

República Federativa do Brasil
Ministério do Desenvolvimento, Indústria
e do Comércio Exterior
Instituto Nacional da Propriedade Industrial.

(21) **PI 1001516-7 A2**



(22) Data de Depósito: 26/05/2010
(43) Data da Publicação: 28/02/2012
(RPI 2147)

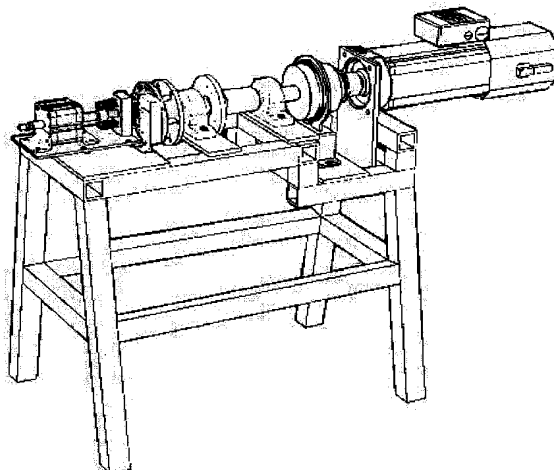
(51) *Int.Cl.:*
G01N 19/02
G01B 5/28

(54) Título: EQUIPAMENTO TRIBÔMETRO COM CONTROLE DE TEMPERATURA E PROCESSO DE PRODUÇÃO

(73) Titular(es): Universidade Federal do Rio Grande do Sul

(72) Inventor(es): Marcos Roberto Farias Soares, Ney Francisco Ferreira, Patric Daniel Neis

(57) Resumo: EQUIPAMENTO TRIBÔMETRO COM CONTROLE DE TEMPERATURA E PROCESSO DE PRODUÇÃO. A presente invenção descreve tribômetro (equipamento para medir atrito e desgaste entre duas superfícies) específico para o teste com materiais de fricção (pastilha e disco) utilizados em freios veiculares, que possui controle e medição de temperatura para se obter dados que independem deste fator e que são, portanto, mais detalhados.



Relatório Descritivo de Patente de Invenção**EQUIPAMENTO TRIBÔMETRO COM CONTROLE DE TEMPERATURA E
PROCESSO DE PRODUÇÃO****Campo da Invenção**

5 A presente invenção descreve tribômetro (equipamento para medir atrito e desgaste entre duas superfícies) específico para o teste com materiais de fricção (pastilha e disco) utilizados em freios veiculares, que possui controle de temperatura para se obter dados que independem deste fator e que são,
10 portanto, mais detalhados.

O equipamento está configurado para trabalhar numa ampla faixa de velocidades de escorregamento e pressões de contato, similares às que ocorrem nos veículos. Outros tribômetros não possuem essa característica, ou seja, trabalham numa faixa bem restrita de velocidade e pressão. Também é
15 capaz de realizar ensaios que separam a temperatura dos demais parâmetros de operação (pressão e velocidade). Assim, pode-se obter resultados de atrito em função de cada um desses parâmetros independentemente.. A presente invenção se situa nos campos da engenharia mecânica.

Antecedentes da Invenção

Equipamentos tribômetros são máquinas ou dispositivos utilizados para se realizar triagens e simulações de desgaste, atrito e lubrificação, dados estudados na tribologia. Geralmente são dimensionados de forma específica, conforme a necessidade de cada fabricante de analisar a performance de longo
25 prazo de seus produtos. Um exemplo disto pode ser visto em fabricantes de implantes ortopédicos que investiram quantias consideráveis de dinheiro para desenvolver equipamentos tribômetros capazes de reproduzir de forma precisa os movimentos e forças que ocorrem no quadril humano, para poderem realizar testes de desgaste de seus produtos de forma acelerada.

Os equipamentos tribômetros atuais não são capazes de controlar a temperatura do disco durante os ensaios, não possibilitando a verificação da influência isolada desta variável sobre os resultados de atrito dos materiais.

Além disso, tribômetros do atual estado da técnica são utilizados para
5 pesquisar desgaste e atrito dos materiais em pequena escala e, mais do que
isso, em faixas restritas (pequenas) de pressão e velocidade. Desta forma, não
representam as condições de frenagem veiculares. Tribômetros comerciais não
chegam nem ao menos a aquecer o disco durante os ensaios, o que é devido
às baixíssimas pressões e velocidades aplicadas.

10 O documento US2008034837 descreve um equipamento tribômetro
padrão, com amostra de teste central de forma cilíndrica, e possibilidade de se
utilizar outras 3 amostras de testes que se atritam com a amostra central
simultaneamente.

A presente invenção difere desse documento por possuir controle de
15 temperatura, e por ser capaz de operar em faixas de pressão e velocidades
similares às que ocorrem em veículos.

O documento JP2001091436 descreve um equipamento para medir
atrito entre materiais quaisquer, não sendo específico para materiais de freios.
O equipamento pode avaliar até 4 amostras ao mesmo tempo.

20 A presente invenção difere desse documento por possuir condições
similares às de frenagens veiculares e por possuir controle de temperatura
independente, dados não citados no documento.

O documento WO 00/17265 descreve um equipamento tribômetro
automatizado para medir coeficiente de atrito de trilhos de trem. O tribômetro
25 possui design em formato de carro de testes, que coleta as informações
enquanto passa pelos trilhos

A presente invenção difere desse documento por possuir formato e
condições de operação voltadas para testes de frenagens veiculares e por
possuir controle de temperatura independente.

O documento US 5,259,236 descreve um aparato tribômetro que imita as condições de operação e forças de um pé humano ao andar sobre uma determinada superfície.

5 A presente invenção difere desse documento por não ser projetada para o campo de ortopedia, mas sim da automobilística, e por possuir controle independente de temperatura para medições mais precisas e eficientes.

Do que se depreende da literatura pesquisada, não foram encontrados documentos antecipando ou sugerindo os ensinamentos da presente invenção, de forma que a solução aqui proposta possui novidade e atividade inventiva
10 frente ao estado da técnica.

Sumário da Invenção

A presente invenção descreve aparato tribômetro e processo de produção do mesmo. O aparato tribômetro de presente invenção apresenta
15 como principal diferencial o sistema de controle de temperatura, que se utiliza de meios para resfriar, aquecer, e medir a temperatura do disco, separando esta variável de outras, de maneira a fornecer informações mais detalhadas do material.

É, portanto, objeto da presente invenção aparato tribômetro
20 compreendendo:

- a) sistema de controle da temperatura;
- b) sistema atuador;
- c) sistema de rotação;
- d) estrutura de sustentação;
- 25 e) sistema de aquisição e controle de dados;
- f) sistema de controle de atuador; e
- g) sistema de controle da rotação.

Em uma realização preferencial, o sistema de controle da temperatura é composto por termopares, pirômetro ótico, resistência aquecedora, relé de
30 estado sólido e válvula reguladora do fluxo do ar.

Em uma realização preferencial, o sistema atuador é composto de pistão pneumático, suporte para o corpo de prova e acessórios de fixação.

Em uma realização preferencial, o sistema de rotação é composto por elementos girantes, como mancais, eixo, motor, acoplamento e disco.

5 Em uma realização preferencial, a estrutura de sustentação possui forma de mesa.

Em uma realização preferencial, o sistema de aquisição e controle de dados é composto de placa capaz de ler e escrever dados em tempo real, ligada a um computador.

10 Em uma realização preferencial, o sistema de controle do atuador é composto de válvula de controle de pressão, medidores de pressão e transdutor de força.

Em uma realização preferencial, o sistema de controle da rotação é composto por inversor de frequência realimentado por encoder.

15 Em uma realização preferencial, o controle é programado para poder filtrar a variável temperatura das outras variáveis do sistema, proporcionando resultados mais precisos.

É um objeto adicional da presente invenção processo de produção de aparato tribômetro compreendendo as seguintes etapas:

- 20 a) aquisição dos componentes necessários;
 b) montagem e programação do aparato compreendendo:
- i) sistema de controle da temperatura.
 - ii) sistema atuador;
 - iii) sistema de rotação;
 - 25 iv) estrutura de sustentação;
 - v) sistema de aquisição e controle de dados;
 - vi) sistema de controle de atuador; e
 - vii) sistema de controle da rotação.

Estes e outros objetos da invenção serão imediatamente valorizados
 30 pelos versados na arte e pelas empresas com interesses no segmento, e serão descritos em detalhes suficientes para sua reprodução na descrição a seguir.

Breve Descrição das Figuras

A Figura 1 mostra um desenho da montagem do sistema de atuação, onde: (1) Fixação do cilindro; (2) Cilindro atuador; (3) Luva do transdutor de
 5 força; (4) Transdutor de força; (5) Luva atuação; (6) Base da mesa; (7) Anteparo
 guia; (8) Suporte do corpo de prova; (9) Plaqueta com corpo de prova; (10)
 Mola de retorno; (11) Arruela plana; (12) Porca hexagonal.

A Figura 2 mostra um desenho da montagem do sistema do eixo, onde:
 (1) Eixo; (2) Mancal; (3) Apoio para as escovas; (4) Escovas; (5) Torquímetro;
 10 (6) Motor; (7) Acoplamento lado A; (8) Acoplamento lado B; (9) Suporte do
 disco de freio; (10) Disco de freio; (11) Suporte dos amplificadores de sinal;
 (12) Flange para suporte de amplificadores de sinal; (13) Rotor do torquímetro;
 (14) Parafuso; (15) Espaçador;

A Figura 3 mostra um desenho da montagem da estrutura. A numeração
 15 corresponde com a numeração de cada peça nas Figura 4 e 5.

As Figuras 4 e 5 mostram as dimensões de cada peça contida na Figura
 3. Suas numerações correspondem com a mesma.

A Figura 6 mostra uma visão geral do equipamento.

A Figura 7 mostra esquema elétrico e pneumático do Tribômetro
 20 projetado, onde: (E) Entradas; (OUT) Saídas; (PC) Computador; (In) Inversor
 de frequência; (M) Motor; (Tp) Termopar; (Tq) Torquímetro; (D) Disco; (Pr)
 Pirômetro; (V) Válvula de controle de pressão; (CV) Controle de Velocidade; (K)
 Relé de estado sólido.

A Figura 8 mostra um gráfico das velocidades de escorregamento no
 25 raio médio das pastilhas dos sistemas.

A Figura 9 mostra um gráfico das pressões de contato teóricas nas
 pastilhas dos sistemas.

A Figura 10 mostra um gráfico com curvas de atrito e temperatura com e
 sem o uso do aquecedor, onde: (A) Atrito; (Aq-ON) Aquecedor ligado; (T)
 30 Temperatura.

A Figura 11 mostra um gráfico com curvas de atrito e temperatura com e sem o uso do soprador, onde: (A) Atrito; (S-ON) Soprador ligado; (T) Temperatura.

5 Descrição Detalhada da Invenção

Os exemplos aqui mostrados têm o intuito somente de exemplificar uma das inúmeras maneiras de se realizar a invenção, contudo sem limitar, o escopo da mesma.

Aparato tribômetro

10 O aparato tribômetro da presente invenção compreende:

- a) sistema de controle da temperatura;
- b) sistema atuador;
- c) sistema de rotação;
- d) estrutura de sustentação;
- 15 e) sistema de aquisição e controle de dados;
- f) sistema de controle de atuador; e
- g) sistema de controle da rotação.

Sistema de Controle da Temperatura

O sistema de controle da temperatura da presente invenção compreende
 20 meios para se adquirir e gerenciar dados a respeito da temperatura do disco em tempo real para se separar e/ou filtrar a variável temperatura, obtendo assim informações do material que independem da mesma. Em especial, o sistema de controle da temperatura da presente invenção compreende termopares, pirômetro ótico, resistência aquecedora, relé de estado sólido e
 25 válvula reguladora de fluxo de ar.

Em especial, a resistência aquecedora é de 220 V_{ac} e 350 W.

Em especial, o pirômetro é instalado a aproximadamente 100 mm de distância do disco, tendo um ponto focal de diâmetro 7,5 mm sobre a trilha de desgaste do disco.

Em especial, os termopares são do tipo K, em quantidade de 2, instalados dentro do disco (próximo a superfície), posicionados a 180° um do outro num raio de 40 mm.

Em especial, o aquecimento a resistência aquecedora é instalada ao
5 lado do cilindro a 1 mm de distância de uma das faces do disco do tribômetro.

Em especial, o resfriamento é feito pelo ar que é soprado sobre o disco durante os ensaios. O fluxo de ar pode ser regulado (via interface computacional) por uma válvula reguladora de fluxo desde 0 até 7000 l/min.

Em especial, o sistema é em malha fechada, realimentado pelo sinal dos
10 termopares do disco ou pelo pirômetro ótico (pode-se escolher), controlado via sistema PID.

Sistema Atuador

O sistema atuador da presente invenção compreende um módulo responsável por exercer a força normal de atuação do corpo de prova sobre o
15 disco. Em especial, para o sistema atuador da presente invenção é utilizado: cilindro atuador; transdutor de força; retorno por mola. Em especial, o sistema atuador da presente invenção é montado sobre a base de sustentação em forma de mesa.

Sistema de Rotação

O sistema de rotação da presente invenção compreende quaisquer
20 meios capazes de conferir rotação ao disco que irá atritar com o corpo de prova. Em especial, o sistema de rotação da presente invenção compreende eixo, mancais, servomotor 15cv. Em especial, os mancais suportam esforços axiais de 1200 N cada um e rotações de até 4500 Rpm. Em especial, o
25 acoplamento é de lâminas e suporta torques maiores que 30,5 Nm e uma rotação de até 4500 Rpm. Em especial, foi deixado um espaço vazio e colocado espaçadores entre o disco e o seu suporte para se reduzir a propagação de calor entre os componentes da máquina.

Estrutura de Sustentação

A estrutura de sustentação da presente invenção compreende quaisquer
30 meios para conferir uma base sobre a qual outros elementos da presente

invenção são instalados, garantindo sustentação e estabilidade à mesma. Em especial, a estrutura de sustentação de presente invenção compreende chapas e barras metálicas de secção quadrada cortadas e montadas em forma de mesa, conforme figuras 3, 4 e 5.

5 Sistema de Aquisição e Controle de Dados

O sistema de aquisição e controle de dados da presente invenção compreende qualquer meio para se gerenciar e processar dados de entrada e saída em tempo real. Em especial, O sistema de aquisição e controle de dados da presente invenção compreende placa de aquisição fabricada pela DSpace, que gerencia todo o processo da máquina. Esse equipamento é acoplado a um
10 computador. Em especial, o sistema é compatível com o programa MatLab Simulink, possui 8 entradas + 8 saídas analógicas $\pm 10\text{Vdc}$ e 20 entradas ou saídas digitais (configuráveis) de sinal TTL. Em especial, lógica de controle ou programação da máquina foi desenvolvida em Simulink, especificamente para
15 esse equipamento dentro do software Control Desktop da DSpace. Em especial, a lógica de programação permite a entrada dos parâmetros de operação (Pressão, Velocidade e Temperatura) do ensaio, além da visualização de gráficos do processo e monitoração de variáveis.

Sistema de Controle de Atuador

20 O sistema de controle de atuador da presente invenção compreende meios para controlar a força normal exercida pelo corpo de prova ao disco. Em especial, o sistema de controle do atuador da presente invenção compreende válvula proporcional de pressão, medidor de pressão e transdutor de força. Em especial, a válvula proporcional de pressão é ligada ao cilindro, modulando a
25 pressão na faixa de 0 a 6 bar. Em especial, o medidor digital de pressão realimenta o sinal de controle de pressão à placa de aquisição de dados em tempo real. Em especial, o transdutor de força é instalado entre o cilindro e o corpo de prova para se medir a carga, e é ligado com um condicionador de sinais específico para o instrumento.

30 Sistema de Controle da Rotação

O sistema de controle da rotação da presente invenção compreende meios para se adquirir e gerenciar dados a respeito da rotação do sistema em tempo real. Em especial, o sistema de controle da rotação da presente invenção compreende inversor de frequência realimentado por encoder de 1024 pulsos/rotação que acompanha o servomotor. Em especial, o torque aplicado no eixo durante as frenagens é medido através de transdutor de torque sem contato montado diretamente sobre o eixo (de acordo com Figura 2). Em especial, o equipamento tem um torque nominal de até 200N.m e desvio da medição de $\pm 0,1\%$ desse valor. Em especial, é utilizado um conversor de sinal de entrada (frequência 10Khz e ± 5 Khz) para o padrão da placa de aquisição (tensão ± 10 Vdc).

Processo de Produção de Aparato Tribômetro

O processo de produção de aparato tribômetro compreende as seguintes etapas:

- a) aquisição dos componentes necessários; e
- b) montagem e programação do aparato compreendendo:
 - i) sistema de controle da temperatura.
 - ii) sistema atuador;
 - iii) sistema de rotação;
 - iv) estrutura de sustentação;
 - v) sistema de aquisição e controle de dados;
 - vi) sistema de controle de atuador; e
 - vii) sistema de controle da rotação.

Exemplo 1. Realização Preferencial

A presente invenção trata-se de uma máquina realiza ensaios com materiais de fricção utilizados em freios veiculares. Essa máquina foi projetada a partir do conhecimento das pressões de contato e velocidades de

escorregamento de 16 sistemas de freios comerciais a fim de garantir faixas de operação similares as que ocorrem nos veículos durante frenagens.

A invenção é basicamente constituída de um rotor (disco) girante vertical sobre o qual um corpo de prova (atritante) é pressionado. Para um melhor entendimento, dividiu-se o projeto do equipamento em projeto mecânico e projeto de automação.

O Projeto Mecânico

Mecanicamente, a máquina é composta por três partes principais:

10 1) Sistema atuador: composto de pistão pneumático, suporte do corpo de prova e acessórios de fixação. Esse módulo é responsável pela força normal de atuação do corpo de prova sobre o disco. Foi deixado um espaço vazio entre a plaqueta e o suporte do corpo de prova visando diminuir a propagação do calor entre os componentes da máquina. O desenho de montagem (Figura 1) mostra o transdutor de força, equipamento que será descrito na parte de automação.

2) Sistema de rotação: composto pelos elementos girantes (mancais, eixo, motor, acoplamento e disco). Os mancais suportam esforços axiais de 1200 N cada um e rotações de até 4500 Rpm. O acoplamento é de lâminas e deve suportar torques maiores que 30,5 Nm a uma rotação de até 4500 Rpm. Foi deixado um espaço vazio e colocado espaçadores entre o disco e o seu suporte visando diminuir a propagação do calor entre os componentes da máquina. O desenho de montagem do sistema, representado na Figura 2, mostra também a instrumentação – transdutor de torque e sistema de escovas - que será tratada na parte de automação.

3) Estrutura de sustentação: composto pela base ou estrutura sobre a qual os sistemas do eixo e do atuador são montados. É responsável por conferir sustentação aos equipamentos e sistemas. O desenho da estrutura de sustentação está representado na Figura 3.

30 As características gerais de desempenho da invenção aqui descrita estão apresentadas na tabela 1. O equipamento necessita de alimentação

trifásica (220Vac) da rede bem como de ar pneumático com pressão de 6 Bar. A Figura 4 mostra uma vista 3D de todo o equipamento.

Tabela 1 – Características gerais do Tribômetro projetado.

Característica técnicas	
Carga	0 à 1800 N
Potência do motor principal	15 Cv
Regulagem do Raio de deslizamento	*De 27 à 54 mm
Rotação do disco	0 à 4500 Rpm
Diâmetro do disco	159 mm
Dimensões (sem motor) CxLxH	784mm x 350mm x 865mm

* Considerando corpo de prova cilíndrico, com diâmetro de 18mm.

5

O Projeto de Automação e controle

Aqui serão descritos os diversos sistemas e tecnologias empregadas para o controle e automação da invenção, os quais foram divididos nas seguintes partes:

10 1) Sistema de aquisição e controle de dados:

Um sistema de aquisição, fabricado pela DSpace, gerencia todo o processo da máquina. Esse equipamento é uma placa, que deve ser acoplada no computador (slot PCI), sendo capaz de ler e escrever dados em tempo real. É compatível com o programa MatLab Simulink. Possui 8 entradas + 8 saídas
 15 analógicas $\pm 10\text{Vdc}$ e 20 entradas ou saídas digitais (configuráveis) de sinal TTL. Essa placa é capaz de rodar independentemente do microcomputador, uma vez que possui Hardware próprio de processamento. Acompanham a placa da Dspace o software Control Desktop - utilizado para fazer interfaces entre o operador e a máquina (IHMs) e uma biblioteca de programação para
 20 Simulink com módulos em tempo real, blocos PWM, etc. O Control Desktop permite a exportação dos dados trocados pelo Hardware de controle para bancos de dados do MatLab ou planilhas do Excel.

A lógica de controle ou programação da máquina foi desenvolvida em Simulink. A IHM, desenvolvida especificamente para esse equipamento dentro

do software Control Desktop da DSpace, permite a entrada dos parâmetros de operação (Pressão, Velocidade e Temperatura) do ensaio, além da visualização de gráficos do processo, monitoração de variáveis, etc.

2) Sistema de controle do atuador:

5 O pistão pneumático é controlado por uma válvula proporcional de pressão, que modula a pressão na faixa de 0 à 6 Bar. Um medidor digital de pressão é instalado na entrada do pistão. Sua função é medir e realimentar o sinal de controle de pressão. Esse sistema garante a pressão constante no cilindro atuador. A carga é medida através de um transdutor de força instalado
10 entre o cilindro e o corpo de prova (Figura 1), com capacidade de carga nominal de 5 KN e resolução máxima de 1,8 N para a instalação feita no tribômetro. Esse transdutor está ligado com um condicionador de sinais específico para o instrumento.

3) Sistema de controle da rotação:

15 O eixo rotativo da máquina está conectado a um servo motor, o qual possui um controle de rotação preciso, feito por um inversor de frequência realimentado por um encoder de 1024 pulsos/rotação que acompanha o servo motor.

O servo motor possui 15 Cv, com um torque nominal de 30,5 N.m, podendo atingir até 4500 Rpm. O torque aplicado no eixo durante as frenagens é medido através de um transdutor de torque sem contato, o qual está montado diretamente sobre o eixo (pode ser visto na Figura 2). Esse equipamento tem um torque nominal de até 200N.m e desvio da medição de $\pm 0,1\%$ desse valor. É preciso ligá-lo a um condicionador específico, uma vez que o seu sinal de
20 saída é em frequência (10Khz e ± 5 Khz) e precisa ser transformado em sinal de tensão (± 10 Vdc) para que a placa de aquisição possa ler.

4) Sistema de controle da temperatura:

O sistema para controle de temperatura do disco é composto por termopares, pirômetro ótico, resistência aquecedora (220 Vac e 350 W), relé de
30 estado sólido e válvula reguladora do fluxo de ar. O sistema é em malha

fechada, realimentado pelo sinal dos termopares do disco ou pelo pirômetro ótico (pode-se escolher). O controle é feito via sistema PID.

O pirômetro está instalado a aproximadamente 100 mm de distância do disco, tendo um ponto focal de diâmetro 7,5 mm sobre a trilha de desgaste do disco. Já os termopares são do tipo K, em quantidade de 2, estando instalados dentro do disco (próximo a superfície), posicionados a 180° um do outro num raio de 40mm.

O aquecimento do disco é feito pela resistência aquecedora, a qual está montada ao lado do cilindro, estando instalada a 1 mm de distância de uma das faces do disco do tribômetro (pode ser vista na Figura 4).

O resfriamento é feito pelo ar que é soprado sobre o disco durante os ensaios. O fluxo de ar pode ser regulado (via interface computacional) por uma válvula reguladora de fluxo desde 0 até 7000 l/min.

Por último, a Figura 7 mostra o esquema elétrico e pneumático de controle do tribômetro projetado.

A fim de conhecer as faixas de operação dos diversos sistemas de freios, foi tomado por base o levantamento das velocidades de escorregamento e das pressões de contato realizado por Infantini, 2008. O autor deste estudo baseou-se na norma alemã para ensaios de frenagens (AK-Master), cujo procedimento de testes simula as mais diversas condições de frenagens em veículos.

Assim, os limites inferior e superior de velocidades do veículo, respectivamente de 5 e 180 Km/h, foram utilizados para o levantamento. Os resultados do autor deste estudo estão divididos em três classes de veículos – leves, veículos utilitários esportivos e pneumáticos – e são apresentados nas Figuras 8 e 9. Para o projeto do Tribômetro, foram desconsiderados os resultados da linha pneumática devido às maiores pressões envolvidas. Assim, foram consideradas as velocidades e pressões para 16 sistemas de freios comerciais.

Foi verificada a variação da temperatura para uma pressão e velocidade fixas em função do aquecedor e do soprador. Para esse ensaio, foi imposta

uma velocidade constante em 500 Rpm no tribômetro, enquanto que a pressão foi fixada em 2,5 Bar. Os resultados para o aquecedor e para o soprador estão representados, respectivamente, nas figuras 10 e 11. Através destes resultados verificou-se que, para uma mesma pressão e velocidade aplicadas ($P = 2,5$ Bar e $V = 500$ Rpm), conseguiu-se variar a temperatura, após atingido o regime permanente de transferência de calor, em cerca em 160°C . Isso provou que o equipamento é relativamente capaz de “desacoplar” a variável temperatura das demais variáveis envolvidas no processo.

Os versados na arte valorizarão os conhecimentos aqui apresentados e poderão reproduzir a invenção nas modalidades apresentadas e em outros variantes, abrangidos no escopo das reivindicações anexas.

Reivindicações**EQUIPAMENTO TRIBÔMETRO COM CONTROLE DE TEMPERATURA E
PROCESSO DE PRODUÇÃO**

- 5 1. Aparato tribômetro caracterizado por compreender:
- a) sistema de controle da temperatura;
 - b) sistema atuador;
 - c) sistema de rotação;
 - d) estrutura de sustentação;
 - 10 e) sistema de aquisição e controle de dados;
 - f) sistema de controle de atuador; e
 - g) sistema de controle da rotação.
2. Aparato tribômetro, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por possuir sistema de controle da temperatura composto por termopares e/ou
- 15 pirômetro ótico.
3. Aparato tribômetro, de acordo com as reivindicações 1-2, caracterizado por possuir controle de aquecimento do disco através de resistência aquecedora.
4. Aparato tribômetro, de acordo com as reivindicações 1-3,
- 20 caracterizado por possuir controle de resfriamento do disco através de válvula reguladora do fluxo do ar.
5. Aparato tribômetro, de acordo com as reivindicações 1-4, caracterizado por possuir sistema atuador composto por pistão pneumático e/ou suportes para fixação do corpo de prova.
- 25 6. Aparato tribômetro, de acordo com as reivindicações 1-5, caracterizado por possuir sistema de rotação composto por eixo, motor e disco.
7. Aparato tribômetro, de acordo com as reivindicações 1-6, caracterizado por possuir estrutura de sustentação em forma de mesa.
8. Aparato tribômetro, de acordo com as reivindicações 1-7,
- 30 caracterizado por possuir sistema de aquisição e controle de dados composto de placa de leitura de dados ligada a um computador.

9. Aparato tribômetro, de acordo com as reivindicações 1-8, caracterizado por possuir sistema de controle do atuador composto por válvula de controle de pressão, medidores de pressão e/ou transdutor de força.

5 10. Aparato tribômetro, de acordo com as reivindicações 1-9, caracterizado por possuir sistema de controle da rotação composto por inversor de frequência realimentado por encoder.

11. Aparato tribômetro, de acordo com as reivindicações 1-10, caracterizado por possuir sistema de cálculos capaz de filtrar a variável temperatura das demais variáveis envolvidas.

10 12. Processo de produção de aparato tribômetro caracterizado por compreender as etapas de:

a) aquisição dos componentes necessários;

b) montagem e programação do aparato compreendendo:

i) sistema de controle da temperatura.

15 ii) sistema atuador;

iii) sistema de rotação;

iv) estrutura de sustentação;

v) sistema de aquisição e controle de dados;

vi) sistema de controle de atuador; e

20 vii) sistema de controle da rotação.

FIGURAS

Figura 1

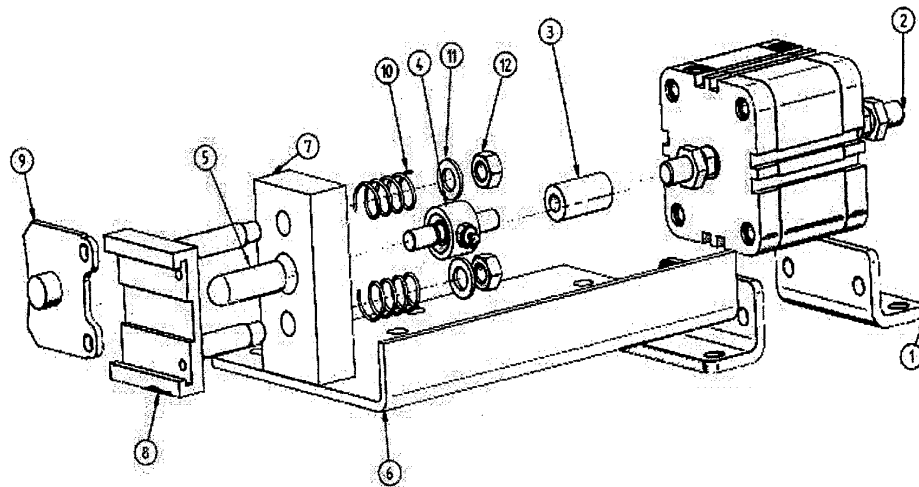


Figura 2

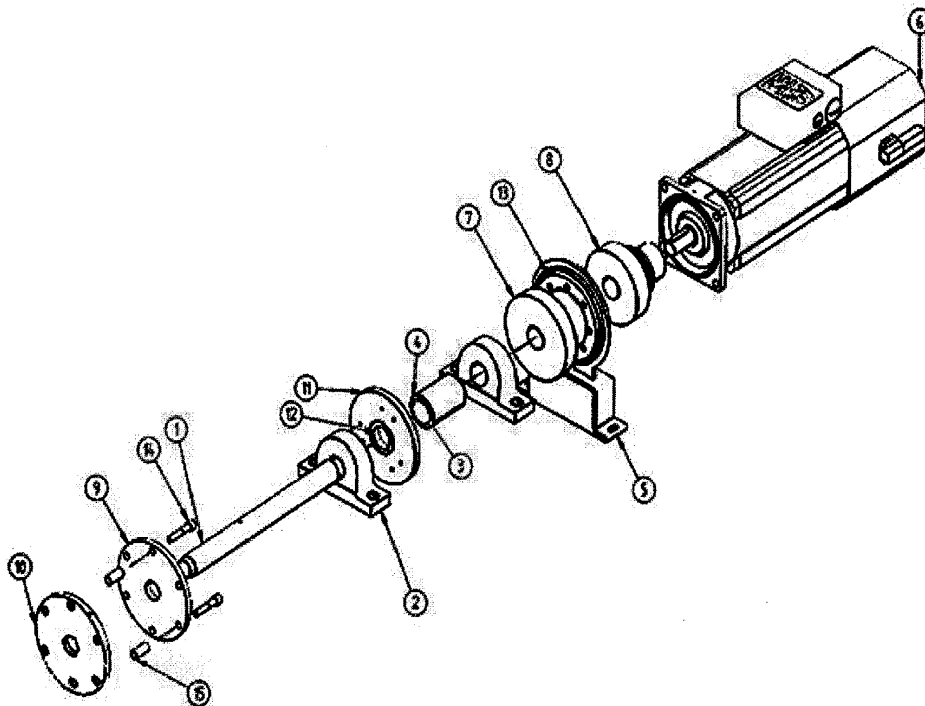


Figura 3

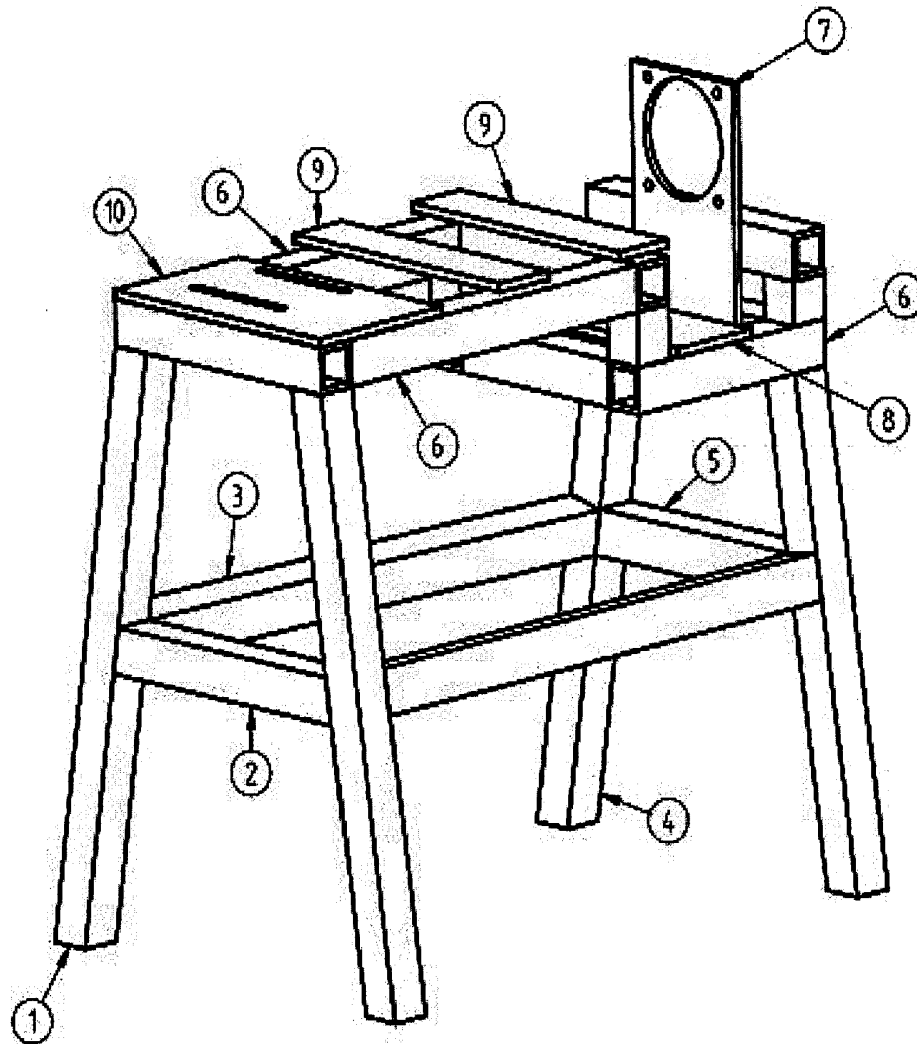


Figura 4

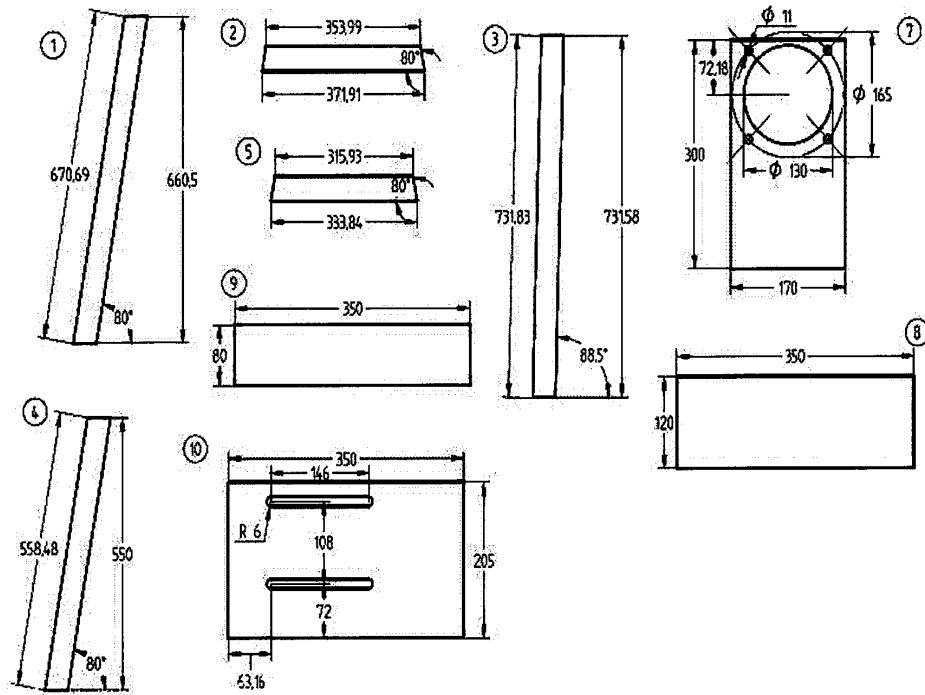


Figura 5

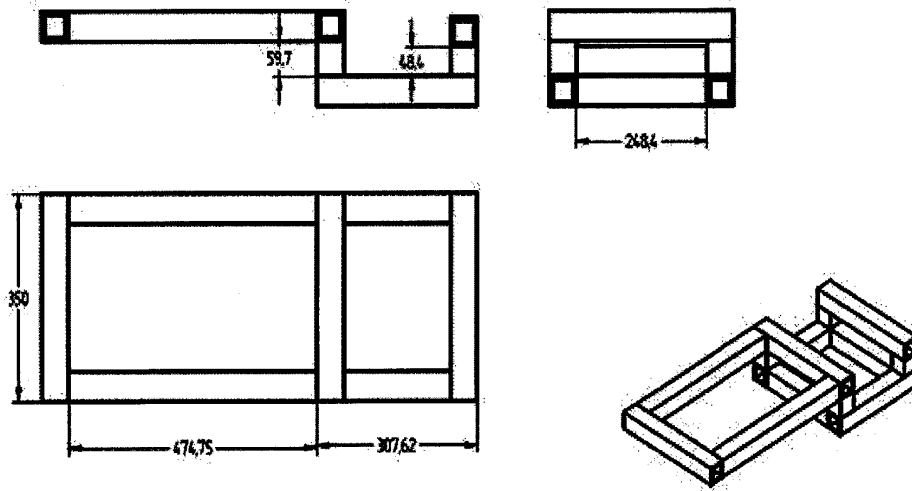


Figura 6

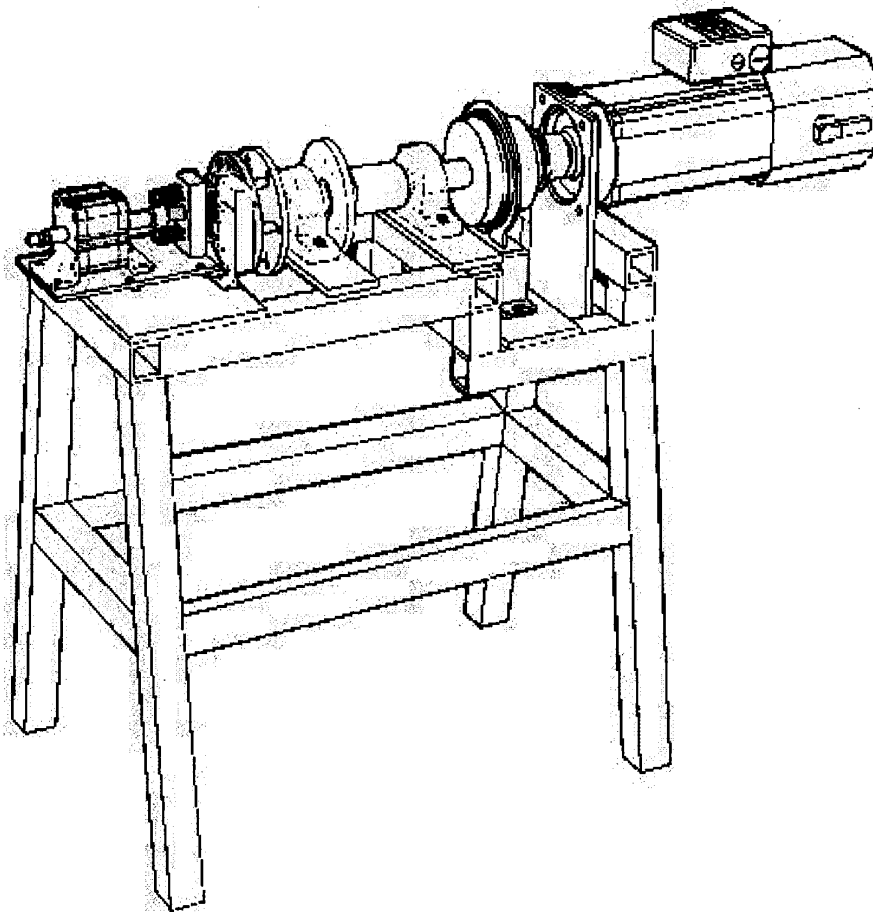


Figura 7

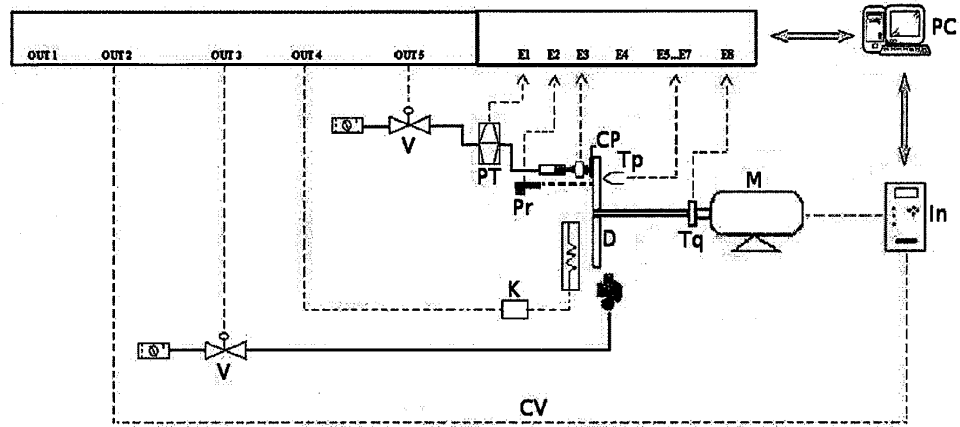


Figura 8

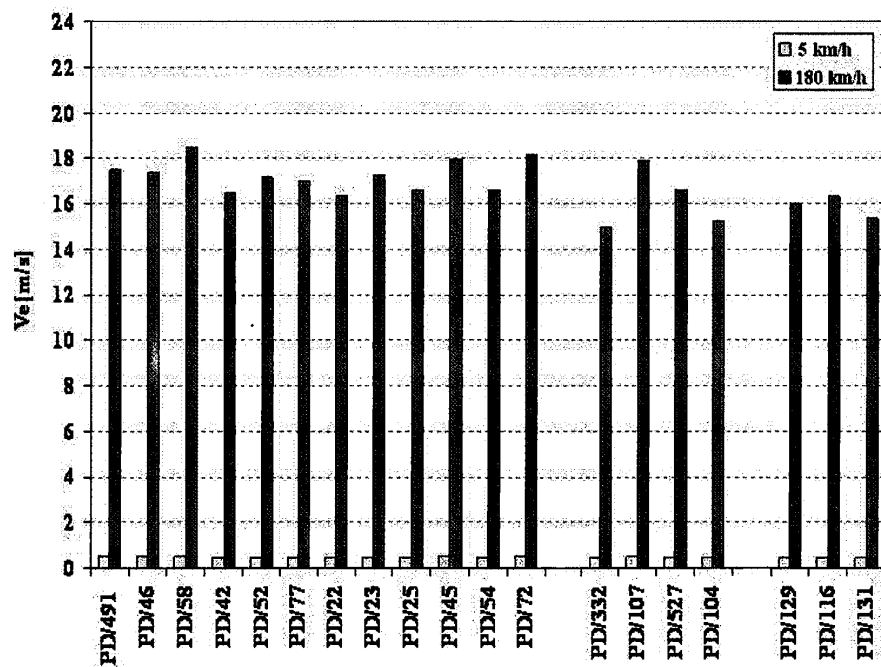


Figura 9

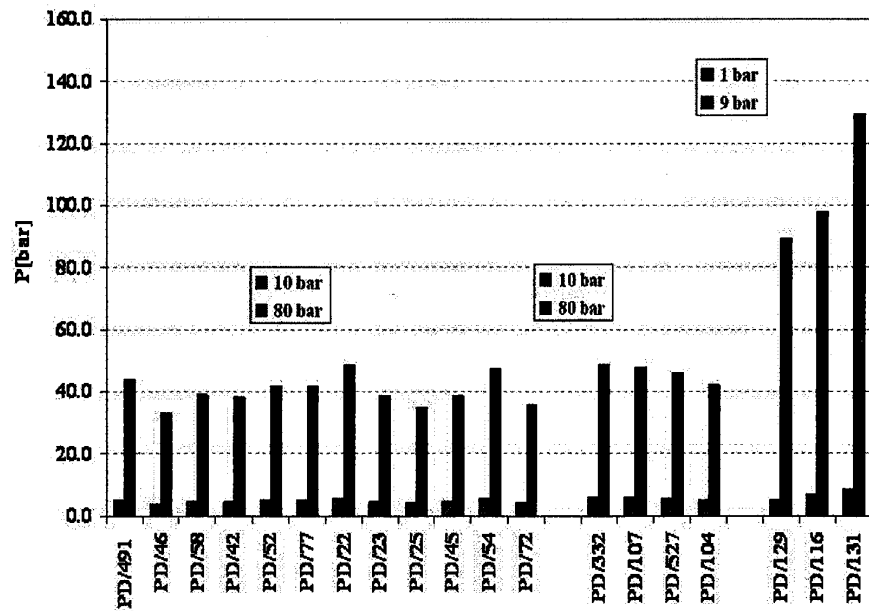


Figura 10

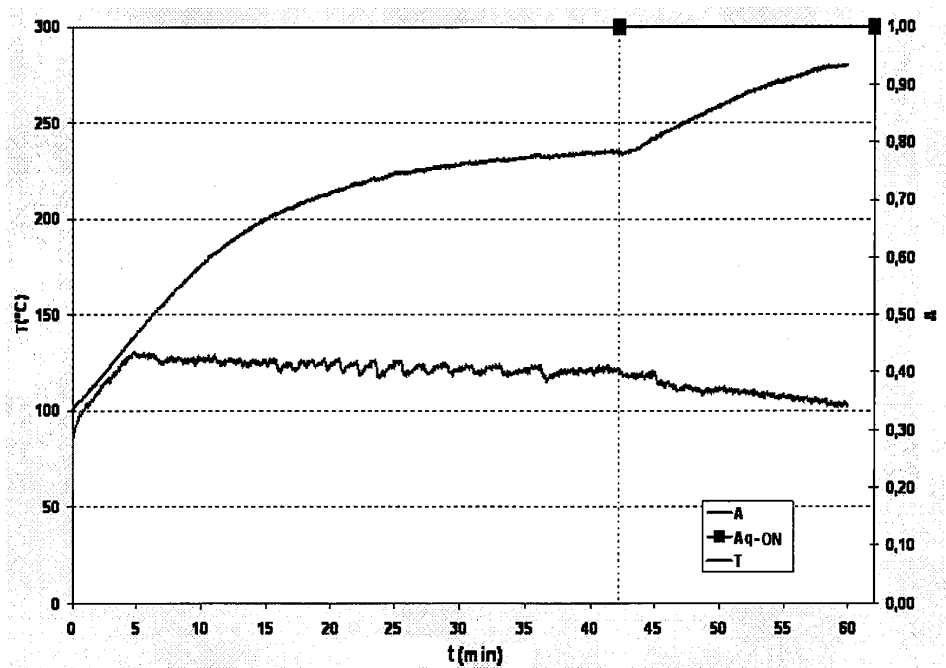
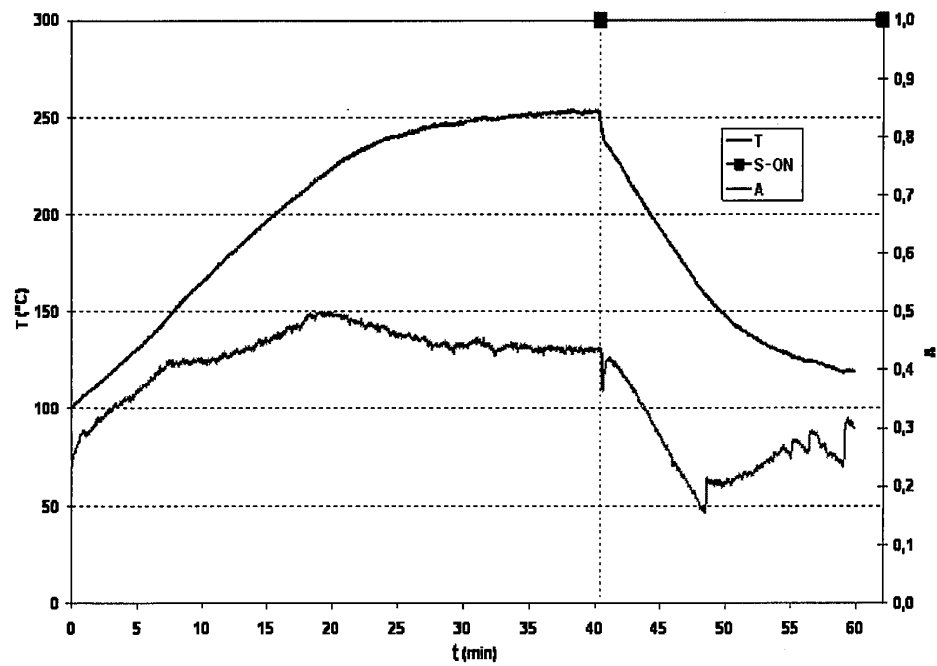


Figura 11



Resumo

**EQUIPAMENTO TRIBÔMETRO COM CONTROLE DE TEMPERATURA E
PROCESSO DE PRODUÇÃO**

- 5 A presente invenção descreve tribômetro (equipamento para medir atrito e desgaste entre duas superfícies) específico para o teste com materiais de fricção (pastilha e disco) utilizados em freios veiculares, que possui controle e medição de temperatura para se obter dados que independem deste fator e que são, portanto, mais detalhados.