

PROJETO E CONSTRUÇÃO DE EQUIPAMENTO TIPO PINO DISCO CONFORME NORMA ASTM G99

Gabriel Henrique Slomski Vacarin, Gabriel Rosset da Costa, Lucas Luan Reichert, Fernando Michelin Marques¹, Renato Luis Bergamo, Saimon Vendrame

¹Instituto Federal de Santa Catarina/Departamento de Fabricação Mecânica/Campus Chapecó/fernando.marques@ifsc.edu.br

Resumo: O tribômetro tipo pino disco tem como principal funcionalidade a medição da força de atrito existente pelo contato entre duas superfícies. A máquina é destinada para a análise dos desgastes causados a partir da fricção da pastilha (pino) e do disco, trazendo informações como taxa de desgaste, nível de rugosidade, diferença da superfície, bem como sua estrutura. Sua aplicação/funcionalidade está voltada a máquinas do setor alimentício que são encontradas na região, como o corte da carne de frango e suínos. A máquina foi fabricada com o propósito de realizar testes validativos do equipamento, detalhando e examinando os problemas que podem surgir nessa área, como a contaminação por resíduos metálicos, que são advindos de equipamentos desgastados pelo contato de duas superfícies ou por paradas bruscas para a manutenção e substituição de peças danificadas, criando assim inconformidades que serão notadas no produto final a ser comercializado. Diante disso, é proposto a elaboração do tribômetro a fim de buscar materiais apropriados para tal finalidade, diagnosticando falhas e reduzindo complicações durante o processo. O resultado aponta a construção do equipamento, onde atendeu a norma de funcionalidade, permitindo que testes sejam realizados na máquina.

Palavras-Chave: Tribômetro tipo pino disco; desgaste por fricção; equipamento.

1 INTRODUÇÃO

O contato entre duas superfícies por meio de adesão exige o estudo detalhado de diferentes parâmetros, para que os resultados sejam satisfatórios. O desgaste a partir do atrito (fricção) de materiais pode ser analisado com equipamentos de laboratório, como tribômetros, aparelhos estes, utilizados para medir a quantidade de desgaste de materiais como aços inoxidáveis, cerâmicos e polímeros. Caso o desgaste seja acentuado em equipamentos produzidos com aço inoxidável pode ocorrer a liberação de cromo hexavalente nos alimentos, em específico carnes, que entram em contato com os equipamentos industriais que são responsáveis pelo corte e industrialização do alimento.

O ensaio pino sobre disco, realizado por um tribômetro, segue as especificações da norma ASTM G99 (2000). O aparelho consiste no posicionamento de um pino montado perpendicularmente a um disco circular plano que se move circularmente com velocidade periférica constante do disco, bem como carga constante do pino.

O detalhamento e dimensionamento do motor e seus componentes de transmissão como polias, correias, rolamentos e retentores é de extrema importância para que o tribômetro funcione de maneira adequada, buscando alcançar o objetivo de

construir o equipamento para testes de laboratório, de modo que os ensaios a serem realizados tenham resultados claros e precisos e sobretudo confiáveis, seguindo os padrões e especificações da norma vigente.

2 METODOLOGIA

Para a realização do presente trabalho foi utilizado como objeto de pesquisa a revisão bibliográfica, buscando bases de desenvolvimento teórico e prático de (IGLESIAS, 2014) e (MARTIN, 2017), e também da norma ASTM G99, fornecendo dados o equacionamento dos parâmetros a serem seguidos.

O dimensionamento dos componentes presentes na elaboração do projeto estão de acordo com as normas estabelecidas, com propósito de obter um aprofundamento teórico necessário, para assim confeccionar e projetar a máquina deixando-a em pleno funcionamento, minimizando as falhas, e trazendo um ensaio mais preciso e confiável, aplicado diretamente na área da mecânica e materiais.

A norma ASTM International (*American Society for Testing and Materials*), utilizada como base de referência, parte de um método padronizado para o teste de desgaste com um aparelho (tribômetro) tipo pino disco, a mesma sendo publicada em 10 de novembro de 1995 e atualizada em maio de 2000, nos Estados Unidos. O método de ensaio descreve um procedimento laboratorial para determinar o desgaste adesivo e abrasivo de diferentes tipos de materiais expostos à fricção do pino sobre o disco, analisando a partir deste a quantidade de desgaste e o coeficiente de atrito gerado.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

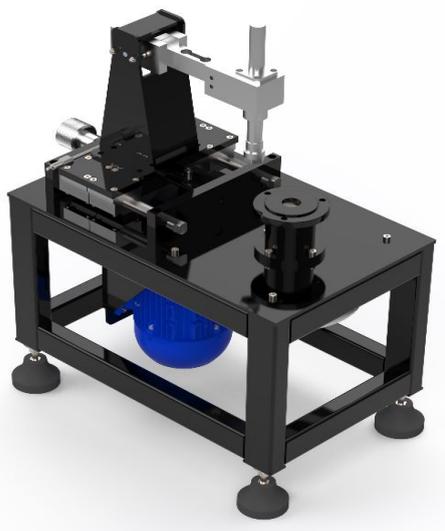
3.1 Perfil da máquina

O tribômetro tipo pino disco foi projetado a partir de uma série de análises feitas, seguindo as normas, como a ASTM G99 e G133, e também a norma DIN 50324. As peças do equipamento, ou foram produzidas ou adquiridas de terceiros, ditas doravante como “comerciais”.

A máquina foi pensada e dimensionada para que seja de fácil utilização e manuseio dos discentes ou interessados no equipamento, a fim de realizarem os ensaios de atrito sem muitas dificuldades, sendo definida como uma máquina de bancada acessível àqueles que necessitam usar a mesma.

A Figura 1 a seguir mostra o protótipo da máquina desenhado em *software* modelo CAD (*Solidworks*®).

Figura 1 – Tribômetro tipo pino disco



Fonte: Autoria Própria.

A máquina está em pleno funcionamento e operação, possuindo o conjunto de painel elétrico e estrutura mecânica finalizados, a fim da mesma ser utilizada no campus para fins didáticos e de aprendizagem.

3.2 Dimensionamento do motor

No dimensionamento do motor foi usado a relação de rotação/torque necessário para a realização dos ensaios do pino sobre o disco. O motor utilizado no projeto foi da marca WEG W22, 1680 rpm, 0,37 kW (0,5 cv). Na elaboração do projeto foi constatado que a relação de transmissão entre motor e o suporte do disco (placa de 3 castanhas auto centrante) seria de 1:4 , com isso a rotação do disco seria de 420 rpm. A rotação da saída da placa será ajustada a partir de um inversor de frequência, que será descrito no decorrer do artigo. A Figura 2 representa o motor em modelo Solidworks®.

Figura 2 – Motor elétrico



Fonte: Autoria própria

3.3 Dimensionamento da correia e polias

A partir de informações coletadas de MARQUES (2023), foi obtido a metodologia de dimensionamento das correias aplicadas no projeto, sendo que foi utilizado uma polia de diâmetro primitivo de 50 mm, outra de 200 mm para uma correia perfil A - 32, permitindo mensurar a distância de centros, Equação (1) obtendo o resultado próximo a 175 mm, visto que a potência projetada foi de 0,6 cv (0,44 kW) para um fator de serviço de 1,2.

$$l = 2C + 1,57(D + d) + \frac{(D-d)^2}{4C} \quad (1)$$

- l: comprimento da correia (mm);
- C: distância entre centros (mm);
- D: diâmetro da polia maior (mm);
- d: diâmetro da polia menor (mm);

3.4 Inversor de frequência

Para o acionamento do motor foi utilizado o inversor de frequência WEG CFW100, sendo este responsável pelo ajuste de rotação do equipamento. Tendo em vista o motor dimensionado e a rotação alvo que o equipamento deve operar, foi possível dimensionar a sua relação de redução por correia e polias, sendo posteriormente realizado ajustes de rotação por intermédio do inversor de frequência, alterando seus parâmetros de configuração.

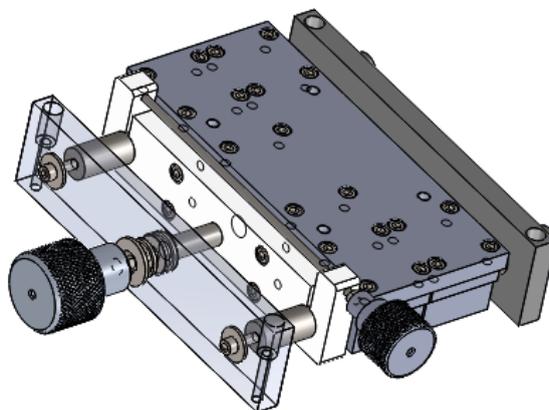
Considerando a rotação nominal do motor quando alimentado com frequência de 60 Hz (1680 rpm) e a redução na transmissão de 1:4, a rotação do motor será de 420 rpm. Entretanto a rotação de trabalho deve estar compreendida de 60 a 600 rpm para atingir os requisitos de funcionamento do equipamento ditados pela norma ASTM G99, foram feitas as definições do inversor, limitando o mesmo de acordo com as especificações do projeto.

3.5 Movimentação do braço: princípio rosca sem fim

A Figura 3 representa o carro responsável pela movimentação do pino que realizará o teste de desgaste sobre o disco.

O fuso responsável pelo deslocamento do carro tem rosca M14 e passo 2 mm. o princípio de deslizamento é por meio de guia cilíndrica (20 mm) e rolamentos lineares, apoiados em mancais de suporte destes elementos. as informações de carga das guias e rolamentos lineares, foram obtidas a partir de informações do próprio fabricante dos componentes, considerando a carga estática de 800 N, visto que será aplicado a carga no momento em que o carro estiver inerte, em momento de realização de giro do disco em relação ao pino. Como princípio de frenagem foi projetado e fabricado um freio de poliacetal, material este, com baixo coeficiente de atrito e possuindo características específicas, capazes de extinguir o desgaste do material em contato, no caso da máquina, o eixo de movimentação.

Figura 3 – Carro de movimentação



Fonte: Autoria própria.

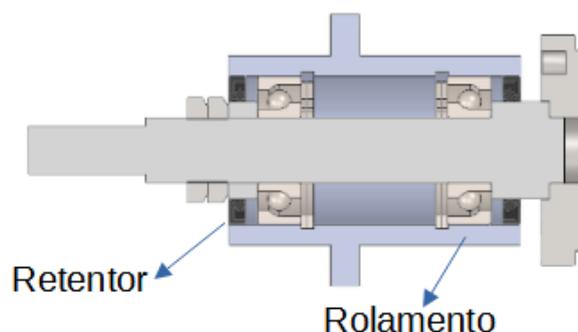
3.6 Princípio de funcionamento do eixo: rolamentos e retentores

A Figura 4, mostra o detalhamento do sistema de movimentação do disco, bem como os rolamentos e retentores utilizados.

O eixo foi projetado visando minimizar vibrações e perda de rendimento, desta maneira não interferindo nos resultados dos testes a serem realizados, seguindo a base de desenvolvimento descrita por ANTON Paar. Os rolamentos presentes no eixo são tecnicamente conhecidos como rolamento de esfera de contato angular 7205 BE, fabricante SKF, largura de 15 mm, diâmetro interno de 25 mm e externo 52 mm. O retentor selecionado possui dimensões de 35 mm de diâmetro de eixo, 52 mm de diâmetro externo e 6 mm de espessura, no modelo BRG, do fabricante Vedabrás.

Para garantir o distanciamento dos rolamentos, foi confeccionado rasgos de anéis elásticos internos no mancal de apoio do corpo, desta maneira os rolamentos ficam paralelos e no momento do ajuste de carga e folga do rolamento, garantem rigidez do conjunto.

Figura 4 – Sistema de movimentação do disco



Fonte: Autoria própria.

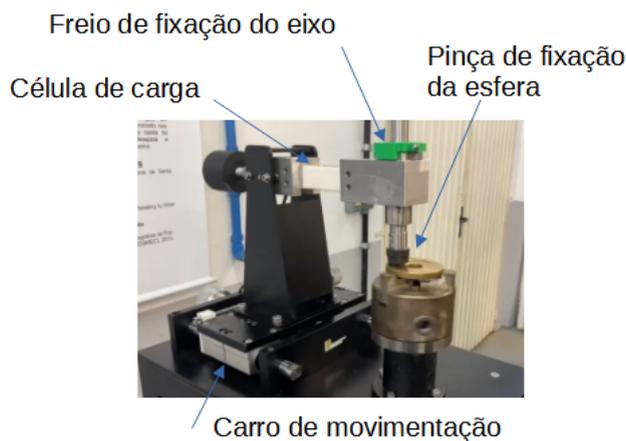
3.7 Braço de fixação do pino (esfera)

O braço de fixação do tribômetro foi projetado para sustentar o contracorpo (esfera), também sendo responsável pela análise e determinação do coeficiente de atrito existente entre a esfera e o disco rotativo realizado através de uma célula de carga acoplada no mesmo.

Foi elaborado um suporte de fixação usado como “freio” para que a pinça não gire ou acabe se deslocando, garantindo a partir da mesma uma precisão maior durante os testes.

Além disso são realizadas aferições de temperatura e rotação do disco seguindo os parâmetros especificados na norma ASTM G99, referindo-se a distância percorrida em metros e a velocidade periférica padronizada na norma. Na Figura 5 abaixo pode-se observar os detalhes do braço de fixação.

Figura 5 – Braço de fixação



Fonte: Autoria própria.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A realização deste artigo trouxe aos discentes o conhecimento do funcionamento da Máquina (Tribômetro tipo pino sobre disco), bem como as especificações dispostas na norma, que foram seguidas na realização e elaboração do projeto.

Após o desenvolvimento e construção do equipamento foi verificado que o mesmo atendeu os padrões de rotação, carga e eficiência de funcionamento da norma ASTM G99. A máquina poderá ser utilizada no campus para realização de aulas de tribologia, referenciado por (SANTOS, 2020), dado que o campus não dispunha deste método de teste de materiais, inserindo uma forma de didática, também, na representação de testes em peças do setor alimentício da região oeste de Santa Catarina, na qual o campus está inserido.

O trabalho também trouxe a visão de dimensionamento da máquina e seus componentes, bem como as melhores escolhas de peças e materiais para a elaboração dos componentes estruturais da máquina. Dessa forma, apesar de em muitas ocasiões as máquinas do setor alimentício não passarem por análises tão criteriosas em relação ao desgaste das peças, vê-se a importância desta análise para que os alimentos que serão consumidos estejam dentro dos padrões de fiscalização. Para tanto é necessário que sejam feitas vistorias nas máquinas a fim de sanar falhas e conferir a taxa de desgaste correlacionando o coeficiente de atrito existente entre as peças.

O projeto de pesquisa trouxe para a Instituição IFSC Câmpus Chapecó - SC uma nova máquina capaz de realizar testes e ensaios, proporcionando a interação entre

discentes e o equipamento, trazendo uma experiência prática do que é ministrado em aula.

AGRADECIMENTOS

O agradecimento em especial vai para a Instituição IFSC Câmpus Chapecó, instituição que por meio do Edital 03/2023 PROPPI/DAE com recursos para a realização e elaboração do projeto. Também agradecemos a todos os docentes e discentes que se empenharam e contribuíram para o desenvolvimento da máquina.

REFERÊNCIAS

ASTM International. **Standard Test Method for Wear Testing with Pin-on-Disk Apparatus.** Estados Unidos, 2000. Disponível em: <<https://drive.google.com/drive/u/1/folders/1ZIFDI6YOANbkC6nW9BXkHesAOJTBQKUH>>. Acesso em 16 de agosto de 2023.

ANTON Paar. **Tribômetro de Pino sobre Disco: TRB³.** Disponível em <<https://www.anton-paar.com/br-pt/produtos/detalhes/trb3-tribometro-de-pino-sobre-disco/>>.

IGLESIAS, Maurício Herranz de Araujo. Rio de Janeiro, 2014. **Projeto mecânico de uma máquina pino-disco para obtenção de atrito entre diferentes materiais.** Rio de Janeiro - RJ, 2014. Disponível em <<https://drive.google.com/drive/u/1/folders/1lbZjJZtPGnRkOp1BCxK30LxKVe6Y8zw0>>.

MARQUES, Fernando Michelin. **Projeto de sistemas mecânicos.** Chapecó - Brasil, 2018. Disponível em <<https://drive.google.com/drive/u/1/folders/1opUcmD2bdN8Hj3ZXzUkfyee0BGjvQxE3>>.

MARTIN, João Paulo Paiva. **Projeto de um tribômetro do tipo pino-disco.** Porto - Portugal, 2017. Disponível em <<https://drive.google.com/drive/u/1/folders/1lbZjJZtPGnRkOp1BCxK30LxKVe6Y8zw0>>.

SANTOS, Yale H. Araújo. **Projeto mecânico de tribômetro do tipo pino sobre disco.** Natal - RN, 2021. Disponível em <https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/42959/1/ProjetoMecanicoTribometro_Santos_2021.pdf>.