

# **SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO POR COMPRESSÃO DE VAPOR OPERANDO COM O FLUIDO ALTERNATIVO MP 39 – DUPONT – PARA PRODUÇÃO DE AR QUENTE E SECO.** Ana Beatriz Ferreira da Silva, José Luz Silveira, Joaquim Antônio dos Reis. – Energia – Engenharia de Produção Mecânica – Departamento de Energia - Faculdade de Engenharia – Campus Guaratinguetá

Na atmosfera terrestre existem vários gases que desempenham funções essenciais para a manutenção da vida no planeta. Um desses gases é o ozônio (O<sub>3</sub>) que está presente na estratosfera na forma de uma fina camada nos trópicos e mais densa nos pólos. Sua função é absorver parte dos raios ultravioleta (UV) emitidos pela radiação solar, considerados potencialmente nocivos à vida terrestre por causar prejuízos à vegetação e enfermidades humanas graves como o câncer de pele.

Nos últimos anos, a destruição da camada de ozônio tem sido alvo de constante preocupação, pois é consequência dos efeitos do homem sobre o meio ambiente, principalmente pelo lançamento indiscriminado de gases poluentes, como os refrigerantes halogenados denominados cloro-flúor-carbonos (CFCs).

Os CFCs são produzidos industrialmente e utilizados como fluido de trabalho em sistemas de refrigeração, aparelhos de ar condicionado, aerossóis, solventes e na produção de estruturas poliméricas. Estudos mostram que esses compostos químicos são potencialmente perigosos, pois quando degradados, liberam radicais clorados monoatômicos que decompõem as moléculas de ozônio em oxigênio gasoso e óxido de cloro.

Desta forma, para evitar a crescente destruição da camada de ozônio, foi assinado em 1987, um acordo mundial entre diversos países com o objetivo de interromper a produção dos CFCs. Esse acordo ficou conhecido como Protocolo de Montreal, e após duas revisões com base em estudos e avanços científicos sobre o problema, ficou estipulado o fim da produção dos compostos clorados até 1995 para os países desenvolvidos.

Neste sentido, os países da União Européia foram os primeiros a adotar as medidas restritivas do Protocolo, reconhecendo suas responsabilidades quanto à destruição do meio ambiente e financiando novos estudos e pesquisas com o objetivo de encontrar substitutos para os CFCs (Carver, 1998).

O Protocolo também estabeleceu a data limite de 2030 para o bloqueio à produção de CFCs nos países em desenvolvimento. No Brasil, desde 1997, fluidos alternativos já têm sido utilizados nos sistemas de refrigeração de todos os automóveis novos produzidos, por uma exigência legal. Nestes novos sistemas, até 1997, o principal refrigerante alternativo era o R134a, inofensivo à camada de ozônio, por não ser um composto clorado. Em 1998, surgiram dois novos fluidos refrigerantes, o Suva MP 39 fabricado pela DuPont, e o Isceon-49 produzido pela Rhodia. Embora esses dois últimos refrigerantes estejam sendo comercialmente utilizados em substituição ao CFC R12, poucos estudos a respeito do potencial energético de sistemas operando com eles são encontrados na literatura científica.

Com o tratado internacional sobre o fim da produção dos refrigerantes cloro-flúor-carbonados (CFCs), novos fluidos de trabalho em sistemas de refrigeração têm sido estudados e propostos para eliminar o problema relativo à destruição da camada de ozônio. Como substituto para o refrigerante R12 (dicloro,difluor-metano), além da utilização do R134a (1,1,1,2 tetrafluor-etano) existem em nível nacional mais dois refrigerantes alternativos, o Suva MP 39 fabricado pela DuPont, e o Isceon-49 produzido pela Rhodia que é um composto não-clorado e portanto, indiferente a reação com ozônio (Vineyard et al., 1989).

Estabelecida no mercado de refrigeração como uma das pioneiras no desenvolvimento de fluidos refrigerantes, a DuPont com sua linha de refrigerantes alternativos Suva – composta por HFCs (hidrofluorcarbonos isentos de átomos de cloro em sua composição) (Química/Março 2004) - procura atender o mercado de refrigeração e ar condicionado, que utilizam compressores com deslocamento positivo e evaporadores de expansão direta. Segundo a DuPont, o impacto causado na camada de ozônio pelos SUVA MP39 e MP66 e o SUVA MP80 e MP81 chega a ser 98% menor que os CFC. (Química/Março 2004). Alguns dos fluidos refrigerantes alternativos substitutos aos CFC-12, oferecidos pela DuPont são: Suva MP39, Suva 409A, Suva MP 66 e o Suva 134a.

Com atuação mais recente no mercado brasileiro, a Rhodia lançou nos últimos quatro anos a sua linha de gases refrigerantes que não agredem a camada de ozônio, denominada Isceon 9 series. Esses refrigerantes foram desenvolvidos para substituição direta dos CFCs atuais, apresentando compatibilidade com o óleo mineral e com os materiais existentes, apresentando utilidade em novos equipamentos e também no retrofit de sistemas em operação, sem contudo exigir a troca de qualquer peça ou parte do sistema. A linha de gases foi desenvolvida para substituir os refrigerantes CFC-12, HCFC-22, R-502 e R13B1. Os refrigerantes alternativos ao CFC-12, oferecidos pela Rhodia são: ISCEON 39 TC e o ISCEON 49.

Para a realização do estudo, primeiramente analisaram-se os dados obtidos por Mello (2005) e Gouvêa (2002), para então levantar os dados experimentais em uma bancada de refrigeração do tipo DEGEM-4, disponível no Laboratório da Área Térmica (L.A.T.), do Departamento de Energia da Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá – UNESP, com o objetivo de determinar a performance energética do sistema com a aplicação do MP39 como fluido alternativo, na obtenção de ar quente e seco. Após a substituição do R134a pelo MP39-DuPont na Bancada Experimental e adaptação da mesma para produção de ar quente e seco, foram inicializados os ensaios pertinentes, de modo a possibilitar a determinação dos parâmetros significativos do processo.

Os dados teóricos do fluido MP39, obtidos por Mello (2005), estão apresentados na tabela 1:

Tabela 1 - Resultados obtidos do balanço energético do ciclo teórico operando com MP 39.

	$Q_{\text{evap}}$	$Q_{\text{cond}}$	$W_{\text{comp}}$	$\text{COP}_F$
MP39	622,94W	724,91 W	101,97 W	6,11

Após a realização do experimento, obtiveram-se os dados referentes ao MP39 apresentados na tabela 2:

Tabela 2 - Resultados obtidos do balanço energético do ciclo real operando com MP 39.

	$Q_{\text{evap}}$	$Q_{\text{cond}}$	$W_{\text{comp}}$	$\text{COP}_F$
MP39 em V1	1862,3W	2168,7W	306,47W	6,08
MP39 em V2	1870,8W	2198,7W	327,86W	5,71

Os dados teóricos utilizados para o ar foram o de Gouvêa (2002) para o FREON 12 e estão apresentados na figura 1:

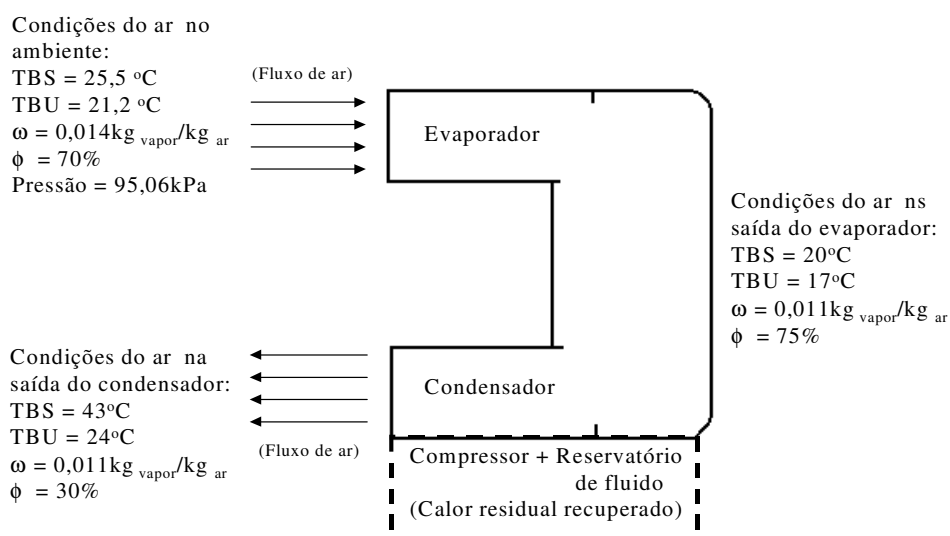


Figura 1 – Representação esquemática do ar ao passar pelo duto (FREON 12).

Após o experimento com o MP39, obteve-se os dados apresentados na figura 2 para o ar:

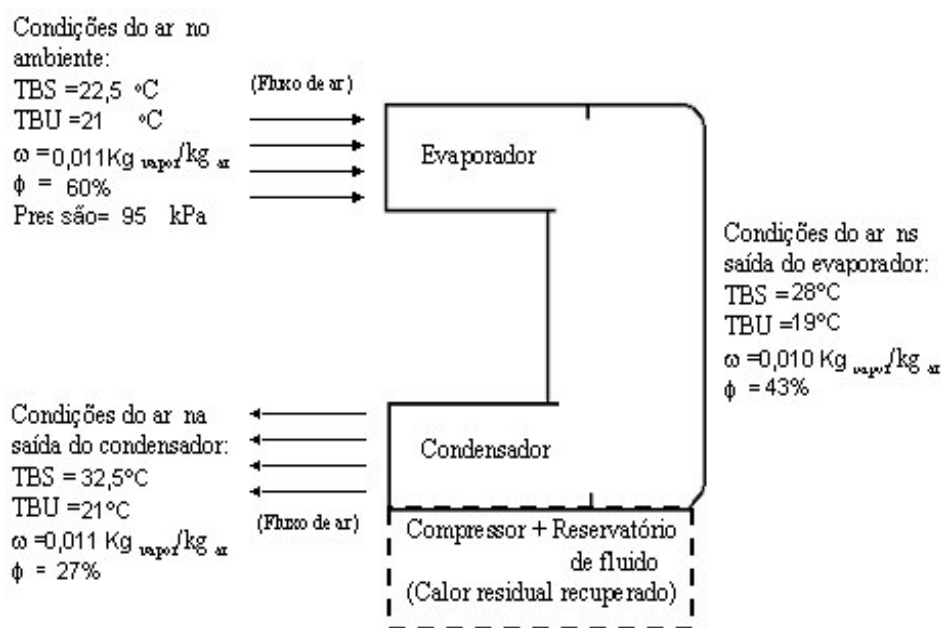


Figura 2 – Representação esquemática do ar ao passar pelo duto (MP39).

Na tabela 1 estão os resultados obtidos a partir dos dados teóricos, enquanto que na tabela 2 estão os resultados obtidos com os dados experimentais, realizados em alta rotação (V1) e baixa rotação (V2). Na figura 1 estão apresentados os dados obtidos com o ar passa pelo duto quando operando com o Freon 12, enquanto que a figura 2 é quando o ar passa pelo duto operando com o MP 39.

Assim, com os resultados acima apresentados, concluímos que o fluido MP39 é um fluido alternativo interessante sob o ponto de vista termodinâmico, uma vez que pode substituir o R-12 e tem vários benefícios já citados nesse relatório.

Primeiramente, a partir dos dados fornecidos por Mello do MP39 e por Gouvêa do ar com o Freon 12, pode-se fazer uma análise teórica. Posteriormente, fez-se o experimento, e assim, pode-se analisar com mais base os resultados:

- O fluxo mássico do MP39 experimentalmente foi maior que o teórico (mais que o dobro);
- A vazão mássica de ar aumento se comparada com a teórica, tanto para V1 quanto para V2;
- A taxa de calor evaporador e no condensador e a potência requerida no compressor com o MP39 experimentalmente foi bem maior que a teórica. E para V2 foi um pouco maior que para V1;
- O coeficiente de performance do sistema foi um pouco menor que o teórico, sendo que para V2 foi de 5,71, para V1 foi 6,08 e o teórico é 6,11.
- A umidade relativa na entrada do evaporador foi cerca de 60% e a umidade absoluta foi de 0,011Kg vapor/Kgar quando utilizamos o Mp39, enquanto que a umidade relativa e absoluta para o Freon 12 foi 70% e 0,014Kg vapor/Kgar, respectivamente.
- Na saída do condensador a umidade relativa e a umidade absoluta foram bem próximas (Mp39 e Freon12). Cerca de 27% e 0,011Kg vapor/Kgar com Mp39 e de 30% e 0,011 Kg vapor/kgar com Freon 12.

A partir das considerações acima, pode-se concluir que o Mp39 pode produzir ar quente e seco, assim como o Freon12, uma vez que suas umidades absolutas são praticamente as mesmas. Porém experimentalmente é necessário que o compressor, condensador e evaporador trabalhem com uma necessidade de energia maior que a esperada na teoria.

Pode-se observar que o sistema estudado é mais eficiente quando o ventilador do evaporador está com uma rotação menor, uma vez que a temperatura de saída do condensador é maior, isto é, o ar sai mais quente se comparador com o ventilador em alta rotação. Porém o sistema com Mp39 gasta mais energia com mais rotação.

Vale lembrar que os dados experimentais foram coletados durante vários dias, o que faz com que a pressão e a temperatura do laboratório varie, e isso influencia nos resultados.

#### **Referências Bibliográficas:**

- REFRIGERANTE <[www.otiomao.com.br/refrigerante.html](http://www.otiomao.com.br/refrigerante.html)> [consultado em Janeiro de 2006]
- MISTURA DE FLUIDOS REFRIGERANTE APROVADOS PELA EMBRACO <[www.refrigerista.com.br/MATERIAS/retro002.html](http://www.refrigerista.com.br/MATERIAS/retro002.html)> [consultado em Janeiro de 2006]
- MEIO AMBIENTE <[www.portalabrava.com.br/news/revista/ler\\_195.asp?varLer=195\\_09&tit=Meio%20Ambiente](http://www.portalabrava.com.br/news/revista/ler_195.asp?varLer=195_09&tit=Meio%20Ambiente)> [consultado em Fevereiro de 2006]
- THE MIRACLES OF SCIENCE <[www.dupont.com.br/public/port//produto/ produto](http://www.dupont.com.br/public/port//produto/ produto)> [consultado em fevereiro de 2006]
- FLUIDO REFRIGERANTE <[www.myspace.eng.br/eng/refrig/refrig2.asp#fluido](http://www.myspace.eng.br/eng/refrig/refrig2.asp#fluido)> [consultado em fevereiro de 2006]
- IMPACTO AMBIENTAL DE REFRIGERANTES EM SISTEMAS DE REFRIGERAÇÃO E AC <[www.auditoriaambiental.com.br/artigos/20.pdf](http://www.auditoriaambiental.com.br/artigos/20.pdf)> [consultado em Março de 2006]
- CONTROLE TÉRMICO DE AMBIENTES <[www.fem.unicamp.br/~em672/Ciclo\\_Refrigeracao\\_Refrigerantes.doc](http://www.fem.unicamp.br/~em672/Ciclo_Refrigeracao_Refrigerantes.doc)> [consultado em Março de 2006]
- Dupont Fluidos Refrigerantes Suva® MP e 409A - Propriedades, Uso, Armazenagem e Manuseio.
- MELLO, P; “Análise experimental de um sistema de refrigeração por compressão de vapor operando com o fluido alternativo MP39 – Dupont”, relatório parcial PIBIC/CNPq, p.27, 2005.
- GOUVÊA, P. E. M., SILVEIRA, J. L.A Substituição de Fluidos Refrigerantes como Alternativa para a Preservação da Camada de Ozônio: Aspectos Históricos, Científicos e Econômicos In: Jornada de Iniciação Científica e Pós-Graduação, 2002, Guaratinguetá. Anais da Jornada. , 2002. v.1. p.1 - 7

**Bolsa:** CNPq/PIBIC