

1 Referencial teórico

Esta seção dispõe de uma breve revisão bibliográfica de assuntos referentes ao tema do projeto, que são os seguintes: túneis de vento, tubos de Pitot e mesas de posicionamento. Por fim, apresenta trabalhos relacionados que envolvem estes assuntos.

1.1 Túnel de vento

Os túneis de vento são estruturas que propiciam a simulação para o desenvolvimento de estudos que relacionam o efeito do movimento de ar em torno de objetos, como turbinas, aviões, carros e edificações. Sua estrutura é composta por um duto de diâmetro adequado onde o ar é empurrado ou succionado por um ventilador. No interior do duto, o ar é analisado através de instrumentos de medição.

O primeiro túnel de vento foi construído na Inglaterra em 1871 por Frank H. Wenham (1824-1908), engenheiro naval britânico e membro da Sociedade Aeronáutica da Grã-Bretanha, esse túnel era de circuito fechado e acionado por uma máquina a vapor. Os estudos de Wenham permitiram avanços no alongamento de uma asa relacionado à força de sustentação. (GORECKI apud SANTOS et al, 2014). [ACHAR O ARTIGO - N TEM REF]

Em 1897 foi construído por Konstantin Tsiolkovsky o primeiro túnel de vento Russo que era de circuito aberto com um ventilador centrífugo e determinou os coeficientes de arrasto de placas planas, cilindros e esferas (JOGLEKAR; MOURYA, 2014).

Devido às guerras, a produção de túneis de vento teve uma demanda aumentada, pois era necessário a execução de ensaios em aeronaves militares. Já após o período de guerras, os túneis de vento ganharam relevância quando o objetivo foi aumentar a eficiência na aerodinâmica dos carros (SANTOS, 2009).

Os túneis de vento podem ser classificados quanto ao circuito que pode ser aberto ou fechado, quanto a velocidade de escoamento em relação à velocidade do som que é chamada de número de Mach (Ma) definindo os escoamentos como sônico, subsônico, supersônico e hipersônico e quanto ao sentido do escoamento que nos túneis de vento de circuito aberto podem ser soprador e sugador, sendo definido pela condição de trabalho do ventilador. (FOX, 2016)

O túnel de vento tratado neste trabalho está situado junto ao Laboratório de Sistemas Térmicos da Universidade Federal do Rio Grande e é de característica subsônica, circuito aberto e do tipo soprador.

1.2 Tubo de Pitot

O tubo de Pitot foi um equipamento criado por Henri Pitot em 1732 para medição da vazão do rio Sena. Pitot de maneira intuitiva apresentou que a altura de uma coluna de líquido conectada ao seu tubo era proporcional à raiz quadrada da velocidade. Ele desenvolveu a técnica mais comum para determinação da velocidade de um fluido, pois a utilização desse tubo é simplificada, além do baixo custo.

O tubo de Pitot apresenta vantagens como sua flexibilidade na utilização de diferentes faixas de velocidade desde o regime subsônico ou supersônico, sendo possível a obtenção de velocidades com alta precisão. No entanto apresenta desvantagens de falta de precisão em baixas velocidade, impossibilidade de medição em escoamentos reversos e dificuldade de obtenção de medições em alta frequência.

Com essa técnica, Pitot obteve a velocidade em um escoamento incompressível em uma área pontual, sendo que é necessário o tubo ser posicionado de modo a ficar alinhado com o escoamento. Com isso se mede a pressão estática e

a pressão total ou de estagnação. A subtração da pressão total da estática resulta na pressão dinâmica do escoamento (FOX, 2016).

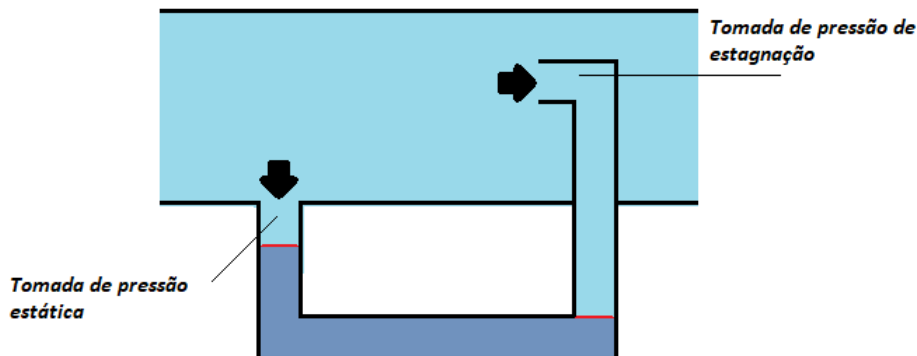


Figura 1 – Funcionamento das pressões dentro do tubo de Pitot.

Fonte: Próprio autor.

Seu princípio de funcionamento está baseado na conhecida equação de Bernoulli onde a pressão dinâmica (p_d) é igual a pressão total (p_t) menos a pressão estática (p_e) (FOX, 2016).

Sendo que P_1 é a pressão estática no ponto 1, V_1 é a velocidade do fluido no ponto 1, ρ é a massa específica do fluido e g é a força gravitacional, P_2 é a pressão total.

A equação quatro (EQ.4) serve para obter a velocidade a partir da pressão e é obtida a partir da equação de Bernoulli para regime permanente, incompressível e sem atrito (EQ.2). Percebe-se que a massa específica é função da condição de estado do ar durante os testes sendo determinada a partir da Equação 5 (EQ.5). Onde R_{ar} ... T_{ar}

1.3 Mesa de posicionamento

Utilizada para várias finalidades como, posicionamento de peças que serão usinadas em máquinas de Controle Numérico Computadorizada (CNC's), automação de laboratórios, armazenamento de cargas, impressões 3D entre outros tantos propósitos, as mesas cartesianas tem como função principal o posicionamento de alguma ferramenta, para executar algum tipo de serviço.

Também conhecidas como mesa de posicionamento XY, pois como o nome sugere, é uma estrutura com dois eixos de liberdade que permite o posicionamento da peça ou da ferramenta em algum lugar de um plano pré-definido. Podem ser classificadas em dois tipos com relação a sua transmissão: as mesas acionadas por fusos conforme apresenta a Figura 2.2 e as acionadas por correias sincronizadas demonstradas na Figura 2.3..

As mesas de posicionamentos de fuso possuem um alto rendimento, próximo de 95%, um baixo desgaste e uma velocidade máxima de 3 m/s, já as mesas acionadas por correias sincronizadas podem desenvolver velocidades de até 5 m/s, conseguindo altas acelerações devido a sua inércia (KASSOUF, 2003).

Outro componente importante nesse mecanismo é o acionador, que pode ser um motor de passo ou um servomotor. Os motores de passo são máquinas que exercem um papel muito importante atualmente, são utilizados em aplicações onde é requerido um alto grau de precisão no movimento e que este movimento seja feito em passos fixos, referentes a uma fração de ângulo. Empregados normalmente quando se deseja controlar uma combinação entre a posição do rotor (ângulo), com a devida velocidade e o sincronismo (SILVA, Rafael Schincariol da, 2018).

O funcionamento desse motor se dá através dos princípios do eletromagnetismo, com estatores bobinados e um rotor formado por ímãs permanentes ligados ao eixo. Quando o estator é energizado cria um campo magnético e

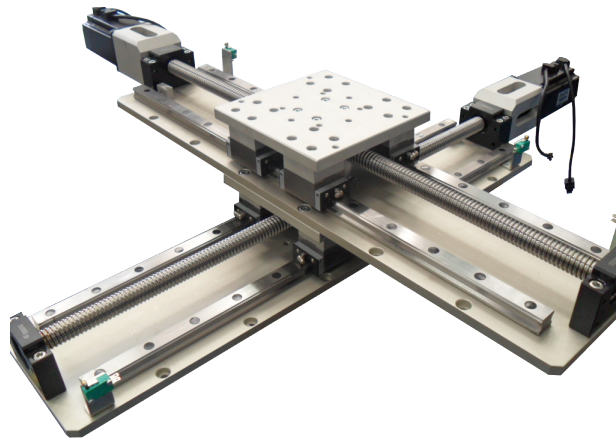


Figura 2 – Mesa acionada por fuso.

Fonte: <https://www.kalatec.com.br/mesa-de-coordenada-xy/>



Figura 3 – Mesa acionada por correias.

Fonte: <https://www.ccmrails.com/2019/01/26/packing-automation/>

o rotor move-se para alinhar os ímãs (pólos norte e sul) com as linhas de fluxo magnético, formados pelo estator, movendo o eixo em um ângulo pequeno chamado de passo e continua a girar conforme o incremento angular controlado por circuitos eletrônicos. Esses circuitos digitais tem como função repassar a informação, um pulso, recebido pelo sistema de controle para o motor, que gira com grande precisão conforme seu controle. Como característica marcante, os motores com ímãs permanentes apresentam um torque estático quando não submetidos à tensão devido a força magnética entre os ímãs e o estator, servindo como freio para o sistema.

1.4 Trabalhos relacionados

Nesta seção serão apresentados trabalhos relacionados ao tema deste projeto apresentando os objetivos e resultados de cada um.

O trabalho realizado por Butignol (2017), tinha o objetivo de desenvolver uma adequação de uma mesa XYZ didática acionada por motores de passo para o estudo de programação em microcontroladores e seu posicionamento em duas dimensões.

Como resultado do trabalho, Butignol (2017) desenvolveu um aparato eletromecânico de posicionamento de dois eixos e um atuador no terceiro eixo capaz de auxiliar no ensino de microcontroladores. Por fim, o projeto está disponível em <<https://mesaxydidatica.blogspot.com.br>> para sua montagem em outras instituições de ensino.

O trabalho realizado por Camargo (1998), tinha o objetivo de desenvolver um sistema posicionador de baixo custo com comando numérico (CNC), utilizando componentes nacionalizados e com uma complexidade mínima no sistema de comando.

Como resultado do trabalho, Camargo (1998) fez uma análise comparando diversos parâmetros como: massa, frequência natural amortecida, amplitude média da curva de resposta, perdas de passo, erros de posicionamento, vibração entre outros a fim de demonstrar que a concepção projetada e executada para a mesa de coordenadas XY presente em seu estudo, se justifica com os resultados obtidos.

O trabalho realizado por Ramos (2018), tinha o objetivo de projetar e construir uma mesa cartesiana para ser colocada nos túneis aerodinâmicos existentes no Departamento de Engenharia Mecânica e Industrial da Faculdade de Ciências e Tecnologia Universidade Nova de Lisboa, para assim, dar a capacidade de deslocamento de sensores como: tubo de Pitot, anemômetro de fio quente, anemômetro laser-Doppler para qualquer ponto na seção escolhida.

Como resultado do trabalho, Ramos (2018) construiu uma mesa cartesiana funcional com capacidade de efetuar medições de velocidade em uma malha de cem posições, podendo inserir coordenadas através da porta serial do Arduino. Ainda comprovou por testes experimentais a precisão dos motores de passo ao comprovar que não existe diferença mensurável entre os valores medidos com os ideais.

O trabalho realizado por Hoss (2018), tinha o objetivo a instrumentação e desenvolvimento do sistema de controle de velocidade do vento de um túnel de vento com propulsão por motor a combustão interna, existente no laboratório de Conformação do IFSC Campus Chapecó.

Como resultado do trabalho, Hoss (2018) alcançou o objetivo permitindo medir variáveis de forma confiável com incertezas pequenas dentro dos requisitos estabelecidos, mesmo com emprego de sensores de baixo custo e média precisão.