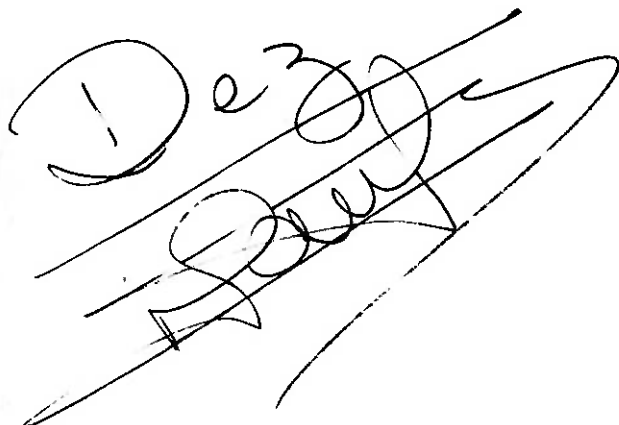


ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA



**Dispositivo para Ajuste de Ponto de Tangência de Máquina de
Desgaste de Pneus.**

Trabalho de formatura apresentado à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo
para obtenção do título de Graduação em
Engenharia

Fernando Aleixo Cardoso

Orientador: Prof. Dr. Deniol Katsuki Tanaka

Área de Concentração
Engenharia Mecânica

São Paulo

2002

Dedico este trabalho à minha mãe Alzira do Céu Cardoso, ao meu irmão Alberto Cardoso e ao meu pai Arlindo de Jesus Cardoso (em memória).

PADRÃO

O esforço é grande e o homem é pequeno.
Eu, Diogo Cão, navegador, deixei
Este padrão ao pé do areal moreno
E para diante naveguei.

A alma é divina e a obra é imperfeita.
Este padrão sinala ao vento e aos céus
Que, da obra ousada, é minha a parte feita:
O por-fazer é só com Deus.

E ao imenso e possível oceano
Ensinam estas Quinas, que aqui vês,
Que o mar com fim será grego ou romano:
O mar sem fim é português.

E a Cruz ao alto diz que o que me há na alma
E faz a febre em mim de navegar
Só encontrará de Deus na eterna calma
O porto sempre por achar.

Fernando Pessoa (Mensagem – Mar Português)

AGRADECIMENTOS

À minha família e amigos, por todo o apoio que me foi dado.

Ao meu orientador Prof. Dr. Deniol Katsuki Tanaka, cujo conhecimento norteou meu trabalho.

RESUMO

Este trabalho irá apresentar a máquina de desgaste de pneus, que se encontra no Laboratório de Fenômenos de Superfície da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. A máquina estuda o comportamento quanto ao desgaste de compostos de borracha utilizados na banda de rodagem de pneus. Serão observados os principais parâmetros de ensaio, bem como a necessidade a ser satisfeita, que é a correção do ponto de tangência do corpo-de-prova em relação à velocidade instantânea. A correção será feita através da instalação de uma guia com formato de cauda de andorinha, permitindo um grau de liberdade à máquina e o conseqüente aprimoramento das condições de ensaio.

ABSTRACT

The aim of this work is to present the tire wear machine, that is located in the Surface Phenomena Laboratory at Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. The machine is used to study the wear behavior of rubber compounds used for tire manufacture. Will be presented the main parameters of test and the need to be satisfied, that is the correction of the tangency point deviation of the tire specimen. The correction will be done with the installation of a dovetail way, adding to the machine one degree of freedom and in consequence, a improvement in the test conditions.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

1 INTRODUÇÃO	1
2 ESTUDO DE VIABILIDADE	2
2.1 Descrição da Máquina.....	2
2.2 Estabelecimento da Necessidade	3
2.3 Formulação do Projeto	4
2.4 Síntese das Soluções	5
2.4.1 Vias de Deslizamento	5
2.4.2 Sistema de Acionamento.....	6
3 PROJETO BÁSICO.....	7
3.1 Escolha da Melhor Alternativa	7
3.1.1 Vias de Deslizamento	7
3.1.2 Sistema de Acionamento.....	7
3.2 Especificações Necessárias	7
3.3 Projeto da Guia	7
4 PROJETO EXECUTIVO	11
4.1 Bloco Fixo.....	11
4.2 Gib.....	12
4.3 Guia Móvel	12
4.4 Parafuso.....	12
4.5 Chaveta	12
4.6 Porca	12
4.7 Escala	12
4.8 Nônio.....	12
5 CONCLUSÃO	13
ANEXO A.....	14
6 BIBLIOGRAFIA	23

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Máquina de desgaste de pneus.....	7
Figura 2 - Vista superior do sistema com ângulo de convergência nulo.....	8
Figura 3 - Vista superior do sistema com ângulo de convergência de 5°.....	8
Figura 4 - Configuração do suporte do cabeçote.....	9
Figura 5 – Superfícies de deslizamento e de guia, segundo [2].....	10
Figura 6 - Configurações de vias, segundo [2].....	10
Figura 7 – Transmissão rosca-parafuso, segundo [3].....	11
Figura 8 – Transmissão pinhão-cremalheira, segundo [2].....	11
Figura 9 – Configuração da guia e sistema de acionamento.....	13
Figura 10 – Esforço atuante na máquina de desgaste de pneus.....	13
Figura 11 – Componentes utilizados para o cálculo da força peso.....	13
Figura 12 – Seção transversal da guia cauda de andorinha.....	14
Figura 13 – Perfil da guia cauda de andorinha.....	16

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Aplicações das vias de deslizamento da Figura 6, segundo [2].....	11
--	----

1 INTRODUÇÃO

O estudo do comportamento tribológico de compostos de borracha é de grande importância para o projeto de pneus, pois envolve segurança do veículo e de passageiros de um lado e de durabilidade de outro. Através deste estudo pode-se selecionar o material que melhor se adequa a determinadas condições de uso.

A redução no desgaste do pneu contribui também para a diminuição de emissões de borracha, descarte de pneus usados, energia necessária para a fabricação de pneus e custos de manutenção do veículo, além de contribuir também para a economia de combustível.

O pneu é constituído por diferentes partes, entre elas a banda de rodagem, onde ocorre o desgaste entre pneu e asfalto. No Laboratório de Fenômenos de Superfície da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo são realizados ensaios com corpos-de-prova fabricados com os compostos de borracha utilizados na banda de rodagem de pneus.

Neste trabalho será apresentada a máquina de desgaste de pneus e descritos os seus principais parâmetros de ensaio, que são a carga aplicada, a velocidade e o ângulo de convergência do corpo-de-prova. Devido a utilização de cunhas, para o controle de ângulo de convergência dos pneus, observa-se que o ângulo de convergência apresenta desvio em relação ao valor esperado.

Após o estabelecimento da necessidade, será formulado o projeto e escolhida a solução que menos interferir nas características da máquina. Entre as soluções possíveis será destacado o projeto de uma guia linear.

Serão apresentadas as informações necessárias para a confecção dos componentes do sistema mecânico para ajuste do ponto de tangência da máquina de desgaste de pneus.

2 ESTUDO DE VIABILIDADE

2.1 Descrição da Máquina

A máquina em análise (vide Figura 1) é utilizada para o estudo do desgaste de pneus sobre asfalto e se encontra no Laboratório de Fenômenos de Superfície - LFS, na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

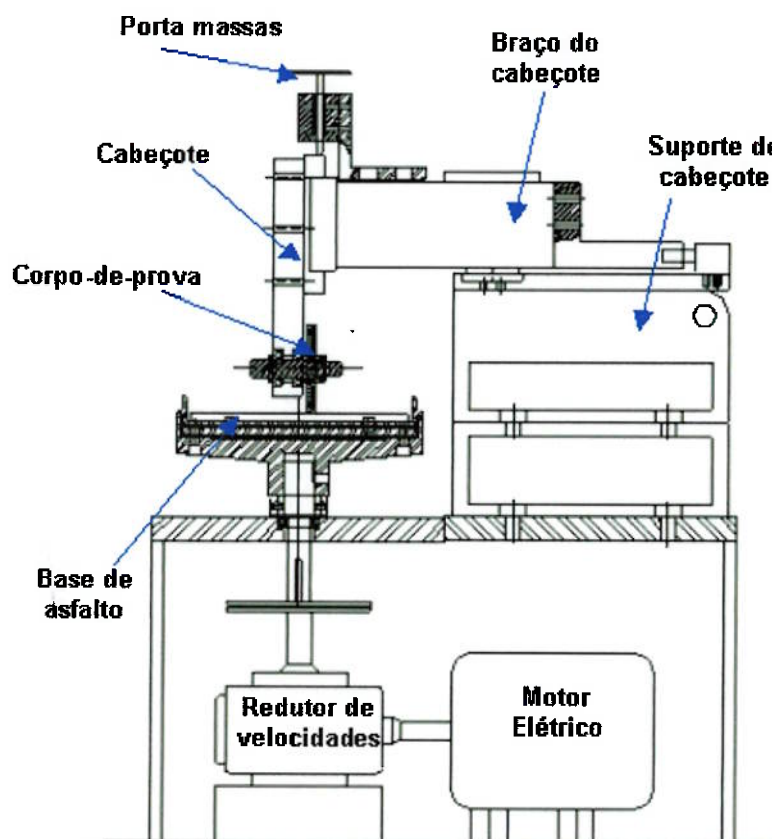


Figura 1 - Máquina de desgaste de pneus

Um corpo-de-prova de borracha é desgastado contra uma base de asfalto, acionada por um motor elétrico.

Entre os parâmetros de ensaio destacam-se a carga aplicada, a velocidade e o ângulo de convergência do corpo-de-prova. A carga é variada através do porta massas e a velocidade controlada pelo motor elétrico.

O ângulo de convergência é aquele formado entre o pneu e a direção tangente à velocidade. Para variar este ângulo são inseridas cunhas entre o cabeçote porta amostras e o braço do cabeçote.

2.2 Estabelecimento da Necessidade

Uma vez que o suporte do cabeçote é fixo, quando se colocam cunhas para a obtenção do ângulo de convergência do pneu, o ponto central da linha de contato deste desloca-se de seu ponto de tangência da trajetória. Desenhando-se uma linha de ataque da superfície passando pelo centro do asfalto e também uma linha de contato do pneu com o asfalto e supondo-se que o carregamento esteja distribuído ao longo desta linha, pode-se determinar o ângulo real de convergência para o ensaio. As Figuras 2 e 3 ilustram este raciocínio:

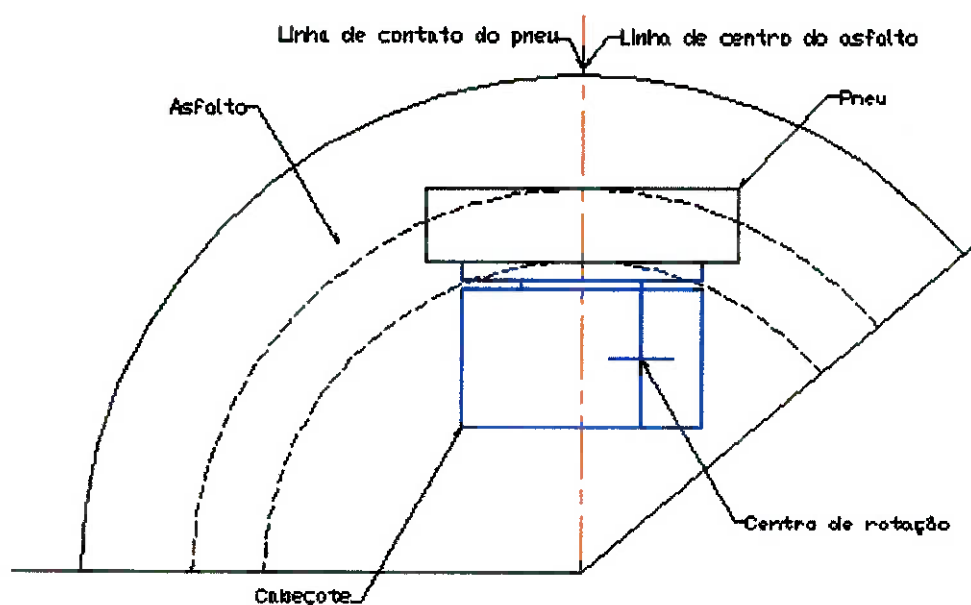


Figura 2 - Vista superior do sistema com ângulo de convergência nulo

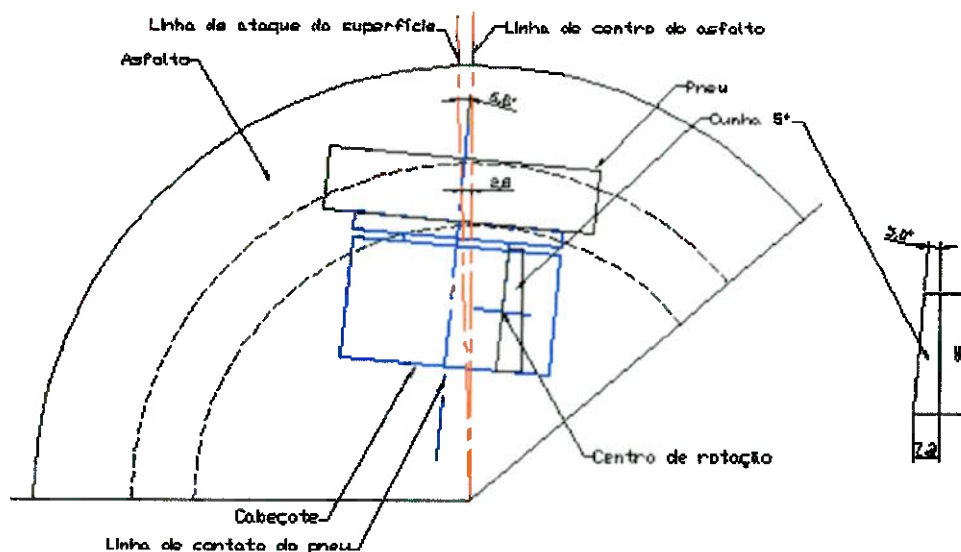


Figura 3 - Vista superior do sistema com ângulo de convergência de 5°

Em resumo, o ângulo de convergência real do contato entre o pneu e o asfalto não é o ângulo dado pela cunha, mas sim aquele resultante de sua inclinação somada ao seu deslocamento.

Supondo-se que a força resultante do contato esteja distribuída igualmente ao longo da linha de contato do pneu com o asfalto, este deslocamento do ponto de tangência faz com que apareça um momento atuante no suporte do cabeçote, afetando a medida da força de arraste tangencial.

2.3 Formulação do Projeto

De acordo com a necessidade estabelecida é necessário que se projete um dispositivo que permita o posicionamento do corpo-de-prova em seu ponto de tangência.

Analisando a Figura 4 percebe-se que o suporte do cabeçote é composto pela união de dois blocos, que são fixos à mesa. Objetiva-se projetar uma via de deslizamento entre estes componentes.

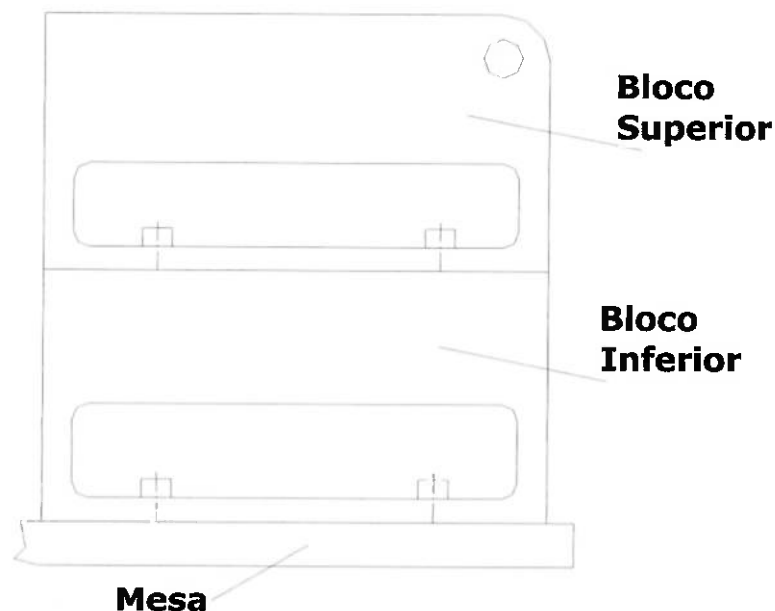


Figura 4 - Configuração do suporte do cabeçote.

2.4 Síntese das Soluções

2.4.1 Vias de Deslizamento

Uma via de deslizamento é composta por dois tipos de superfície, a de deslizamento e a de guia, a Figura 5 ilustra este conceito:

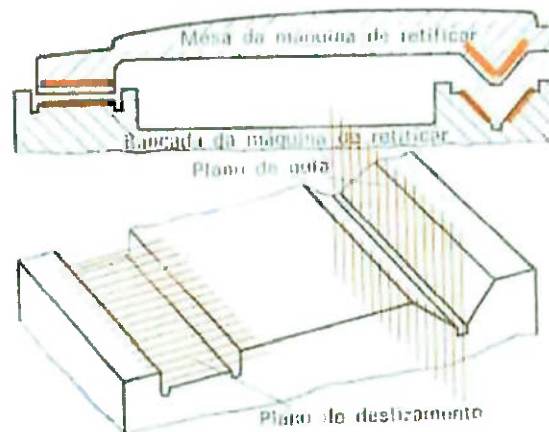


Figura 5 – Superfícies de deslizamento e de guia, segundo [2]

O formato da seção transversal é determinado pelos seguintes fatores:

- Comprimento da trajetória;
- Valor e direção das forças atuantes;
- Exatidão do movimento exigido
- Velocidade do movimento

A Figura 6 mostra alguns dos possíveis formatos de vias:

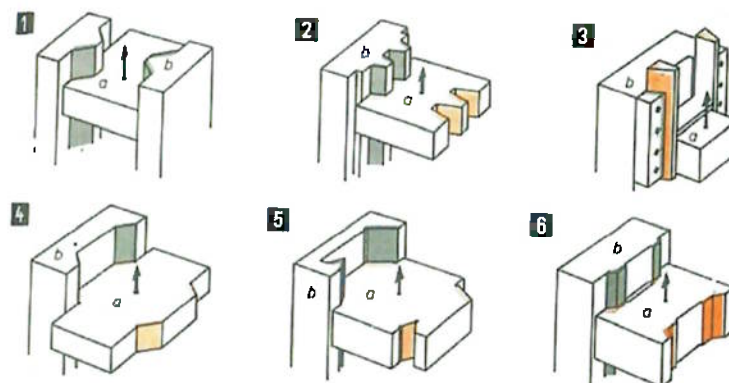


Figura 6 - Configurações de vias, segundo [2]

A Tabela 1 relaciona as vias da Figura 6 com respectivas aplicações:

Máquina operadora	Forma da Via
1 Martelo de forja de ar comprimido	Via em V, no maço
2 Malho de forja	Via dupla em V, no maço
3 Prensa excêntrica	Via em cauda de andorinha
4 Prensa hidráulica	Guia larga prismática no carro
5 Prensa de alavanca articulada	Via em V e prismática no carro
6 Prensa de moldura	Via em V e via plana

Tabela 1 – Aplicações das vias de deslizamento da Figura 6, segundo [2]

De acordo com a Tabela 1, observa-se que as vias em V necessitam de dispositivos que restrinjam a separação vertical entre peças.

2.4.2 Sistema de Acionamento

Após a escolha da via de deslizamento é necessário saber qual será o tipo de acionamento para o posicionamento do ponto de tangência, levando em consideração as especificações do ensaio.

Destacam-se as seguintes alternativas:

- Manual
- Transmissão rosca-parafuso (vide Figura 7)
- Transmissão pinhão-cremalheira (vide Figura 8)

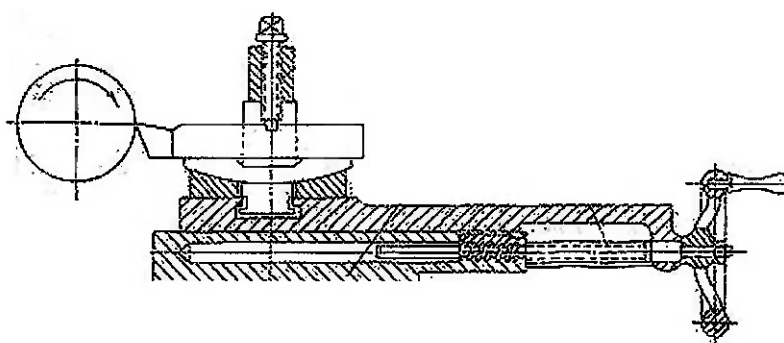


Figura 7 – Transmissão rosca-parafuso, segundo [3].

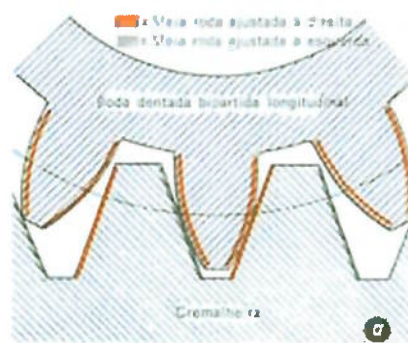


Figura 8 – Transmissão pinhão-cremalheira, segundo [2]

3 PROJETO BÁSICO

3.1 Escolha da Melhor Alternativa

Foi estabelecida a necessidade e propostas as possíveis soluções.

Será escolhida a solução que da melhor maneira satisfizer às condições exigidas pela máquina.

3.1.1 Vias de Deslizamento

O tipo de via utilizado deve ser compacto, de modo a utilizar o menor espaço possível e permitir usinagem sem grandes dificuldades.

Comparando os modelos disponíveis, a via em cauda de andorinha apresenta-se como a solução mais adequada, pois, de acordo com sua geometria permite não apenas guiar, mas também dispensa o projeto de dispositivos para evitar a separação vertical entre peças.

3.1.2 Sistema de Acionamento

O acionamento deve garantir a precisão na movimentação de pequenos deslocamentos.

Optou-se pelo sistema rosca-parafuso, que pode ser embutido no interior da guia (vide Figura 9), economizando espaço, além de não depender da sensibilidade do operador para a obtenção do ponto de tangência.

3.2 Especificações Necessárias

Ao realizar a correção do ponto de tangência a guia deve ter sua altura minimizada, de modo a continuar permitindo o contato entre o corpo-de-prova e o disco de asfalto sem realizar alterações no restante da máquina.

3.3 Projeto da Guia

O conjunto guia e sistema de acionamento pode ser visto na Figura 9. Podem ser observados o parafuso de acionamento e o gib, peça utilizada para compensar desalinhamentos provenientes do desgaste da guia.

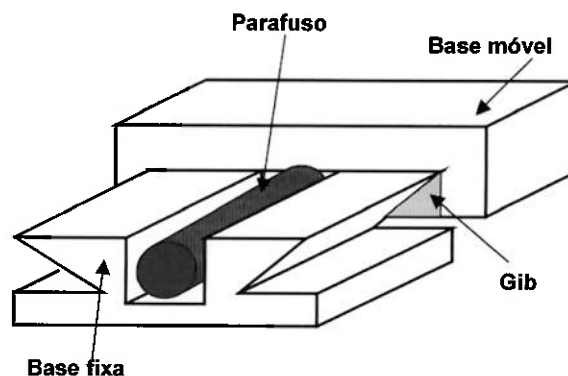


Figura 9 – Configuração da guia e sistema de acionamento.

Para iniciar o projeto é necessário determinar os esforços aos quais a guia estará sujeita.

O principal esforço atuante na máquina é a força peso (G) de seus componentes, vide Figura 10:

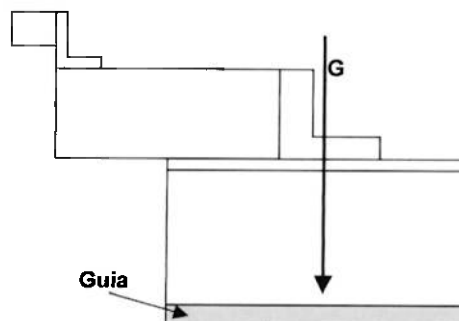


Figura 10 – Esforço atuante na máquina de desgaste de pneus.

Para calcular G , deve-se determinar a massa dos componentes movimentados pela guia.

A Figura 11 apresenta os componentes utilizados no cálculo de G.

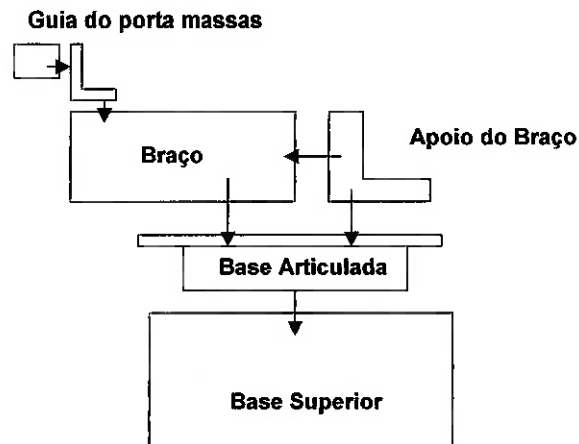


Figura 11 – Componentes utilizados para o cálculo da força peso.

O valor de G é obtido através da seguinte relação:

$$m = \rho \cdot V$$

Onde:

- m: massa do componente (kg);
- ρ : densidade do aço ($7,87 \text{ g/cm}^3$), obtida em [7];
- V: volume do componente (cm^3).

O valor da massa resultante equivale a G dada em kgf.

Obtém-se $G = 56 \text{ kgf}$.

Uma vez estabelecido o esforço atuante, pode-se determinar a menor área de seção transversal necessária para a guia.

A Figura 12 apresenta uma esquema da seção transversal de uma guia cauda de andorinha.

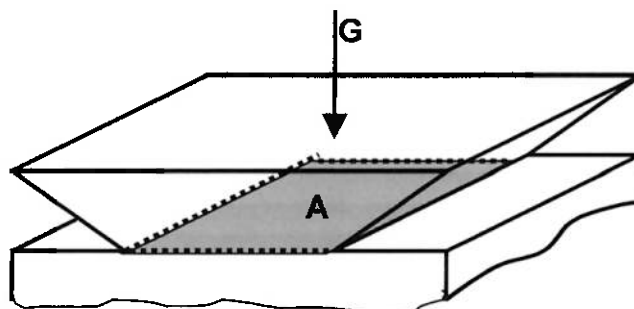


Figura 12 – Seção transversal da guia cauda de andorinha.

A área mínima é obtida a partir da seguinte relação:

$$A \geq \frac{G}{\bar{\sigma}}$$

Onde:

- A: área da guia (mm^2);
- G: força atuante (kgf);
- $\bar{\sigma} = \frac{\sigma_e}{k}$: tensão admissível;
- σ_e : tensão de escoamento do material da guia;
- k: coeficiente de segurança.

Para o aço AISI 1020 laminado a quente, obtém-se em [7] $\sigma_e = 20,5$ kgf/mm².

Uma vez que a guia será construída com um material comum, sujeito a uma carga constante, pode-se, de acordo com [6], utilizar $k = 3$.

Obtém-se $A \geq 6,8 \text{ mm}^2$

4 PROJETO EXECUTIVO

Uma consideração importante deste trabalho é interferir o menos possível nas características da máquina. Deste modo, a altura do equipamento após a instalação da guia deverá permanecer inalterada.

Todas as modificações necessárias para a movimentação das peças serão feitas utilizando o espaço disponível no bloco inferior, no qual serão usinados a parte fixa da guia, o canal para o alojamento do parafuso e reservada a altura necessária a ser ocupada pela guia móvel.

Considerando a área mínima requerida para suportar os esforços foi desenvolvido o perfil da guia, através da adaptação de valores padronizados, dados em [5].

A Figura 13 apresenta o perfil da guia:

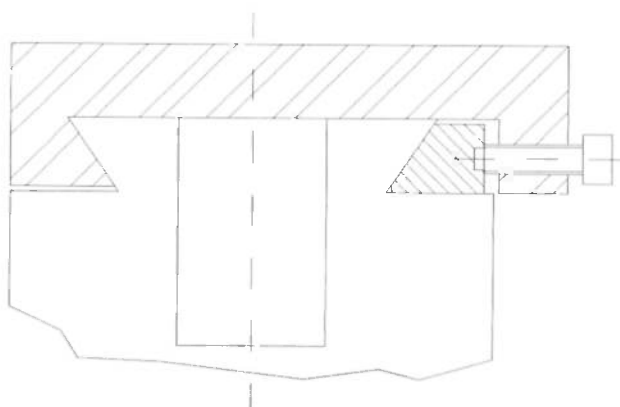


Figura 13 – Perfil da guia cauda de andorinha.

De acordo com a Figura 13, observa-se que o contato entre superfícies é feito no topo da guia fixa.

A partir do perfil da guia, foram projetadas peças para viabilizar a obtenção do ponto de tangência da máquina. O desenho de conjunto e os desenhos de fabricação das peças encontram-se no anexo A.

A seguir será feita a descrição dos principais componentes projetados.

4.1 Bloco Fixo

No bloco fixo serão usinados a parte fixa da guia e o canal para alojar o parafuso. Por uma questão estética foi mantida a mesma largura utilizada no bloco já instalado na máquina, sendo que sua área de contato é muito maior do que a requerida pelo material.

4.2 Gib

O gib é utilizado para compensar a folga proveniente do desgaste entre peças. Seu perfil é ajustado ao formato da guia através da regulagem de sua pressão de contato, por meio de parafusos. Neste projeto o gib também será necessário para o travamento da máquina na posição do ponto de tangência.

4.3 Guia Móvel

A guia móvel transporta o bloco móvel para a posição de tangência, uma vez que a largura do bloco fixo foi mantida constante, foi necessário aumentar a espessura da parede que suporta os parafusos de ajuste do gib.

4.4 Parafuso

O parafuso é a peça que irá permitir a movimentação da máquina. Uma vez que são necessários pequenos deslocamentos, será utilizada uma rosca métrica fina: MF16x1 mm.

4.5 Chaveta

A chaveta é necessária para permitir que o parafuso gire em ambos os sentidos, travando seu deslocamento axial. A conexão com o parafuso é feita através de um rasgo.

4.6 Porca

A porca converte o movimento rotacional do parafuso na translação da guia móvel.

4.7 Escala

A escala possibilita o controle do deslocamento a ser imposto à máquina, tendo a representação da máxima movimentação permitida.

4.8 Nônio

De funcionamento similar ao encontrado em paquímetros, o nônio permite a obtenção de precisão de 0,05 mm nos deslocamentos.

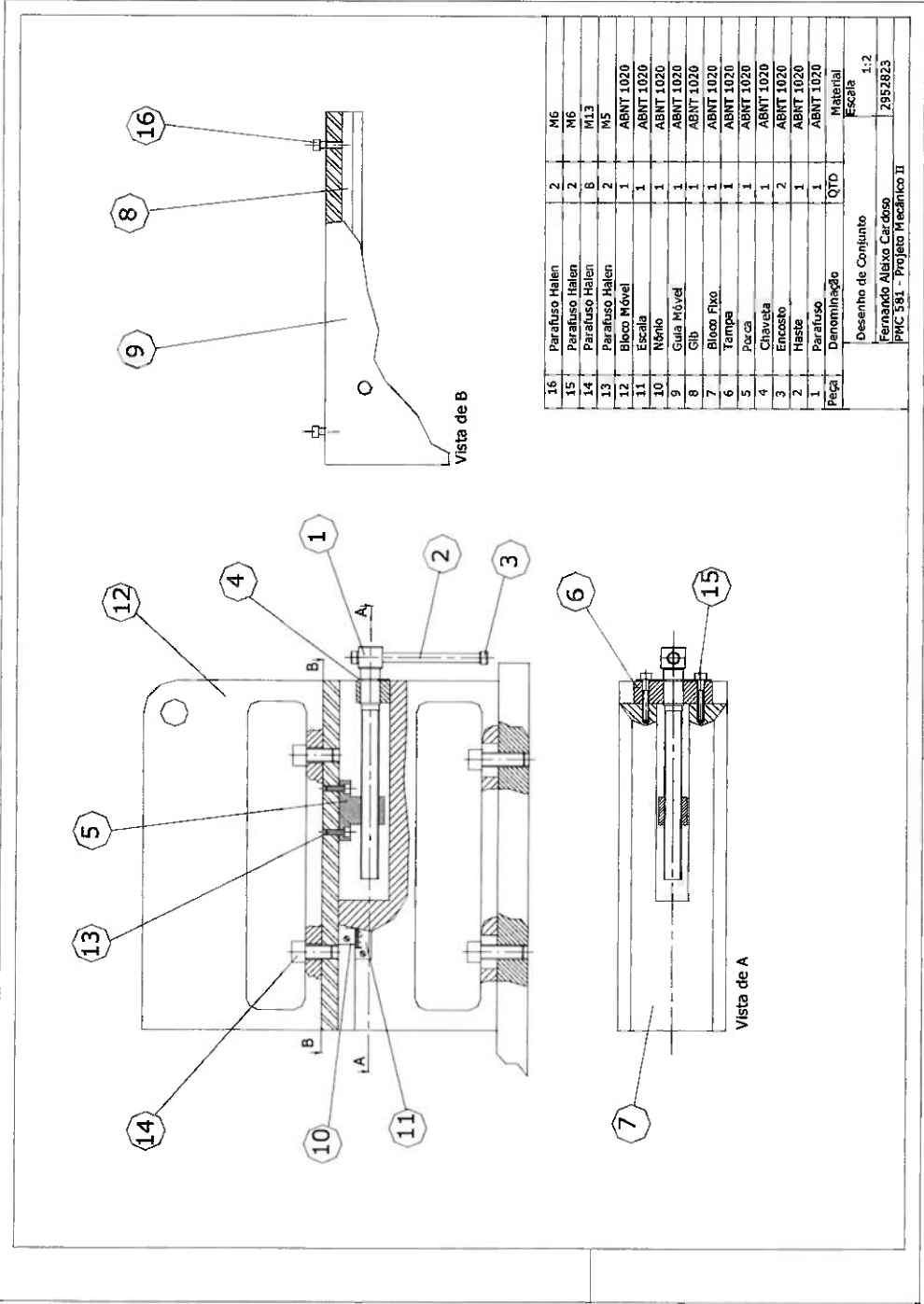
5 CONCLUSÃO

Foram apresentados o funcionamento da máquina de desgaste de pneus, a necessidade a ser satisfeita e a solução que será empregada.

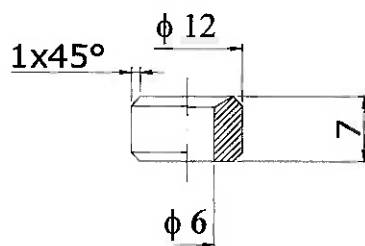
Utilizando as informações apresentadas foi desenvolvido um projeto com o objetivo de aprimorar as condições de ensaio e, conseqüentemente, aumentar a compreensão dos fenômenos envolvidos no desgaste de compostos de borracha utilizados na fabricação de pneus.

ANEXO A

16

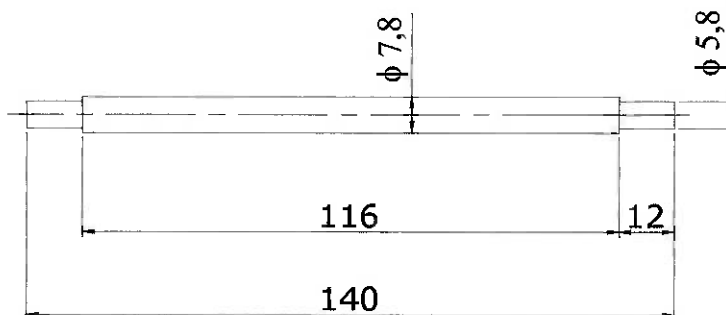






Escala 2:1
Tolerância $\pm 0,1$

3	Encosto	2	ABNT 1020
Peça	Denominação	QTD	Material



Escala 1:1
Tolerância $\pm 0,1$

2	Haste	1	ABNT 1020
Peça	Denominação	QTD	Material



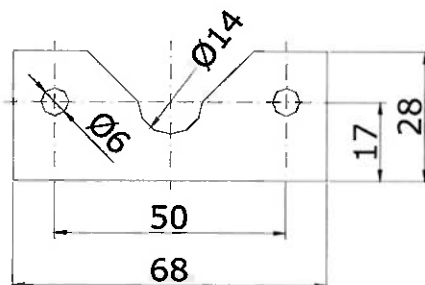
Peças 2 e 3

Fernando Aleixo Cardoso
PMC 581 - Projeto Mecânico II

Escala

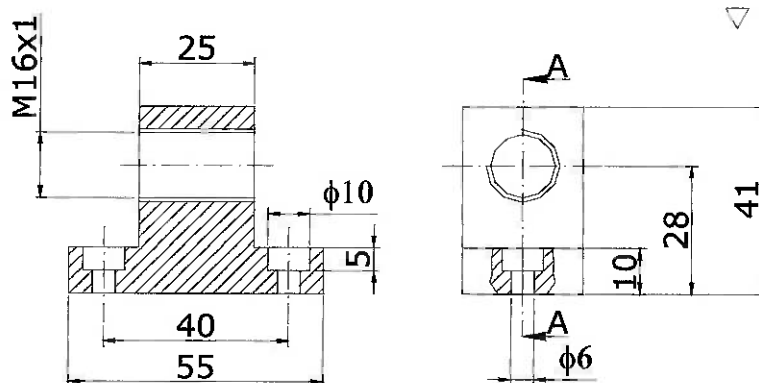
2952823

Espessura 2mm



Escala 1:1
Tolerância $\pm 0,1$

4	Chaveta	1	ABNT 1020
Peça	Denominação	QTD	Material



Escala 1:1
Tolerância $\pm 0,1$

5	Porca	1	ABNT 1020
Peça	Denominação	QTD	Material

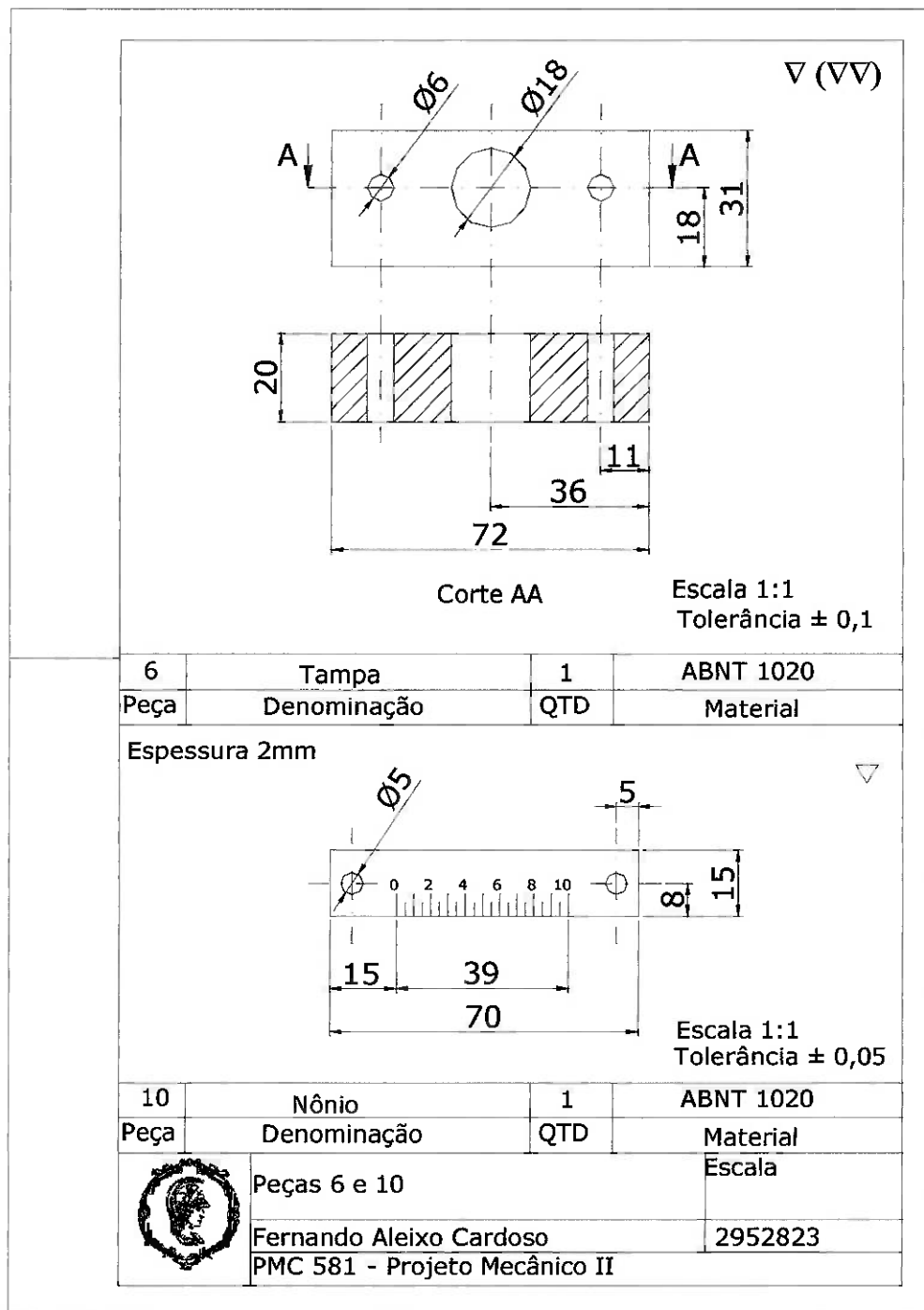


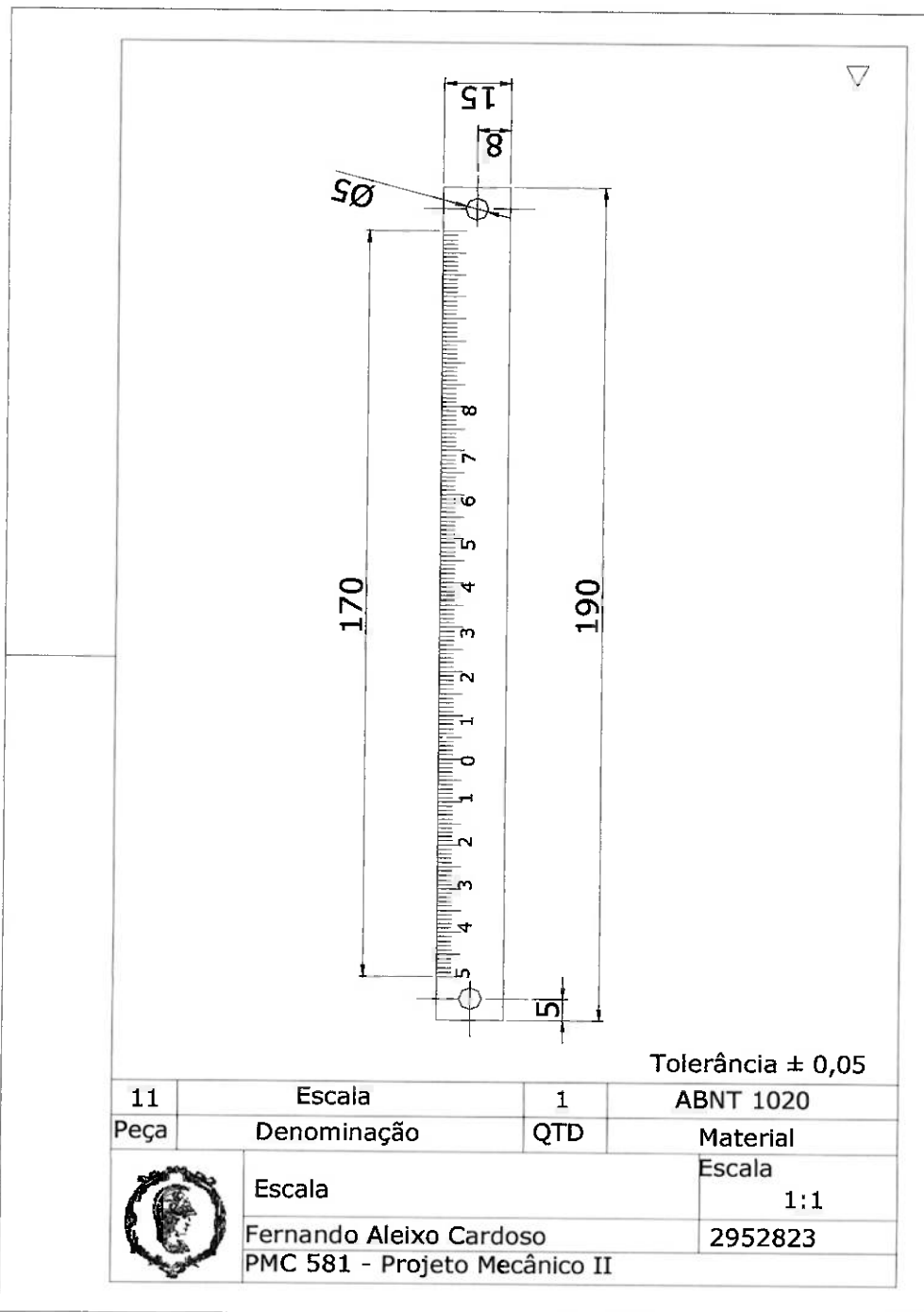
Peças 4 e 5

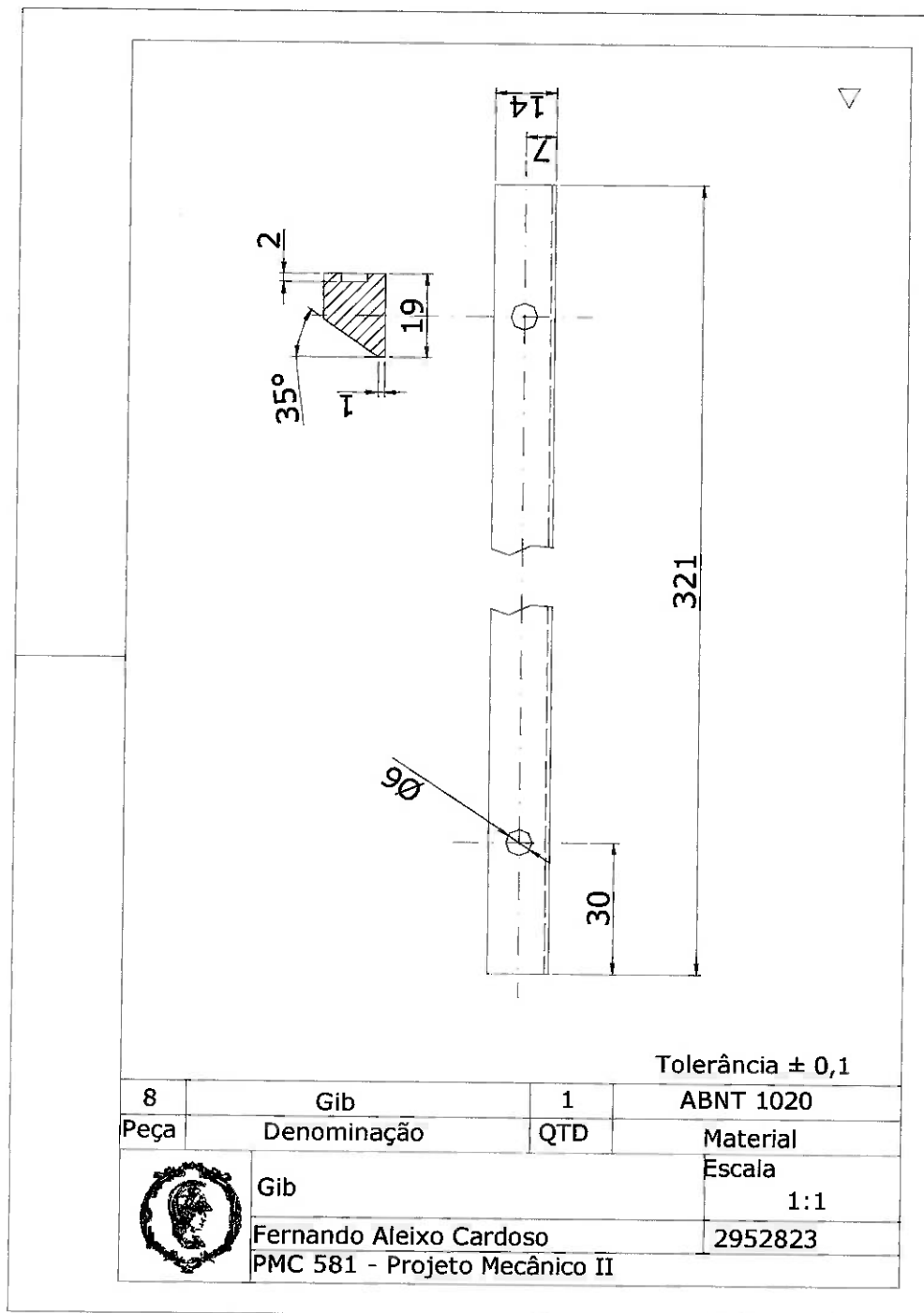
Fernando Aleixo Cardoso
PMC 581 - Projeto Mecânico II

Escala

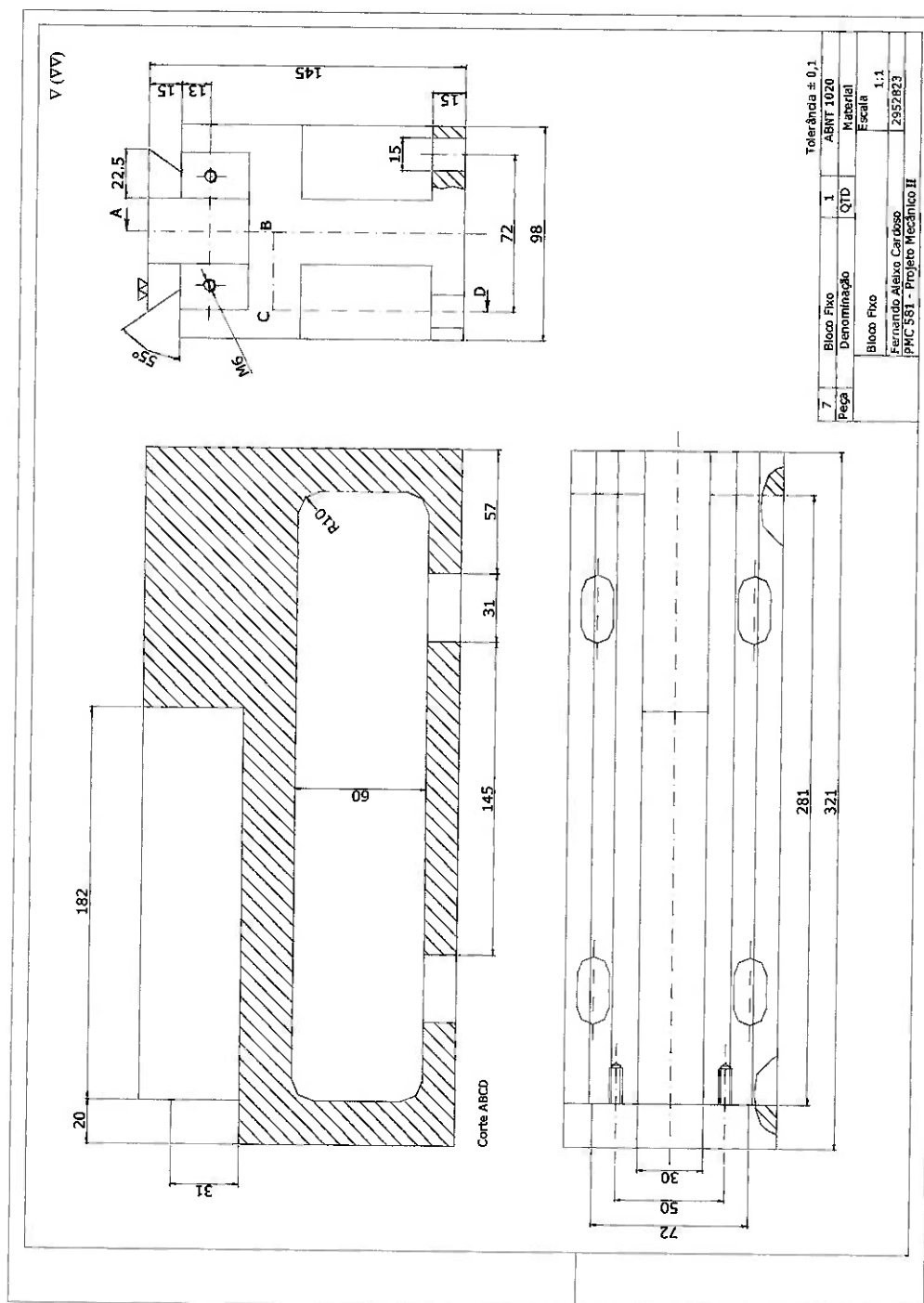
2952823











6 BIBLIOGRAFIA

- [1] KAMINSKI, P. C., **Desenvolvendo Produtos com Planejamento, Criatividade e Qualidade**. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos Editora S/A
- [2] SCHRÖCK, J., **Montagem, Ajuste, Verificação de Peças de Máquinas**. Rio de Janeiro, Editora Reverté LTDA., 1979
- [3] KRYVIN, A., NAUMOV, I., **Assembly Practice**. Moscow, Mir Publishers, 1967
- [4] FREIRE, J. M., **Torno Mecânico**. São Paulo, Livros Técnicos e Científicos Editora S/A, 1984
- [5] SLOCUM, A. H., **Precision Machine Design**. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall, 1992
- [6] MELCONIAN, S., **Mecânica Técnica e Resistência dos Materiais**. São Paulo, Érica, 1988
- [7] MATWEB, Material Property Data. Disponível em <<http://www.matweb.com/index.asp?ckck=1>>. Acesso em 20/10/2002