

**Nº175626**

**Eficientização e eliminação em sistemas de produção de água gelada através de resfriadores por absorção a gás natural: ciclo 2004/2005**

**Renato Vergnhanini Filho**

*Artigo publicado São Paulo: IPT,  
2018. 3p. (Projeto COMGAS, artigo  
P01, publicado no site da ARSESP)*

A série “Comunicação Técnica” compreende trabalhos elaborados por técnicos do IPT, apresentados em eventos, publicados em revistas especializadas ou quando seu conteúdo apresentar relevância pública.



---

**P01, Eficientização e eliminação de CFC em sistemas de produção de água gelada através de resfriadores por absorção a gás natural. Ciclo 2004/2005.**

Renato Vergnhanini Filho

COMGÁS - Companhia de Gás de São Paulo

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas – Laboratório de Engenharia Térmica

**Resumo** – As centrais de ar condicionado com água gelada de edifícios comerciais são sistemas de consumo intensivo de energia. O resfriamento da água gelada usualmente no Brasil é obtido pelo uso de “chillers” que utilizam energia elétrica e fluidos refrigerantes que agredem o meio ambiente. O objetivo deste trabalho foi o estudo da tecnologia dos “chillers” a absorção e suas vantagens comparativas sobre os tradicionais “chillers” elétricos, do ponto de vista energético, ambiental e econômico.

Palavras-chave: “chillers” elétricos; “chillers” a absorção; produção de água gelada; central de ar condicionado; ciclos de refrigeração; fluidos refrigerantes.

### **Introdução - Objetivo do projeto**

As centrais de ar condicionado com água gelada de edifícios comerciais são sistemas de consumo intensivo de energia. Ele pode variar de cerca de 20 a 60 % do consumo total de energia elétrica de edifício.

O resfriamento da água gelada é obtido pelo uso de “chillers” - máquinas térmicas de refrigeração que, tradicionalmente no Brasil, utilizam energia elétrica para o acionamento de compressores mecânicos. Nesse caso, o ciclo de refrigeração no qual tal máquina térmica se baseia é o ciclo de compressão de vapor, que faz uso de fluidos refrigerantes para a produção do efeito útil que é o resfriamento da água.

As regras atuais de tarifação da energia elétrica penalizam sobremaneira os equipamentos com fator de carga não muito elevado, o que pode muitas vezes acontecer com os “chillers” elétricos. A perda da eficiência energética com o tempo de uso se adiciona à questão tarifária para ocasionar custos operacionais elevados em “chillers” elétricos antigos.

Os fluidos refrigerantes utilizados pelos “chillers” elétricos são hidrocarbonetos halogenados, os assim denominados CFCs e HCFCs. A questão do uso de CFCs e HCFCs pela sociedade foi objeto de intensas discussões de âmbito mundial em um passado recente, devido ao efeito nocivo que, conforme descobertas recentes, esses compostos têm sobre a camada de ozônio. A possibilidade de uso dos HCFCs, menos agressivos ao ozônio do que os CFCs é uma solução paliativa e terá que ser tratada no médio prazo, o que afeta diretamente as máquinas baseadas no ciclo de compressão de vapor (máquinas elétricas). A máquina de absorção utiliza como fluido de

trabalho uma solução química que não agride o meio ambiente.

Dentro desse contexto, o presente trabalho teve como objeto de estudo os “chillers” a absorção e suas vantagens comparativas sobre os tradicionais “chillers” elétricos, tanto do ponto de vista energético e ambiental, como econômico.

O principal produto do trabalho foi um modelo, implantado em planilhas Excel, de viabilidade econômica de substituição de “chillers” elétricos (Figura 1) em centrais de água gelada já em operação, com tempo de vida médio ou longo, por “chillers” de absorção a gás (Figura 2).

### **Desenvolvimento**

O trabalho foi desenvolvido através da realização de um conjunto de atividades, sumariamente apresentadas a seguir.

#### Revisão bibliográfica

Foram levantadas informações sobre “chillers” que operam com ciclo de absorção. Foram consultados livros, artigos de revistas técnicas nacionais e internacionais, assim como catálogos de fabricantes.

Tendo em vista uma análise comparativa entre as máquinas a absorção e as máquinas tradicionais que operam segundo o ciclo de compressão de vapor, acionadas por motores elétricos, o foco da revisão bibliográfica efetuada foi a obtenção das seguintes informações: tecnologias atuais, fundamentos do ciclo termodinâmico, desempenho das máquinas, custos, aspectos relacionados à manutenção e vida útil e particularidades pertinentes a cada concepção.

A revisão bibliográfica incluiu, também, os impactos ambientais, técnicos e econômicos

associados aos CFCs e HCFCs, e a substituição deles pelos HFCs (hidrofluorcarbonos).



Figura 1 – “Chiller” elétrico



Figura 2 – “Chiller” de absorção

#### Elaboração de modelo matemático de comparação entre os dois sistemas de condicionamento de ar

Foi elaborado um modelo matemático de comparação entre um sistema de ar condicionado com “chillers” elétricos e um sistema com “chillers” a absorção. O modelo se constitui de três partes (“modelos”):

– Modelo matemático do processo de condicionamento de ar de um prédio, com máquinas de resfriamento do tipo “chiller” e do tipo “self-contained”.

– Modelo matemático do processo de condicionamento de ar de um prédio, com máquinas de refrigeração que operam segundo um ciclo de absorção, tendo como recurso principal de energia o gás natural.

– Modelo de estudo de viabilidade econômica da substituição de um sistema de condicionamento de ar original, com “chillers” elétricos, por um sistema alternativo, em que a máquina de refrigeração é do tipo de absorção a gás natural.

#### Estudo de caso - análise da substituição de sistema de ar condicionado de prédio

Foi analisada a substituição de sistema tradicional de ar condicionado, com acionamento elétrico, por um sistema com máquina de absorção a gás natural, num prédio comercial em

São Paulo, pertencente à CPOS - Companhia Paulista de Obras e Serviços (Figura 3).



Figura 3 – Prédio da CPOS

Os ambientes do prédio são condicionados por “self-contained” e, parte, por “fan coils”, alimentados por água gelada da CAG (Central de Água Gelada). A CAG é composta por dois “chillers” (Figura 4) com capacidade unitária de cerca de 250 TR (toneladas de refrigeração; 1 TR = 12.000 BTU/h). Circulam pelos “chillers” aproximadamente 300 m<sup>3</sup>/h de água gelada e 520 m<sup>3</sup>/h de água de condensação.



Figura 4 – Central de água gelada da CPOS

Foi feito o cálculo da carga térmica do prédio com base na planta de cada ambiente condicionado, de duas formas: utilizando-se um programa comercial consagrado e através de uma metodologia desenvolvida no IPT.

A central de água gelada do sistema de condicionamento de ar do edifício foi monitorada continuamente durante um período aproximado de 15 dias com o intuito principal de:

– Avaliar a carga térmica real de resfriamento demandada aos “chillers”.

– Avaliar o coeficiente de eficácia (COP) real das máquinas sob diversas condições de operação (determinação da curva COP versus fator de carga).

Foram medidas variáveis elétricas - tensão, corrente, potência ativa e reativa (registros a intervalos de 5 minutos) e outras variáveis - vazão e temperatura da água em vários pontos, e temperatura do ar ambiente (registros a cada 1 minuto).

Foram analisadas duas situações:

\_ Substituição do sistema constituído pelos “chillers” elétricos e pelos “self-contained”.

\_ Substituição do sistema constituído somente pelos “chillers” elétricos.

### Resultados obtidos e conclusões

O principal objetivo do trabalho (estudo da tecnologia de “chillers” a absorção e avaliação das vantagens comparativas desse tipo de equipamento sobre os tradicionais “chillers” elétricos, tanto do ponto de vista energético, ambiental, como econômico) foi atingido. Cabem duas observações:

\_ Os modelos desenvolvidos e o estudo de viabilidade econômica realizado são baseados em hipóteses simplificadoras e em informações fornecidas por terceiros, muitas vezes difíceis de atestar. Dessa forma, os resultados obtidos devem ser aceitos com a cautela apropriada.

\_ Os estudos realizados não avaliaram a possibilidade da substituição de “chillers” elétricos de meia vida por “chillers” elétricos novos; restringiram-se ao estudo de substituição por “chillers” de absorção a gás natural novos.

### Referências

ASHRAE Handbook. Absorption Cooling, Heating, and Refrigeration Equipment. Chapter 40, 1994.

Berlitz, T et. al. A Contribution to the Evaluation of the Economic Perspectives of Absorption Chillers. International Journal of Refrigeration, vol. 220, p. 67-76, 1999.

Cerkvenik, B. et. al. Influence of Absorption Cycle Limitations on the System Performance. International Journal of Refrigeration, vol. 24, p. 475-485, 2001.

Chow, T.T. et. al. Global Optimization of Absorption Chiller System by Genetic Algorithm and Neural Network. Energy and Building, vol. 34, p. 103-190, 2002.

Chow, T.T. et. al. Applying Neural Network and Genetic Algorithm in Chiller System Optimization. Building Simulation, p. 1059, Seventh International IBPSA Conference, Brasil-RJ, august 13-15, 2001.

Chua, H.T. et. al. A General Thermodynamic Framework for Understanding the Behavior of Absorption Chillers. International Journal of Refrigeration, vol. 23, p. 491-507, 2000.

Garland, P.W. & Garland R.W. Absorption Chillers: Technology for the Future. Energy Engineering, nº 6, vol. 94, p. 45-60, 1997.

Gordon, J.M. & Ng, K.C. Predictive and Diagnostic Aspects of a Universal Thermodynamic Model for Chillers. International Journal of Heat Mass Transfer, vol. 38, nº 5, p. 807-818, 1995.

Herold, K. Design Challenges in Absorption Chillers. Mechanical Engineering, october, vol. 117, p. 80-83, 1985.

Herold, K. et. al. Absorption Chillers and Heat Pumps. CRC Press, 1996.

Katzel, J. Don't Overlook Natural Gas Cooling Equipment. Plant Engineering, march, vol. 51, p. 68, 1997.

Levine, R. Why Absorption Chillers. Plant Engineering, nº 12, vol. 55, p. 32, 2001.

Meckler, M. Rethinking Chiller Plant Design. Heating Piping Air Conditioning, nº 1, vol. 70, p. 97-99, 1998.

Park, C.W. et. al. Energy Consumption Characteristics of an Absorption Chiller During the Partial Load Operation. International Journal of Refrigeration, vol. 27, p. 948-954, 2004.

Pohl, J.P. Investigation and Comparison of Two Configurations of a Novel Open-Cycle Absorptions Chiller. International Journal of Refrigeration, vol. 21, nº 2, p. 142-149, 1998.

Rafferty, K.D. Absorption Refrigeration. Geothermal Direct Use Engineering and Design Guidebook, Geo-Heat Center, Oregon Institute of Technology, cap. 13, p. 299-306, 3ª edit., 1998.

Rector J.D. Operation & Maintenance Considerations for Gas Cooling Equipment. Energy Engineering, nº 1, vol. 94, p. 69-79, 1997.

Tozer, R.M. Operating Comparison of Absorption and Centrifugal Chillers. ASHRAE Journal, vol. 36, p. 20-23, 1994.

Tozer, R.M. & James, R.W. Heat Powered Refrigeration Cycles. Applied Thermal Engineering, vol. 18, p. 731-743, 1998.

Yoon, J.I. Cycle Analysis of Air-Cooled Absorption Chiller Using a New Working Solution. Energy, vol. 24, p. 705-809, 1999.