

METROLOGIA NA TECNOLOGIA DO VÁCUO A PARTIR DO MÉTODO DA EXPANSÃO ESTÁTICA

João Pedro Cappeletti Andreatta

Fatec São Paulo - joao.andreatta@fatec.sp.gov.br

Francisco Tadeu Degasperri

Fatec São Paulo - fd@fatec.sp.br

1. Introdução

A metrologia é uma das áreas de maior importância nas ciências exatas, visto que desde os primórdios da humanidade, os seres humanos trabalham com a quantificação do mundo que o permeia, quantificando grandezas físicas variadas, como a massa de alimentos, características físicas dos seres vivos, como a altura, até comprimentos de distâncias interestelares, como a distância entre a Terra e os outros planetas. A metrologia é a ciência da medição e suas aplicações, abrangendo todos os aspectos teóricos e práticos, sendo ela crucial para garantir a precisão e confiabilidade dos equipamentos, permitindo grandes avanços nas diversas áreas da ciência.

Analisando o cenário da tecnologia do vácuo no Brasil, verifica-se uma carência no controle e rastreabilidade metrológica do setor, onde o órgão metrológico regulador brasileiro, Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO), não possui um padrão primário para a calibração dos medidores de pressão no Brasil. Dessa forma, diversos setores da indústria são prejudicados, visto que elas ficam a mercê de empresas privadas que podem não possuir uma boa certificação metrológica para realizar a calibração de seus medidores

Dessa forma, o presente projeto de pesquisa tem como objetivo a criação de um padrão primário de vácuo no Brasil, em parceria com o órgão federal INMETRO, a partir do método da expansão estática. Dessa forma, o trabalho realizado atualmente, tem como objetivo a expansão do gráfico de pressões medidas em relação as pressões calculadas, a partir da coleta de mais dados experimentais, a fim de comprovar a qualidade do arranjo experimental com um embasamento teórico científico muito bem consolidado, buscando alcançar a qualidade de um padrão primário brasileiro.

2. Metodologia

A principal metodologia utilizada durante a realização deste trabalho se baseia no método da expansão estática. Ela consiste em um volume de gás ideal que preenche uma câmara de volume conhecido, onde este volume de gás será expandido para uma outra câmara, que

idealmente se encontra em um vácuo perfeito, mantendo a massa, sem perdas, porém ocupando um volume total maior do que o inicial. Dessa forma, com os volumes inicial e final bem definidos, e uma boa definição de pressão de partida, pode-se verificar a pressão final teórica e compará-la com o valor do medidor da pressão final.

Por trabalhar com o modelo do gás ideal, o método da expansão estática pode ser idealizado matematicamente a partir da equação dos gases ideais (1):

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T \quad (1)$$

Onde, p – pressão do gás, V – volume disponível para o gás, n – número de mols, R – constante universal dos gases ideais, e T é a temperatura do gás em Kelvin. Entretanto ao se verificar o modelo teórico da expansão estática, observa-se que, neste sistema, apenas a pressão, o volume e a temperatura variam durante a expansão de gás, logo estas três variáveis podem ser igualadas em uma única equação, conhecida como equação de Boyle-Mariotte (2):

$$\frac{p_i \cdot V_i}{T_i} = \frac{p_f \cdot V_f}{T_f} \quad (2)$$

Sendo:

p_i , V_i e T_i – Pressão, volume e temperatura iniciais, anterior a expansão.

p_f , V_f , e T_f - Pressão, volume e temperatura finais, após a expansão.

Para a realização dos experimentos foi utilizado um arranjo experimental montado no laboratório de tecnologia do vácuo (LTV) da FATEC-SP. Nele existem sete câmaras que representam os volumes iniciais, que estão todas interconectadas por uma tubulação a uma câmara de expansão, que representa o volume final, onde todas as câmaras e tubulações possuem volume previamente determinado, com uma baixa incerteza, em outro trabalho realizado no arranjo experimental.

Durante as expansões, o gás utilizado foi o nitrogênio, que por ser um gás molecular, e pelo fato de o sistema trabalhar em baixa pressão,

pode-se aproximar ao modelo do gás ideal, onde não existem interações entre as moléculas de gás.

Três medidores foram utilizados para aferir a pressão final, dois deles fornecidos pelo INMETRO, e um terceiro que pertence ao LTV. A pressão inicial considerada foi a pressão atmosférica, determinada por um altímetro aeronáutico.

Os dados coletados até o presente momento tiveram como objetivo a expansão do limite inferior e superior das medidas, onde o limite inferior pode ser caracterizado pelo limite da pressão mínima aferida pelos medidores do sistema, que consiste em expansões múltiplas, sem a injeção de gás nas câmaras iniciais, e evacuação do gás da câmara de expansão, com uma isolamento entre os volumes iniciais e finais. Logo a pressão inicial das expansões subsequentes à primeira considera a pressão de partida igual a pressão final da expansão anterior.

Já o limite superior consiste também em múltiplas expansões, entretanto com procedimentos diferentes. Neste caso ocorre a injeção de gás nas câmaras iniciais, com a isolamento entre as câmaras, e não havendo a evacuação da câmara de expansão. Dessa forma, a pressão da câmara de expansão tende a alcançar o valor da pressão atmosférica após algumas expansões.

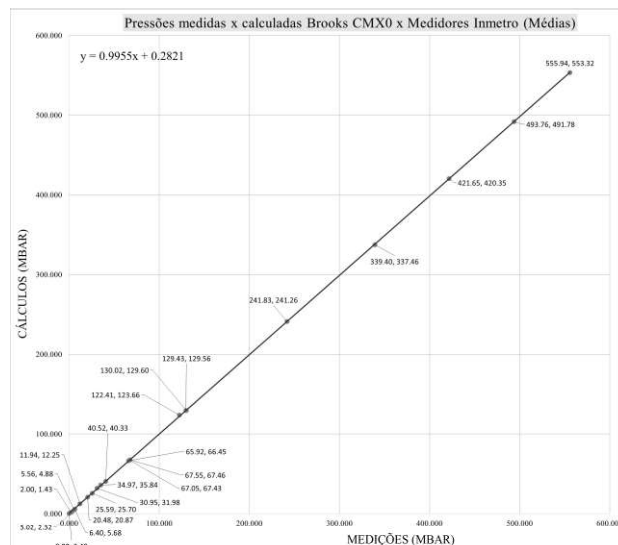
3. Resultados

Os resultados referentes aos limites superior e inferior foram obtidos na 2ª semana da metrologia, evento realizado na Fatec São Paulo, com a participação dos especialistas em metrologia, Me. Jackson Oliveira e Luciano Batista, que contribuíram com seus conhecimentos e equipamentos de medição excepcionais.

O gráfico apresentado na figura 1 trás um panorama geral sobre a qualidade metrológica do arranjo experimental, onde pode-se verificar que existe uma boa colinearidade entre os pontos medidos e calculados teoricamente, fato este que pode ser confirmado pela equação da reta presente no gráfico.

Neste gráfico observa-se todos os pontos tomados anteriormente em conjunto com os dados da semana da metrologia, onde os novos dados foram medidos com 3 medidores, logo foi realizada uma média aritmética entre os valores dos 3 medidores em cada ponto.

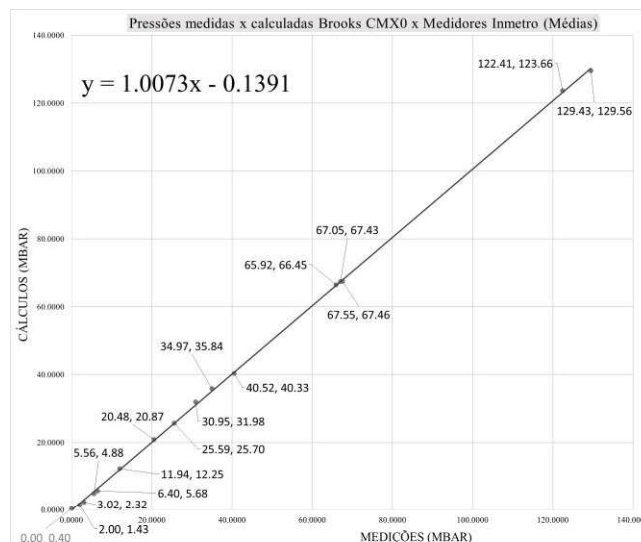
Figura 1 - Gráfico com média aritmética de todos os pontos medidos



A partir da análise deste gráfico pode-se observar que a equação da reta se apresenta muito próxima do ideal, onde o valor que multiplica a variável X, coeficiente angular, deve estar o mais próximo de 1 visto que ele representa a tangente do ângulo formado entre a reta e o eixo X, e 1 é o valor da tangente de 45° que indica uma reta totalmente ideal. E o valor que é somado a X, coeficiente linear, deve ser o mais próximo de 0. Dessa forma, verificando os valores presentes na equação deste gráfico, pode-se concluir que sob um panorama geral o arranjo experimental encontra-se em ótimas condições.

A figura 2 retrata uma ampliação no campo do limite inferior do arranjo experimental, dessa forma pode-se obter uma equação de reta mais coerente e mais precisa, verificando a qualidade dos experimentos realizados na II semana da metrologia de vácuo.

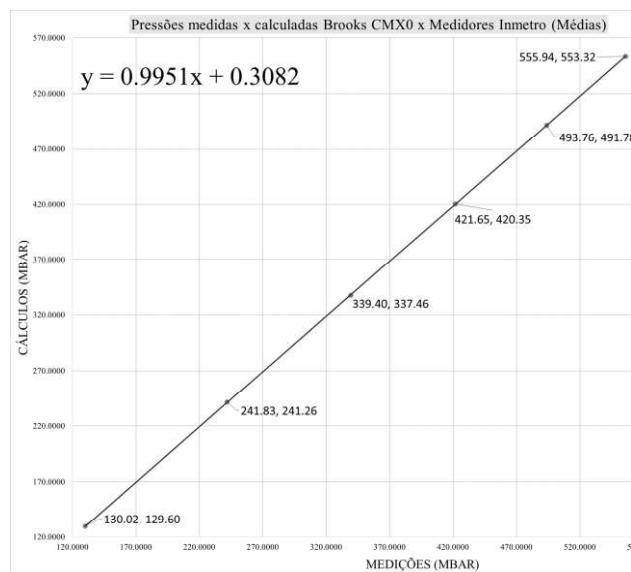
Figura 2 - Gráfico com foco no limite inferior



Analisando os resultados deste gráfico, pode-se observar que não houve grandes mudanças com relação ao primeiro gráfico. A equação da reta foi pouco modificada, onde o resultado apresentado se mostra de maior qualidade, com um valor de coeficiente angular muito próximo de 1, e um coeficiente linear mais próximo de 0, comprovando a qualidade metrológica das expansões do limite inferior.

Da mesma maneira feito com o limite inferior, o gráfico foi ampliado no campo das pressões do limite superior, buscando também uma melhor validação dos dados experimentais.

Figura 3 - Gráfico com foco no limite superior



No caso do limite superior, verifica-se que houve uma pequena perda de qualidade nos dados verificados, o coeficiente angular se manteve próximo de 1, entretanto o coeficiente linear recebeu um pequeno aumento.

4. Conclusões

A partir dos dados tomados na II semana da metrologia, foi possível verificar que o arranjo experimental se apresenta em ótimas condições no aspecto metrológico. Analisando as linhas de tendencia presentes nos 3 gráficos, verifica-se que o arranjo tem qualidade metrológica com um bom embasamento teórico, podendo receber algumas pequenas melhorias, como o acréscimo de mais medidores de pressão na câmara de expansão, e a aferição da temperatura. Ambas as melhorias já foram projetadas e estão em processo de construção.

Outra melhoria que pode ser feita é com relação a construção do gráfico, que pode ser feito em outro software de modelagem estatística, que traga informações mais pertinentes com relação a reta do gráfico, como por exemplo a incerteza associada a esta aproximação.

5. Referências

- [1] R. Arakawa. Caracterização do padrão primário de vácuo pelo método de expansão estática. Fatec São Paulo, São Paulo, 2013.
- [2] G. Dantas; K. Cesar. Criação do padrão primário de Vácuo no Brasil pelo método de Expansão Estática. Fatec São Paulo, São Paulo, 2022.

Agradecimentos

À instituição CNPq pela bolsa de iniciação científica, ao Laboratório de Tecnologia do Vácuo da Fatec-SP juntamente dos profissionais Me. Jackson Oliveira e Luciano Batista do INMETRO pela concessão de medidores de pressão e expertise no setor metrológico.