

# Caracterização de vazamentos de topo em expansores scroll

<sup>1</sup>Henrique Folkl Victorino, Paulo Eduardo Batista de Mello

Engenharia Mecânica, Centro Universitário FEI

[uniehevictorino@fei.edu.br](mailto:uniehevictorino@fei.edu.br); [pmello@fei.edu.br](mailto:pmello@fei.edu.br);

**Resumo:** Dispositivos scroll são muito utilizados como compressores de refrigeração, bombas de vácuo. A eficiência destes dispositivos é muito influenciada por vazamentos internos que ocorrem em folgas entre as paredes móvel e fixa. Este projeto tem por objetivo caracterizar experimentalmente, utilizando um dispositivo simplificado, mas que mantém as características principais de um selo mecânico utilizado em compressor scroll, o vazamento pelo selo de topo.

## 1. Introdução

Embora seja bem mais difundido para a construção de compressores, a geometria scroll também permite a construção de bombas de vácuo e expansores. Expansor é o termo utilizado para um dispositivo que converte a energia de um fluido compressível em potência, da mesma forma que uma turbina. O termo expansor é utilizado quando o dispositivo é de deslocamento positivo, como é o caso da geometria scroll.

Os dispositivos scroll se destacam dos demais pela sua alta eficiência, por serem silenciosos e de pequeno tamanho [1-3]. São compostos basicamente de duas paredes em formato de espiral, uma fixa e outra móvel. Dependendo do sentido do movimento, o volume das câmaras formadas entre as curvas espirais aumenta ou reduz ao longo do tempo, expandindo ou comprimindo um gás.

Os vazamentos pelas folgas internas são responsáveis pela maior parte da redução de eficiência de um dispositivo scroll e devem ser minimizados o quanto possível [4].

O seguinte projeto de iniciação científica tem como objetivo estudar o vazamento de topo de um dispositivo scroll através de experimentos, com um dispositivo de testes de geometria simplificada, mas que mantém as principais características do selo mecânico do scroll.

Os objetivos específicos podem ser listados:

a) Projeto de um dispositivo simples para estudo do sistema de selagem de topo. b) Determinar uma matriz de testes para verificar influência de diversos parâmetros sobre o desempenho do selo (espessura do selo, dimensão da canaleta que abriga o selo, rugosidade da superfície em contato com o selo). c) Construção do dispositivo de testes, considerando as variações paramétricas a serem avaliadas. d) Medição do vazamento (vazão) em cada uma das configurações. e) Análise de resultados experimentais e apresentar a melhor configuração do dispositivo

## 2. Revisão Bibliográfica

Para muitos ciclos termodinâmicos a presença de líquido disperso na fase gasosa na expansão ou compressão é visto como uma vantagem. O líquido age com selante e com reserva térmica adicionado (expansão) ou removendo (compressão) ou para a fase

gasosa em volta. Poucos dispositivos são indicados para essa operação, pois o óleo lubrificante acaba se misturando com o fluido de trabalho. Mendoza, Lemofouet, Schiffmann [5] utilizaram um dispositivo scroll co-rotacional sem lubrificação para investigar sua performance como compressor e expansor. Para adição de líquido na fase gasosa foi utilizado uma injeção de água de três métodos diferentes para o compressor: a) enchente; b) neblina; c) jato. Os autores concluíram que no modo compressor é difícil injetar quantidade significativa de água. A força centrífuga e os vazamentos acabam retirando grande parte da água no scroll, mas mesmo quantidades pequenas de água diminuíram a temperatura de descarga de 160°C para 62°C (compressão adiabática de 0,99 bar para 4,04 bar). A máxima eficiência isotérmica interna do compressor foi de 53%. No modo expansor, a injeção de água na câmara de trabalho tem efeito na temperatura de exaustão, indicando que é possível atingir uma expansão quase isotérmica. A máxima eficiência isotérmica interna do expansor foi de 86%.

Utilizando uma configuração geométrica circular, mas que mantém as características do selo mecânico utilizado em um dispositivo scroll, LEE et al. [6] avaliaram a influência da diferença de pressão sobre o vazamento de topo utilizando um selo mecânico. O tipo de selo estudado é mantido em uma canaleta sem interferência, com pequenas folgas nas laterais e no topo, de forma a reduzir o atrito entre as peças móveis. Utilizando um dispositivo laser e uma placa de vidro foi possível determinar a distância entre o selo e a placa de vidro. Os autores observaram que o sistema de selagem funcionarem quando a diferença de pressão entre as câmaras é suficientemente grande. A diferença de pressão faz com que o selo seja forçado contra a placa superior, reduzindo os vazamentos.

## 3. Metodologia

Para estudar o vazamento de forma quantitativa será necessário construir um dispositivo que simula o funcionamento do selo de topo utilizado em expansores scroll. Será avaliada a influência de variações geométricas e de rugosidade superficial sobre a intensidade dos vazamentos.

O pequeno dispositivo cilíndrico mostrado na figura (1) em conjunto com uma tampa superior formará uma pequena câmara cilíndrica, separada do lado externo (atmosfera) pelo selo a ser investigado.

O furo central mostrado na figura (2) é a entrada de ar comprimido, proveniente de uma mangueira disponível no laboratório. Instrumentação apropriada para medição de vazão e pressão na entrada do dispositivo encontra-se disponível no laboratório. Estes equipamentos foram utilizados em trabalhos de mestrado que estudaram um protótipo de expansor scroll desenvolvido na FEI.

A folga entre a parede superior e a parede que simula o scroll pode ser controlada com o uso de três espaçadores, mostrados na figura (2) em amarelo. Da mesma forma que no protótipo scroll, o selo não é mantido sob interferência na canaleta e folgas são observadas no seu entorno.

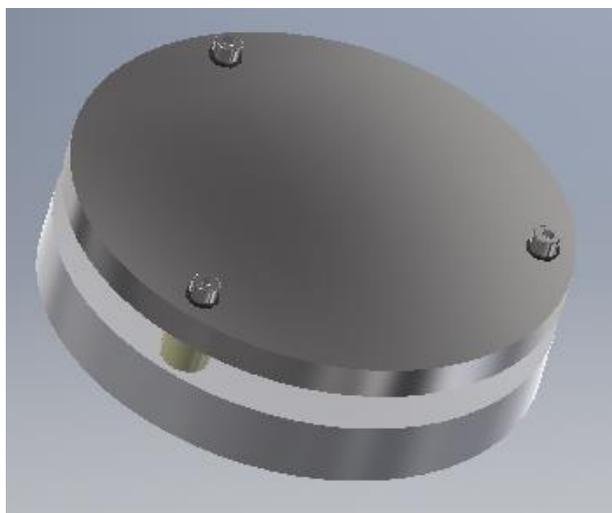


Figura 1 - Montagem do dispositivo de teste.

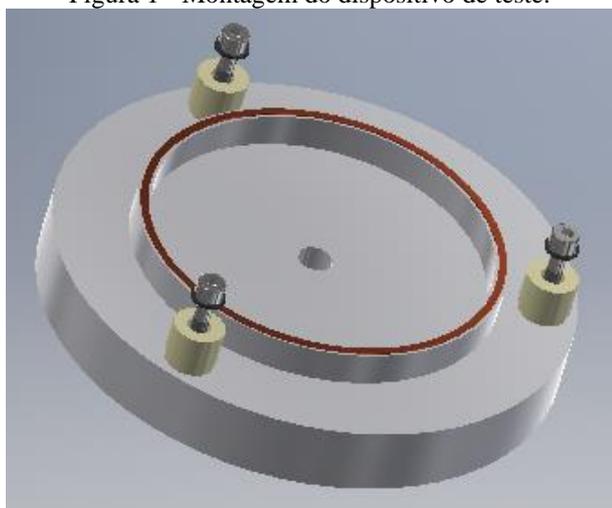


Figura 2 - Montagem do dispositivo de testes sem tampa superior.

Para avaliar quantitativamente os principais fatores com influência sobre os vazamentos, as seguintes configurações estão planejadas: 1) rugosidade da parede superior a) usinada em torno; b) usinada em fresadora (da mesma forma que no protótipo do scroll); c) Retificada e polida; d) usinada em fresadora com recobrimento em teflon; 2) distância entre a parede superior e a parede scroll. 3) espessura da chapa de teflon utilizada no corte do selo (1mm e 2mm).

O modelo teórico para a caracterização de um expansor scroll utilizado nesta seção foi proposto por Lemort et al. [7] e foi aplicado por Mendoza et al. [8] com sucesso. Este modelo prevê potência mecânica do expansor, temperatura de exaustão e vazão mássica a partir dos parâmetros pressão e temperatura de alimentação, pressão de exaustão e rotação. Este artigo

tem o foco de estudar o vazamento no expansor, portanto, o modelo aqui utilizado tem objetivo de apenas prever a vazão mássica.

#### 4. Conclusões

Este projeto de iniciação científica teve por objetivos a construção de um protótipo para testes e a realização de testes de vazamento utilizando ar comprimido como fluido. Também seriam realizadas análises das medições obtidas com estes experimentos.

Com a interrupção das atividades presenciais não foi possível concluir algumas das atividades previstas inicialmente. Algumas peças do protótipo necessitam de finalização, uma tampa e os selos, e os testes experimentais não puderam ser realizados. Procurou-se contornar esta limitação com a inclusão de resultados teóricos que ajudarão com estimativas para os valores do vazamento do protótipo e poderão ser usados em uma eventual continuação do projeto.

Como a proposta inicial deste trabalho era predominantemente experimental, os efeitos da pandemia prejudicaram as atividades finais e comprometeram os resultados pretendidos. Por conta disso, recomenda-se uma continuação deste projeto para finalização das atividades faltantes. A parte mais dispendiosa em termos de recursos materiais já foi concluída.

#### 5. Referências

- [1] WU, Z. et al. *Experimental testing and numerical simulation of scroll expander in a small scale organic rankine cycle system*. *Applied Thermal Engineering, Elsevier*, v. 87, p. 529–537, 2015.
- [2] INABA, T. et al. *A scroll compressor with sealing means and low pressure side shell*. 1986.
- [3] HIRANO, T.; MATSUMURA, N.; TAKEDA, K. *Development of high efficiency scroll compressors, for air conditioners*. 1988.
- [4] DECLAYE, S. et al. *Experimental study on an open-drive scroll expander integrated into an organic rankine cycle system with r245fa as working fluid*. *Energy, Elsevier*, v. 55, p.173–183, 2013.
- [5] MENDOZA, L. C.; LEMOFOUET, S.; SCHIFFMANN, J. *Two-phase and oil-free co-rotating scroll compressor/expander*. *Applied Thermal Engineering, Elsevier*, v. 148, p. 173–187, 2019.
- [6] LEE, B. et al. *A study on the leakage characteristics of tip seal mechanism in the scroll compressor*. 2002.
- [7] LEMORT, V. et al. *Testing and modeling a scroll expander integrated into an organic rankine cycle*. *Applied Thermal Engineering, Elsevier*, v. 29, n. 14-15, p. 3094–3102, 2009.
- [8] MENDOZA, L. C. et al. *Characterization and modeling of a scroll expander with air and ammonia as working fluid*. *Applied Thermal Engineering, Elsevier*, v. 70, n. 1, p. 630–640, 2014.

<sup>1</sup> Aluno de IC do Centro Universitário FEI (ou FAPESP, CNPq ou outra). Projeto com vigência de 06/19 a 07/20.