

Sistema para aquecimento de água a partir da energia rejeitada em aparelhos de ar condicionado - estudo da viabilidade técnica através de testes experimentais

Heating system for water from rejected energy in air conditioners - technical feasibility study through experimental tests

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo verificar a viabilidade na instalação de um trocador de calor em série com o condensador em aparelhos de ar condicionado, para o reaproveitamento da energia térmica rejeitada pelo sistema. Foram realizados testes experimentais e estes foram aferidos com instrumentos de medição para a obtenção dos estados termodinâmicos. Após os ensaios foram calculados os valores do COP para o sistema mantido convencional e também do aparelho modificado, verificando-se um acréscimo ao se comparar os dois sistemas. Com os dados obtidos foi possível verificar um aumento de aproximadamente 10°C na água presente no reservatório, durante o período de 7 horas do experimento.

PALAVRAS-CHAVE: Ar-condicionado. Convecção forçada. Rejeito térmico.

ABSTRACT

The present work aims to verify the feasibility of installing a heat exchanger in series with the condenser in air conditioners, for the reuse of thermal energy rejected by the system. Experimental tests were performed and these were measured with measuring instruments to obtain the thermodynamic states. After the tests, the COP values were calculated for the conventional maintained system and also for the modified apparatus, with an increase when comparing the two systems. With the obtained data it was possible to verify an increase of approximately 10°C in the water present in the reservoir, during the 7 hours of the experiment.

KEYWORDS: Air-conditioner. Forced convection. Thermal waste.

Bruno Silva Ladeira
brunoladeira@alunos.utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil.

Prof. Dr. Ismael de Marchi Neto
ismaelneto@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil.

Prof. Dr.-Ing. Rodrigo Corrêa da Silva
rodrigossilva@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil.

Prof. Dr. Rafael Sene de Lima
rafaellima@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil.

Prof. Dr. Ricardo de Vasconcelos Salvo
ricardosalvo@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil.

Recebido: 19 ago. 2019.
Aprovado: 01 out. 2019.
Direito autoral: Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



INTRODUÇÃO

De acordo com a Avaliação da Eficiência Energética e Geração Distribuída (BRASIL, 2015), os aparelhos de ar condicionado representam o maior impacto no consumo doméstico de eletricidade, em média 640 kWh/ano. Verifica-se a relevância do conforto térmico no consumo de eletricidade, ao se comparar com outros equipamentos como o freezer que consome em média 479 kWh/ano e o chuveiro 493 kWh/ano. A Empresa de Pesquisa Energética (EPE), realizou um estudo onde estimou-se que até o ano de 2050 o número de aparelhos de ar condicionado presentes a cada 100 residências brasileiras deve aumentar de 23 para 137. Projetou-se também um acréscimo no consumo de energia elétrica, mesmo levando em consideração possíveis melhorias na eficiência dos equipamentos de aproximadamente 0,2% ao ano (BRASIL, 2016).

Para suprir esses aumentos na demanda por energia elétrica, busca-se formas de melhorar o desempenho dos equipamentos a partir de modificações que reduzam o seu consumo, ou projetos que reaproveitem a energia consumida e necessária ao funcionamento. O reaproveitamento em questão consiste em utilizar a energia recuperada para realizar outra finalidade, reduzindo-se assim a necessidade do consumo de energia elétrica para aquecimento direto (chuveiros, torneiras, etc.). No presente estudo busca-se analisar a eficiência ao se instalar um sistema de reaproveitamento de calor em aparelhos de ar condicionado para o aquecimento e armazenamento de água permitindo a sua posterior utilização.

MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo consiste em acompanhar simultaneamente o funcionamento de dois aparelhos de ar-condicionado, durante um período de 7 horas ininterruptas. Um dos sistemas foi modificado com a adição de um trocador de calor instalado em série com a unidade condensadora.

A construção do aparato experimental foi descrita por Ladeira (2018, pág. 2-6), e é ilustrada na Figuras 1.

Figura 1 - Aparato experimental.



a)

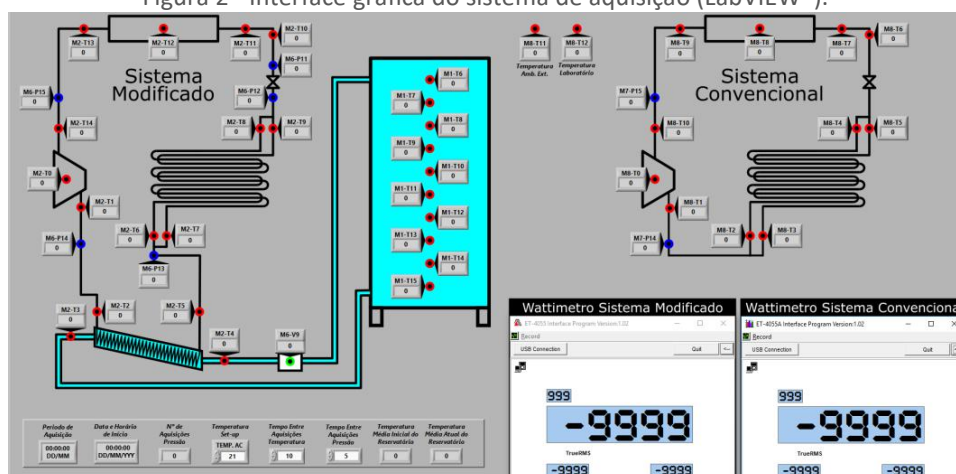


b)

Fonte: Autoria própria.

Durante os experimentos foram realizadas medições de temperatura e pressão a jusante e a montante de cada componente dos aparelhos de ar condicionado, além de aferir o consumo elétrico e a vazão de água no trocador de calor. As medições foram realizadas por instrumentos automatizados e gerenciadas por um sistema de aquisição com interface gráfica (Figuras 2).

Figura 2 - Interface gráfica do sistema de aquisição (LabVIEW®).



Fonte: Autoria própria.

Com o decorrer dos experimentos verificou-se a necessidade de realizar novamente a calibração dos termopares. Foi utilizado um calibrador de temperatura e programou-se oito pontos de medição entre -15°C e 100°C organizados de forma aleatória, evitando-se vícios na medição.

Para garantir a confiabilidade estatística dos experimentos, inicialmente foram definidas algumas configurações de funcionamento dos aparelhos de ar condicionado.

As configurações consistiam em três pressões na entrada do compressor: 4,0 bar, 4,5 bar e 5,0 bar, além de três configurações de temperatura: 19°C , 22°C e 25°C . As configurações deveriam permanecer inalteradas durante o experimento e seriam realizados 3 réplicas para cada combinação possível.

Devido a problemas durante os experimentos foram feitas alterações no planejamento, estes são descritos a seguir:

- Pressão de 4,0 bar: Devido a problemas de congelamento na tubulação causados por falta de fluido refrigerante os experimentos foram removidos;
- Pressão de 5,0 bar: Devido a problemas com o estado termodinâmico obtido, removeu-se esta configuração;
- Temperatura de 25°C : Durante os experimentos foram verificados desligamentos do compressor devido ao sistema atingir a temperatura de setup, portanto removeu-se os experimentos para essa configuração.

Para manter a confiabilidade, verificou-se a necessidade de aumentar o número de experimentos para as configurações restantes. Um novo planejamento é apresentado a seguir (Tabela 1).

Tabela 1 - Planejamento final dos experimentos

		Temperatura de setup	
		19°C	22°C
Convecção Forçada	4,5 bar	1º teste	2º teste
		3º teste	4º teste
		5º teste	6º teste
		7º teste	8º teste
		9º teste	10º teste

Fonte: Autoria própria.

Após os experimentos realizou-se a análise termodinâmica do aparato experimental, onde foram obtidos o COP dos sistemas convencional e modificado durante os experimentos. Foram utilizados os dados experimentais na obtenção dos estados termodinâmicos do fluido refrigerante R22. Com os estados obtidos foi possível calcular os balanços de energia conforme a Equação 1 e posteriormente o COP (Equação 2).

$$\sum E_{Ent} - \sum E_{Sai} = 0 \quad (1)$$

Onde:

- $\sum E_{Ent}$ é a somatória das energias que entram no sistema;
- $\sum E_{Sai}$ é a somatória das energias que saem do sistema.

$$COP = \frac{Q_L}{W_C} \quad (2)$$

Onde:

- Q_L é o calor retirado na unidade evaporadora;
- W_C é o consumo elétrico do compressor.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na tabela 2 são apresentados os COPs obtidos experimentalmente.

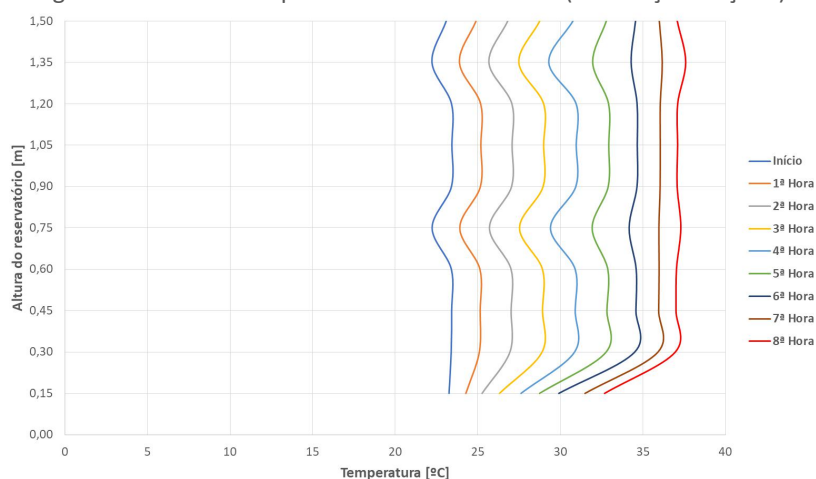
Tabela 2 - Valores de COP obtidos experimentalmente			
Temperatura	Data	COP (Convencional)	COP (Modificado)
19°C	07/11/18	4,069	5,373
	14/11/18	3,707	4,447
	22/01/19	3,556	4,927
	21/02/19	3,681	5,207
	COP Médio		3,753
22°C	13/11/18	3,600	4,828
	08/01/19	3,582	4,897
	19/03/19	3,584	4,761
	11/04/19	3,470	5,032
	COP Médio		3,559

Fonte: Autoria própria.

Com os dados obtidos realizou-se as análises termodinâmicas determinando-se os coeficientes de performance. Foram avaliados o COP do sistema convencional e do modificado utilizando-se a energia armazenada no reservatório térmico, o que permitiu verificar um acréscimo considerável na eficiência.

Os experimentos foram realizados com convecção forçada, ou seja, utilizou-se uma bomba para aumentar a velocidade da água no trocador permitindo uma maior absorção de calor. Verificou-se um acréscimo médio na temperatura da água de aproximadamente 10°C, para os 500 litros presentes no reservatório. A Figura 3 exemplifica o comportamento no reservatório para um dos dias de experimento.

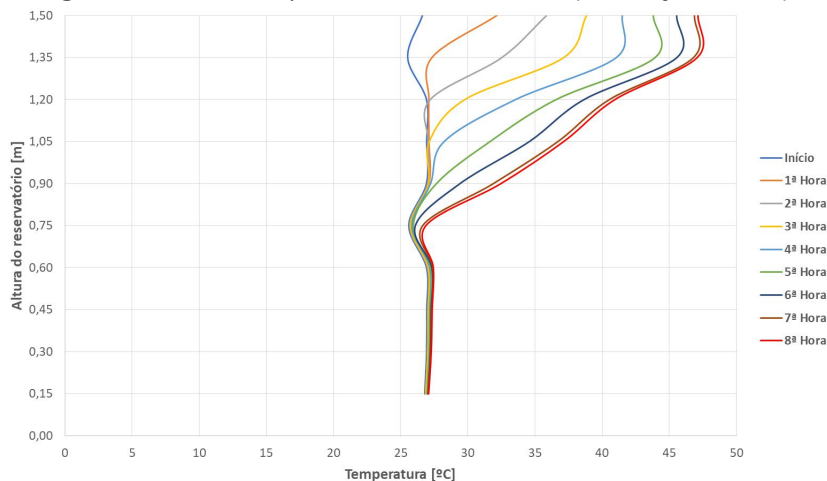
Figura 3 - Perfil de temperaturas no reservatório (Convecção forçada).



Fonte: Autoria própria.

É possível verificar a diferença no comportamento da água em convecção natural ao se analisar os resultados obtidos em experimentos anteriores (Figura 4). Nos experimentos com convecção natural obtém-se um acréscimo médio de 20°C no topo do reservatório, ou seja, ao fim do experimento aproximadamente 20% do reservatório está acima dos 40°C.

Figura 4 - Perfil de temperaturas no reservatório (Convecção natural).



Fonte: Ladeira(2018).

CONCLUSÃO

No presente estudo foram realizados testes experimentais em dois aparelhos de ar-condicionado em funcionamento simultâneo. Os dados obtidos foram utilizados para comparar o comportamento do aparelho modificado em relação ao mantido convencional. Esta comparação serve para mensurar as melhorias na eficiência do sistema, já que verifica-se o correto funcionamento do sistema modificado.

Os valores de COP obtidos para o sistema modificado permitiram verificar um acréscimo de aproximadamente 25% se comparado ao aparelho convencional, justificando-se a modificação do sistema de ar-condicionado.

Deve-se comparar posteriormente as vantagens de se utilizar a convecção natural ou a forçada, devido ao acréscimo no consumo elétrico em relação com a quantidade de energia absorvida com o trocador.

AGRADECIMENTOS

À UTFPR campus Londrina pela bolsa de Iniciação à Inovação, ao Grupo de Pesquisa em Energia e Engenharia Térmica (ETE) e as empresas parceiras pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Empresa de Pesquisa Energética. Ministério de Minas e Energia. **Eficiência energética e geração distribuída para os próximos 10 anos**. Rio de Janeiro, 2015. 92 p. Disponível em: <[http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-245/topico-264/DEA_%2012-16%20-%20Ef%20energetica%202015-2024\[1\].pdf](http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-245/topico-264/DEA_%2012-16%20-%20Ef%20energetica%202015-2024[1].pdf)>. Acesso em: 29 ago. 2018.

BRASIL. Empresa de Pesquisa Energética. Ministério de Minas e Energia. **Demanda de Energia 2050**. Rio de Janeiro, 2016. 257 p. (Estudos de demanda energética). Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-227/topico-202/DEA%2013-15%20Demanda%20de%20Energia%202050.pdf>>. Acesso em: 29 ago. 2018.

LADEIRA, B. S. ; DE MARCHI NETO, I. ; CORRÊA DA SILVA, R. ; SALVO, R. V. ; LIMA, R. S. . Estudo experimental de sistema de condicionamento de ar modificado associado a um armazenador térmico. In: XVII Seminário de Extensão e Inovação, 2018, Apucarana.