



IV Encontro de Iniciação Científica e Tecnológica
IV EnICT
ISSN: 2526-6772
IFSP – Câmpus Araraquara
24 e 25 de outubro de 2019



SISTEMA ELETRÔNICO PARA O CONTROLE DA VELOCIDADE DO ESCOAMENTO NO INTERIOR DE UM TÚNEL DE VENTO DE CIRCUITO ABERTO.

Valdir Arcanjo Soliman Junior

¹ Graduando em Tecnologia em Manutenção de Aeronaves, IFSP Câmpus São Carlos, e-mail: v.arcanjo.jr@gmail.com.

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 3.12.01.00-8

RESUMO: Neste projeto pretende-se projetar e construir um sistema eletrônico de controle da velocidade do escoamento no interior da câmara de ensaio de um túnel de vento. O sistema deverá ter como entrada os valores da pressão estática na entrada e na saída da contração. Estes valores serão utilizados pelo controle para calcular a velocidade em função da equação de Bernoulli. Para tornar o valor mais preciso, será realizada a correção da massa específica do escoamento através da medição da temperatura ambiente e da pressão atmosférica. O sistema será calibrado através da comparação com a velocidade medida diretamente na câmara de ensaio através de um sensor, que será selecionado de acordo com a taxa de pressão mais adequada. Em sequência à medição correta da velocidade o sistema processará esta informação em uma unidade microcontroladora e executar a atuação no motor do ventilador através de uma etapa de potência.

PALAVRAS-CHAVE: Equação de Bernoulli; Sensor; Sistema eletrônico; Túnel de vento.

INTRODUÇÃO

Um dos principais equipamentos utilizados para estudar o comportamento de um fluido ao redor de um objeto estacionário, seja ele circular, quadrado, elíptico, entre outros, é o túnel de vento. Há anos, grandes estudiosos procuravam entender esta relação, e com o tempo, as técnicas foram se modernizando. Atualmente com a utilização do computador e principalmente através de todos os estudos anteriores feitos por pesquisadores, tudo se tornou mais fácil. Sendo assim, o túnel proporciona estimar coeficientes de arrasto e coeficientes de sustentação, além de outras forças resultantes de um perfil de aerofólio.

De acordo com o propósito, o espaço, o tempo e a condição financeira da Instituição, túneis de vento podem ser construídos de maneira simples ou mais complexos. Os túneis de vento podem ser caracterizados como circuito aberto ou fechado, subsônico, supersônico e até mesmo hipersônico. (BUSCARIOLO, 2009). A Figura apresenta uma imagem esquemática de um túnel de vento de circuito aberto. Pode-se ver indicado seus principais componentes: a contração, a câmara de ensaio, o difusor e o elemento que induz o escoamento (ventilador).

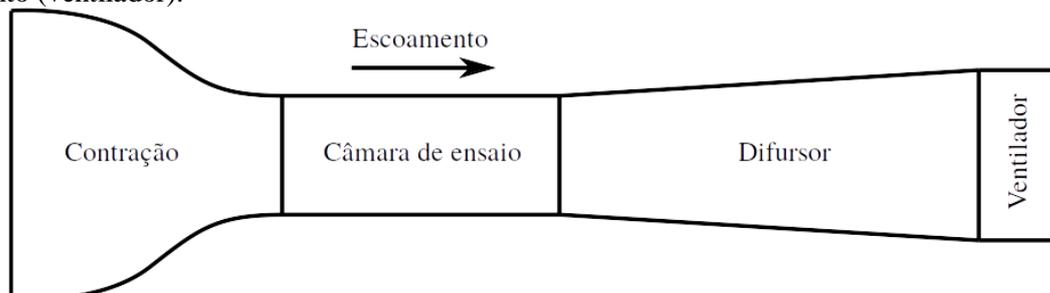


Figura 1: Esquema geral de um túnel de vento de circuito aberto.

OBJETIVOS

Objetivo geral

Projetar e construir um sistema eletrônico de controle da velocidade do escoamento no interior da câmara de ensaio de um túnel de vento.

Objetivos específicos

- Escolha dos sensores
- Projeto do sistema eletrônico microcontrolado
- Projeto da etapa de potência elétrica
- Construção das placas de circuito
- Calibração do sistema

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Os túneis de vento de circuito aberto, conhecido também como Eiffel, o ar é retirado da atmosfera, é enviado ao túnel, e retorna ao meio externo novamente. Uma de suas principais vantagens consiste no fato de apresentar menor custo de construção (BARLOW; RAE; POPE, 1999). Entre suas desvantagens, Barlow, Rae e Pope (1999) destacam a necessidade de necessitar uma tela de proteção para operações em condições climáticas inadequadas, como chuva e vento e produzirem mais ruído.

Blessmann (1990 apud BESSA; BRANCO; PEREIRA, 2011, p. 2) afirma que o primeiro túnel de vento foi desenvolvido por Francis Herbert Wenham em 1871, membro do Conselho da Sociedade Aeronáutica da Grã-Bretanha. O túnel era acionado por uma máquina a vapor e produzia uma corrente de ar horizontal e paralela direcionada ao modelo, determinando assim forças de sustentação e de arrasto em diferentes ângulos de incidência.

Segundo Santos et al. (2014), já nos períodos da Segunda Guerra Mundial e da Guerra Fria, os de túneis tomaram um papel importante, pois eram necessários ensaios em aeronaves militares e, além disso, se tornaram uma questão de estratégica para elaboração de novos aviões supersônicos. A Administração Nacional da Aeronáutica e do Espaço (NASA) detêm a maior quantidade de túneis de vento do que qualquer outra instituição, sendo eles subsônicos e hipersônicos.

Para a realização de experimentos em túnel de vento, um dos fatores iniciais consiste no estabelecimento de uma velocidade do escoamento no valor adequado ao ensaio. Uma das formas de realizar esse objetivo consiste na medição da variação da pressão entre a entrada e saída da contração do túnel de vento.

METODOLOGIA

Para calcular essa variação de pressão devemos relacioná-la com a velocidade na saída da contração, como mostrado na figura 2:

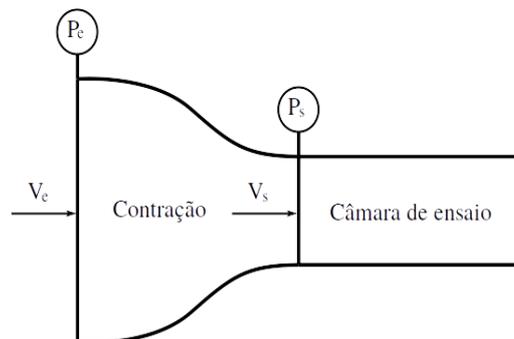


Figura 2: Medição de pressão na contração

Assumindo que a velocidade na entrada da contração é aproximadamente igual a zero e que na sua saída é igual ao valor requerido na câmara de ensaio, pode-se aplicar a equação de Bernoulli para estimar o valor da diferença de pressão entre estes dois pontos, ou seja.

$$\frac{1}{2}\rho V_e^2 + P_e = \frac{1}{2}\rho V_s^2 + P_s \rightarrow V_s = \sqrt{\frac{2(P_e - P_s)}{\rho}} \quad (1)$$

Onde,

ρ – Massa específica

V_e – Velocidade de entrada

V_s – Velocidade de saída

P_e – Pressão de entrada

P_s – Pressão de saída

Sendo que a massa específica pode ser calculada com a seguinte relação:

$$P_{atm} = \rho RT_{amb} \rightarrow \rho = \frac{P_{atm}}{RT_{amb}} \quad (2)$$

Onde,

P_{atm} – Pressão atmosférica

R - Pressão de contração

T_{amb} – Temperatura ambiente

Uma forma mais adequada de escrever a Equação 1 consiste em incluir um fator de correção, K_{calib} , que consistem em uma função de calibração que precisa ser determinada experimentalmente, a partir da medição do comportamento real da variação das grandezas envolvidas em diversas situações experimentais reais.

$$V_s = K_{calib} \sqrt{\frac{2(P_e - P_s)}{\rho}} \quad (3)$$

Onde,

K_{calib} – Função de calibração experimental

Tendo o valor da velocidade é possível processar este valor em uma unidade microcontroladora e exercer atuação na rotação do motor do ventilador, através de uma adequada etapa de potência elétrica.

O sistema que será construído será composto basicamente de um sensor de pressão, uma etapa de condicionamento do sinal e conversão analógica digital, uma unidade microcontroladora para o processamento do sinal lido, processamento de saída de controle e uma etapa de potência para o acionamento do motor elétrico.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O dimensionamento das propriedades do escoamento no interior do túnel de vento é realizando considerando-se escoamento ideal, não viscido, no interior da contração e câmara de ensaio. Assim, fica possível utilizar a equação de Bernoulli (1) para se determinar o valor da variação da pressão estática entre a entrada e saída da contração. Sendo a velocidade na entrada da contração (V_e) igual a aproximadamente zero e que a pressão na entrada (P_e) é igual à pressão atmosférica, pode-se simplificar a equação de Bernoulli e rearranjar os seus termos para pôr em evidência a pressão na saída da contração (P_s) como mostrado na equação 4.

$$P_s = P_e - \frac{1}{2}\rho V_s^2 \quad (4)$$

Assumindo a velocidade na saída da contração (V_s) igual à da câmara de ensaio, pôde-se determinar a pressão na saída da contração. Foi estabelecido que a velocidade na câmara de ensaio do túnel terá valor máximo igual a 30 m/s. Assim, para a faixa de velocidades de 0 a 30 m/s, pôde-se calcular os valores apresentados na Figura 3.

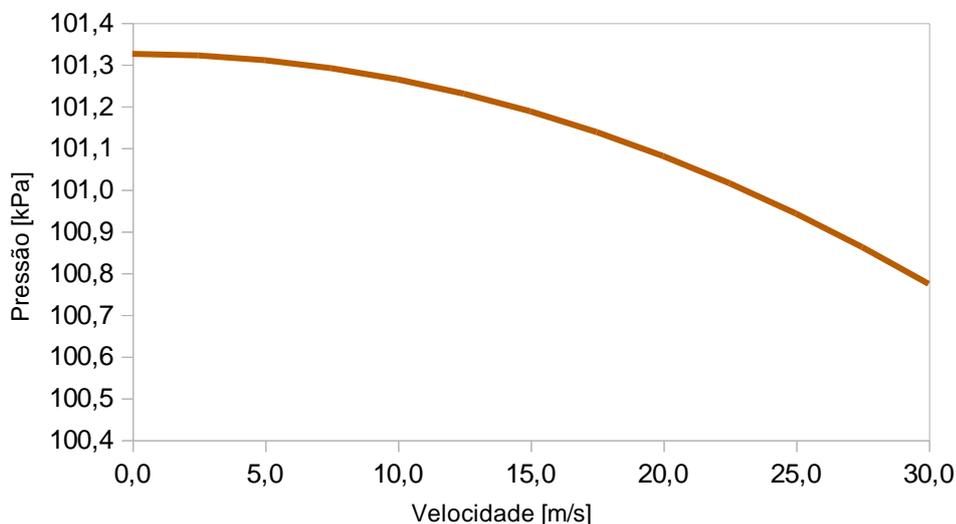


Figura 3: Pressão na saída da contração em função da velocidade na câmara de ensaio

Os valores indicados na Figura 4 representam os valores absolutos da pressão na saída na contração. Entretanto, o sistema fará a medição da diferença entre essa pressão e a pressão na entrada da contração. Assim, o valor medido pelo sensor de pressão consiste na diferença entre essas grandezas, ou seja, $\Delta P = P_e - P_s$. Assim, esses valores foram calculados assumindo-se que a pressão na entrada da contração é a pressão atmosférica e a pressão na saída sendo os valores indicados na Figura 3. Os resultados são apresentados na Figura 4.

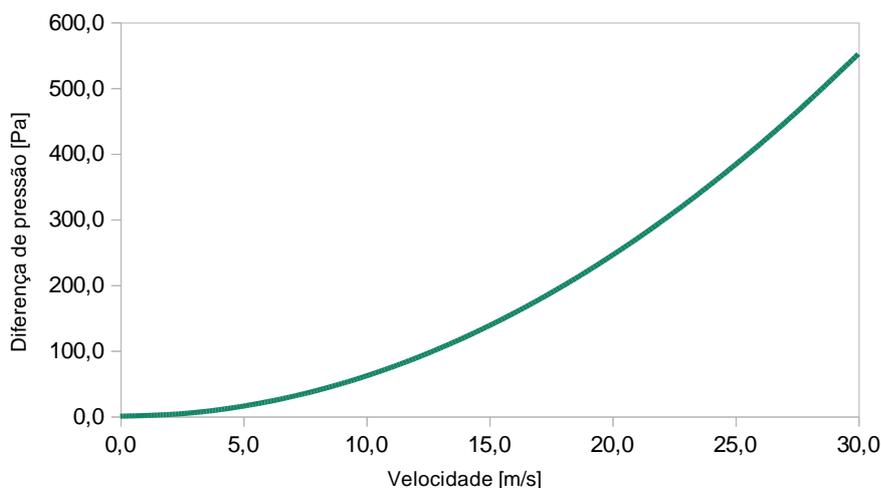


Figura 4: Diferença de pressão na contração em função da velocidade na câmara de ensaio

De acordo com os resultados apresentados na Figura 4, a máxima diferença de pressão calculada será da ordem de 550 Pa. Desta forma, procedeu-se à escolha do sensor de pressão adequado para essa faixa. O componente escolhido foi o sensor de pressão diferencial, modelo MPXV7002DP, fabricado pela *NPX Semiconductors*. Esse componente apresenta uma faixa de medição de pressão de -2 kPa a +2 kPa (-0.3 psi a +0.3 psi), com saída em tensão na faixa de 0,5 V até 4,5 V, podendo ser alimentado por uma tensão de 5 V. A Figura 5 apresenta uma imagem desse sensor (a), junto com um desenho esquemático de sua pinagem (b).

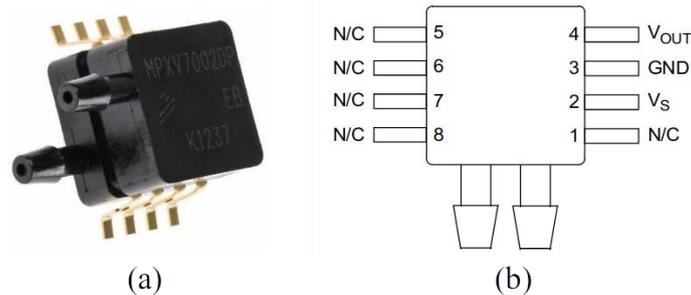


Figura 5: Sensor de pressão MPXV7002 (NXP Semiconductors, 2019)

A seguir foi realizado o desenho do esquema eletrônico a ser montado (figura 6).

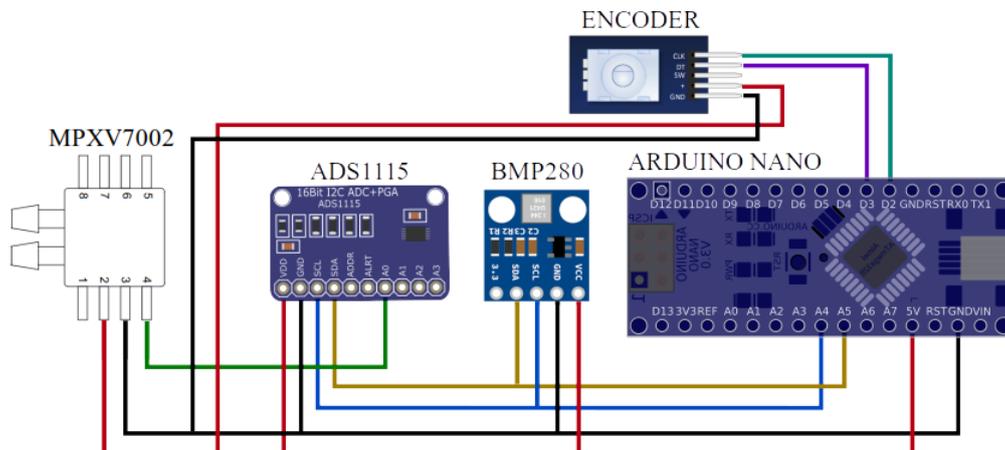


Figura 6: Desenho esquemático do circuito eletrônico do sistema.

CONCLUSÕES

Tendo em vista a escolha de um sensor adequado e a esquematização de um circuito eletrônico para assim realizar a leitura dos dados enviados do sensor como os principais objetivos para a evolução deste projeto, pode-se concluir que as metas estabelecidas inicialmente foram cumpridas de acordo com o planejado, com o sensor de pressão MPXV7002 como o mais adequado para se utilizado no projeto e com a esquematização do circuito eletrônico bem projetado.

Sendo assim, quando implementado em um túnel de vento esse circuito fará com que o mesmo possa ser utilizado com precisão em suas medições, fazendo assim com que futuras pesquisas possam ser estudadas a fundo quando necessário o túnel de vento.

REFERÊNCIAS

BARLOW, J.B; RAE, W.H.; POPE, A. **Low-Speed Wind Tunnel Testing**. 3.ed. United States of America: Wiley-Interscience, 1999. 713p.

BESSA, C. V. X.; BRANCO, F. P.; PEREIRA, M. C. Projeto de um túnel de vento experimental em forma de bancada didática para uso em aulas de engenharia. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA**, XXXIX, 3 a 6 de Out, Blumenau – SC, 2011. p. 1-10.

BUSCARIOLO, F. F. **Estudos de Diferentes Tipos de Solo em Túnel de Vento Através de Simulação Numérica**. 151 p. Dissertação de Mestrado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2009.

SANTOS, Adalberto; SILVA, Bruno; NETO, Francisco; LOPES, Laura; DIONÍSIO, Thais. **Elaboração de túnel de vento para aplicações de ensaios aerodinâmicos**. 27 p. Trabalho de Conclusão de Curso - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, campus São José dos Campos, São Paulo, 2014.

NXP Semiconductors. **MPXV7002 Integrated Silicon Pressure Sensor On-Chip Signal Conditioned, Temperature Compensated and Calibrated**. [Eindhoven, Holanda]: Nxp B.V., 2017. 13 p. Disponível em: <<https://www.nxp.com/docs/en/data-sheet/MPXV7002.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2019.

SARGISON, J. E.; Walker, G. J.; Rossi, R., (2004). Design and calibration of a wind tunnel with a two dimensional contraction. **Proceedings of the 15th. Australasian fluid mechanics conference the university of Sydney**, Sydney, Australia.