

## **ESTUDO EXPERIMENTAL DE UM SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO COM COMPRESSOR ALTERNATIVO ISENTO DE ÓLEO UTILIZANDO O FLUIDO R-600a (ISOBUTANO).**

**José de Castro Silva, castro.silva@univasf.edu.br<sup>1</sup>**

**Ana Cristina G. Castro Silva, castroanasilva@gmail.com<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>UNIVASF (Universidade Federal do Vale do São Francisco) - Colegiado de Engenharia Mecânica

<sup>2</sup>UNIVASF (Universidade Federal do Vale do São Francisco) - Colegiado de Engenharia de Produção  
AV. ACM, 510 – Juazeiro/BA - Brasil

**Resumo:** *Sabe-se que o compressor é o principal componente dos ciclos (sistemas) de refrigeração por compressão de vapor, o compressor possui óleo lubrificante que contribui nos custos de fabricação, de manutenção e principalmente nos problemas ambientais relacionados ao óleo quando o compressor é descartado. Atualmente, não se encontram estudos publicados para o uso de um compressor alternativo isento de óleo em ciclos de refrigeração por compressão de vapor, sendo esse um interessante tema de inovação tecnológica. As vantagens da eliminação da lubrificação com óleo incluem a remoção de muitos modos de falha em compressores e motocompressores, reduzindo o número de componentes adicionais (acessórios) ao sistema de refrigeração e evitando sérios problemas de rendimento térmico associados à mistura do óleo com o fluido refrigerante do sistema, o óleo lubrificante promove situações de isolamento térmico nos evaporadores, com isso o sistema de refrigeração apresentará uma redução de sua capacidade frigorífica. Esse trabalho experimental utiliza um compressor alternativo isento de óleo, originalmente projetado para sistemas de ar comprimido, em um refrigerador (geladeira) com um refrigerante natural, o R-600a (isobutano). Com o objetivo de analisar o comportamento do compressor (isento de óleo), os parâmetros de pressões, temperaturas, superaquecimento e subsfriamento foram monitorados e apontam a possibilidade da aplicação do compressor.*

**Palavras-chave:** *Refrigeração, isobutano, compressor isento de óleo.*

### **1. INTRODUÇÃO**

Devido à importância do compressor e do fluido refrigerante nos ciclos de refrigeração por compressão de vapor e visando atender às necessidades do mercado atual de refrigeração residencial e comercial, que buscam novas alternativas às exigências ambientais relacionadas ao descarte de componentes nocivos e de substituição gradual dos fluidos refrigerantes que contribuem para a destruição da camada de ozônio e para o efeito estufa, este trabalho analisa experimentalmente um sistema frigorígeno de um refrigerador (geladeira) operando com um compressor alternativo isento de óleo (originalmente projetado para sistemas de ar comprimido em clínicas odontológicas) com um hidrocarboneto (Isobutano) como o fluido refrigerante. Nos trabalhos acadêmicos pesquisados até a finalização desse artigo, não foram encontrados estudos que aplicam compressores alternativos isentos de óleo em ciclos de refrigeração por compressão de vapor.

Durante os trabalhos realizados para sua dissertação de mestrado, SILVA J.C. (2008), efetuou pesquisas em sistemas de refrigeração de pequeno e médio porte. Como sistema de pequeno porte foi utilizado um bebedouro doméstico, que foi estudado para os fluidos refrigerantes R-290, R-600a e uma mistura desses dois gases, nas proporções de 50%/50%. Os resultados foram comparados com o fluido de trabalho original do bebedouro, o R-12. A mistura entre os fluidos refrigerantes (R-290+R-600a) apresentou o melhor rendimento em comparação a cada fluido individualmente, além de proporcionar o menor tempo de resfriamento da mesma massa de água. Entretanto, entre o R290 e o R600a, SILVA J.C. (2008) concluiu que o R-600a é o melhor candidato a substituir o R-12 em sistemas de refrigeração de pequeno porte, tipo bebedouro, sem que haja a necessidade de modificações nos componentes (compressor, condensador, dispositivo de expansão e evaporador) do sistema de refrigeração (circuito frigorígeno).

Uma das conclusões propostas por SILVA J.C. (2008), foi que o sistema de refrigeração de pequeno porte desempenhou uma pressão máxima de descarga de 98PSI<sub>g</sub> com o fluido refrigerante R-600a condensando a 55°C, como o compressor isento de óleo possui pressão máxima de descarga em 120PSI<sub>g</sub>, o mesmo foi capaz de trabalhar como substituto ao compressor original que possui óleo.

## 2. METODOLOGIA EXPERIMENTAL

As atividades experimentais foram realizadas com um refrigerador doméstico (geladeira), conforme mostrado na Fig. (1). As especificações técnicas do refrigerador e do compressor isento de óleo estão descritas na Tab. (1) e na Tab. (2).



**Figura 1. Refrigerador doméstico (Geladeira de 1 porta).**  
**Fonte: Próprio Autor (2009).**

**Tabela 1. Especificações técnicas do Refrigerador.**

<b>Fabricante</b>	Esmaltec
<b>Fluido / Carga</b>	R-134a / 70g
<b>Tensão</b>	127V
<b>Corrente</b>	0,91A
<b>Pressão de Alta</b>	190 PSIG
<b>Pressão de Baixa</b>	5 PSIG

**Tabela 2. Especificações técnicas do compressor isento de óleo.**

<b>Fabricante</b>	Schulz
<b>RPM</b>	1720
<b>Pressão máxima de alta</b>	120 PSIG
<b>Deslocamento teórico</b>	3 ft <sup>3</sup> /min (84 l/min)

### 2.1 – Estratégia e fases

Os estudos foram realizados no Laboratório de Refrigeração da sub-área de Termofluidos do Colegiado de Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF). A sequência empregada para os experimentos é indicada a seguir:

1º) Manutenção preventiva no compressor isento de óleo, Fig. (2);

2º) Instalação do compressor isento de óleo nas linhas de sucção e descarga originais mantendo-o em paralelo com o compressor original, Fig. (3);

- 3º Início de vácuo no sistema (Evacuação do circuito frigorígeno) com uma bomba de 5CFM;
- 4º Finalização de vácuo no sistema;
- 5º Instalação da instrumentação para a colada de dados, conforme ilustrado na Fig. (4);
- 6º Conexão da garrafa do fluido refrigerante a ser adicionado no circuito e posicionamento da garrafa do fluido refrigerante sobre a balança digital, conforme ilustrado na figura 5 e mostrado na figura 6;
- 7º Adição de isobutano (R-600a) até 50% da carga do fluido original;
- 8º Acionamento do compressor original;
- 9º Verificação da existência de congelamento na saída do dispositivo de expansão (Tubo capilar). Caso ocorra, procede-se a uma nova adição de fluido refrigerante com o compressor ligado até que o congelamento na saída do dispositivo de expansão desapareça. Registra-se então a massa total que entrou no circuito frigorígeno;
- 10º Desligar o compressor original que está em funcionamento e ligar o compressor isento de óleo;
- 11º Monitoramento e registro os valores de pressões (Sucção e descarga) e temperaturas (Sucção, descarga e interna do refrigerador).

As medições tiveram intervalos de 10min, cada experimento foi 15 vezes repetido para as coletas dos dados (medições). Os valores mostrados na Tab. (3) e Tab. (4) foram obtidos através de média simples. O início das coletas, ou seja, a primeira medição de cada coleta foi feita com a temperatura interna atingindo 0°C.



Figura 2. Detalhe do compressor isento de óleo durante a manutenção preventiva.  
Fonte: Próprio Autor (2009).

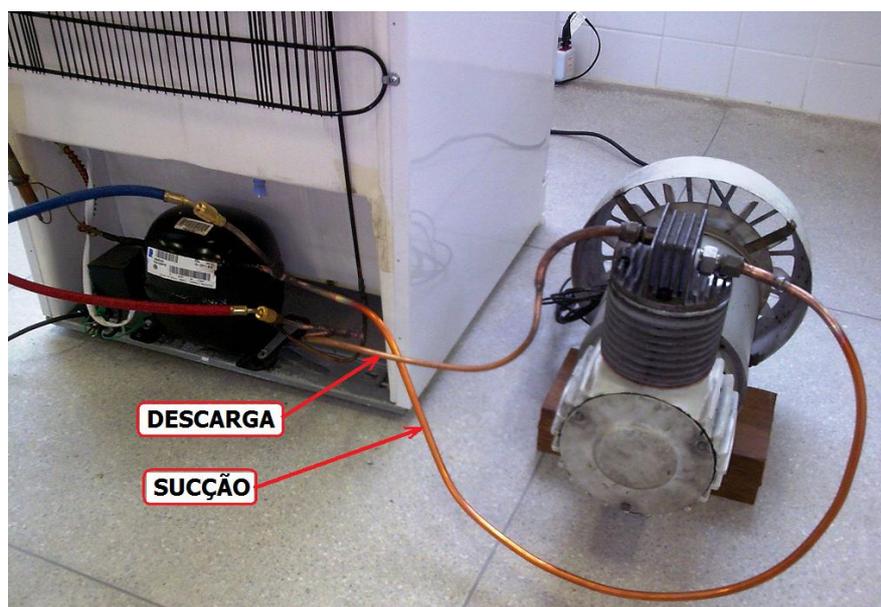


Figura 3. Motocompressor original do refrigerador e compressor isento de óleo instalados em paralelo.  
Fonte: Próprio Autor (2009).

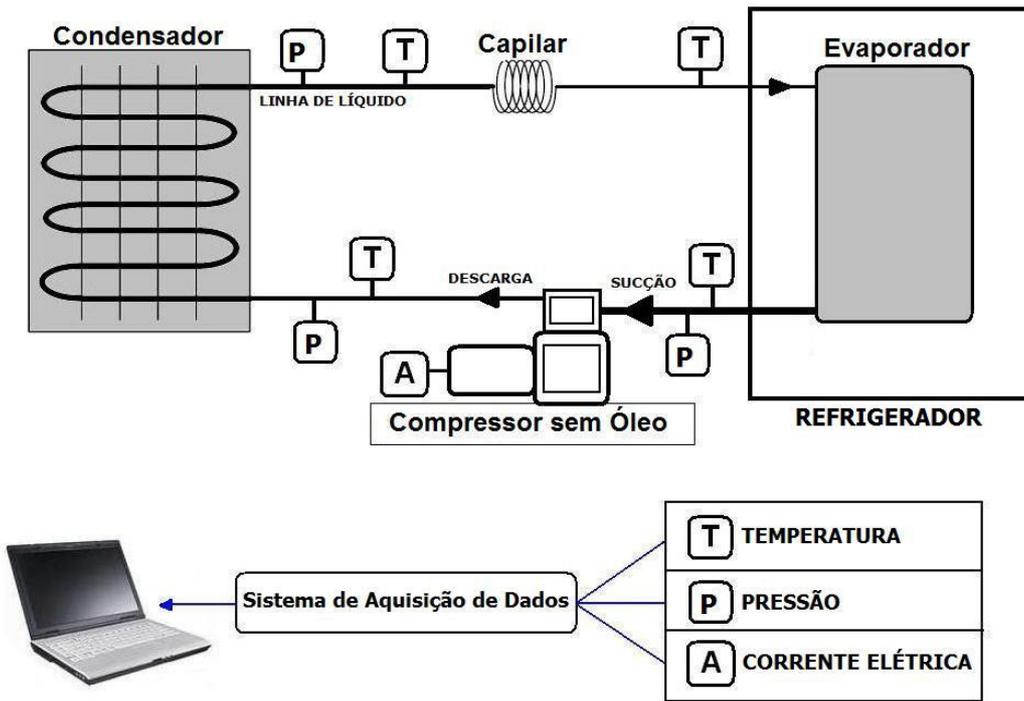


Figura 4. Diagrama esquemático da aquisição de dados.  
Fonte: Próprio Autor (2009).

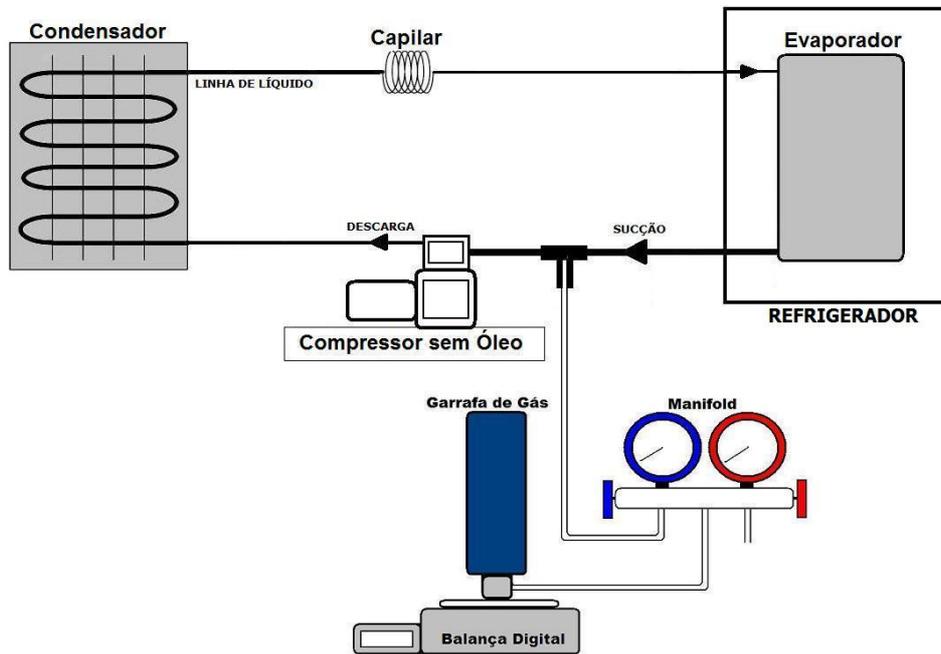


Figura 5. Diagrama esquemático da carga de fluido refrigerante.  
Fonte: Próprio Autor (2009).



Figura 6. Foto de uma carga de fluido refrigerante.  
Fonte: Próprio autor (2009).



Figura 7. Foto de um Datalogger para registrar a temperatura interna do refrigerador.  
Fonte: Próprio autor (2009).

### 3. RESULTADOS E DISCURSÕES

Neste item são apresentados e discutidos os resultados do experimento com o compressor isento de óleo e o fluido refrigerante R-600a, salienta-se que os outros componentes mecânicos do circuito frigorífero (condensador, dispositivo de expansão e evaporador) do refrigerador não sofreram alterações.

Tabela 3. Valores do superaquecimento e do subresfriamento

Medições	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Superaquecimento (°C)	25	24,8	25	24,5	25,5	24,5	24,2	24,5	25	24
Subresfriamento (°C)	22	22	20,5	20	19,5	19	20	19	18,5	18,5

Tabela 4. Valores das pressões e temperaturas

Medições	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Pressão de Sucção (PSIg)	3	3	2,5	2,5	2	2	2	1,5	1	1
Pressão de Descarga (PSIg)	110	110	109	110	109	108	108	108	107	107
Temperatura da Sucção (°C)	18	17,8	17,5	17	17	16	15,7	15,5	15	14
Temperatura da L. de Líq. (°C)	38	38	39	40	40	40	39	40	40	40
Temperatura Interna (°C)	0	-3	-4,4	-5	-6,8	-8,2	-10	-10,5	-10,8	-11

Verifica-se que o Superaquecimento apresentou-se muito alto, com valores variando entre 24°C e 25,5°C, sabe-se que esse fato é prejudicial, pois indica que boa parte do evaporador não está sendo ocupada por fluido refrigerante no estado líquido. A pressão de descarga não atingiu o limite da pressão máxima de trabalho do compressor isento de óleo de 120PSIg. As temperaturas de sucção e linha de líquido (saída do condensador) apresentaram valores coerentes. A temperatura do ar interno no compartimento superior do refrigerador (congelador mostrado pela Fig. (7)) atingiu, na fase final do experimento (após 90min), valores superiores aos registrados pelo refrigerador funcionando com o compressor original, ou seja, a menor temperatura registrada com o compressor original foi de -17°C e com o compressor isento de óleo foi de -11°C.

#### 4. CONCLUSÕES

As vantagens da eliminação da lubrificação com óleo em sistemas de refrigeração por compressão de vapor incluem a remoção de muitos problemas associados à mistura do óleo com o fluido refrigerante do sistema, o óleo lubrificante promove situações de isolamento térmico nos evaporadores, com isso o sistema apresenta uma redução de sua capacidade frigorífica (térmica).

O compressor alternativo isento de óleo, originalmente projetado para sistemas de ar comprimido, aplicado em um refrigerador (geladeira) com o fluido refrigerante R-600a (isobutano), apresentou valores de pressões operacionais não muito distorcidas dos motocompressores originais. Em um momento posterior, pode-se alterar o comprimento do dispositivo de expansão (capilar) com o objetivo de se elevar um pouco a pressão de sucção e reduzir a pressão de descarga, objetivando a redução do superaquecimento e o aumento do rendimento térmico através da redução da temperatura do ar interno no refrigerador como um todo.

Analisando os parâmetros mostrados na Tab. (1) e Tab. (2), conclui-se preliminarmente que há possibilidade do uso de compressores isentos de óleo. Porém, em trabalhos futuros, outros parâmetros, tais como: COP (Coeficiente de Performance) do compressor, análises energéticas e exergéticas poderão ser estudadas e apresentados para melhor fundamentar o estudo em questão.

#### 5. REFERÊNCIAS

- Antunes, A. H. Pontes, 2007. "Avaliação Experimental de um Sistema de Refrigeração com Variação na Rotação do Compressor", XIV Congresso Nacional de Estudantes de Engenharia Mecânica.
- Bandarra Filho, , 2009, "Flow boiling characteristics and flow pattern visualization of refrigerant/lubricant oil mixtures. International Journal of Refrigeration, 32 pp. 185-202.
- Chang Y. S., Kim M. S., Ro S. T., 1998, "Performance and heat transfer characteristics of hydrocarbon refrigerants in a heat pump system". International Journal of Refrigeration, 23 pp. 232-242.
- D.W Hughes, J.T McMullan, K.A Mawhinney, R. Morgan, 1984, "Influence of oil on evaporator heat transfer (results for R 12 and Shell Clavus 68)". International Journal of Refrigeration, 7 pp. 150-158.
- J. A. McGovern, 1989 "Low loss measurement of oil concentration in a refrigerant-oil mixture in a liquid line". International Journal of Refrigeration, 12 pp. 310-313.
- M. Youbi-Idrissi et al., 2003, "Impact of refrigerant-oil solubility on an evaporator performances working with R-407C". International Journal of Refrigeration, 26 pp. 284-292.
- Peixoto R. A, 2007. "Hidrocarbonetos: estado atual e tendências". Revista Climatização & Refrigeração, nº 83. Disponível em: (www.nteditorial.com.br).
- Silva, J. C., 2008, "Análise Experimental de Sistemas de Refrigeração Operando com R-290 e R600a como Fluidos Refrigerantes Alternativos" Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica – Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife-PE, 2008.

#### 6. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.

## EXPERIMENTAL STUDY OF A COOLING SYSTEM WITH RECIPROCATING COMPRESSOR OIL-FREE USING FLUID R-600a (ISOBUTANE).

José de Castro Silva, [castro.silva@univasf.edu.br](mailto:castro.silva@univasf.edu.br)<sup>1</sup>

Ana Cristina G. Castro Silva, [castroanasilva@gmail.com](mailto:castroanasilva@gmail.com)<sup>2</sup>

<sup>1</sup>UNIVASF (Federal University of San Francisco Valley) - Department of Mechanical Engineering

<sup>2</sup>UNIVASF (Federal University of San Francisco Valley) - Department of Production Engineering  
Avenue ACM, 510 – Juazeiro/BA - Brazil

**Abstract:** *It is known that the compressor is the main component of cycles (systems) of vapor compression refrigeration, the compressor lubricating oil contributes in manufacturing costs, maintenance and specially in environmental problems related to lubricant oil when the compressor is disposed. Currently, there are no published studies on the use of an reciprocating compressor oil-free in cycles of vapor compression refrigeration, this area being a interesting technological innovation. The advantages of the elimination of oil lubrication include the removal of many failure modes in compressors, reducing the number of additional components (accessories) to the system and avoiding serious problems of thermal efficiency associated with mixing the oil with the refrigerant, lubricating oil acts as thermal insulator in the evaporators, thereby the refrigeration system will present a reduction of its thermal capacity. This experimental study uses an alternative oil-free compressor, originally designed for compressed air systems, in a cooler (refrigerator) with a natural refrigerant, R-600a (isobutane). Aiming to analyze the behavior of the compressor (oil-free), the parameters of pressures, temperatures, superheat and subcooling were monitored and suggest the possibility of applying to the compressor.*

**Keywords:** *Refrigeration, isobutane, compressor, oil-free.*