



COMPROMETIDA COM A PROMOÇÃO DO DESENVOLVIMENTO DA ENGENHARIA E DAS CIÊNCIAS MECÂNICAS

VI CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA
VI NATIONAL CONGRESS OF MECHANICAL ENGINEERING
18 a 21 de agosto de 2010 – Campina Grande – Paraíba - Brasil
August 18 – 21, 2010 – Campina Grande – Paraíba – Brazil

ANÁLISE DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE UM CHILLER DOMÉSTICO FUNCIONANDO COM COMPRESSÃO MECÂNICA E SISTEMA TERMOELÉTRICO

Cavalcanti, E.J.C, educanti@ufrnet.br
Barbosa, C. R. F, cleiton@ufrnet.br
Fontes, F.A.O, francisfontes@uol.com.br

Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Departamento de Engenharia Mecânica, Campus Universitário, S/N, Natal-RN 59072-970

Resumo: *Os sistemas de refrigeração possuem uma vasta aplicação na indústria, comércio e bem estar humano. Pesquisas nesse setor consistem na substituição dos refrigerantes convencionais e o desenvolvimento de sistemas alternativos. Os refrigerantes a base de CFC podem ser substituídos por hidrocarbonetos que não contribuem para a degradação da camada de ozônio com um baixo potencial de aquecimento global. Os sistemas alternativos devem reduzir o consumo de energia. Na presente pesquisa, foram instrumentados, em um refrigerador de pequeno porte, sensores de pressão (somente no sistema convencional), de temperatura e de potência, conectados a um sistema de aquisição de dados de modo a compará-los. Foram testados três sistemas de refrigeração: Por compressão à vapor utilizando R-134a, e substituindo o refrigerante (retrofit) por R600a e o sistema alternativo com módulo termoelétrico. O dispositivo termoelétrico opera pelo princípio do “Efeito Peltier”, ou seja, na geração de gradiente de temperatura através de passagem de corrente elétrica através de um semicondutor. Foi comparada a redução da temperatura da água dentro do bebedouro e a evolução do coeficiente de eficácia ao longo do tempo nos sistemas. Esse trabalho permite comparar e orientar o sistema mais econômico para o uso racional de energia elétrica.*

Palavras-chave: *Refrigeração, módulo termoelétrico, efeito Peltier, retrofit, COP.*

1. INTRODUÇÃO

Devido à degradação do planeta e o aquecimento global, a questão ambiental ganha cada vez mais importância. Nesta situação, se torna necessário a redução desses níveis de degradação. Sendo possível de duas formas básicas: A racionalização no uso dos recursos e a minimização na produção de resíduos.

Nos países industrializados existe um alto consumo de energia na indústria de refrigeração para produção de frio, para conforto térmico, para conservação de alimentos e condicionamento de bebidas. O meio mais utilizado para produção do frio é o ciclo de compressão. Este ciclo apresenta alguns inconvenientes, como o uso de fluidos refrigerantes danosos ao meio ambiente. Os primeiros refrigerantes utilizados nos sistemas de refrigeração por compressão de vapor, no início do século XX, eram os refrigerantes naturais: Amônia, ácido sulfúrico, dióxido de carbono, e hidrocarbonetos, entretanto a partir da década de 30, os refrigerantes sintéticos CFCs substituíram gradativa os refrigerantes naturais uma vez que estes não são inflamáveis, não são explosivos, não são tóxicos, não tem cheiro, e não corroe metais.

Em seguida a constatação da destruição da camada de ozônio, provocou em 1987, o firmamento do Protocolo de Montreal, por mais de 160 países, visando aplicar um cronograma para a redução, eliminação e controle para a produção e consumo das substâncias destruidoras de ozônio - SDOs. Uma alternativa é a substituição das SDOs por outras substâncias (atividade conhecida como retrofit) daí ocorrendo o aparecimento na década de 80 e 90 dos hidrofluorcarbono (HFC) como substâncias substitutas dos clorofluorcarbono (CFC) e hidroclorofluorcarbono (HCFC), portanto os HFCs por não terem na sua composição o cloro não destroem a camada de ozônio, porém contribuem para o processo de aquecimento global terrestre.

Desta maneira os hidrocarbonetos que fazem parte do grupo de refrigerantes naturais, naturais por não serem substâncias destruidoras da camada de ozônio e contribuição desprezível para o aquecimento global terrestre retornam como uma possível solução para substituição desses refrigerantes sintéticos, principalmente em refrigeradores domésticos face às pequenas massas de refrigerantes envolvidas, minimizando os aspectos de segurança.

Segundo Peixoto (2007), os refrigerantes naturais por causarem menores impactos ambientais e por serem mais adequados dentro da perspectiva de desenvolvimento tecnológico sustentável podem vir a ter um papel importante no futuro como solução técnica em diversas aplicações como refrigerantes.

O uso de refrigerantes naturais também é defendido do ponto de vista econômico. Os refrigerantes são muitos baratos, o que tem efeito positivo, não só no custo associado à carga inicial de refrigerante de uma instalação, mas também, considerando os custos operacionais devido à necessidade de reposição em função dos vazamentos, além da diminuição do consumo de energia de uma instalação face ser altamente eficientes.

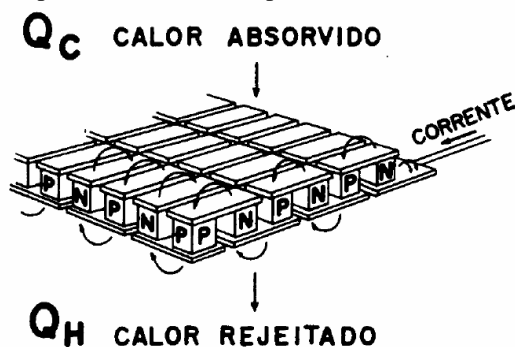
Há mais de 50 anos atrás os hidrocarbonetos foram testados pela primeira vez em sistemas de refrigeração de pequeno porte em um equipamento convencional sem apresentar nenhum problema e demonstrando um excelente desempenho termodinâmico, conforme Lorentzen (1995). Desde então, a utilização de misturas de propano (R-290), isobutano (R-600a), e outros hidrocarbonetos têm sido aperfeiçoada a ponto de ser destinada a instalações de refrigeração de grande porte.

As possibilidades de se utilizar hidrocarbonetos como fluidos refrigerantes em equipamentos de refrigeração são discutidos por Granryd (2001). Diferentes hidrocarbonetos são listados e as características em termos de ciclos termodinâmicos e transferência de calor são apresentadas. O autor observa que a mistura propano/butano na proporção 50%/50% se destaca por estar em um patamar de desempenho entre o R-12, R-22 e o R-134a, podendo desta maneira ser um excelente substituto em diversas aplicações.

Outra opção é o desenvolvimento de sistemas alternativos que substituam os sistemas convencionais de compressão de vapor. Nessa linha tecnológica, existem os módulos Peltier, denominados também de pastilhas ou placas termoeletricas (TEC's). Estes consistem de pequenas unidades que operam como refrigerador ou bomba de calor. Esses módulos são constituídos por uma camada de pequenos cubos de Bi_2Te_3 (Telureto de Bismuto) revestidos de placas cerâmicas. Estes dispositivos operam baseados no "Efeito Peltier". Em 1894, o cientista Francês Jean C. A. Peltier descobriu que quando uma corrente elétrica que passa através de dois condutores elétricos diferentes faz com que calor seja removido ou absorvido na junção dos condutores.

Romani (2007) descreve o princípio de funcionamento dos módulos termoeletricos. A eletricidade é o movimento de elétrons em um circuito e ocorre quando em um condutor é aplicada uma voltagem. A voltagem fornece uma força eletromotriz que coloca os elétrons em movimento gerando uma corrente elétrica. Quanto menor o número de elétrons nas camadas mais externas, mais facilmente eles podem saltar quando é aplicada uma voltagem. Elementos com apenas um elétron externo são excelentes condutores. Os materiais semicondutores crescem em estruturas cristalinas que dão propriedades condutoras devido às impurezas (elementos dopantes) que são acrescentados. Na forma pura (sem elementos dopantes), os materiais semicondutores são bastante estáveis. Acrescentam-se impurezas doadoras de elétrons, que se juntam a estrutura cristalina. Estes elétrons são livres para saltar quando uma voltagem é aplicada, e eles podem facilmente permitir corrente elétrica passar. Os elétrons livres para saltar são considerados condutores "negativamente dopados" e são referidos do tipo n. Em contraste, deve formar um cristal mais condutivo acrescentando impurezas receptoras de elétrons que tem elétron a menos de valência, criando uma estrutura cristalina com buracos de elétrons. Estes buracos tornam mais fáceis o transporte de elétrons através do material quando da aplicação de uma voltagem. Estes semi-condutores são condutores de carga "positivamente dopado" que é referido como tipo-p.

Os pares de resfriamento termoeletricos são feitos de 2 elementos semicondutores, frequentemente de telureto de bismuto altamente dopado para criar excesso (tipo-n) ou deficiência de elétrons (tipo- p). O calor absorvido na junção fria é transferido para uma junção quente a uma taxa proporcional a corrente que passa através do circuito e do número de pares semicondutores. Na prática, os pares são combinados em uma pastilha onde eles são conectados eletricamente em série e termicamente em paralelo. Na figura 1 está uma representação dos módulos termoeletricos composta por semicondutores do tipo n e do tipo p dispostos em serie e em paralelo.



Na figura 1. Esquema do módulo termoeletrico

Somente no século 20 com os avanços na tecnologia de semicondutores, foi possível o desenvolvimento de pastilhas termoeletricas eficientes que funcionam como bombas de calor para aquecimento ou resfriamento. Romani (2007), Marlow Industries Inc (2009).

A utilização destes módulos apresenta como vantagem principal a ausência de fluidos refrigerante. São também mais compactos e os sistemas compostos por estes módulos possuem menor número de componentes, menores custos de instalação e manutenção, Danvic (2009). Pastilhas termoeletricas são utilizadas em aplicações pequenas de

resfriamento como chips microprocessadores ou até médias como câmara frigorífica portátil geladeiras portáteis, Heronildes (1998). Atualmente, os módulos mais potentes podem transferir um máximo de 250W. Em utilizações acima desta potência recorre-se a associação de módulos. Os módulos termoelétricos representam uma alternativa promissora aos tradicionais sistemas de refrigeração. Romani (2007), abordada as diversas aplicações nas áreas de refrigeração, ar condicionado, resfriamento de componentes eletrônicos embarcados e geração elétrica. O autor descreve sua atual utilização em aeronaves de pequeno porte. O estudo e a utilização de módulos termoelétricos são relativamente pouco difundidos no Brasil.

Deseja-se comparar um sistema refrigeração convencional utilizando como refrigerante R-134a e refofit com R-600a, com um sistema alternativo termoelétrico no tocante a consumo de energia, capacidade de refrigeração em função do tempo de operação.

2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Um sistema de refrigeração pode ser avaliado através do coeficiente de eficácia ou de performance. Sendo definido como a razão entre o efeito útil, que é a capacidade de refrigeração do evaporador (q_{ref}) pela potência elétrica consumida no sistema.

A capacidade de refrigeração é estimada pela taxa de calor retirado da massa de água fixa durante um intervalo de tempo. A potência elétrica consumida pelo compressor ou pelo módulo (Pot), é avaliada pelo produto da voltagem pela corrente elétrica. Observe as relações abaixo:

$$COP = q_{ref}/Pot \quad (1)$$

$$q_{ref} = m_{\text{água}} \cdot c_p \cdot \Delta T / \Delta t \quad (2)$$

$$Pot = V \cdot i \quad (3)$$

No procedimento experimental a capacidade de refrigeração, ou seja, energia removida da água e a também a potencia elétrica dos sistemas foram avaliados em intervalos de tempo.

O aparato experimental usado na presente investigação foram dois refrigeradores domésticos de pequeno porte destinado ao resfriamento de água potável. O primeiro refrigerador é uma unidade de refrigeração 220 V\60 Hz, gás Refrigerante R-134a, carga de 36g; composta por um evaporador, um condensador arrefecido a ar, um compressor hermético para fluido refrigerante R-134a, um filtro secador e tubo capilar.

Foram inseridos no circuito frigorífico manômetros para monitoramento das pressões de condensação e evaporação e sensores de temperaturas (do tipo termopar) para mapeamento das propriedades termodinâmicas. Também foi instalado um controlador digital de temperatura (CDT) para o ajuste do set-point da câmara fria, um alicate wattímetro digital para medição da potência do compressor e um agitador mecânico para homogeneização da temperatura da água. Na tab. 01 abaixo são apresentados os Instrumentos utilizados no experimento.

Tabela 1. Características dos Equipamentos e Instrumentos

Equipamento\Instrumento	Descrição\Características
Termopares	Tipo K, faixa de medida de -40 °C a 204 °C, precisão de $\pm 0,75\%$ leitura, ou $\pm 2,2^\circ\text{C}$, conector tipo miniatura compensado. Modelo MTK01 da Minipa.
Termostato digital	Alimentação 115 ou 230 Vac (50\60 Hz), temperatura de controle de -50 a 105°C, resolução de 0,1°C (entre -10 e 100°C), corrente máxima de 16 A\250 Vac, temperatura de operação de 0 a 50°C Modelo TIC-17RGTi da Minipa.
Alicate Wattímetro digital	Modelo ET-4090 da Minipa, instrumento digital portátil para medidas de potência Com interface RS-232.
Manômetros analógico	Faixa da pressão de alta 0 a 34 bar, faixa da pressão de baixa -1 a 17 bar, modelo BM2-8 da Lokring

Ao longo do ciclo de refrigeração foram instalados oito termopares, do tipo K, mediante preparo da superfície das tubulações com limpeza e lixamento, seguida de solda com estanho para melhor fixação dos termopares. Os sensores dos termopares foram ainda isolados com intuito de evitar entradas interferentes na medição. Dois termopares adicionais foram instalados, um monitorava a temperatura da câmara calorimétrica (sala climatizada) nas vizinhanças do equipamento de teste, e o outro monitorava a temperatura da água. O sensor termopar do CDT foi utilizado, unicamente para o controle on-off do compressor. Os dez termopares e o alicate wattímetro foram conectados a uma placa de aquisição de dados ligada a um computador, sendo o mapeamento das temperaturas e potência realizado mediante utilização do software MEASUREMENT & AUTOMATION EXPLORER, com uma taxa de aquisição de um ponto por segundo durante o tempo de cada ensaio, sendo possível então obterem-se gráficos de distribuição de temperaturas e potencia do compressor.

O segundo refrigerador doméstico para comparação experimental foi um bebedouro eletrônico com água quente e fria, 110V\60 Hz composto de uma fonte de alimentação, duas aletas, um ventilador, um módulo termoeletrico e um reservatório com água.

Foram inseridos sensores de temperaturas (do tipo termopar) para mapeamento da temperatura da água. Também foi instalado um alicate wattímetro digital para medição da potência do módulo termoeletrico. O reservatório possui capacidade para 0,8 litros de água para ser refrigerada (fonte fria). A fonte de alimentação do módulo possui voltagem constante de 12V. O calor é rejeitado para o ar através da superfície das aletas (fonte quente). O código da placa termoeletrica é TEC-12706.

Na figura 2a temos uma vista geral da bancada experimental, composta do refrigerador, do CDT da unidade de refrigeração, das tomadas de pressão dos manômetros e do sistema de aquisição de dados. Na figura 2b está o esquema do refrigerador termoeletrico, composta pelo reservatório, duas aletas, o módulo e o ventilador:

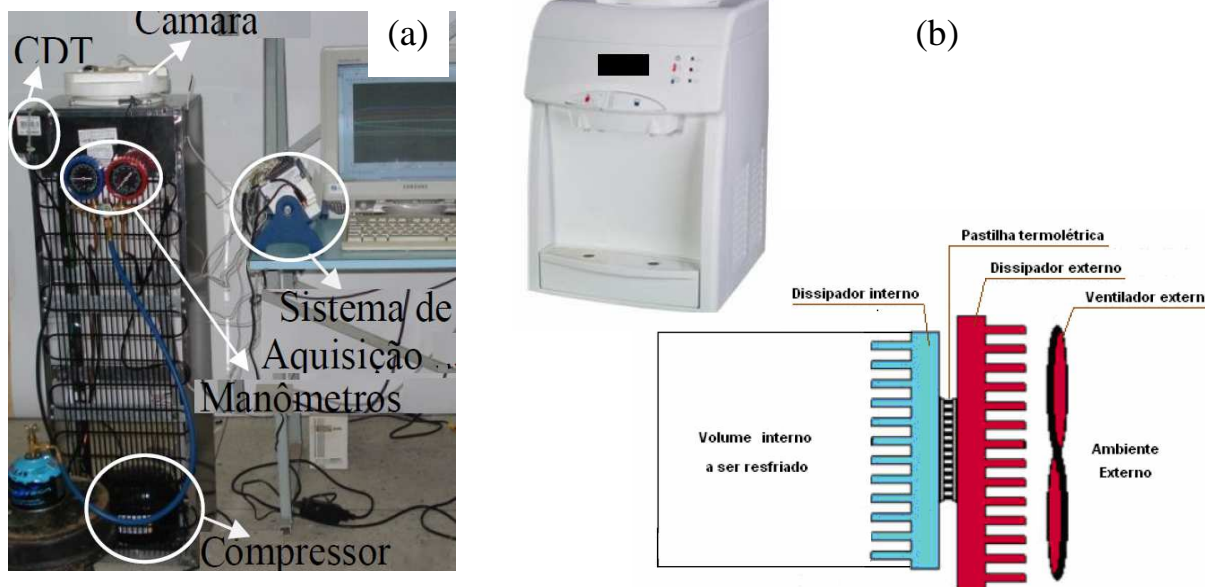


Fig. 2. (a) Vista geral da bancada experimental do bebedouro de compressão a vapor com pontos de medição de pressão e temperatura. (b) Vista geral do bebedouro termoeletrico com reservatório de água condensador aletado com ventilação forçada.

Para todo o experimento com o sistema de compressão a vapor foi adotado o volume de água no reservatório da unidade de refrigeração de 1,5 litros, com o set-point do CDT ajustado para entrada e saída do compressor para 26°C e 8°C respectivamente, sendo a temperatura do ambiente climatizada controlada em $26 \pm 1^{\circ}\text{C}$. No primeiro momento a unidade de refrigeração foi avaliada com o refrigerante R-134a (refrigerante original), e posteriormente com o R600a. Uma vez que o propósito da investigação foi análise comparativa da performance do equipamento de teste com os dois refrigerantes, o retrofit consistiu simplesmente na substituição do refrigerante original (R134a) pelo R-600a, sem qualquer alteração das características físicas dos componentes principais (compressor, condensador, tubo capilar e evaporador).

Para todo o experimento com o sistema termoeletrico foi adotado o volume de água no reservatório da unidade de refrigeração de 0,8 litros, sendo a temperatura do ambiente climatizada em 32°C .

Com os registros obtidos nos dois sistemas foi registrado no sistema de aquisição o tempo e a potência média obtida para a temperatura da água atingir 8°C .

3. DADOS E DISCUSSÃO

Após o início do funcionamento do sistema de compressão para cada refrigerante, esperou-se uma estabilização do sistema em um tempo de 10 minutos para serem tomadas as leituras das pressões de alta e baixa. No sistema termoeletrico não há variação de pressão. Na tabela 2 são mostradas essas pressões para ambos refrigerantes.

Tabela 2. Pressão de operação do sistema de compressão a vapor.

	Pressão de baixa (bar)	Pressão de alta (bar)	razão de compressão
R-134a	2,25	12,00	5,3
R-600a	2,05	7,56	3,7

Na figura 3 (a) estão indicados os dados da temperatura da água no reservatório em função do tempo decorrido para o módulo termoeletrico e sistema de compressão com R-134a e R-600a. Na figura 3 (b) são mostradas as curvas da potência elétrica consumida em função do tempo para ambos fluidos refrigerantes e para o sistema termoeletrico com módulo Peltier.

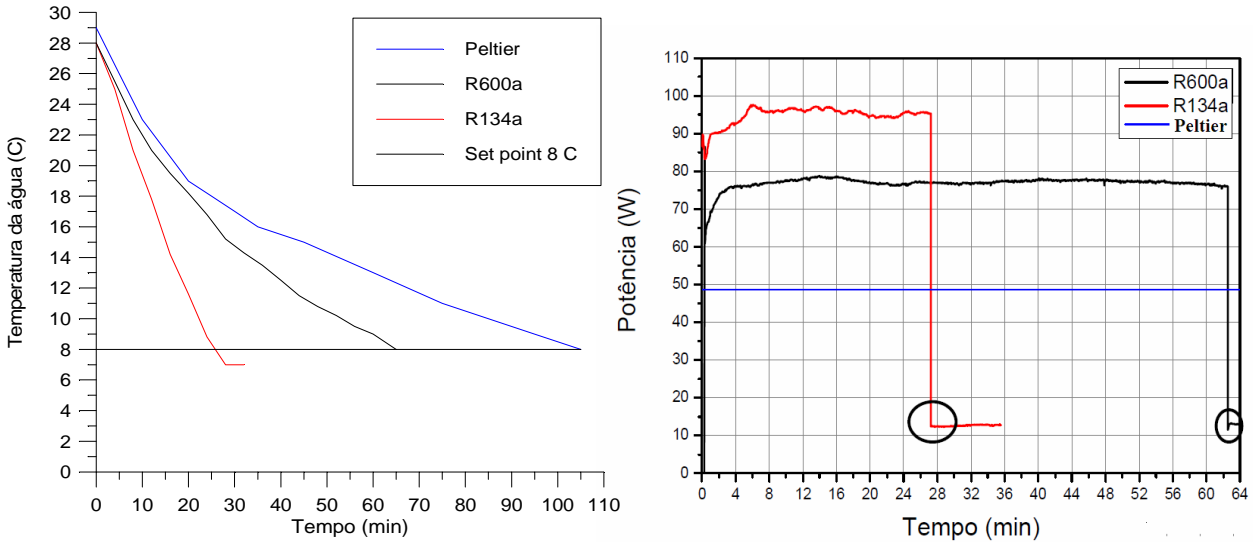


Fig. 3. (a) Variação da temperatura da água, (b) Potência do sistema.

Pode-se observar que a temperatura água no sistema de compressão com R-134a atinge primeiro o valor de set point 8°C, em 27 minutos. No sistema de compressão com R-600a, a água do reservatório atinge o set point em 62 min e o sistema termoeletrico demora 105 min para atingir o mesmo valor de temperatura.

No gráfico da Fig. 2a e observado que a curva para o R-134a apresenta uma taxa de decaimento da temperatura da água maior que a curva do R600a, apresentando um tempo 58% menor para atingir 8°C mostrando assim uma melhor eficiência deste refrigerante. A taxa de decaimento da temperatura da água do módulo termoeletrico é a menor. O tempo de decaimento do R-134a é 74% menor do que do módulo termoeletrico.

Porém o sistema com R-134a foi o que mais consumiu energia elétrica, quase o dobro do sistema termoeletrico. O trabalho do compressor do sistema com R-134a é maior devido a maior diferença de pressão entre o evaporador e condensador. A razão de compressão é maior no sistema com R-134a. Para o calculo da potência média foi subtraída a potencia do CDT, que estava na mesma alimentação e pode ser observada no gráfico quando o compressor é desligado (em torno de 27 min para o R-134a e 62 min para R600a). No sistema termoeletrico não foi utilizado o CDT.

A potência consumida no módulo termoeletrico é estável, mas nos sistemas com compressão possuem uma variação acentuada nos minutos iniciais. A potencia consumida pelo compressor se estabiliza em 8 minutos para o R134a, enquanto que para R600a a potencia se estabiliza nos 3 minutos iniciais.

Um resumo dos três ensaios pode ser visto na tabela 3 abaixo, onde consta o volume de água em cada reservatório, a temperatura inicial da água, a temperatura do ar ambiente, a potência em regime permanente do compressor e do módulo termoeletrico, a capacidade de refrigeração máxima do evaporador e o tempo para a água atingir a temperatura de 8 °C.

Tabela 3. Parâmetros comparativos dos três ensaios

	R-134a	R-600a	Termoeletrico
Volume de água [L]	1,5	1,5	0,8
Temp. inicial da água [°C]	28	28	29
Temp. do ar ambiente [°C]	26	26	32
Potência média [W]	83	64	48
Capac. refrigeração máxima [W]	97	65	34
Tempo de resfriamento [min]	27	62	105

Para uma melhor base de comparação dos três sistemas, estimou-se o coeficiente de eficácia dos sistemas em função do tempo, segundo a equação (1):

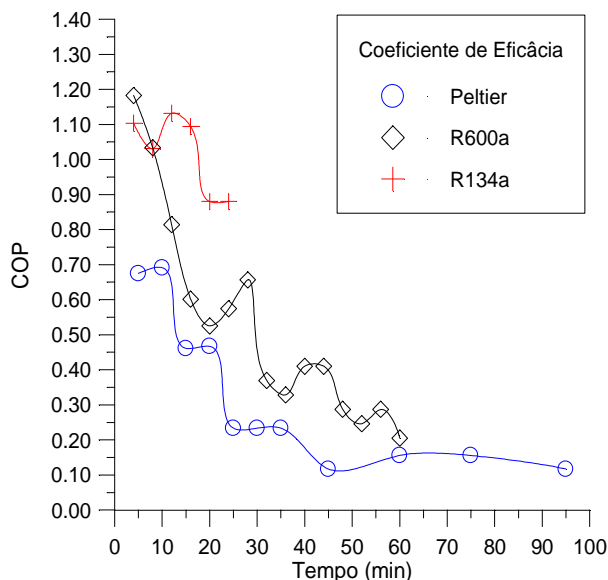


Fig. 4. Coeficiente de eficácia versus tempo

Em todos os sistemas de refrigeração observa-se uma tendência de redução do coeficiente de eficácia com o tempo. A eficácia do bebedouro com R-134a oscila bastante nos 10 minutos iniciais, sendo reflexo das oscilações iniciais da potência do compressor. Com a estabilização do processo, sua eficácia se torna maior de todos e a partir de 27 min o compressor é desligado, pois a água atinge 8°C, não aparecendo mais seus valores.

A eficácia do bebedouro com R-600a inicialmente é maior, porém com a estabilização do processo sua eficácia se torna menor. Quando o tempo atinge 62 minutos seu compressor é desligado. O sistema termoelétrico possui o menor valor de eficácia dos bebedouros. Lembra-se que o sistema termoelétrico foi testado em condições mais severas do ar ambiente (32°C) do que dos bebedouros de sistema de compressão (26°C). Com uma temperatura 6°C acima. Essa condição ambiente influencia no ganho de calor que o reservatório recebe do ambiente. Esse ganho não deve ser tão significativo, pois os reservatórios são isolados com uma camada de isopor. A massa de água refrigerada no bebedouro termoelétrico é menor (0,8 kg), quase a metade da massa de água dos bebedouros de compressão de vapor (1,5 kg). Para ter mais precisão, novos ensaios em condições semelhantes devem ser feitos.

O tempo de resfriamento da água é a maior desvantagem do sistema do bebedouro termoelétrico, pois os usuários não concordam em esperar esse tempo para beber água gelada nos meses de verão. Seu tempo de espera é quase quatro vezes o menor tempo, do bebedouro com R-134a.

Quanto aos sistemas de compressão, verifica-se que um retrofit com o R-600a obtém uma eficácia energética inferior em comparação com o R-134a, entretanto, considerando que o sistema utilizado no experimento foi dimensionado para o R-134a (compressor, condensador, evaporador, tubo capilar) é possível alteração desses resultados se os parâmetros forem otimizados para a operação com o R-600a, como por exemplo, ajuste do volume deslocado do compressor para a mesma capacidade de refrigeração do modelo equivalente para o R-134a.

4. CONCLUSÕES

Foram realizados ensaios com três tipos de bebedouros: Dois operando com sistema de compressão de vapor, um utilizando R-134a como refrigerante e outro com retrofit de R-600a. O terceiro tipo é baseado no sistema termoelétrico. Através dos ensaios obtiveram-se as conclusões:

- As taxas de refrigeração da água nos reservatórios ao longo do tempo foram diferentes. Sendo o sistema de compressão com R-134a a de menor tempo e do sistema termoelétrico de mais tempo.
- A potência elétrica do sistema com R-134a é maior do que do sistema que opera com o R-600a, que por sua vez é maior do que do sistema termoelétrico.
- O COP do refrigerador utilizando R-134a é superior ao refrigerador com R-600a, que também é superior ao COP do módulo termoelétrico.

Foram comparados três tipos de bebedouros com características diferentes. Os testes não foram exatamente em condições semelhantes devido as características diferentes, os resultados podem ser assumidos como preliminares.

5. AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi suportado pelo programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (Projeto Minter) e CAPES.

6. REFERÊNCIAS

- Danvic (2009) “Introdução ao efeito Peltier”, <http://www.peltier.com.br/intro.htm>, maio 2009.
- Granryd, E.,2001, Hydrocarbons as refrigerants – an overview. International Journal of Refrigeration, Vol. 24, Issue 1, pp. 15-24.
- Lorentzen, G., 1995, The use of natural refrigerants: a complete solution to the CFC/HCFC predicament. International Journal of Refrigeration, Vol. 18, Issue 3, March, pp. 190-197.
- Peixoto R.A., 2007, “Hidrocarbonetos – estado atual e tendências”. Revista Climatização & Refrigeração, nº 83. <www.nteditorial.com.br>.
- Romani, Rubens (2007) “Aplicações dos efeitos termoelétricos na indústria aeronáutica”. In: 8º Congresso Iberoamericano de Engenharia Mecânica, 23 a 25 de outubro, Cuzco, Peru.
- Marlow Industries Inc. (2009) “Introduction to Thermoelectrics”, <http://www.marlow.com/support/technical-support-guide/introduction-to-thermoelectrics.html>, junho.

7. DIREITOS AUTORAIS

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



VI CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA
VI NATIONAL CONGRESS OF MECHANICAL ENGINEERING
18 a 21 de agosto de 2010 – Campina Grande – Paraíba - Brasil
August 18 – 21, 2010 – Campina Grande – Paraíba – Brazil

ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF A CHILLER DOMESTICAL WORKING WITH COMPRESSION AND MECHANICS THERMOELECTRIC

Cavalcanti, E.J.C, educanti@ufrnet.br
Barbosa, C. R. F, cleiton@ufrnet.br
Fontes, F.A.O, francisofontes@uol.com.br

Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Departamento de Engenharia Mecânica, Campus
Universitário, S/N, Natal-RN 59072-970

Abstract: *The cooling systems have a wide application in industry, trade and human welfare. Research in this sector consist of the replacement of conventional refrigerants and the development of alternative systems. The refrigerants base of CFCs can be replaced by hydrocarbons do not contribute to the degradation of the ozone layer with a low global warming potential. The alternative should reduce energy consumption. In this study, were instrumented in a small refrigerator, pressure sensors (only in the conventional system), temperature and power, connected to a system of data acquisition in order to compare them. Three different cooling system: For the vapor compression using R-134a refrigerant and replacing the (retrofit) for R600a and the alternative system with thermoelectric module. The thermoelectric device operates by the principle of "Peltier Effect", by the way, the temperature gradient is produced by passing electric current through a semiconductor. There were compared the reduction of water temperature in the water cooler and the evolution of the efficiency ratio over time in the systems. This work allows to compare and monitor the system more economical for the rational use of electricity.*

Keywords: *Refrigeration, thermoelectric module, Peltier effect, retrofit, COP.*