

ARRANJO METROLÓGICO DE PRESSÃO

Caroline Mendes da Silva¹

Caroline.silva120@fatec.sp.gov.br

Faculdade de Tecnologia de São Paulo - FATEC-SP – CEETEPS São Paulo - SP

Francisco Tadeu Degasperi

Faculdade de Tecnologia de São Paulo - FATEC-SP – CEETEPS São Paulo - SP

ftd@fatec.sp.br

1. Introdução

A metrologia de pressão vem desempenhando um papel importante em diversas áreas ao longo dos tempos, uma dessas áreas é especialmente em sistemas de vácuo, onde medidas precisas são fundamentais para o controle de processos, otimização do desempenho dos equipamentos e conformidade com normas técnicas.

No arranjo metodológico, buscamos estudar os diferentes tipos de medidores: coluna de mercúrio, Vacustat™, manômetro de membrana capacitiva e manômetro Bourdon. Esses instrumentos proporcionaram medidas precisas de pressão em uma ampla faixa de valores.

O projeto busca montar uma bancada metrológica para medir pressão em vácuo, utilizando colunas de mercúrio, Vacustat™, manômetro de Bourdon e manômetro de membrana capacitiva, na faixa de 1300 mbar a 0,04 mbar, garantindo precisão e confiabilidade.

2. Metodologia

O desenvolvimento do medidor de pressão visa garantir medições precisas, com a calibração baseada em padrões conhecidos e possibilitando a comparação com valores medidos [1]. Os dados obtidos são analisados no Laboratório de Tecnologia do Vácuo – LTV FATEC -SP, onde o arranjo está em processo de montagem. A integração dos medidores permitirá uma medição completa e precisa da pressão. A aplicação de leis fundamentais da física não apenas otimiza o desempenho dos medidores, mas também irá garantir que atenda aos padrões exigidos.

A lei de Boyle-Mariotte, estabelece que uma temperatura (T) constante, a pressão (p) e o volume (V) de uma quantidade fixa de gás são inversamente proporcionais [2], conforme a equação (1):

$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2 \quad (3)$$

Esta equação será usada ao trabalharmos com gases ideais e entender como a pressão varia com

o volume. Além disso, utilizaremos a lei de Stevin, fundamental para medir pressão em fluidos. A equação enuncia que quanto maior a altura ou a densidade de um fluido maior será a pressão, expressa pela equação (2):

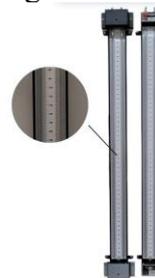
$$p = \rho gh \quad (2)$$

Essas abordagens serão de grande importância para compreender a pressão em diferentes condições, assegurando que a precisão e a confiabilidade dos dados sejam obtidas. Os medidores são instrumentos essenciais para a medição e o controle da pressão de sistemas. Cada tipo de medidor tem uma característica única, contribuindo com a eficiência e precisão das medições, abrangendo uma ampla faixa de pressão. Neste contexto, abaixo segue os medidores que utilizaremos:

A Coluna de Mercúrio é um medidor primário e preciso, onde utiliza a altura da coluna para medir a pressão, é baseado em princípios conhecidos como a densidade do mercúrio e a aceleração gravitacional.

Operando em faixa de valor 103 mbar até 1 mbar, que é um vácuo parcial.[3]

Figura 01 – Coluna de Mercúrio.

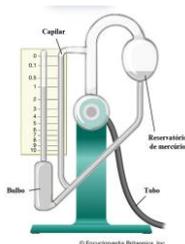


Fonte: Silva, C. (2024).

O Vacustat™ é utilizado para medir níveis baixos de pressão. Para medir, um volume fixo é comprimido, e a pressão é medida pela altura do mercúrio[5]. Operando dentro da faixa de valores 4 mbar a 4×10^{-2} mbar (0,04 mbar) sendo um Vácuo Médio.[3]

Figura 02 – Vacustat™.

³ Aluna de IC com bolsa PIBIC-CNPq.



Fonte: BRITANNICA, The Editors of Encyclopaedia. Vacuum technology. Encyclopedia Britannica.(2019).

O manômetro Bourdon utiliza um tubo em "C" que se deforma sob a pressão, e esta deformação é convertida em movimento que indica a pressão.[6] Operando em uma faixa de valor de 0,6 bar a 700 bar, representando pressões acima da atmosférica.

Figura 03 – Manômetro Bourdon.



Fonte: SCHMIERER GMBH. Manômetro de tubo Bourdon.(2024).

O manômetro de membrana capacitiva utiliza a deflexão de uma membrana flexível sobre pressão, convertendo em um sinal elétrico, proporcional à pressão[4]. Opera na faixa de valores de 10^{-6} mbar a 1000 mbar, sendo utilizado desde Ultra-Alto Vácuo (10^{-6} mbar) até Vácuo Parcial (1000 mbar).

Figura 04 – Manômetro de Membrana Capacitiva.



Fonte: BROOKS INSTRUMENT. XacTorr® Series Capacitance Manometers.(2024).

3. Resultados e Discussões

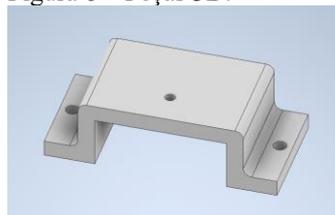
Para a montagem da bancada, utilizamos perfis de alumínio com base em um projeto feito no Autodesk Inventor. Após a fabricação das peças, montamos a estrutura e adicionamos duas peças de madeira de 3 cm na frente e no verso. Fixamos a estrutura a uma base de madeira em um carrinho para facilitar a locomoção. Figura 5 – Perfil Metálico



Fonte: Andreatta.J e Pinheiro.A (2024).

Algumas peças, como a contenção do vacustatTM, suportes da régua de mercúrio e visores da régua digital, foram impressas em 3D, garantindo flexibilidade no design e a personalização de peças, mostradas na Figura 6.

Figura 6 – Peças 3D.



Fonte: Silva,C. (2024).

A Figura 7 mostra a bancada em montagem com as colunas de mercúrio fixadas (ainda sem mercúrio) e os suportes impressos em 3D. Após a instalação dos medidores, serão realizados testes de vazamento para garantir a integridade do sistema.

Figura 07 – Arranjo experimental.



Fonte: Silva,C. (2024).

3. Conclusões

O desenvolvimento do arranjo metrológico é essencial para assegurar as medições precisas. A integração de diferentes medidores permitirá uma análise completa da pressão em diversas condições, garantindo a precisão. As leis fundamentais são essenciais para a calibração e interpretação dos dados, assegurando que o sistema atende aos padrões exigidos para medições em sistemas de vácuo e fluidos. Com esta bancada, o LTV terá a sua capacidade de

Metrologia de Pressão em vácuo estendida, cobrindo o intervalo de pressão de 103 mbar até 1 mbar (com as duas colunas de mercúrio) e de 4

mbar até 4.10⁻² mbar (com os sensores de pressão Vacustat™).

Referências

JOUSTEN, Karl. Handbook of Vacuum Technology. 2^a ed. Weinheim: Wiley-VCH, 2008. 1050 p.

MARIA EUGENIA, S. et al. Tecnologia de vácuo. UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA, 1980.

[3] LEYBOLD. Unidades e faixas de pressão. <https://www.leybold.com/pt-br/knowledge/vacuum-fundamentals/fundamental-physics-of-vacuum/units-and-ranges-of-pressure>. Acesso em: 8 out. 2024.

[4] BROOKS INSTRUMENT. XacTorr® Series

Capacitance Manometers. Acesso em: 8 out. 2024.

[5] BRITANNICA, The Editors of Encyclopaedia. Vacuum technology. Encyclopedia Britannica, 11 abr. 2019. Disponível em: Acesso em: 8 out. 2024.

[6] SCHMIERER GMBH. Manómetro de tubo Bourdon. Disponível em: Acesso em: 8 out. 2024.

Agradecimentos

Ao Laboratório de Tecnologia do Vácuo – LTV da FATEC-SP, pela oportunidade concedida, e à instituição, em conjunto com o CNPq, pela bolsa PIBIC.

1 Aluna de IC com bolsa PIBIC-CNPq.