

PROGRAMA COMPUTACIONAL PARA SIMULAÇÃO E DETERMINAÇÃO DOS  
CUSTOS DE UM SISTEMA DE AQUECIMENTO DE ÁGUA RESIDENCIAL COM  
BOMBA DE CALOR

**F. Ferrari (1), A.F. Porte (1), F.B. Pozzebon (1), M.C. Tolfo (1), C.H.A. Molenda  
(1), P.T.F. da Silva (1)**

**(1) Departamento de Engenharia Mecânica, CT, Universidade Federal de Santa  
Maria, Av. Roraima, Santa Maria RS, CEP: 97105-900.**

Palavras Chave: Programa Computacional, Aquecimento de Água, Bomba de Calor.

### RESUMO

Os aquecedores de água em residências familiares podem operar com gás, óleo ou eletricidade. Atualmente, no Brasil, grande parte da água quente consumida nessas residências é aquecida por resistências elétricas. Essa forma de aquecimento não consiste num correto aproveitamento dos recursos energéticos, não é a mais econômica e provoca um pico de demanda de energia elétrica no horário de maior uso de chuveiros. Uma alternativa para os aquecedores de água que utilizam resistência elétrica é o uso de bombas de calor<sup>1</sup> para aquecimento de água. Uma bomba de calor trabalha consumindo eletricidade, porém a maior parte do calor utilizado para aquecimento é transferida de uma fonte externa de calor, não sendo produzido pela transformação de energia elétrica em calor pela passagem de corrente através de uma resistência elétrica.

Na literatura sobre bombas de calor<sup>2</sup>, encontram-se dados de economia de energia na ordem de 40-70% em uma variedade de condições diferentes de trabalho. Contudo, as bombas de calor exigem um investimento inicial maior que o de um aquecedor com resistência elétrica. O tempo de retorno do investimento, segundo estimativas encontradas na literatura, variam de 3 a mais de 20 anos em aplicações residenciais<sup>2</sup>. Isso demonstra que o conhecimento de como as bombas de calor economizam energia, como a tecnologia é afetada por parâmetros do meio ambiente e de consumo de água quente, é vital na determinação da viabilidade técnica e econômica das bombas de calor. Para determinar a viabilidade técnica e econômica das bombas de calor, desenvolvemos um programa computacional que simula a temperatura externa e a temperatura da água no reservatório em função do tempo. Além disso, ele também determina os custos da instalação e de manutenção do equipamento.

O programa foi desenvolvido em Delphi o que possibilitou o desenvolvimento de interfaces atraentes e de fácil utilização, permitindo a apresentação gráfica dos resultados, sendo possível a visualização do que está acontecendo durante a simulação. Com o conjunto de informações fornecidas pelo programa, pode-se concluir se a utilização de bomba de calor é uma alternativa economicamente viável para o caso simulado ou não.

Para demonstrar os resultados fornecidos pelo programa, elaborou-se um exemplo cujos dados de entrada são os seguintes:

Volume do Tanque = 0,636 m<sup>3</sup> = 636,0 litros

Isolante Térmico = Poliuretano,  $k = 0,02 \text{ W/m}^\circ\text{C}$ , Espessura = 0,05 m

Coefficiente de Troca de Calor por Convecção =  $1000 \text{ W/m}^2.\circ\text{C}$

Potência da Bomba = 2 kW

COP da Bomba de Calor = 3

Tarifa da Energia Elétrica (R\$/kWh) = 0,31

Temperatura Inicial da Água = 40 °C

Temperatura Máxima da Água no Tanque = 45 °C

Temperatura Mínima da Água no Tanque = 40 °C

Temperatura Externa Mínima de Funcionamento = 2 °C

Tempo de Simulação = 1 mês

Temperatura Externa entre 9 e 16°C

Tabela de Consumo

Início do Cons.	Tempo de Cons. (min)	Vazão de água quente (kg/s)
11:00:00	7	0,05
11:15:00	8	0,05
18:00:00	7	0,05
18:15:00	15	0,05
19:00:00	15	0,05
19:20:00	12	0,05
19:35:00	8	0,05

Os resultados obtidos foram os seguintes:

Água consumida = 6490,50 kg = 6490,50 litros

Tempo Ligado = 138,39 h

Energia Fornecida para a Água = 276,78 kWh

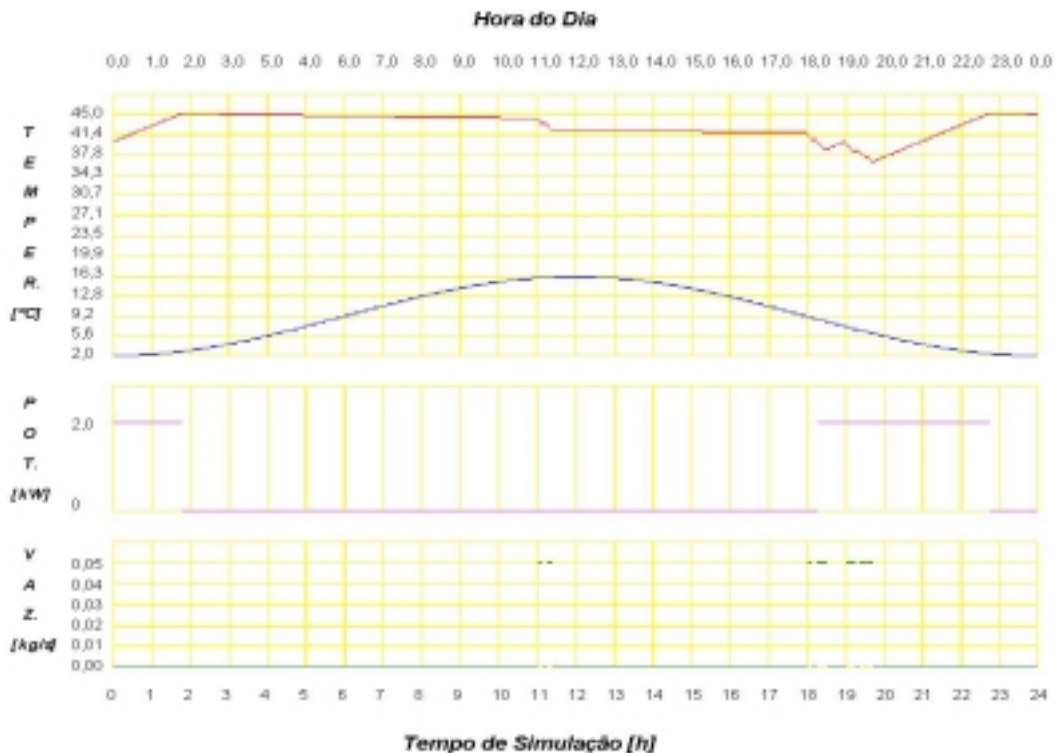
Energia Perdida Para o Ambiente Ext. = -44,12 kWh

Energia Elétrica Consumida pela Bomba = 92,26 kWh

Custo da Energia Elétrica Consumida pela Bomba = R\$28,60

Custo da Energia Elétrica Consumida por Resistência Elétrica = R\$72,12

Os gráficos fornecidos pelo programa são os seguintes:



O programa pode ser utilizado como uma ferramenta para o estudo de formas alternativas de aquecimento de água.

Através dos dados fornecidos pelo programa, pode-se comprovar que a utilização de bomba de calor é mais atrativa economicamente em situações onde o consumo de água quente é relativamente grande e em áreas de climas temperado ou quente. A diminuição

dos custos operacionais no aquecimento da água compensa o maior custo inicial em relação a outras tecnologias de aquecimento. Também notamos que não há um pico de consumo de energia como acontece quando se utiliza resistência elétrica.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:**

- 1 – Langley B. C. , Heat Pump Technology: Systems Design, Installation and Troubleshooting, Prentice Hall College, Portland, 1989.
- 2 - [http://www.pnl.gov/fta/3\\_res.htm](http://www.pnl.gov/fta/3_res.htm).