

AValiação Experimental das Folgas Internas em um Expansor Scroll

Ricardo Barbosa de Almeida¹, Prof. Dr. Paulo Eduardo Batista de Mello³

^{1,3} Engenharia Mecânica, Centro Universitário FEI

ricardo_barbosa.a@hotmail.com e pmello@fei.edu.br

Resumo: O presente trabalho abordou testes experimentais com um expansor (ou turbina) do tipo scroll, trabalhando com ar comprimido. Os resultados apontam que as folgas internas têm grande influência sobre a eficiência do dispositivo e foram investigadas no presente trabalho. Avaliou-se dois valores de folgas tangenciais (163 μm e 57 μm), resultando em um aumento significativo de eficiência isentrópica.

1. Introdução

Devido à necessidade da geração de energia elétrica através de fontes renováveis, diversos estudos apontam para a descoberta de novas formas mais eficientes de alcançar esta necessidade global. Atualmente, o expansor scroll vem sendo objeto de estudo de grande importância no ramo, pois trabalha com fonte de baixa temperatura e, segundo a literatura, é o melhor tipo de turbina para trabalhar na faixa de 1 a 10 kW [1], sendo assim a melhor opção para uso residencial ou de pequeno porte.

Para a utilização do scroll atrelado a um sistema de geração de energia elétrica, se faz necessário a exploração e estudo profundo do mesmo para alcançar a máxima eficiência possível. Estudos como o de [2], chegaram a eficiência isentrópica de 68% gerando 1,8kW de potência, porém tendo como fluido de trabalho o HCFC-123. A figura 1 apresenta os dados de eficiência isentrópica encontrados na literatura.

Autores	Ano	Fluido de trabalho	Eficiência
Zanelli e Favrat	1994	Ar comprimido	65%
Yanagisawa et al.	2001	Ar comprimido	60%
Lemort et al.	2009	HCFC-123	68%
Declayne et al.	2013	R245fa	75%
Mendoza et al.	2014	Amônia	61%

Figura 1 – Eficiência isentrópica disponíveis na literatura. Fonte: [3].

1.1 Funcionamento do expansor scroll

O expansor do tipo scroll é formado por duas faces espirais, sendo uma móvel e outra fixa. Ao injetar o ar comprimido na câmara inicial, o mesmo se expande até chegar na câmara de saída, a qual tem volume maior do que a de entrada e pressão atmosférica, gerando assim a movimentação do scroll móvel. A Figura 2 mostra o funcionamento do mesmo ao realizar uma revolução.

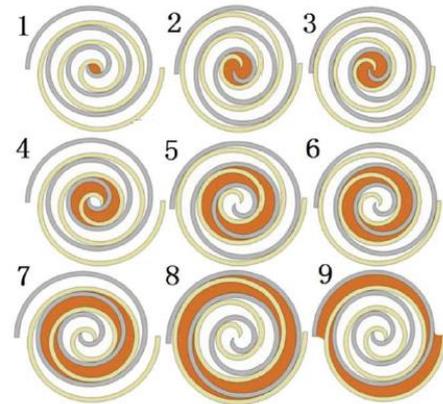


Figura 2 – Movimento orbital do scroll móvel e formação das câmaras de sucção, expansão e descarga ao longo de uma revolução. Fonte: [4].

1.2 Eficiência Isentrópica e Vazamentos

A eficiência do expansor é afetada por três principais fatores: vazamento radial e de flanco/tangencial, atrito e pressão de saída. Sendo de principal impacto, segundo a literatura, os vazamentos [2].

O foco deste projeto é avaliar experimentalmente estes vazamentos e, através de testes levantar e comparar as curvas de potência e eficiência ao diminuir as folgas internas do expansor. A Figura 3 demonstra os dois tipos de folgas que existem no expansor.

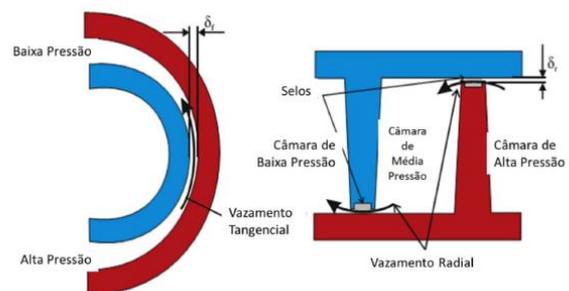


Figura 3 – Folgas radial e tangencial. Fonte: [3].

Devido a diferença de pressão entre as câmaras do expansor, o fluido de trabalho vaza através das folgas internas, caracterizando assim as folgas radiais e tangenciais. Estas folgas têm grande impacto na eficiência do expansor, pois parte da vazão que seria usada para a movimentação do scroll móvel atravessa as câmaras pelas folgas sem gerar trabalho. A equação 1 demonstra o cálculo para a eficiência isentrópica.

$$\eta = \frac{\dot{W}}{\dot{m} \cdot (h_1 - h_{2s})} \quad (1)$$

Onde η é a eficiência isentrópica do expensor, \dot{W} é a potência medida produzida pelo expensor, \dot{m} é a vazão em massa, h_1 é a entalpia de entrada e h_{2s} é a entalpia de saída para processo isentrópico.

Observando a equação, entende-se o porquê dos vazamentos prejudicarem a eficiência, pois a \dot{W} leva em conta apenas a vazão mássica que passou pelo processo de expansão, pois a vazão mássica do vazamento interno pelas folgas não gera trabalho.

2. Metodologia

Para a realização da análise experimental do expensor scroll, foi utilizada uma bancada já existente no Centro Universitário da FEI, tendo como objetivo alcançar uma maior eficiência isentrópica. Na figura 4, encontra-se uma representação da instalação que foi utilizada.

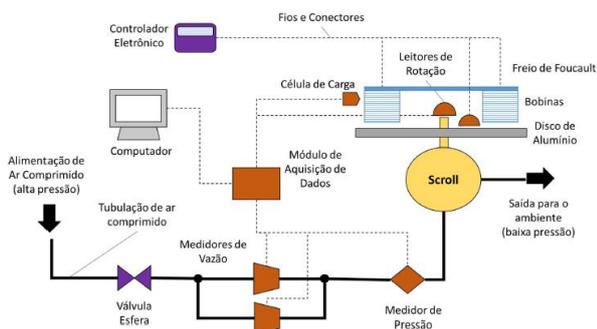


Figura 4 – Representação da bancada Fonte: [3].

O scroll e a bancada foram utilizados para quantificar as diferentes perdas e indicar como a geometria e outros fatores do expensor podem ser alterados para alcançar melhor desempenho. O scroll é alimentado com ar comprimido e inicialmente é feita a medição e ajuste de pressão e temperatura de entrada utilizando os medidores já existente na bancada. Após este processo, é utilizado um software que está acoplado aos sensores, que mede as seguintes grandezas: a rotação do eixo, pressão de entrada, vazão volumétrica. Posteriormente, são determinados os fatores como entalpia de saída e vazão.

O torque é medido por um freio Foucault acoplado a uma célula de carga. A Figura 5 demonstra os principais componentes da bancada mencionados.

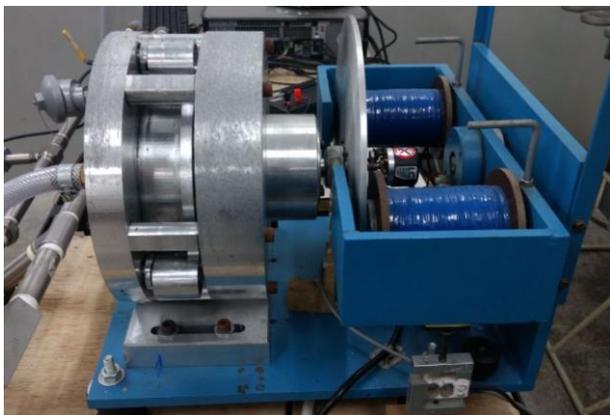


Figura 5 – Foto da bancada experimental.

Fonte: Autor.

3. Resultados

A figura 6 mostra os resultados definitivos obtidos durante o projeto. Os dados a seguir servem de afirmação e comprovação desta análise e mostram um aumento de 6,2% de eficiência isentrópica entre uma folga tangencial de 163 μm e 57 μm . Vale ressaltar que a potência é pouco afetada pela mudança dos vazamentos internos, se tornando desnecessária a apresentação gráfica em função da relação de pressão e da folga tangencial.

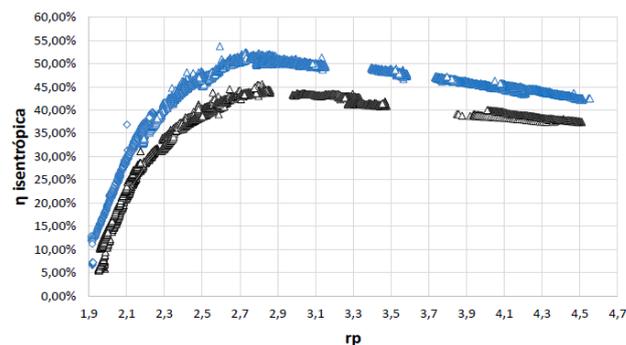


Figura 6 – Eficiência isentrópica em função da relação de pressão. Dados obtidos para folga tangencial de 163 μm (preto) e 57 μm (azul). Rotação 2600 rpm.

Fonte: Autor.

4. Conclusões

O projeto apresenta de forma quantitativa a relação entre a eficiência isentrópica de uma turbina scroll e as folgas internas, conforme mencionado no item 3. Esta análise serve de comparativo para os resultados obtidos via CFD do grupo de pesquisa.

5. Referências

- [1] QUOILIN, Sylvain et al. Techno-economic survey of Organic Rankine Cycle (ORC) systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 22, p. 168-186, 2013.
- [2] LEMORT, Vincent et al. Testing and modeling a scroll expander integrated into an Organic Rankine Cycle. *Applied Thermal Engineering*, v. 29, n. 14, p. 3094-3102, 2009.
- [3] FANTI, Gabriel (2017). Avaliação experimental da eficiência isentrópica de um expensor do tipo scroll. Dissertação de mestrado, Centro Universitário da FEI.
- [4] WU, Zhu et al. Experimental testing and numerical simulation of scroll expander in a small scale organic Rankine cycle system. *Applied Thermal Engineering*, v. 87, p. 529-537, 2015.

Agradecimentos

À instituição Centro Universitário FEI por proporcionar a oportunidade da participação da IC e ao meu orientador Prof. Dr. Paulo Mello, por todo conhecimento compartilhado e mentoria.

¹ Aluno de IC do Centro Universitário FEI. Projeto com vigência de 03/17 a 02/18.