da rotação. O momento torçor é calculado a partir da força estipulada para o destacamento,  $F_d = 10 \text{ Kg}$  e do raio do cilindro de destacamento,  $r=34\text{mm}$

$$M_t = F_d r$$

Momento torçor obtido é de 3,4 N.m. A potência transmitida N será:

$$N = \frac{M_t \times n}{71620}$$

onde  $n = 186 \text{ rpm}$  (rotação do cilindro de destacamento). Utilizando-se o momento em Kgf.cm e a rotação em rpm, obteremos a potência em cavalos,  $N=0,088\text{cv}$

Para calcular a potência no eixo do motor, dividiremos a potência obtida pelo rendimento médio das correias  $\eta = 0,96\%$ . Obtendo uma potência de 0,091 c.v. O momento no eixo do motor será calculado de maneira interativa, junto também com o calculo da polia do motor, ver capítulo \* , Calculo da polia do motor), já que a rotação do motor varia muito com o momento. A rotação pode ser obtida do gráfico  $M_t \times n$  do anexo do motor. Deve-se inicialmente chutar um valor para a rotação, calcular o  $M_t$  e verificar nas pela curva a validade da equação. O momento torçor será de:

$$M_t = 71620 \frac{N}{n}$$

Calculando-se para uma rotação de cerca de 80 rpm obtemos um momento de 8,1 N.m. Sendo o momento máximo do motor recomendado pelo fabricante de 25 N.m. O motor está superdimensionado. E verifica-se também na curva de potência o valor de aproximadamente 100 W.

## 1.11 Determinação da correia

Para a determinação da seção da correia para o protótipo, foi utilizado o Manual de correias E. C. Multi-V. Verificando as condições de serviço(página 14 do Manual de Correias) e a potência a ser transmitida, estabeleceu-se a seção a ser utilizada e de maneira interativa foi feita a verificação da capacidade da correia com arco de contato de 180º e com o fator de correção para arco de contato (ver capítulo \*\*\*).

Então como dados temos:

Tipo de serviço: Serviço Normal;

Potência Transmitida: aproximadamente 1/8 C.v.

Então a partir daí temos verificando a tabela \* tirado do Manual Goodwear página 15. Foi escolhido a correia com seção A, também pelo fato de a seção A poder utilizar a menor polia, de 3.0". Que é essencial devido a exequibilidade física do protótipo proposto. Existe uma limitação de espaço, a polia não pode tocar no eixo inferior, já que ela vai montado no eixo superior. Foi escolhido está polia, objetivando uma polia motora de menor tamanho, no calculo da polia do motor.

Comprimento da correia foi determinado, tendo como dados:

Diâmetro da polia motora (ver Calculo da polia do motor, cap \*): 7";

Diâmetro da polia movida: 3";

Distância entre centros( tirado a partir do estabelecimento do protótipo): 160 mm

A fórmula tirada do manual de correias E. C. Multi-V, página 16

$$L_n = 2 \cdot xC + 1,57(D_n + d_n) + \frac{(D_n - d_n)^2}{4xC} ;$$

onde:

D<sub>n</sub>: diâmetro da polia maior = 7"

d<sub>n</sub>: diâmetro da polia menor = 3"

C: distância entre centros = 160mm

O valor de  $L_n$  obtido é 28.8", observando a tabela da pag. 13 foi escolhida a correia A-27. Inclusive observando a página 23 do manual pode-se ver que devido ao comprimento obtido, poderia-se utilizar 90% da potência para os cálculos. Mas numa análise mais empírica e pelo uso e verificando o capítulo \*, verificando-se a capacidade por correia verifica-se que a correia é superdimensionada. Mas devido ao custo (ver custos) e a baixa manutenção que isso irá gerar irei utilizar esta mesma correia.

## **1.13 Esticamento da correia**

Segundo o manual recomenda-se um esticamento de 5% do comprimento da correia, então sobre o comprimento da correia foi calculado aumentando-se em 5% e com este comprimento foi calculado uma nova distância entre centros. A variação das distâncias entre centros serviu de auxílio para construção do esticador, onde o motor é montado. Este funciona da seguinte maneira: o suporte o motor e fixo em parafusos que atravessam um furo num tirante(Ver capítulo \*, Modelo Proposto), estes parafusos podem deslizar, subir e descer através do tirante, colocando-se porcas no parafuso na parte superior do tirante. O curso do parafuso será a variação da distância entre centros. O valor do comprimento com o esticamento foi obtido pela formula:

$$C = \frac{b + \sqrt{b^2 - 3e}}{16}$$

onde ,  $b = 4L_n - 628(D_n + d_n)$

$$e = (D_n - d_n)^2$$

## **1.14 Verificando a capacidade por correia**

A potência máxima por correia foi verificada utilizando-se a tabela \* tirada da página 18 do manual goodwear de correias para arco de contato de 180º. Depois foi utilizado o fator de correção do arco de contato. Para consultar a tabela é necessária ter o diâmetro da polia menor e a velocidade da correia,  $V_c$ , dado por:

$$V_c = w \times d_n \times \pi$$

onde  $d_n=3"$

$w = 185 \text{ rpm.}$

A velocidade deve ser convertida em pés por minuto para consultar a tabela.  $V_c$  será 145 pés por minuto, o que é bem menor que a mínima velocidade da tabela(1000 pés por minuto), onde a capacidade para arco de contato é 0,56 Hp. Como a potência transmitida é de 0,077 c.v. (ver capítulo \*, calculo da potência transmitida), pode-se ver que a correia selecionada está superdimensionada.

Também foi utilizada a correção do arco de contato na página 22, tendo-se a distância entre centros e a diferenças de diâmetros.

$$\text{Diferenças de diâmetros} = D_n - d_n = 7" - 3"$$

$$\text{Distância entre centros} = 160\text{mm} = 6,3" \text{ ( tirado do protótipo)}$$

Como a menor distância da tabela é 10", extrapola-se o fator para distância entre centros de 10", 0,94 para 0,92. A Capacidade com o verdadeiro arco de contato será a capacidade com arco de contato de 180°, 0,56H.P multiplicado pelo fator 0,92, que será 0,52 H.P. Observa-se que a correia continua superdimensionada, o que é favorável devido ao baixo custo da correia, comparado com o trabalho de desmontagem para trocar as correias.

## 1.15 Calculo do volante

Devido ao próprio peso dos eixos, que é muito maior que o das polias e do rolamentos, estes funcionam como volantes gerando uma força de inércia que serve para acumular energia cinética, auxiliando o trabalho do motor.

Supondo uma massa  $M = 9 \text{ Kg}$  e o diâmetro do cilindro  $d=60\text{mm}$  teremos um momento de inércia de:

$$J = \frac{\pi \cdot d^4}{64}$$

O momento de inércia do eixo será  $J = 6,36 \cdot 10^{-7} \text{m}^4$ ;

O raio de giração  $i$ , do eixo, isto é do volante será:

$$i = \sqrt{\frac{J}{A}} = 0,015m$$

onde A é a área da seção transversal do eixo,  $A = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$ ;

O momento de inércia do cilindro I será:

$$I = M \cdot i^2 = 2,025 \cdot 10^{-3} \text{ Kgf.m}^2$$

A velocidade angular do cilindro do motor (ver capítulo \*, Determinação da Correia) será em radianos por segundo:

$$\omega_1 = 185 \text{ rpm} = \frac{185 \cdot \pi \text{ rad}}{30 \text{ s}} = 19,4 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

O trabalho realizado pelo destacamento será calculado com base na diferença dos deslocamentos de destacamento (ver capítulo \*, Calculo do ângulo do eixo cônico).s = 40 mm - 15mm = 25mm e das força de destacamento.

$$W = F \cdot r = 10 \text{ Kgf} \cdot x 2,5 \cdot 10^{-2} \text{ m} = 20 \cdot 10^{-2} \text{ Kgf.m}$$

A fórmula para o calculo da velocidade  $\omega_2$  depois do trabalho de destacamento será:

$$W = \frac{1}{2} I \cdot (\omega_1^2 - \omega_2^2);$$

Isolando o valor de  $\omega_2$  e substituindo os valores obteremos o valor  $\omega_2 = 11,4 \text{ rad/s}$ .

A porcentagem de perda de velocidade angular  $\eta$  será:

$$\eta = \frac{w_1 - w_2}{w_1} = 41\%;$$

Para o motor pode-se descobrir a perda da velocidade, utilizando o anexo do gráfico \*, Observando na curva torque x rotação. No destacamento teríamos o torque máximo ( ver capítulo \*, Calculo do momento no eixo),  $M_{max}= 8,1 \text{ N.m} = 810 \text{ N.cm}$  eixo do motor onde só houvesse tracionamento teríamos torque zero, então tirando do gráfico os valores da rotação para esses torques teremos:

para  $M_{max}= 810 \text{ N.cm} \Rightarrow w_1 = 75 \text{ rpm}$

$M_{min}= 0 \text{ N.cm} \Rightarrow w_2 = 100 \text{ rpm}$

A porcentagem de perda de velocidade angular  $\eta$  será:

$$\eta = \frac{w_1 - w_2}{w_1} = \frac{100 - 75}{100} = 25\%;$$

Observando-se os valores nota-se que a massa dos eixos cria uma inércia, devido a sua massa que auxiliara o motor escolhido, a manter a rotação a torque mínimo. Isto leva também a uma reflexão sobre o uso do alumínio (ver capítulo \*, escolha dos materiais), cuja baixa massa seria um fator negativo para o destacamento..

## 1.16 Calculo da Vida do Rolamento

Após o calculo da reações de apoio, para uma maior segurança e durabilidade do equipamento e já que a diferenças de preços pesquisada entre os rolamentos não é significativa; projetou-se o rolamento para o eixo de maior solicitação. Isto se deve ao fato de uma normalização dos rolamentos facilitar a construção do mancal e a compra do mesmo rolamento em maior quantidade reduzir o preço. Verificou-se como fator limitante para o projeto do rolamento o seu diâmetro externo. Pois este deve estar contido dentro da caixa do mancal e a caixa deve(Ver capítulo \*, modelo Proposto) ser de lado menor que o diâmetro dos eixos, para não tocar na caixa do eixo de baixo. Para dimensionar o rolamentos utilizou-se o catálogo geral da SKF. Estimou-se o valor de  $L_{10h}=12500(\text{horas})$

de trabalho), o que dá cerca de 4,3 anos trabalhando todos os dias 8 horas por dia. O valor da rotação utilizado foi de 186 rpm( ver Capítulo \*, cálculo da polia do motor). Então da tabela \* tirado do catálogo página 31, foi obtido o valor de C/P onde:

C = capacidade de carga dinâmica;

$C_0$  = capacidade de carga estática;

P = carga dinâmica equivalente;

Para este projeto foi desprezada a carga axial que é inexistente nos rolos paralelos e de valor muito baixo nos rolos cônicos, já que como a conicidade é muito baixa o valor da tangente também, gerando uma carga axial desprezível. O valor de P então é puramente radial. Seu valor é de cerca de 306N. O valor obtido da tabela 2 página 31 é :

$$\frac{C}{P} = 4,83$$

então o valor de C= 306N x 4,83 = 1478N

Para determinação do rolamento foi determinado do valor do furo, conforme foi descrito foi optado o uso do rolamento rígido de esfera. O Valor do diâmetro interno do anel interno, será determinado pelo dimensionamento do eixo (ver capítulo \*, Dimensionamento de eixo). Pelo valor do diâmetro interno do anel interno e de C foi determinado o tipo de rolamento que seria utilizado. Da página 188., escolheu-se o rolamento 61804 que possui C = 2700N e  $C_0$ =1500N.

Devido a matéria prima disponível foi escolhido este rolamento que devido as dimensões, não pode ter o diâmetro externo muito grande. Já que se observar o protótipo, como os eixos que fazem o destacamento se tocam, este deve ser menor que diâmetro do eixo e ainda deve haver uma parede mínima para a caixa do rolamento, o mancal. Ainda verificando-se os custos o ideal seria a utilização do rolamento de roletes que possuem limite de fadiga bem elevado, porém seu custo é 3 vezes maior que o de esfera. Então o ideal seria aumentar a resistência da caixa do rolamento, já que este precisa de uma certa espessura, pois o rolamento entra com ajuste interferente. Outra opção seria aumentar a espessura dos rolos e de maneira interativa ir determinando um rolamento com limite de fadiga adequado, concomitantemente ir calculando a massa já que esta aumenta com o quadrado do raio e calculando a resistência da parede da caixa

de rolamento devido a pressão interna gerada pelo ajuste interferente. No protótipo devido a matéria-prima disponível, e ou custo foi comprado um rolamento importado da marca ENZO, com lubrificação para a vida, isto é, com dupla placa de vedação.

## **1.17 Dimensionamento do eixo**

Para dimensionamento dos eixos de tracionamentos, foram usadas as fórmulas, tabelas e recomendações contidas no livro Dimensionamento, de Boris Zampese e as resistências contidas na tabela \* da fundição de ferro.

Para dimensionamento do eixo foram feitas as seguinte etapas:

- 1- Representação esquemática dos esforços e reações de apoio;
- 2- Cálculo e diagrama dos momentos e torques;
- 3- Escolha dos eixos e seções mais solicitadas;
- 4- Determinação dos coeficientes de segurança em relação ao tipo de solicitação;
- 5- Cálculo do diâmetro do eixo escolha final de seu diâmetro;
- 6- Cálculo e coeficiente do valor dos coeficientes de fragilidade, índice de sensibilidade, devido ao tipo de material, acabamento, geometria e singularidades, tipo de solicitação e tratamento térmico e físico.
- 7- Verificação do coeficiente de fadiga.
- 8- Redimensionamento, caso o eixo não resista a fadiga.

## 2 - Máquinas Utilizadas na Fabricação do Protótipo

Aqui estão relacionados os equipamentos utilizados na fabricação do protótipo proposto. Estes equipamentos serão citados no capítulo seguinte, referente a descrição das peças para fabricação do protótipo.

### **2.1 Torno Universal**



Figura 8 - Torno Universal



Figura 9 - Placa de 4 castanhas

### **2.2 Fresadora Universal**



Figura 10 - Fresadora Universal

## **2.3 Furadeira**



Figura 11 - Furadeira

## **2.4 Plaina Ferramenteira**



Figura 12 - Plaina Ferramenteira

## **2.5 Guilhotina**



Figura 13 - *Guilhotina*

## **2.6 Serra de Fita Vertical**



Figura 14 - *Serra de Fita Verticas*

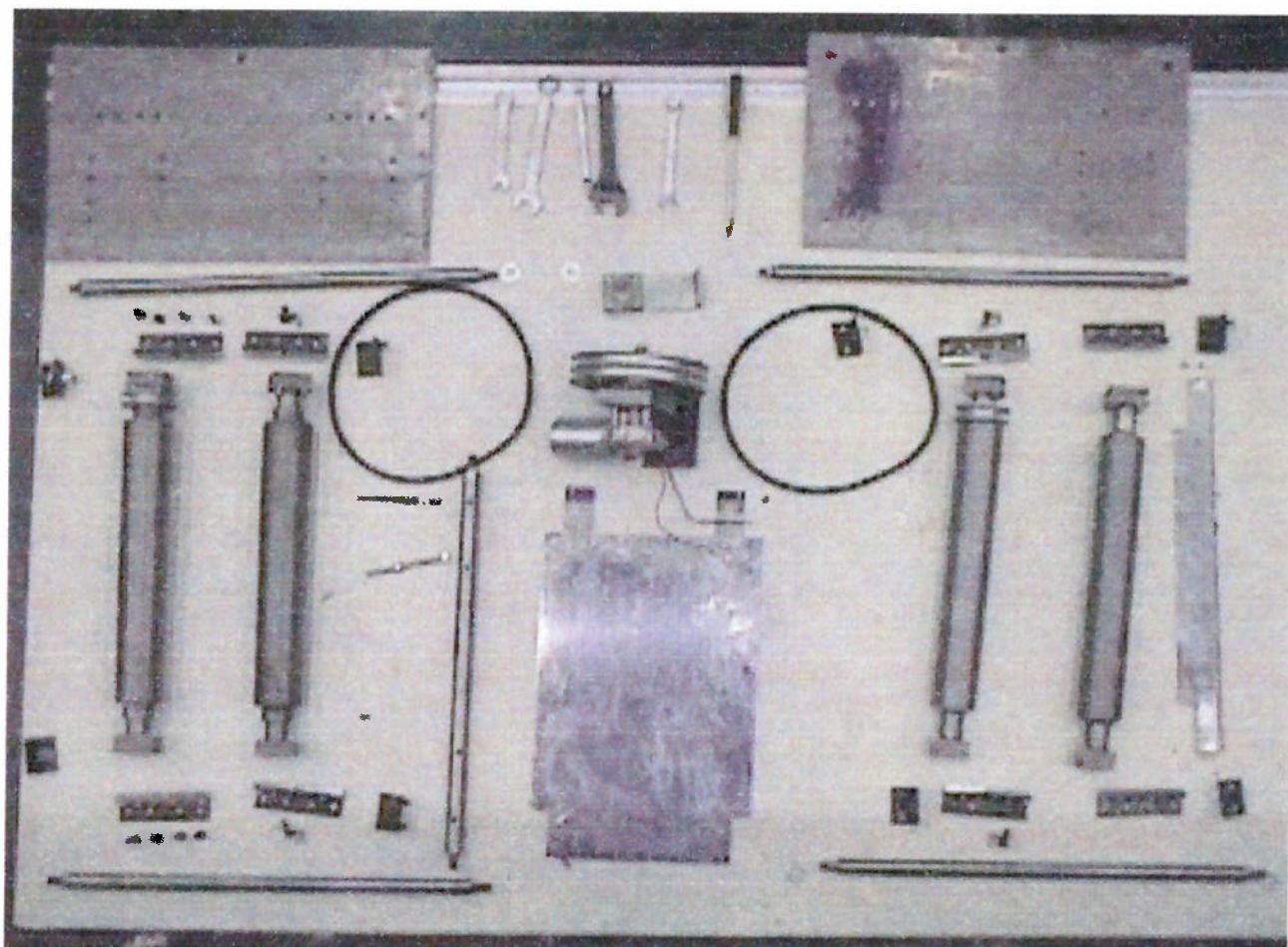
## **2.7 Serra de Fita Horizontal**



Figura 15 - Fresadora Universal

### **3 - Peças do Protótipo**

Este capítulo tem por objetivo, descrever as peças fabricadas para o protótipo, assim como o processo de fabricação utilizados e suas ferramentas e máquinas utilizadas.



*Figura 16- Peças do destacador de formulário Contínuo*

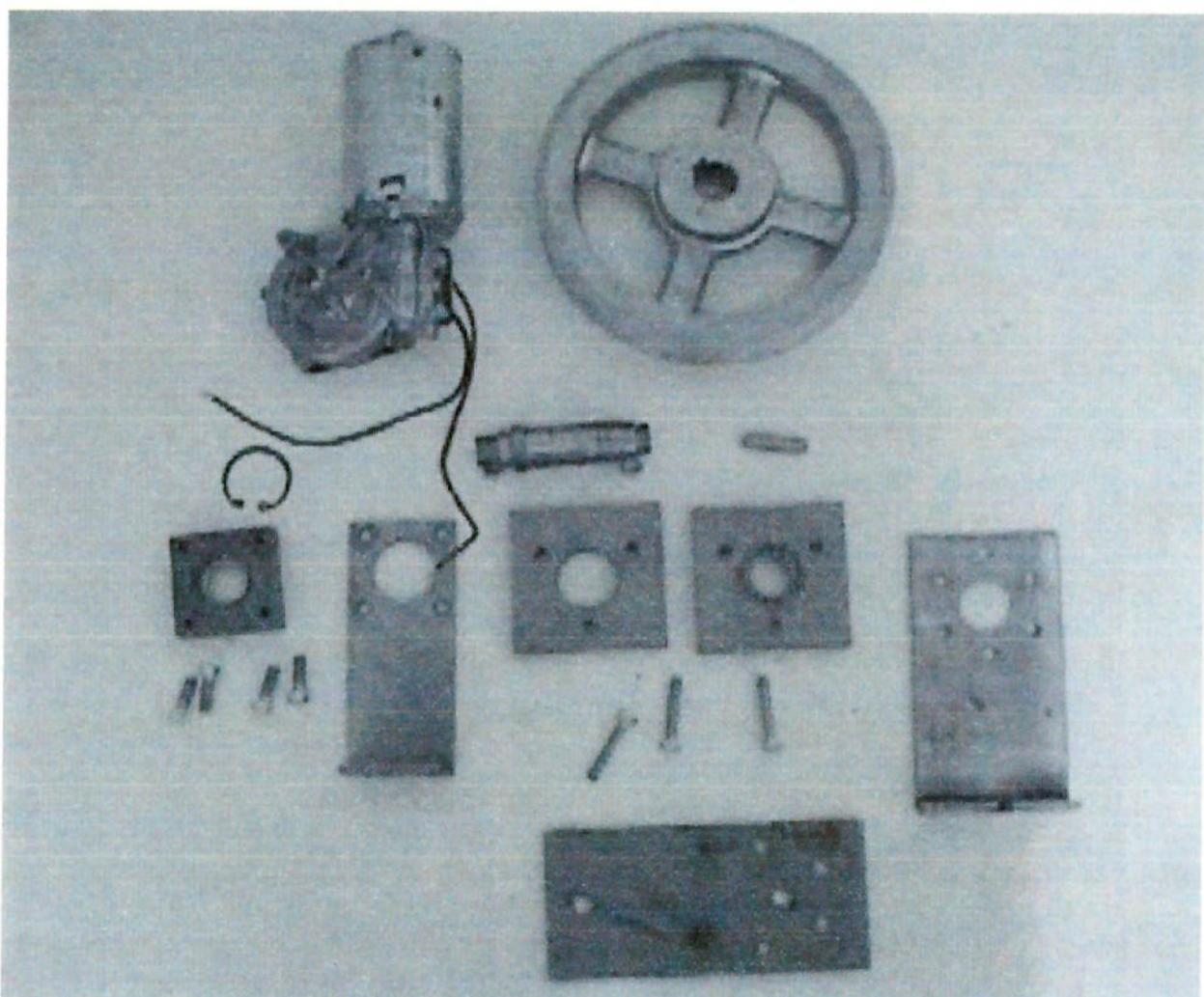


Figura 17 - Peças do conjunto do motor

### 3.1 Eixos

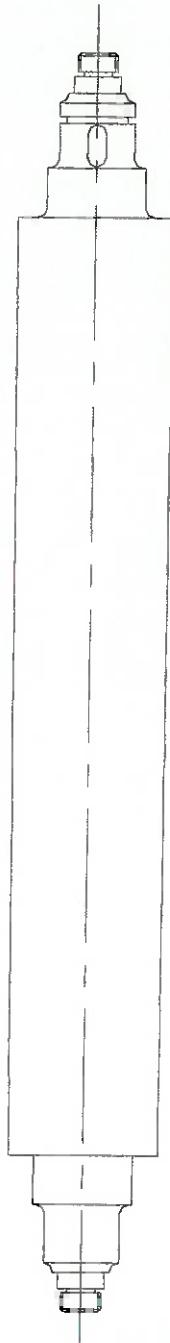
A matéria prima, Ferro Fundido Cinzento ABNT NBR FC 300 (Ver tabela \*), material de grande usinabilidade e com amortecimento de vibrações, foi comprada em barra de e cortada na serra de fita horizontal. Os eixos ( Ver Figura 2, item do modelo proposto) foram fabricados no Torno Universal ferramenta Romi. Para o torneamento foram utilizadas pastilhas de metal-duro, bits, bedames e broca de centro. A rosca na ponta do eixo serve para fixar o rolamento ao rebaixo do eixo foi feito no próprio torno. Para fixação é utilizada uma porca do Tipo KM. Devido ao comprimento do eixo foi necessário apoiar um lado na peça na ponta giratória. Para isso foram feitos furos de centro. Os eixos cônicos foram torneados, deslocando-se o mangote com o auxilio de um relógio comparador. Também foi necessário colocar o eixo entre pontas utilizando uma placa de arraste. Os rasgos de chaveta foram feitos na fresadora Universal Ferramenta.

Observa-se que os rebaixos onde vão as polias está deslocado do eixo paralelo em relação ao cônicco, devido ao uso de uma polia com 2 ranhuras, para movimentar cada polia de cada eixo.

Já o eixo da polia foi feito de aço 1045, já que é necessária uma maior resistência para evitar o desgaste, devido ao menor diâmetro e a fixação na ponta do motor, que é muito reduzida é feita de aço temperado.(Ver desenho do Motor)



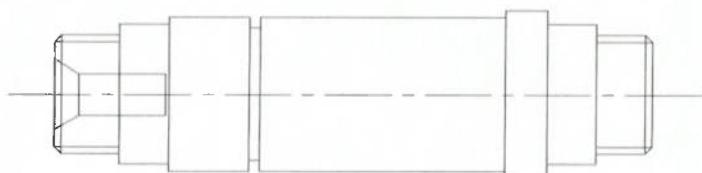
Figura 18 - Eixo da Polia, visto de cima



2	2	Foto Cinzento	534xφ72
Num	Qtyde	Material	Dimen
Escala 1:3	Nome Lucas Chojiro Segawa		
Título	Eixo Cônico		



1	2	Foto Cinzentoo	534xΦ72
Num	Qtde	Material	Dimen
Escala 1:3	Nome Lucas Chojiro Segawa		
Título	Eixo Paralelo		



17	1	Aço 1020	87xØ25,4
Num	Qtde	Material	Dimen
Escala 1:1	Nome	Lucas Chojiro Segawa	
Título	Eixo da Polia		

### 3.2 Suporte dos Eixos, Regulador da Mola

Todas essas peças foram feitas utilizando-se uma cantoneira em L de 32 x 32 de aço SAE 1020. As peças foram cortadas na serra de fita horizontal, já na medida. Os suportes dos eixos paralelos e cônicos possuem medidas diferentes de comprimento. Isto ocorre pelo fato da distância entre centros dos rolos paralelos serem diferentes em relação as distâncias entre centros de cada lado dos eixos cônicos. No Regulador da Mola foi soldado um postigo de metal para aumentar a parte roscada.



Figura 19- Suporte inferior dos eixos

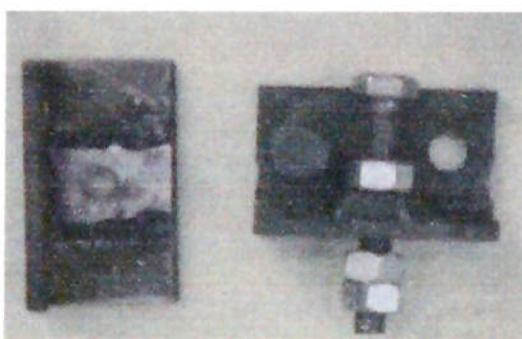
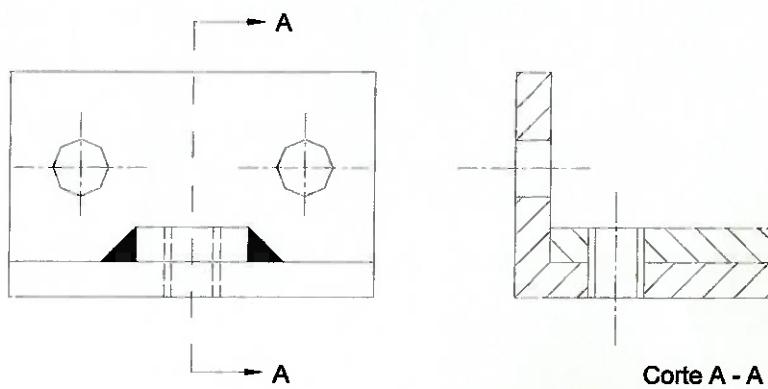


Figura 20 - Regulador da Mola

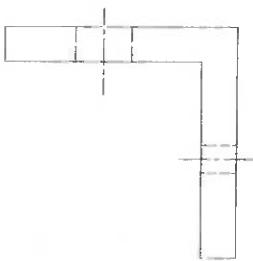
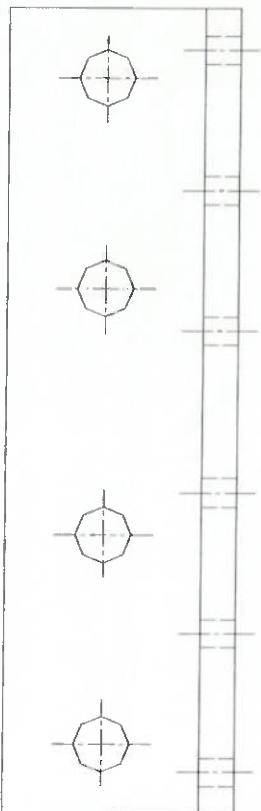


Figura 21 - Suporte do Eixo

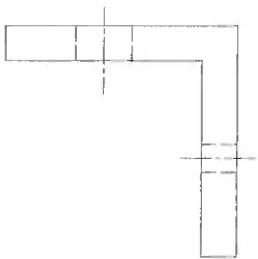
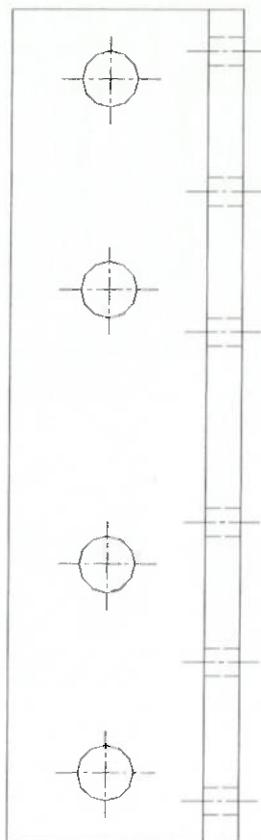


Corte A - A

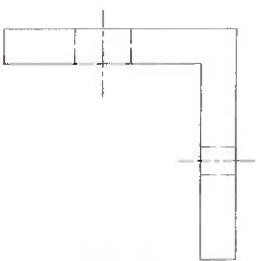
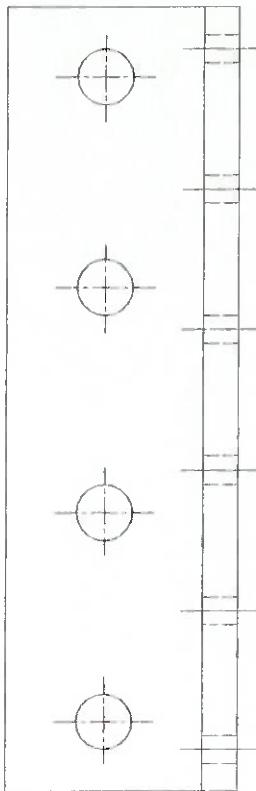
16	4	Aço 1020	Cant. 32x52
Num	Qtde	Material	Dimen
Escala	Nome	Lucas Chojiro Segawa	
1:1			
Título	<b>Regulador da Mola</b>		



12	2	Aço 1020	Cant. 32x5x115
Num	Qtde	Material	Dimen
Escala 1:1	Nome Lucas Chojiro Segawa		
Título Suporte do Eixo Cônico Lado Menor			



11	2	Aço 1020	Cant. 32x5x119
Num	Qtde	Material	Dimen
Escala	Nome	Lucas Chojiro Segawa	
Título	Suporte do Eixo Cônico Lado Maior		



10	4	Aço 1020	Cant. 32x5x12
Num	Qtde	Material	Dimen
Escala 1:1	Nome Lucas Chojiro Segawa		
Título Suporte dos Eixos Paralelos			

### 3.3 Mancais

Os mancais dos Eixos e do eixo Motor das Polia de 2 ranhuras foram feitos de Ferro Fundido Cinzento ABNT NBR FC 200, de grande usinabilidade. O material foi fresado retangularmente na fresadora, utilizando-se de uma fresa de topo. Depois foi cortado na Serra de Fita Horizontal. A largura foi feita na Plaina Ferramenteira. Na furadeira foi feito um furo passante de 1". Para usinagem do ajuste interferente para fixar o rolamento e dos rebaixos internos foi utilizado o Torno com a placa de 4 castanhas independentes. O mancal do eixo da polia do motor foi furado e rosqueado para fixar-se ao suporte do motor. Isto foi feito traçando-se os centros dos furos no riscador de altura, punctionando o centro e furando na furadeira. Para rosquear foi utilizado um jogo de macho e desandador. Os Mancais dos eixos paralelos e cônicos possuem um rebaixo retangular nas faces de 2 dos lados quadrados opostos. Nesses rebaixos vai uma chaveta retangular que servirá de guia a ser fixada nas cantoneiras de suporte dos eixos. Assim o mancal poderá deslizar pelas guias fazendo com que os eixos mantenham contato e sejam pressionados pelas molas. Na realização deste protótipo o mancal de apoio aos eixos destacadores, foram divididos em duas partes. Isto ocorreu para que pudesse ser colocado e apertado a porca do tipo KM para fixação do rolamento, já que a chave tipo unha não passaria pelo furo. Mas a possibilidade de encontrar uma chave, ou apertando-se, batendo nos rebaixos da porca, com o auxílio de um punção saca pino e um martelo poderia-se apertar a porca. Não dividindo a peça economizara-se várias operações de usinagem. Mas seria necessário colocar um anel elástico para reter axialmente o rolamento, isto foi feito no mancal do motor, devido a falta de espaço nas laterais. Daí a idéia seguiu para os mancais do rolamento, mas as peças já estavam sendo feitas. Na figura abaixo está as duas peças dos mancais, uma onde ele é colocado com ajuste interferente e a outra que serve para fixar o mancal. Em cada uma das faces opostas de cada lado quadrado das caixas de mancal, foi feito um rebaixo para a guia.

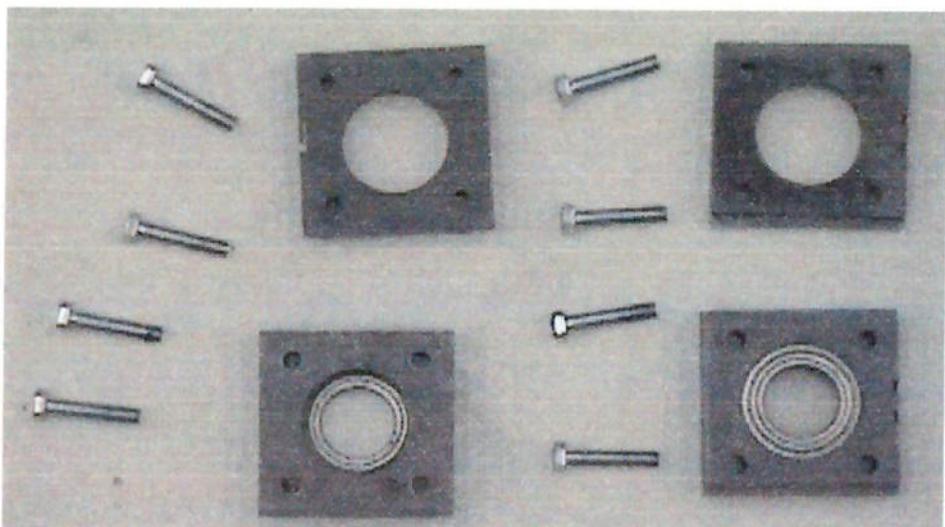


Figura 22- Mancais

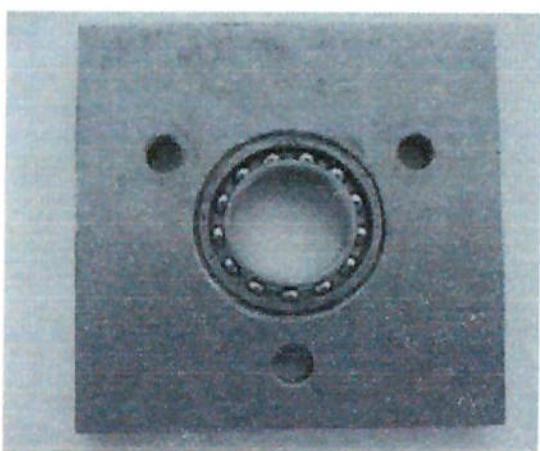
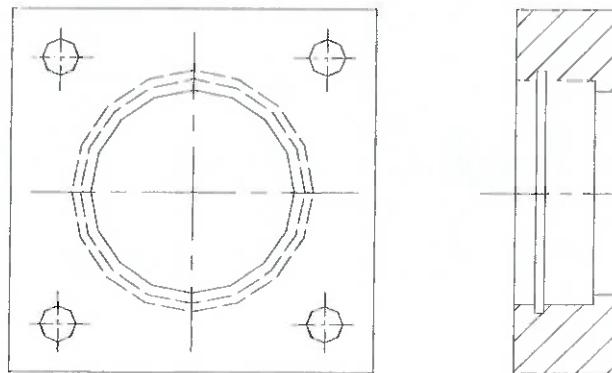
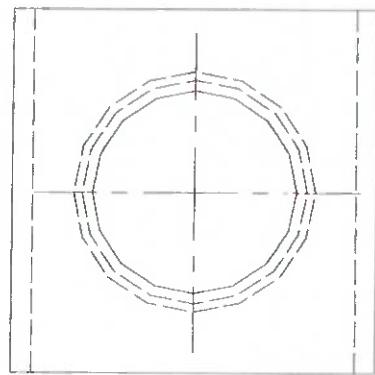


Figura 23 - Mancal do Motor



9	1	Aço 1020	52x52x15
Num	Qtde	Material	Dimen
Escala	1:1	Nome	Lucas Chojiro Segawa
Título	Mancal		



15	8	Aço 1020	52x52x15
Num	Qtde	Material	Dimen
Escala	Nome		
1:1	Lucas Chojiro Segawa		
Título	<b>Mancal dos Eixos</b>		

### **3.4 Suporte do Motor, Suporte do eixo da polia do motor e Base dos Suportes, Placa de Suporte dos Cones.**

Este foi feito em chapas de 3/16 " de espessura de aço SAE 1020. Para preparar a matéria-prima, está foi cortada na serra de fita vertical e teve seus lados aplinados nas medidas. Exceto as placas grandes de suporte dos eixos, cones que foi cortada na serra de fita horizontal já na medida. Os furos foram feitos na feitos na furadeira, antes traçados no riscador de altura e punctionados. O suporte do motor e do eixo da polia foram dobrados na dobradeira depois de furadas, mas como a chapa é muito grosso, a linha de dobramento foi feito um corte até metade da espessura e depois de dobrada foi reforçada com solda e esmerilhada para dar o acabamento.

A placas que formaram a estrutura, placa suporte do cone, foi projetada imaginando-se o papel passando a certa altura, daí foram colocados para baixo e para cima os cones. Por isso os furos onde vão as cantoneiras guias dos mancais dos eixos de destacamento, possuem medidas diferentes, pela mesma razão já citada no caso das cantoneiras do suporte dos Eixos. Pois os diâmetro dos eixos cônicos são diferentes.

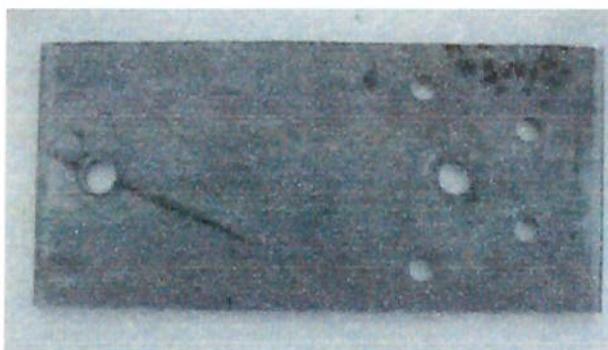


Figura 24 - Base dos Suportes

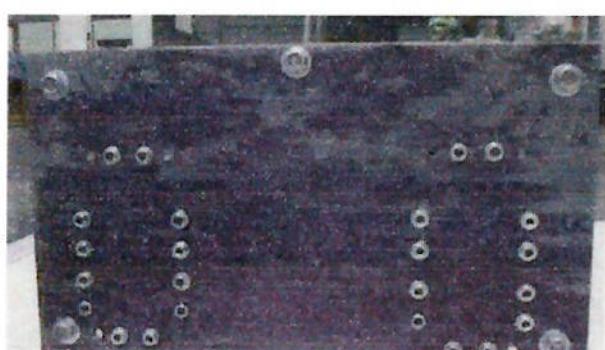


Figura 25 - Placa de Suporte dos Cones



Figura 26- Suporte do Eixo da Polia

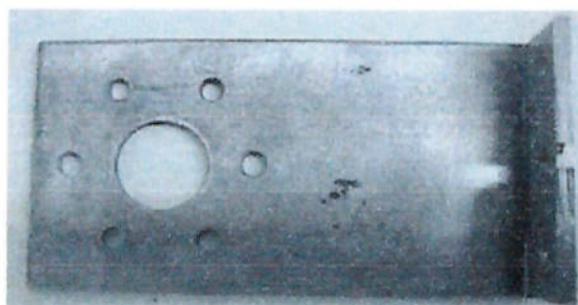
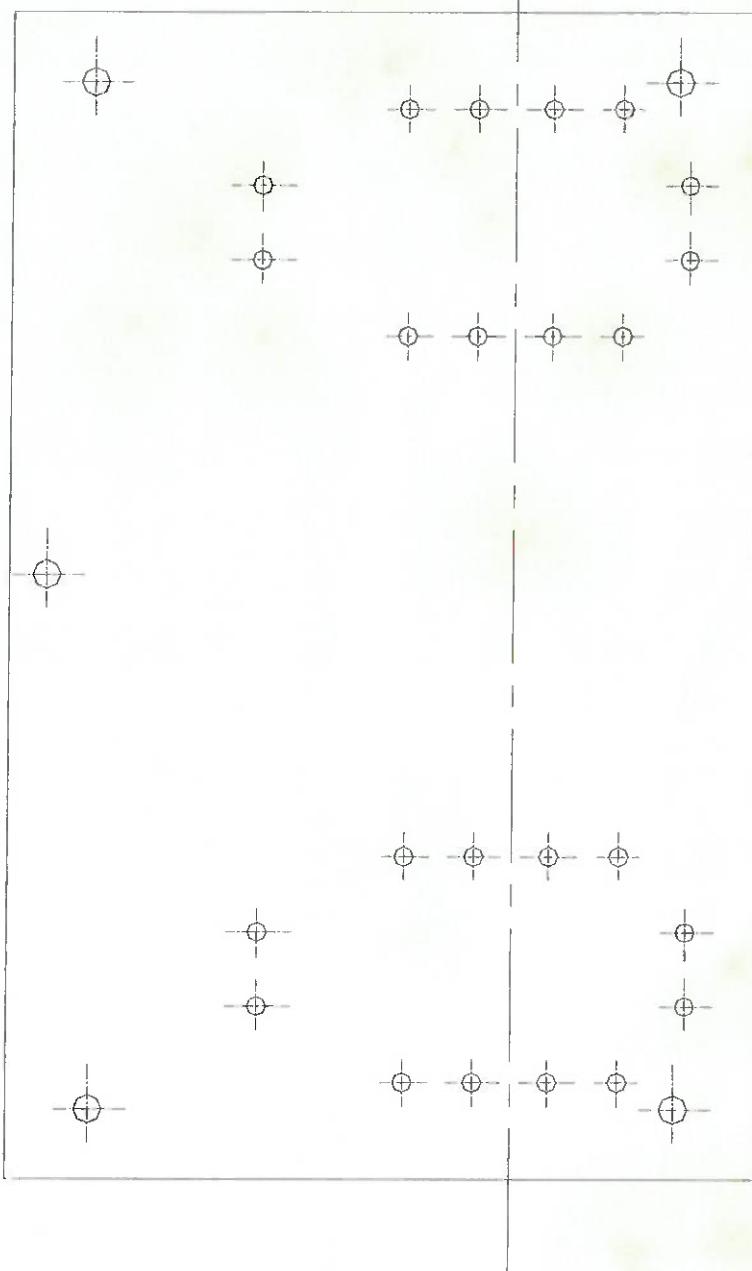
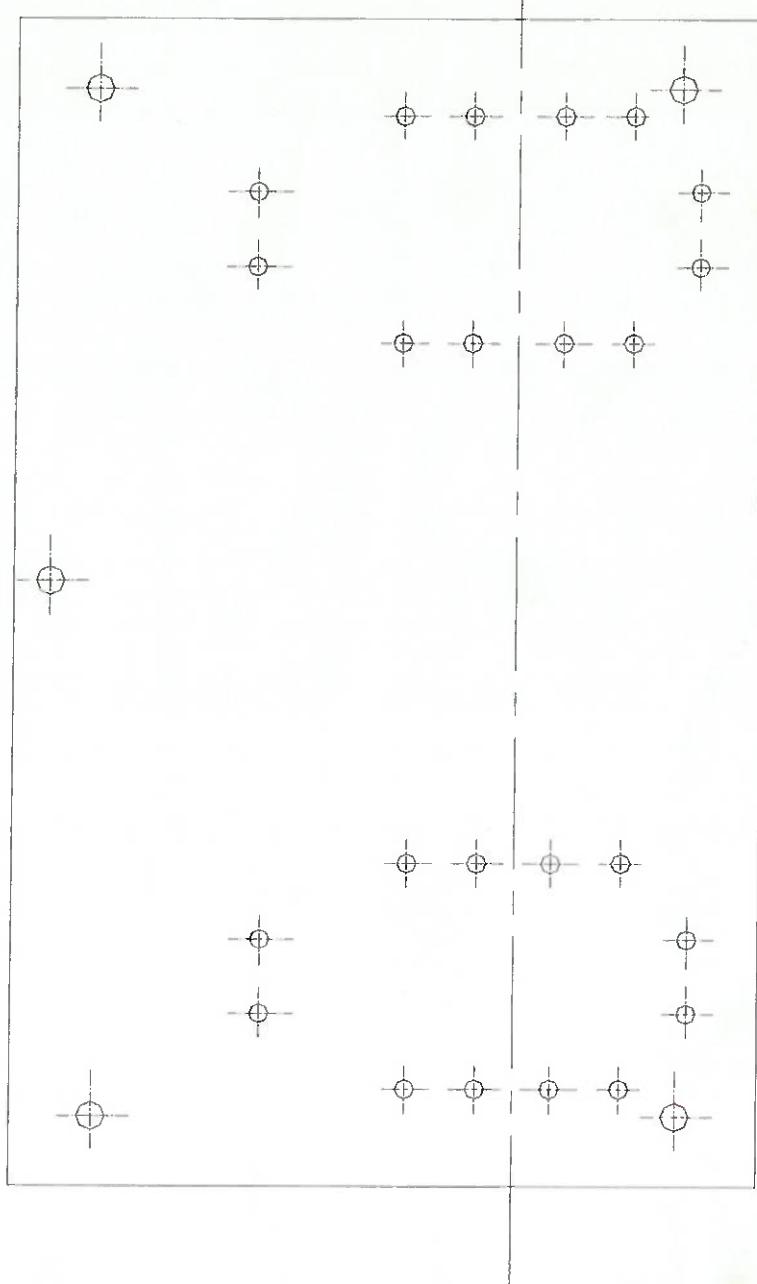


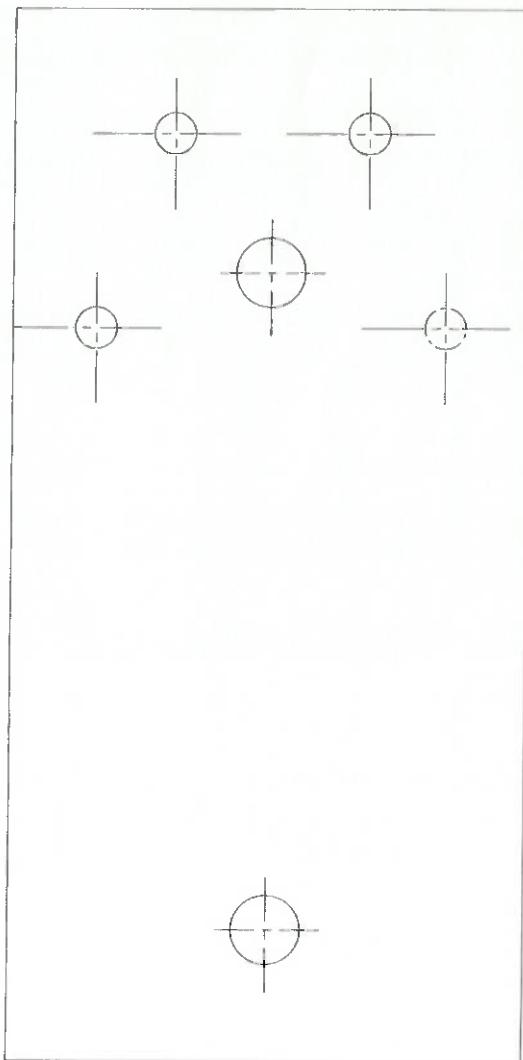
Figura 27 - Suporte do Motor



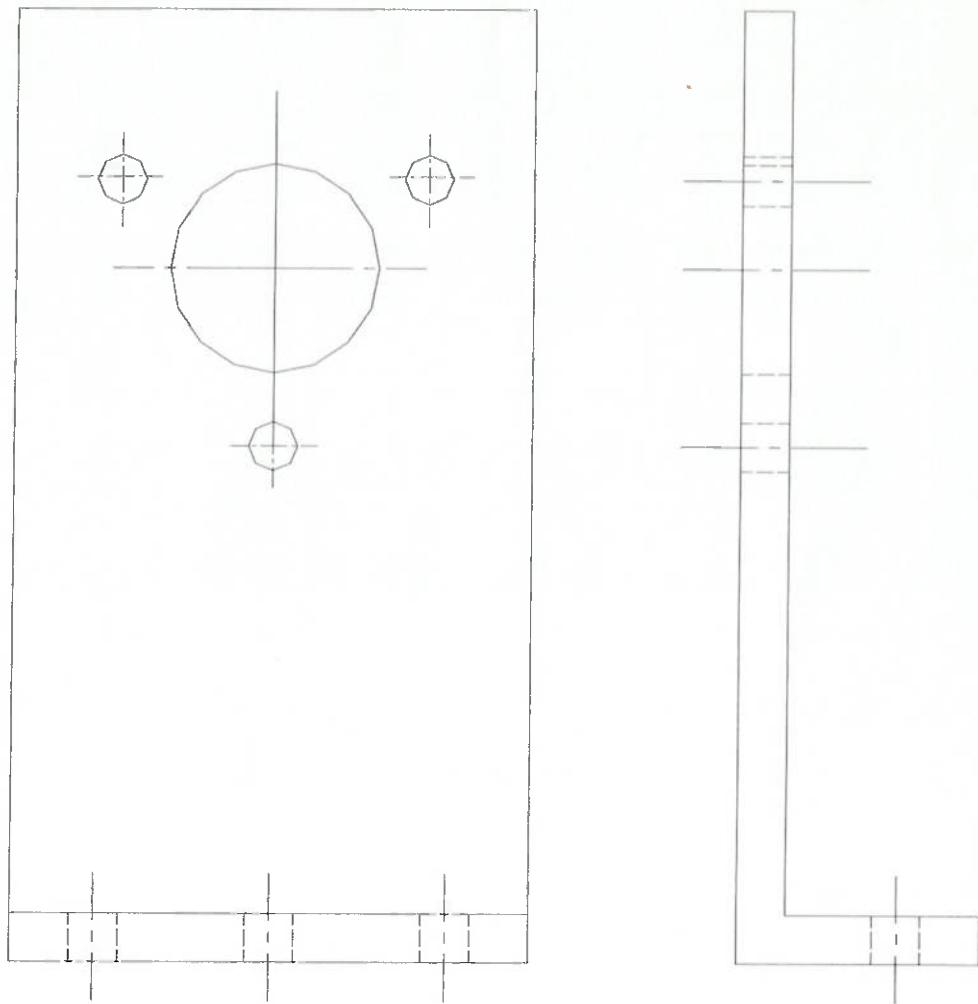
13	1	Aço 1020	500x320x4,76		
Num	Qtde	Material	Dimen		
Escala	Nome	Lucas Chojiro Segawa			
1:3	Placa Suporte do Cone Menor				
Título					



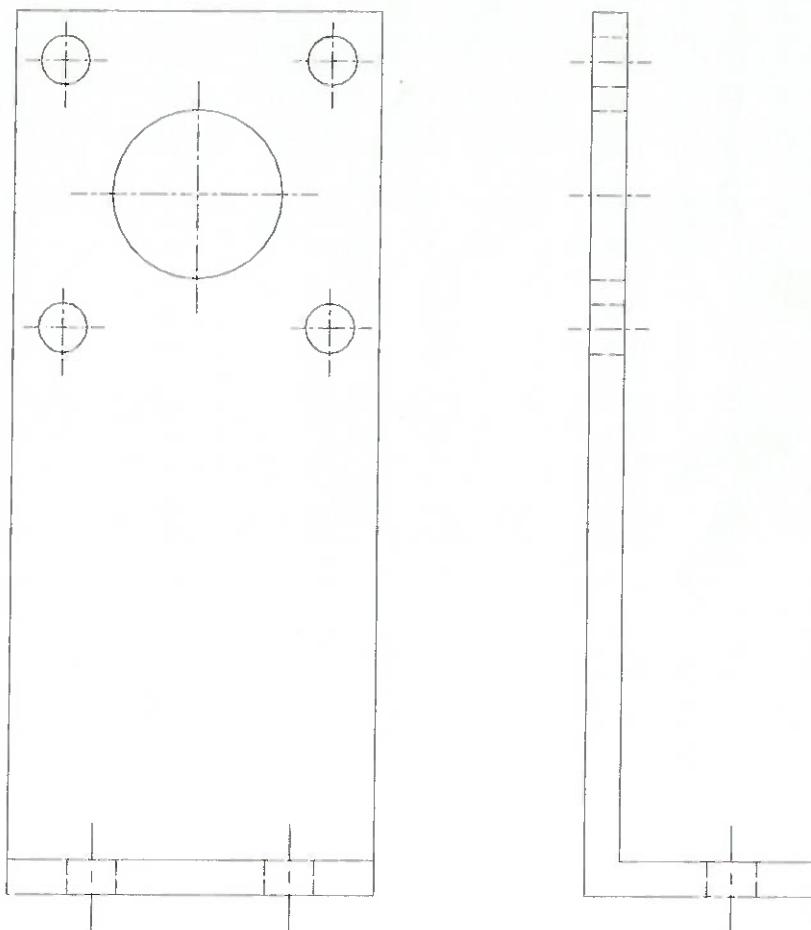
14	1	Aço 1020	500x320x4,76		
Num	Qtde	Material	Dimen		
Escala	Nome	Lucas Chojiro Segawa			
1:3	Placa Suporte do Cone Maior				
Título					



7	1	Aço 1020	152x75x4,76
Num	Qtde	Material	Dimen
Escala	Nome	Lucas Chojiro Segawa	
Título		Base dos Suportes	



6	1	Aço 1020	128x75x4,76
Num	Qtde	Material	Dimen
Escala	Nome	Lucas Chojiro Segawa	
Título	Suporte do motor		



5	1	Aço 1020	128x52x4,76
Num	Qtde	Material	Dimen
Escala	Nome		
1:1	Lucas Chojiro Segawa		
Título	<b>Suporte do eixo da polia</b>		

### **3.5 Tirantes**

Os tirantes e a viga de sustentação do motor foram feitas de aço SAE 1020 redondo trefilado. A matéria-prima foi cortada na serra de fita horizontal. Assim somente foi necessário, utilizando o Torno Universal fazer rebaixos nas pontas e rosquear com o cossinete. Os furos da viga de sustentação do motor foram feitos na furadeira e os centros traçados no riscador de altura e puncionados. Através dos furos passaram 2 parafusos ligados a base do motor. Rosqueando-se nos parafusos, porcas por cima da viga de sustentação do motor, pode-se tensionar as 2 correias. Foi colocado outra contraporca embaixo da viga para fixar o conjunto do motor a viga. Nas pontas dos tirantes foram colocadas arruelas para melhor fixarem-se com as placas dos cones que formarão a estrutura do modelo.

4	4	Aço 1020	587xφ22 Tref.
Num	Qtde	Material	Dimen
Escala 1:3	Nome Lucas Chojiro Segawa		
Título	<b>Tirante</b>		

3	1	Aço 1020	587xφ22 Tref.
Num	Qtde	Material	Dimen
Escala 1:3	Nome Lucas Chojiro Segawa		
Título			Viga de Sustentação do Motor

### **3.6 Placa de apoio do Papel**

As arrestas dessa peça e centros dos furos foram desenhadas com o riscador de altura e puncionados. Na Guilhotina foi cortada na medida retangular. Os rebaixos foram feitos na serra de fita horizontal e, para dar acabamento limadas as arestas. Os furos foram feitos na furadeira. A placa irá ficar entre os dois pares de eixos, apoiada em pequenas cantoneiras feitas com retalhos do inox. Estas são fixas no mesmo parafuso que prende as cantoneiras guias dos suportes dos eixos as placas dos cones que formam a estrutura. Também foi feita uma placa para auxiliar a entrada do papel pelos eixos paralelos.



8	1	Aço 1020	530x290x1,58
Num	Qtde	Material	Dimen
Escala 1:2,5	Nome	Lucas Chojiro Segawa	
Título			Placa de apoio do Papel

## 4 - Tabelas, Gráficos e Panfletos

Tabela 1 - Seleção de Chavetas para as polias

8 ch  
FD 621.886.6

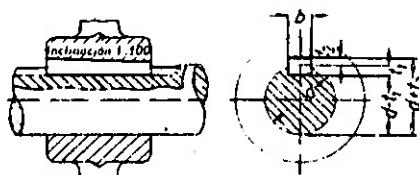
#### **Uniones por presión con Inclinación**

Chavetas

## Dimensiones y aplicación

256

DIN 6886



**Aristas matadas (por todas partes)** Redondeado del fondo del chavetero para eje y cubo

Designación de una chaveta forma A de anchura  $b = 29$  mm, altura  $h = 12$  mm y longitud  $l = 125$  mm:

Chaveta A 20x13x125 DIN 6886

Para la inclinación en la chaveta y en el chavetero del cubo no se han fijado por de pronto diferencias admisibles. Para casos especiales en que haya que atenerse a determinadas diferencias, se acordarán en el pedido.  
La medida  $h$  es la máxima altura de la chaveta, las medidas ( $d + t_s$ ) y  $t_s$  se refieren a la máxima profundidad del chavetero del cubo.

**Material:** St 60 (acero de 60 kg/mm<sup>2</sup> de resistencia mínima a la tracción en pieza terminada).  
otros materiales a indicar en el pedido

- Otros materiales a indicar en el pedido**

  - 1) Para medidas de acoplamiento, especialmente de extremos de ejes, hay que atenerse imprescindiblemente a la coordinación de la sección de la chaveta a los diámetros de ejes.
  - 2) En los dibujos de taller se pueden autorizar juntas las medidas  $t_1$  y  $(d - t_1)$ , así como  $t_2$  y  $(d + t_2)$ ; sin embargo, en muchos casos serán suficientes las medidas  $t_1$  y  $(d + t_2)$ . Para esto en ciertas circunstancias se tendrán en cuenta las diferencias admisibles y las demandas de mecanizado de eje y agujero del cubo.
  - 3) Si son inevitables longitudes intermedias se elegirán según DIN 3. En casos dudosos se aplicará siempre la diferencia admisible de la longitud  $t_1$  inmediata superior.

Tabela 2 - Coeficiente de atrito estático e dinâmico entre alguns materiais.

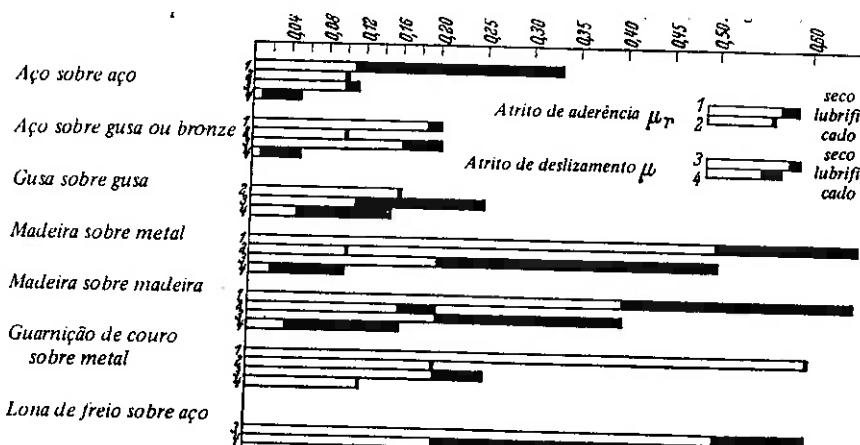
Fig. 55. Coeficientes de atrito de aderência  $\mu_0$  ou então  $\mu_1$  (valores 1 e 2), coeficientes de atrito de deslizamento  $\mu$  (valores 3 e 4).

Tabela 3 - Escolha da correia e polias.

### ESCOLHA DE CORREIAS E POLIAS

A fim de simplificar o cálculo para a aplicação de correias "V" em múltiplo, sugerimos que se use a seguinte tabela para selecionar diferentes secções.

H. P.	Secção	Diâmetro Normal	
		Polia Pequena	Polia Pequena Normal
1/5 a 5	A	3.0" a 6.0"	4.2"
2 a 25	B	5.4" a 11.0"	6.4"
15 a 75	C	9.0" a 16.0"	9.6"
50 a 100	D	13.0" a 22.0"	14.2"

NOTA: — Se fôr usada uma polia maior do que o máximo indicado nesta tabela, a vida útil da transmissão aumentará proporcionalmente, ou se tomarmos na tabela os dados de uma polia menor do que a realmente em uso, a vida útil da transmissão aumentará proporcionalmente. Por exemplo: Se uma correia da secção B fôr usada numa polia de 8.6" e se tomou os dados da tabela para uma polia de 7", a vida útil da transmissão será maior. Os diâmetros menores acima indicados são os mínimos que devem ser usados para as respectivas secções.

### FÓRMULAS USADAS EM CÁLCULOS DE TRANSMISSÕES PARA CORREIAS E. C. MULTI-V

Tabela 4 - Capacidade por Correia com arco de contato de 180°

Vide pg. 14 para classificação dos diversos tipos de serviço.

**Correias "V"** da Secção A são geralmente recomendadas para: HP de  $\frac{1}{2}$  a 5.

**Diâmetro Nominal da polia pequena** 3.0" a 6.0".

**Diâmetro Nominal normal da polia pequena** 4.2".

**SL:** SERVIÇO LEVE  
**SN:** SERVIÇO NORMAL  
**SP:** SERVIÇO PESADO  
**SEP:** SERVIÇO EXTRA PESADO

CAPACIDADE EM HP POR CORREIA COM ARCO DE CONTATO DE 180°

Velocidade em pés por minuto	DIÂMETRO NOMINAL DA POLIA PREQUINA — EM PÓLEGADAS													
	3 0			3 2			3 4			3 6			3 8	
SL	SN	SP	SL	SN	SP	SL	SN	SP	SL	SN	SP	SL	SN	SP
67	109	149	84	131	171	104	151	191	121	162	201	131	182	221
135	218	289	160	250	340	180	270	370	181	271	371	182	272	372
180	302	417	210	340	460	210	340	460	211	341	461	212	342	462
TE60	104	157	128	185	252	112	165	232	107	150	207	108	154	208
1800	114	178	131	205	280	124	182	250	115	177	254	113	175	253
1800	114	178	131	205	280	124	182	250	115	177	254	113	175	253
2700	125	195	145	225	305	135	195	275	125	195	275	125	195	275
2700	125	195	145	225	305	135	195	275	125	195	275	125	195	275
3600	135	215	157	252	332	145	212	312	135	205	305	135	205	305
3600	135	215	157	252	332	145	212	312	135	205	305	135	205	305
4500	145	235	167	265	352	155	225	325	145	235	325	145	235	325
4500	145	235	167	265	352	155	225	325	145	235	325	145	235	325
5400	155	255	177	285	382	165	245	345	155	255	345	155	255	345
5400	155	255	177	285	382	165	245	345	155	255	345	155	255	345
6300	165	275	187	305	402	175	255	375	165	275	375	165	275	375
6300	165	275	187	305	402	175	255	375	165	275	375	165	275	375
7200	175	295	197	325	422	185	265	395	175	295	395	175	295	395
7200	175	295	197	325	422	185	265	395	175	295	395	175	295	395
8100	185	315	207	345	442	195	285	415	185	315	415	185	315	415
8100	185	315	207	345	442	195	285	415	185	315	415	185	315	415
9000	195	335	217	355	462	205	305	435	195	335	435	195	335	435
9000	195	335	217	355	462	205	305	435	195	335	435	195	335	435
9900	205	355	227	375	482	215	325	455	205	355	455	205	355	455
9900	205	355	227	375	482	215	325	455	205	355	455	205	355	455
10800	215	375	237	395	502	225	345	475	215	375	475	215	375	475
10800	215	375	237	395	502	225	345	475	215	375	475	215	375	475
11700	225	395	247	415	522	235	365	495	225	395	495	225	395	495
11700	225	395	247	415	522	235	365	495	225	395	495	225	395	495
12600	235	415	257	435	542	245	385	515	235	415	515	235	415	515
12600	235	415	257	435	542	245	385	515	235	415	515	235	415	515
13500	245	435	267	455	562	255	395	535	245	435	535	245	435	535
13500	245	435	267	455	562	255	395	535	245	435	535	245	435	535
14400	255	455	277	475	582	265	405	555	255	455	555	255	455	555
14400	255	455	277	475	582	265	405	555	255	455	555	255	455	555
15300	265	475	287	495	602	275	415	575	265	475	575	265	475	575
15300	265	475	287	495	602	275	415	575	265	475	575	265	475	575
16200	275	495	297	515	622	285	425	595	275	495	595	275	495	595
16200	275	495	297	515	622	285	425	595	275	495	595	275	495	595
17100	285	515	307	535	642	295	435	615	285	515	615	285	515	615
17100	285	515	307	535	642	295	435	615	285	515	615	285	515	615
18000	295	535	317	555	662	305	445	635	295	535	635	295	535	635
18000	295	535	317	555	662	305	445	635	295	535	635	295	535	635
18900	305	555	327	575	682	315	455	655	305	555	655	305	555	655
18900	305	555	327	575	682	315	455	655	305	555	655	305	555	655
19800	315	575	337	595	702	325	465	675	315	575	675	315	575	675
19800	315	575	337	595	702	325	465	675	315	575	675	315	575	675
20700	325	595	347	615	722	335	475	695	325	595	695	325	595	695
20700	325	595	347	615	722	335	475	695	325	595	695	325	595	695
21600	335	615	357	635	742	345	485	715	335	615	715	335	615	715
21600	335	615	357	635	742	345	485	715	335	615	715	335	615	715
22500	345	635	367	655	762	355	495	735	345	635	735	345	635	735
22500	345	635	367	655	762	355	495	735	345	635	735	345	635	735
23400	355	655	377	675	782	365	505	755	355	655	755	355	655	755
23400	355	655	377	675	782	365	505	755	355	655	755	355	655	755
24300	365	675	387	695	802	375	515	775	365	675	775	365	675	775
24300	365	675	387	695	802	375	515	775	365	675	775	365	675	775
25200	375	695	397	715	822	385	525	795	375	695	795	375	695	795
25200	375	695	397	715	822	385	525	795	375	695	795	375	695	795
26100	385	715	407	735	842	395	535	815	385	715	815	385	715	815
26100	385	715	407	735	842	395	535	815	385	715	815	385	715	815
27000	395	735	417	755	862	405	545	835	395	735	835	395	735	835
27000	395	735	417	755	862	405	545	835	395	735	835	395	735	835
27900	405	755	427	775	882	415	555	855	405	755	855	405	755	855
27900	405	755	427	775	882	415	555	855	405	755	855	405	755	855
28800	415	775	437	795	902	425	565	875	415	775	875	415	775	875
28800	415	775	437	795	902	425	565	875	415	775	875	415	775	875
29700	425	795	447	815	922	435	575	895	425	795	895	425	795	895
29700	425	795	447	815	922	435	575	895	425	795	895	425	795	895
30600	435	815	457	835	942	445	585	915	435	815	915	435	815	915
30600	435	815	457	835	942	445	585	915	435	815	915	435	815	915
31500	445	835	467	855	962	455	595	935	445	835	935	445	835	935
31500	445	835	467	855	962	455	595	935	445	835	935	445	835	935
32400	455	855	477	875	982	465	605	955	455	855	955	455	855	955
32400	455	855	477	875	982	465	605	955	455	855	955	455	855	955
33300	465	875	487	895	1002	475	615	975	465	875	975	465	875	975
33300	465	875	487	895	1002	475	615	975	465	875	975	465	875	975
34200	475	895	497	915	1022	485	625	995	475	895	995	475	895	995
34200	475	895	497	915	1022	485	625	995	475	895	995	475	895	995
35100	485	915	507	935	1042	495	635	1015	485	915	1015	485	915	1015
35100	485	915	507	935	1042	495	635	1015	485	915	1015	485	915	1015
36000	495	935	517	955	1062	505	645	1035	495	935	1035	495	935	1035
36000	495	935	517	955	1062	505	645	1035	495	935	1035	495	935	1035
36900	505	955	527	975	1082	515	655	1055	505	955	1055	505	955	1055
36900	505	955	527	975	1082	515	655	1055	505	955	1055	505	955	1055
37800	515	975	537	995	1102	525	665	1075	515	975	1075	515	975	1075
37800	515	975	537	995	1102	525	665	1075	515	975	1075	515	975	1075
38700	525	995	547	1015	1122	535	675	1095	525	995	1095	525	995	1095
38700	525	995	547	1015	1122	535	675	1095	525	995	1095	525	995	1095
39600	535	1015	557	1035	1142	545	685	1115	535	1015	1115	535	1015	1115
39600	535	1015	557	1035	1142	545	685	1115	535	1015	1115	535	1015	1115
40500	545	1035	567	1055	1162	555	695	1135	545	1035	1135	545	1035	1135
40500														

Tabela 5 - Comprimento das correias

**COMPRIMENTO PADRÃO DAS CORREIAS GOODYEAR**  
**E. C. MULTI-V**

N.º de Série Goodyear	Comp. Nom.	N.º de Série Goodyear	Comp. Nom.	N.º de Série Goodyear	Comp. Nom	N.º de Série Goodyear	Comp. Nom.
A-24	25.3"	B-27	28.8"	C-51	53.9"	D-120	123.3"
-26	27.3"	-35	36.8"	-55	57.9"	-128	131.3"
-27	28.3"	-37	38.8"	-60	62.9"	-136	139.3"
-31	32.3"	-38	39.8"	-63	65.9"	-144	147.3"
-32	33.3"	-39	40.8"	-68	70.9"	-158	161.3"
-33	34.3"	-42	43.8"	-71	73.9"	-162	165.3"
-35	36.3"	-46	47.8"	-72	74.9"	-173	176.3"
-38	39.3"	-51	52.8"	-73	75.9"	-180	183.3"
-41	42.3"	-52	53.8"	-75	77.9"	-195	198.3"
-42	43.3"	-53	54.8"	-81	83.9"	-210	213.3"
-45	46.3"	-55	56.8"	-85	87.9"	-225	225.8"
-46	47.3"	-60	61.8"	-90	92.9"	-240	240.8"
-47	48.3"	-63	64.8"	-96	98.9"	-250	250.8"
-49	50.3"	-64	65.8"	-105	107.9"	-270	270.8"
-51	52.3"	-65	66.8"	-112	114.9"	-300	300.8"
-55	56.3"	-68	69.8"	-120	122.9"	-330	330.8"
-60	61.3"	-71	72.8"	-128	130.9"	-360	360.8"
-64	65.3"	-75	76.8"	-136	138.9"	-390	390.8"
-68	69.3"	-76	77.8"	-144	146.9"	-420	420.8"
-69	70.3"	-81	82.8"	-158	160.9"	-480	480.8"
-71	72.3"	-85	86.8"	-162	164.9"		
-75	76.3"	-90	91.8"	-173	175.9"		
-80	81.3"	-93	94.8"	-180	182.9"		
-85	86.3"	-97	98.8"	-195	197.9"		
-90	91.3"	-103	106.8"	-210	212.9"		
-96	97.3"	-112	113.8"	-225	225.9"		
-105	106.3"	-120	121.8"	-240	240.9"		
-112	113.3"	-128	129.8"	-255	255.9"		
-120	121.3"	-136	137.8"	-270	270.9"		
-128	129.3"	-144	145.8"	-300	300.9"		
-144	145.3"	-158	159.8"	-315	315.9"		
-158	159.3"	-162	163.8"	-330	330.9"		
-173	174.3"	-173	174.8"	-360	360.9"		
-180	181.3"	-180	181.8"	-420	420.9"		
	-195	196.8"					
	-210	211.8"					
	-225	225.3"					
	-240	240.3"					
	-270	270.3"					
	-300	300.3"					
	-330	330.3"					
	-360	360.3"					

Tabela 6- Fator de correção para arco de contato e comprimento

## FATOR DE CORREÇÃO DO ARCO DE CONTATO PARA CORREIAS "V"

MULTIPLIQUE O HP A 180° PELO FATOR DA TABELA  
PARA OBTER O HP A CONDIÇÕES DADAS

Diferença dos diâmetros em polegadas (Dn-dn)	Distância de centro a centro em polegadas															
	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80	90	100	120	140	160	200
2	.98	.98	.99	.99	.99	.99	.99	.99								
4	.94	.96	.97	.98	.99	.99	.99									
6	.91	.93	.95	.97	.98	.98	.99									
8	.86	.91	.94	.95	.97	.97	.98	.98								
10	.83	.89	.92	.94	.95	.97	.98	.98								
12	.78	.86	.90	.92	.94	.95	.97	.98	.98							
14	.71	.84	.89	.91	.93	.95	.97	.97	.98							
16	.61	.87	.89	.91	.93	.95	* 96	.96	.97							
18	.78	.85	.87	.90	.93	.95	.95	.95	.96	.97						
20	.74	.83	.86	.89	.92	.94	.95	.96	.96	.96						
22	.69	.80	.85	.88	.91	.93	.94	.95	.95	.96						
24		.78	.84	.87	.90	.92	.93	.95	.96	.96						
26		.74	.82	.85	.89	.92	.93	.94	.95	.96						
28		.72	.80	.84	.88	.91	.93	.94	.95	.95						
30		.69	.78	.83	.87	.90	.92	.93	.94	.95						
32			.76	.82	.87	.89	.91	.93	.94	.95						
34			.73	.80	.86	.89	.91	.92	.93	.94						
36			.71	.78	.85	.88	.90	.91	.93	.94						
42				.72	.82	.86	.88	.90	.91	.93						
48					.78	.84	.87	.89	.90	.91						
54						.74	.81	.85	.87	.89						
60							.69	.78	.83	.86						
66								.74	.81	.84						
72									.71	.78	.82					
78										.75	.80	.84				
84											.72	.78	.82			
90												.69	.75	.80		

Tabela 7 - Fator de correção para arco de contato de 180°

**CORREÇÃO PARA O ARCO DE CONTATO**

A tabela abaixo mostra a correção para vários arcos de contato, quando se usa correias "V". Essas correções foram computadas pela fórmula da página 6 e foram adotadas para organizar a tabela conveniente à página 22.

Arco de contato	Fator de correção	Arco de contato	Fator de correção
180	1.00	125	.85
170	.98	120	.83
160	.95	115	.81
150	.92	110	.79
145	.91	105	.77
140	.89	100	.74
135	.88	95	.72
130	.86	90	.69

**CORREÇÕES PARA COMPRIMENTO**

É compreensível que a freqüência com que uma correia se flexiona ao redor das polias é inversamente proporcional ao seu comprimento. Correias mais curtas gastam-se mais depressa do que as mais longas e, teoricamente, por essa razão, diferentes comprimentos devem ter diferentes capacidades. Para correção da capacidade, com referência ao comprimento, os seguintes fatores devem ser aplicados às capacidades indicadas nas tabelas de Capacidade em HP (páginas 18 a 21) depois das mesmas terem sido devidamente corrigidas pelo Fator de Correção para o Arco de Contato.

**SEÇÃO A**

Correias menores de 40" ..... Use 90% da capacidade  
 " de 40" a 80" ..... " 100% " "  
 " maiores de 80" ..... " 110% " "

**SEÇÃO B**

Correias menores de 60" ..... Use 90% da capacidade  
 " de 60" a 120" ..... " 100% " "  
 " maiores de 120" ..... " 110% " "

**SEÇÃO C**

Correias menores de 100" ..... Use 90% da capacidade  
 " de 100" a 200" ..... " 100% " "  
 " maiores de 200" ..... " 110% " "

**SEÇÃO D**

Correias menores de 150" ..... Use 90% da capacidade  
 " de 150" a 250" ..... " 100% " "  
 " maiores de 250" ..... " 110% " "

**ESTICAMENTOS**

A porcentagem de esticamentos nos conjuntos múltiplos em "V" é relativamente pequena. Entretanto, sempre são necessários alguns ajustes para corrigir o esticamento e para compensar, com o aumento da distância entre os centros, o desgaste das faces laterais das correias.

Além disso é necessária uma certa folga entre centros para permitir a instalação e ajuste das correias sem avariá-las. É uma prática muito errada forçar as correias sobre as polias e, em muitos casos, em consequência dessa maneira errônea de colocar correias, as mesmas se estragam antes de começar a trabalhar.

Sempre que possível, deve-se deixar margem para um ajustamento de 5% aproximadamente, recomendando-se que 1% seja usado na instalação das correias como precaução contra avarias e os restantes 4% fiquem para futuros esticamentos e desgastes.

**TABELA A.20 Propriedades Típicas do Ferro Fundido Cinzento**

A Sociedade Americana para Ensaios de Materiais (American Society for Testing Materials – ASTM) estabeleceu um sistema de numeração para o ferro fundido cinzento no qual o número corresponde à resistência mínima à tração em kpsi. Assim, um ferro fundido ASTM n.º 20 possui uma resistência mínima à tração de 20 kpsi (138 MPa). Deve-se notar que os valores tabelados são valores típicos.

Classificação ASTM	Resistência (kpsi) <sup>1</sup>			Módulo de Elasticidade (Mpsi) <sup>2</sup>		Limite de Resistência à Fadiga $S_n$ (kpsi) <sup>1</sup>	Dureza Brinell $H_B$
	Tração $S_{ut}$	Compressão $S_{rc}$	Cisalhamento $S_{sf}$	Longitudinal (E)	Transversal (G)		
20	22	83	26	9,6-14	3,9-5,6	10	156
25	26	97	32	11,5-14,8	4,6-6,0	11,5	174
30	31	109	40	13-16,4	5,2-6,6	14	201
35	36,5	124	48,5	14,5-17,2	5,8-6,9	16	212
40	42,5	140	57	16-20	6,4-7,8	18,5	235
50	52,5	164	73	18,8-22,8	7,2-8,0	21,5	262
60	62,5	187,5	88,5	20,4-23,5	7,8-8,5	24,5	302

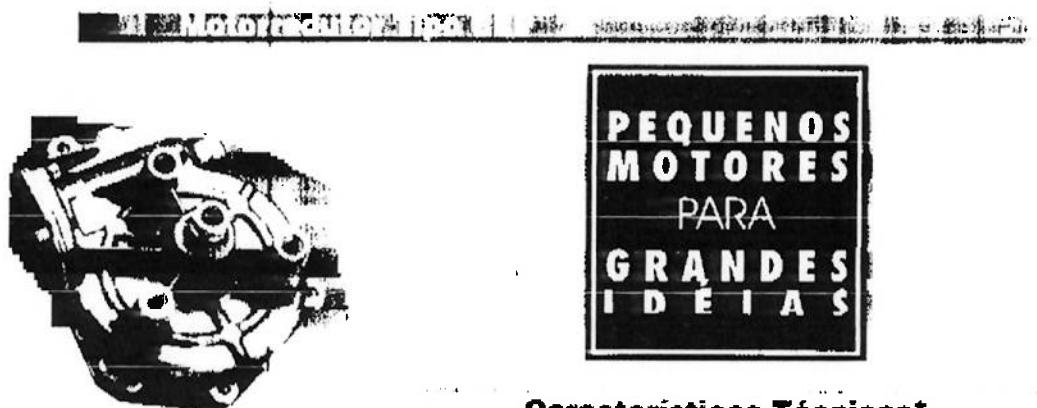
<sup>1</sup> Multiplicar por 6,89 para ter MPa.<sup>2</sup> Multiplicar por 6,89 para ter GPa.

Tabela 8 - Propriedades Típicas do Ferro Fundido Cinzento

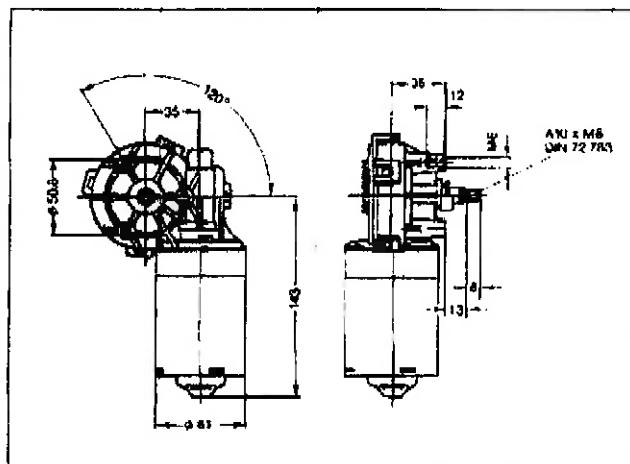
Tabela 16 Tipos de molas

		SCREW CENTER							Molas de Compressão						
d (mm)	Dm (mm)	L0 (mm)	L1 (mm)	P1 (mm)	C (kN.m)	Diâmetro (mm)		Aço Carbono			Aço Inoxidável				
						Externo	Interno	Código	Código	Código	Código	Código	Código	Código	
100	8.00	12.9	7.3		0.174	6.5	9.6	BSC 01 1 100 06 33	BSC 02 2 100 08 03	BSC 02 2 100 08 05	BSC 02 2 100 08 08	BSC 02 2 100 08 12	BSC 02 2 100 08 18	BSC 02 2 100 08 18	
		12.9	10.8		0.242			BSC 01 1 100 06 36	BSC 02 2 100 08 05	BSC 02 2 100 08 08	BSC 02 2 100 08 12	BSC 02 2 100 08 18	BSC 02 2 100 08 18	BSC 02 2 100 08 18	
		12.9	14.3	3.00	0.274			BSC 01 1 100 06 36	BSC 02 2 100 08 05	BSC 02 2 100 08 08	BSC 02 2 100 08 12	BSC 02 2 100 08 18	BSC 02 2 100 08 18	BSC 02 2 100 08 18	
		12.9	19.9		0.151			BSC 01 1 100 08 12	BSC 02 2 100 08 12	BSC 02 2 100 08 18					
		12.9	28.3		0.102			BSC 01 1 100 08 18	BSC 02 2 100 08 18	BSC 02 2 100 08 18	BSC 02 2 100 08 18	BSC 02 2 100 08 18	BSC 02 2 100 08 18	BSC 02 2 100 08 18	
	10.0	17.4	8.0		0.276	8.4	11.8	BSC 01 1 100 10 03	BSC 02 2 100 10 03	BSC 02 2 100 10 05	BSC 02 2 100 10 08	BSC 02 2 100 10 12	BSC 02 2 100 10 18	BSC 02 2 100 10 18	
		17.4	11.3		0.176			BSC 01 1 100 10 05	BSC 02 2 100 10 05	BSC 02 2 100 10 08	BSC 02 2 100 10 12	BSC 02 2 100 10 18	BSC 02 2 100 10 18	BSC 02 2 100 10 18	
		17.4	16.0	2.60	0.114			BSC 01 1 100 10 08	BSC 02 2 100 10 08	BSC 02 2 100 10 12	BSC 02 2 100 10 18				
		17.4	22.4		0.077			BSC 01 1 100 10 12	BSC 02 2 100 10 12	BSC 02 2 100 10 18					
		17.4	32.0		0.052			BSC 01 1 100 10 18	BSC 02 2 100 10 18	BSC 02 2 100 10 18	BSC 02 2 100 10 18	BSC 02 2 100 10 18	BSC 02 2 100 10 18	BSC 02 2 100 10 18	
	12.5	24.3	9.4		0.141	10.8	14.4	BSC 01 1 100 12 03	BSC 02 2 100 12 03	BSC 02 2 100 12 05	BSC 02 2 100 12 08	BSC 02 2 100 12 12	BSC 02 2 100 12 15	BSC 02 2 100 12 18	
		36.7	13.4		0.090			BSC 01 1 100 12 05	BSC 02 2 100 12 05	BSC 02 2 100 12 08	BSC 02 2 100 12 12	BSC 02 2 100 12 15	BSC 02 2 100 12 18	BSC 02 2 100 12 18	
		36.7	19.4	2.0	0.058			BSC 01 1 100 12 08	BSC 02 2 100 12 08	BSC 02 2 100 12 12	BSC 02 2 100 12 15	BSC 02 2 100 12 18	BSC 02 2 100 12 18	BSC 02 2 100 12 18	
		36.7	27.4		0.040			BSC 01 1 100 12 12	BSC 02 2 100 12 12	BSC 02 2 100 12 15	BSC 02 2 100 12 18				
		36.7	39.4		0.027			BSC 01 1 100 12 18	BSC 02 2 100 12 18	BSC 02 2 100 12 18	BSC 02 2 100 12 18	BSC 02 2 100 12 18	BSC 02 2 100 12 18	BSC 02 2 100 12 18	
	6.3	12.2	7.5		2.694	4.7	8.1	BSC 01 1 125 05 03	BSC 02 2 125 05 03	BSC 02 2 125 05 05	BSC 02 2 125 05 08	BSC 02 2 125 05 12	BSC 02 2 125 05 15	BSC 02 2 125 05 18	
		12.2	10.2		1.714			BSC 01 1 125 05 05	BSC 02 2 125 05 05	BSC 02 2 125 05 08	BSC 02 2 125 05 12	BSC 02 2 125 05 15	BSC 02 2 125 05 18	BSC 02 2 125 05 18	
		12.2	14.5	12.60	1.109			BSC 01 1 125 05 08	BSC 02 2 125 05 08	BSC 02 2 125 05 12	BSC 02 2 125 05 15	BSC 02 2 125 05 18	BSC 02 2 125 05 18	BSC 02 2 125 05 18	
		12.2	20.0		0.754			BSC 01 1 125 05 12	BSC 02 2 125 05 12	BSC 02 2 125 05 15	BSC 02 2 125 05 18				
		12.2	28.3		0.510			BSC 01 1 125 05 18	BSC 02 2 125 05 18	BSC 02 2 125 05 18	BSC 02 2 125 05 18	BSC 02 2 125 05 18	BSC 02 2 125 05 18	BSC 02 2 125 05 18	
	8.0	15.0	7.5		1.316	6.1	9.6	BSC 01 1 125 06 03	BSC 02 2 125 06 03	BSC 02 2 125 06 05	BSC 02 2 125 06 08	BSC 02 2 125 06 12	BSC 02 2 125 06 15	BSC 02 2 125 06 18	
		22.3	10.5		0.837			BSC 01 1 125 06 05	BSC 02 2 125 06 05	BSC 02 2 125 06 08	BSC 02 2 125 06 12	BSC 02 2 125 06 15	BSC 02 2 125 06 18	BSC 02 2 125 06 18	
		33.1	14.9	9.90	0.542			BSC 01 1 125 06 08	BSC 02 2 125 06 08	BSC 02 2 125 06 12	BSC 02 2 125 06 15	BSC 02 2 125 06 18	BSC 02 2 125 06 18	BSC 02 2 125 06 18	
		47.9	21.0		0.368			BSC 01 1 125 06 12	BSC 02 2 125 06 12	BSC 02 2 125 06 15	BSC 02 2 125 06 18				
		69.7	30.0		0.249			BSC 01 1 125 06 18	BSC 02 2 125 06 18	BSC 02 2 125 06 18	BSC 02 2 125 06 18	BSC 02 2 125 06 18	BSC 02 2 125 06 18	BSC 02 2 125 06 18	
	12.5	19.7	7.7		0.674	8.2	11.9	BSC 01 1 125 08 03	BSC 02 2 125 08 03	BSC 02 2 125 08 05	BSC 02 2 125 08 08	BSC 02 2 125 08 12	BSC 02 2 125 08 15	BSC 02 2 125 08 18	
		29.7	10.8		0.429			BSC 01 1 125 08 05	BSC 02 2 125 08 05	BSC 02 2 125 08 08	BSC 02 2 125 08 12	BSC 02 2 125 08 15	BSC 02 2 125 08 18	BSC 02 2 125 08 18	
		44.4	15.2	8.10	0.277			BSC 01 1 125 08 08	BSC 02 2 125 08 08	BSC 02 2 125 08 12	BSC 02 2 125 08 15	BSC 02 2 125 08 18	BSC 02 2 125 08 18	BSC 02 2 125 08 18	
		64.0	21.1		0.189			BSC 01 1 125 08 12	BSC 02 2 125 08 12	BSC 02 2 125 08 15	BSC 02 2 125 08 18				
		93.7	30.0		0.127			BSC 01 1 125 08 18	BSC 02 2 125 08 18	BSC 02 2 125 08 18	BSC 02 2 125 08 18	BSC 02 2 125 08 18	BSC 02 2 125 08 18	BSC 02 2 125 08 18	
	16.0	27.0	8.2		0.345	14.1	18.2	BSC 01 1 125 10 03	BSC 02 2 125 10 03	BSC 02 2 125 10 05	BSC 02 2 125 10 08	BSC 02 2 125 10 12	BSC 02 2 125 10 15	BSC 02 2 125 10 18	
		41.3	11.6		0.219			BSC 01 1 125 10 05	BSC 02 2 125 10 05	BSC 02 2 125 10 08	BSC 02 2 125 10 12	BSC 02 2 125 10 15	BSC 02 2 125 10 18	BSC 02 2 125 10 18	
		62.3	16.5	6.50	0.142			BSC 01 1 125 10 08	BSC 02 2 125 10 08	BSC 02 2 125 10 12	BSC 02 2 125 10 15	BSC 02 2 125 10 18	BSC 02 2 125 10 18	BSC 02 2 125 10 18	
		90.1	23.1		0.097			BSC 01 1 125 10 12	BSC 02 2 125 10 12	BSC 02 2 125 10 15	BSC 02 2 125 10 18				
		132.9	32.9		0.065			BSC 01 1 125 10 18	BSC 02 2 125 10 18	BSC 02 2 125 10 18	BSC 02 2 125 10 18	BSC 02 2 125 10 18	BSC 02 2 125 10 18	BSC 02 2 125 10 18	
	20.0	40.2	9.1		0.164	17.5	22.5	BSC 01 1 125 12 03	BSC 02 2 125 12 03	BSC 02 2 125 12 05	BSC 02 2 125 12 08	BSC 02 2 125 12 12	BSC 02 2 125 12 15	BSC 02 2 125 12 18	
		61.5	12.9		0.105			BSC 01 1 125 12 05	BSC 02 2 125 12 05	BSC 02 2 125 12 08	BSC 02 2 125 12 12	BSC 02 2 125 12 15	BSC 02 2 125 12 18	BSC 02 2 125 12 18	
		93.5	18.5	5.10	0.068			BSC 01 1 125 12 08	BSC 02 2 125 12 08	BSC 02 2 125 12 12	BSC 02 2 125 12 15	BSC 02 2 125 12 18	BSC 02 2 125 12 18	BSC 02 2 125 12 18	
		136.8	26.0		0.046			BSC 01 1 125 12 12	BSC 02 2 125 12 12	BSC 02 2 125 12 15	BSC 02 2 125 12 18				
		201.8	37.3		0.031			BSC 01 1 125 12 18	BSC 02 2 125 12 18	BSC 02 2 125 12 18	BSC 02 2 125 12 18	BSC 02 2 125 12 18	BSC 02 2 125 12 18	BSC 02 2 125 12 18	
	10.0	18.8	9.7		1.767	7.9	12.1	BSC 01 1 160 06 03	BSC 02 2 160 06 03	BSC 02 2 160 06 05	BSC 02 2 160 06 08	BSC 02 2 160 06 12	BSC 02 2 160 06 15	BSC 02 2 160 06 18	
		27.0	13.2		1.165			BSC 01 1 160 06 05	BSC 02 2 160 06 05	BSC 02 2 160 06 08	BSC 02 2 160 06 12	BSC 02 2 160 06 15	BSC 02 2 160 06 18	BSC 02 2 160 06 18	
		39.7	18.9	16.10	0.744			BSC 01 1 160 06 08	BSC 02 2 160 06 08	BSC 02 2 160 06 12	BSC 02 2 160 06 15	BSC 02 2 160 06 18	BSC 02 2 160 06 18	BSC 02 2 160 06 18	
		57.0	26.5		0.503			BSC 01 1 160 06 12	BSC 02 2 160 06 12	BSC 02 2 160 06 15	BSC 02 2 160 06 18				
		82.4	37.9		0.341			BSC 01 1 160 06 18	BSC 02 2 160 06 18	BSC 02 2 160 06 18	BSC 02 2 160 06 18	BSC 02 2 160 06 18	BSC 02 2 160 06 18	BSC 02 2 160 06 18	
	12.5	24.0	10.0		0.916	10.3	14.7	B							

## Panfleto 1- Motor



## Motorredutor Tipo CEP



**Q**uando é necessário alto torque e tamanho reduzido, os motorredutores tipo CEP representam o que há de melhor atualmente. São aparelhos versáteis com várias opções de torque, rotação, tensão e consumo, que possibilitam inúmeras aplicações em máquinas e equipamentos cujos movimentos exijam um motor robusto com grande durabilidade.

O seu sistema redutor é composto de engrenagem de Polioximetileno (Delrin 100) injetado diretamente no píxo, que faz com que o motor possa suportar trabalho contínuo com baixo índice de ruído.

Alguns modelos são dotados de sistema de parada automática que, após desenergizado o motor, faz com que a poente do seu eixo pare sempre na mesma posição.

sentido de rotação anti-horário.

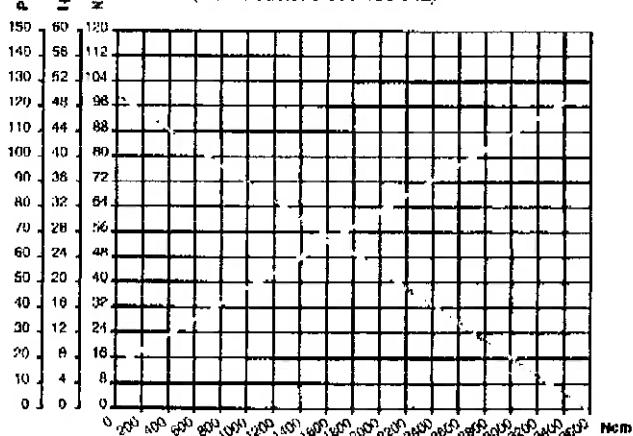
### Características Técnicas\*

Tensão dos Motores.....	12 VCC ou 24 VCC
Consumo Nominal.....	7,5 A (conforme torque aplicado)
Torque/Opcões.....	13 a 25 Nm
Sentido de Rotação.....	horário ou anti-horário
Velocidades.....	1 ou 2
Rotações.....	máximo 100 rpm

\* cada modelo de motor tem características específicas.

### Curva de Performance

(Ref. Modelo: 9 390 453 042)



### Aplicações já Desenvolvidas

- Camas hospitalares
- Cadeiras e mesas oftalmológicas
- Painéis de propaganda rotativos
- Máquinas para fabricação de velas
- Esteiras rolantes
- Máquinas de embalagens
- Máquinas gráficas

ROBERT BOSCH LIMITADA  
Rua Dr. Rubens Gomes Bueno, 478  
Cep 04730-901 - São Paulo - SP  
Tel.: (011) 547-5786 - Fax: (011) 547-5760



**BOSCH**

Nosso produto é tecnologia

## Desenho 1 - Desenho do Motor

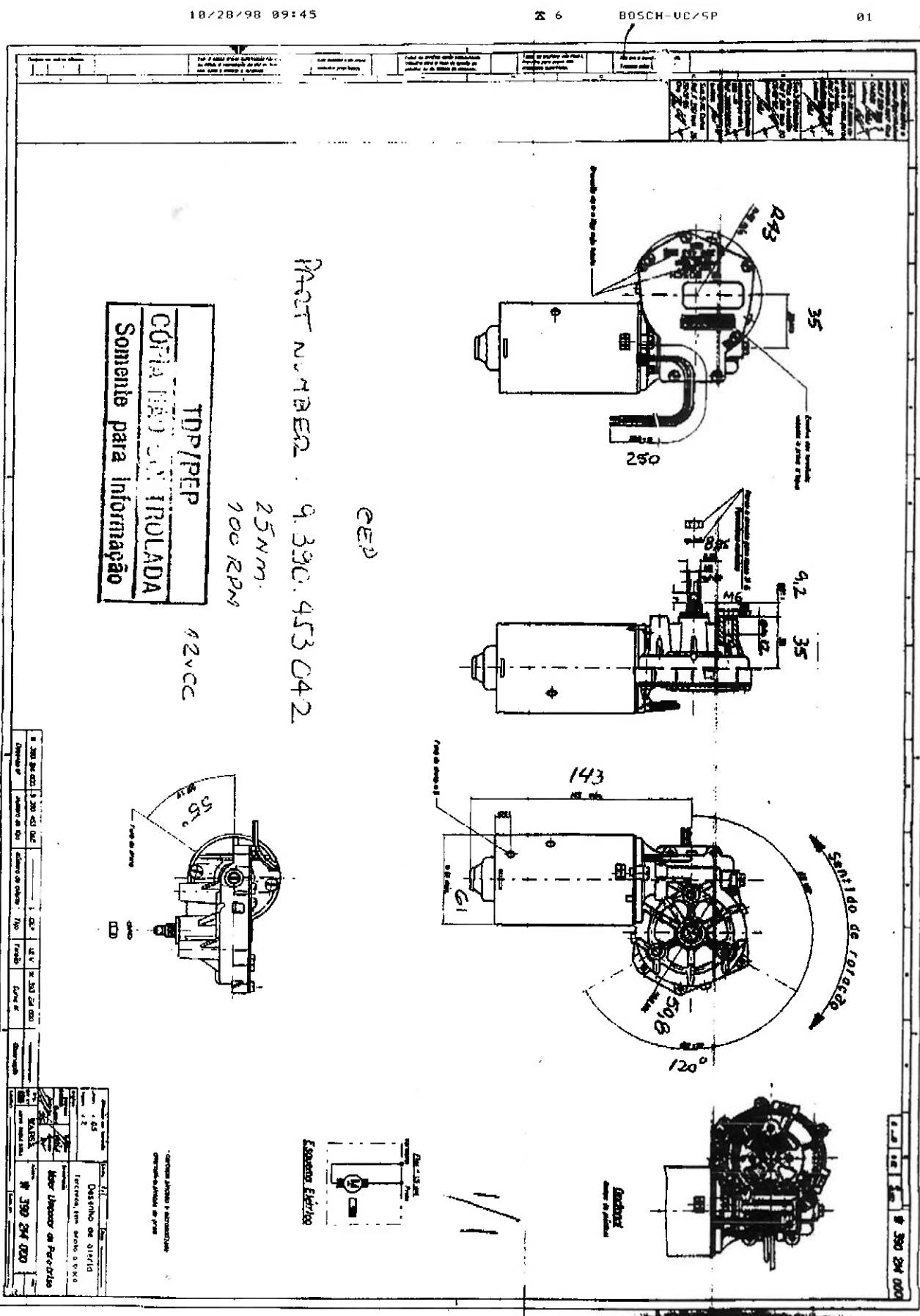
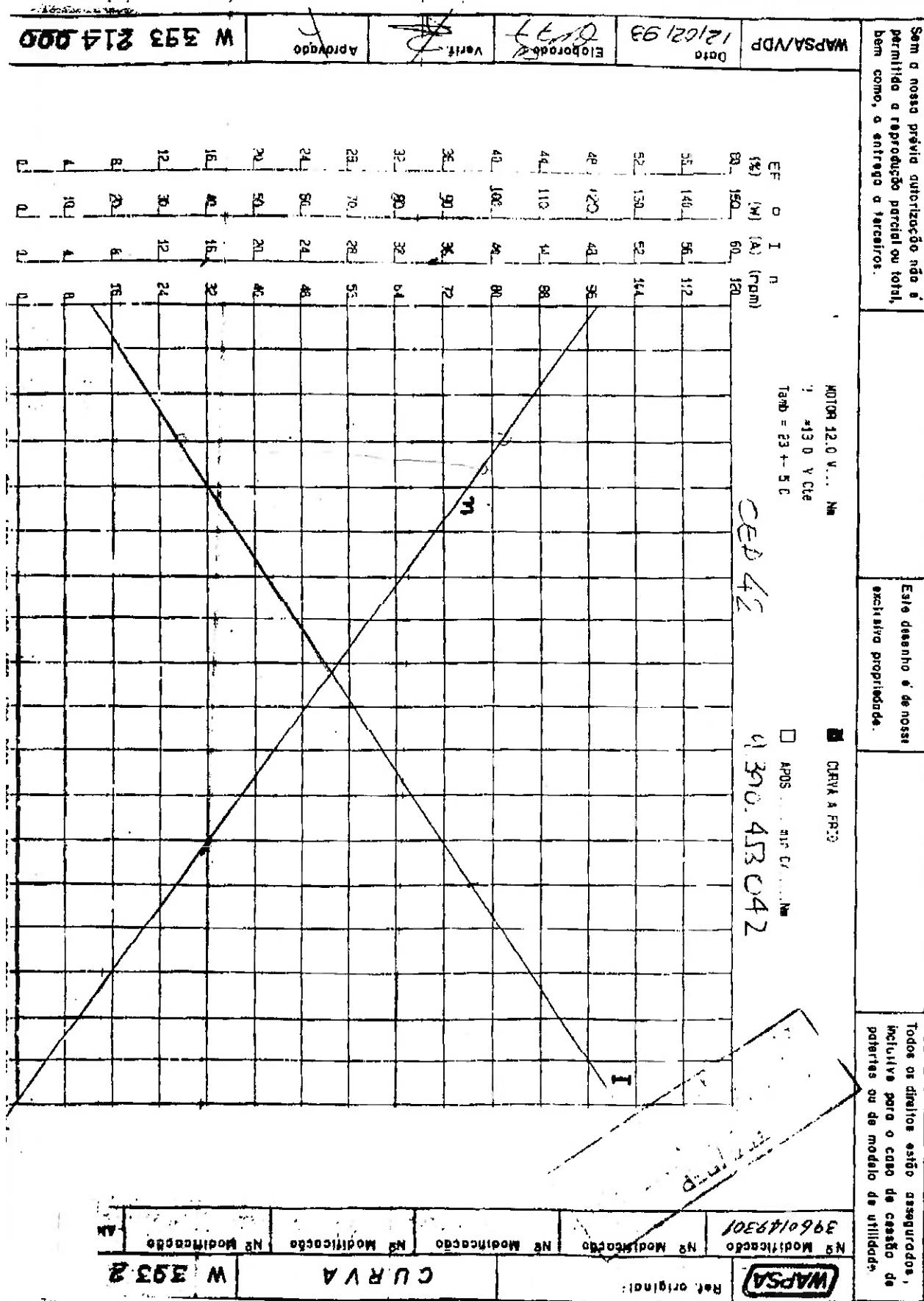


Gráfico 1 - Curvas do Motor



INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES	
• As dimensões contidas nesta lista são de produtos que poderão ser encontrados em nosso estoque.	
Outras ligas, dimensões e formatos poderão ser fornecidos mediante consulta.	
• O peso teórico é apenas orientativo.	
O faturamento será efetuado com base no peso real.	
• Para escolha da opção mais adequada, colocamos à disposição os serviços de nosso corpo técnico.	
• As informações desta lista poderão sofrer alterações sem consulta prévia.	

SUGESTÕES PARA APLICAÇÕES	
FC200	Componentes de máquinas, tais como: buchas, polias, anéis, mesas para máquinas-ferramenta; contrapesos; flanges; tampões; mancais; roldanas acoplamentos; carretéis e fusos.
FC 300	Componentes de máquinas sujeitos a desgaste; tampas de cilindros; êmbolos; cabeçotes; réguas-guia; gremalheiras; válvulas hidráulicas.
FE 45012	Componentes de máquinas sujeitos a choques; componentes hidráulicos, tais como: manifolds, êmbolos, tampas; válvulas; engrenagens; porcas; eixos; rolos para leito de resfriamento.
FE 55006	Componentes de máquinas que exigem resistência ao desgaste e tratamentos térmicos superficiais; engrenagens; porcas; corpos moedores.

PROPRIEDADES MECÂNICAS				
		Ferro Fundido Cinzento	Ferro Fundido Nodular	
Normas	TUPY	FC 200		FE 45012
	ABNT NBR 6689	FC 200		-
	ABNT NBR 6916	-		FE 42012
	ASTM A 159	G3000		-
	ASTM A 536	-		65-45-12
Estrutura	P = Perlita / F= Ferrita	P+F	- P	F+P
Propriedades Mecânicas	Tração (Mpa)	200(*)	450	
	Alongamento (%)	-	12	
	Dureza (HB)	165 - 207	131 - 217	

Obs (\*) Os valores de resistência à tração das classes FC 200 e FC 300 referem-se a ensaios realizados em corpos de prova obtidos a partir de barras com 30 mm de diâmetro fundidas separadamente da peça.

## **5 - Conclusão**

Este trabalho mostrou todas as dificuldades de se construir um projeto na prática. Também foi interessante ver como devemos adotar nossas opiniões ao que é possível. O baixo custo da matérias-primas foi conseguido, Sendo o custo do projeto de aproximadamente U\$\$ 200,00. O que fica difícil calcular, foi o custo de usinagem e o tempo gasto. Infelizmente o projeto teve um peso muito acima do especificado, por volta de 100 Kg, porém mostrou-se de grande rigidez e durabilidade. Ainda há muito para aperfeiçoar neste experimento, principalmente na tentativa de se construir modelo mais fáceis de fabricação. Este projeto facilitará a vida de várias pessoas para não realizarem um serviço metódico.

## **6.- Bibliografia**

CASILLAS, Máquinas Formulário Técnico, 2ºed, Editora Mestre Jou, 1961

DUBLEL, Heinrich, Manual do Engenheiro Mecânico, 13ºed 1V e 3V, 1979;

GoodYear, Manual de Correias E.C. Multi - V;

MARCO, Stipkovic Filho, apostila de Prensa, Tesouras e Ferramentas, São Paulo;

SHIGLEY, Joseph Edward, Elementos de Máquinas, Tradução de Edival Ponciano de Carvalho, Rio de Janeiro, LTC - Livros Técnicos e Científicos Editora S.A, 1984;

SKF, Catálogo Geral;

ZAMPEZE, Boris. Dimensionamento, São Paulo      Grêmio Politécnico, 1986;