

MAXIMIZAÇÃO DO APROVEITAMENTO GEOTÉRMICO PARA CONDICIONAMENTO DE AR USANDO HCC

Sabrina Cunha Marinho

Acadêmica do curso de Engenharia Elétrica-UFSM
sabrinhacunha@gmail.com

Felix Alberto Farret, PhD

Professor/Pesquisador do curso de Engenharia Elétrica-UFSM
fafarret@gmail.com

Resumo – Este trabalho discute as possibilidades do condicionamento geotérmico de ar que visa à redução do consumo de energia elétrica em salas para habitação. Com isto, pretende-se aproveitar a energia geotérmica superficial como fonte de energia térmica renovável, limpa, universal, silenciosa e inodora. O condicionamento geotérmico superficial baseia-se na circulação de um fluido refrigerante dentro de serpentinas enterradas com o auxílio de uma bomba de água de pequeníssimo porte sem nenhuma máquina de calor, fazendo com que a terra ceda calor no inverno e absorva-o no verão. O calor assim trocado então é removido do ambiente através de um radiador com circulação de água e um sistema de ventilação, ou seja, se a temperatura interna da edificação estiver acima da temperatura da terra haverá resfriamento.

Palavras-chave – Algoritmo de otimização, energia geotérmica, fontes renováveis.

I. INTRODUÇÃO

A energia geotérmica superficial é um ramo promissor da energia geotérmica que é baseada na troca de calor em profundidades subterrâneas rasas e isolada até uma profundidade típica de em torno de 4 metros (FARRET e outros, 2006).

O sistema geotérmico superficial baseia-se na circulação de um fluido refrigerante em serpentinas enterradas com auxílio de uma bomba de água de pequeníssimo porte, fazendo com que a terra devolva calor no inverno e absorva-o no verão. O calor assim trocado então é removido do ambiente num radiador de água e um ventilador (ASHRAE e outros, 2008).

Os resultados deste projeto sugerem a utilização da energia geotérmica superficial para condicionamento térmico num protótipo de sala,

mas que poderá ser facilmente estendido a outros tipos de edificações para aproveitamento geotérmico superficial usando apenas trocadores de calor sem qualquer máquina de calor.

II. METODOLOGIA DO PROJETO

A. Condições do projeto

Sabe-se que a temperatura do solo a uma profundidade de 4 a 15 metros é a média das temperaturas anuais na superfície do ambiente que a circunda. Então, ao se projetar o aquecimento ou resfriamento de uma edificação deseja-se que ela proporcione condições de temperatura, umidade e ventilação dentro da zona de conforto térmico, que para a maioria das pessoas varia de 23°C a 27°C (FROTA e outros, 1995). Estas são as condições internas típicas de projeto, as quais permanecem praticamente constantes.

B. Conversor de potência

Para alimentar os circuitos da bomba d'água e dos ventiladores é necessário fazer o rebaixamento da tensão da rede. Para isso foi utilizado um conversor buck abaixador de tensão mostrado na Figura 1. Este conversor pode ser considerado o equivalente CC de um transformador CA com relação de espiras continuamente variável. A modulação PWM com frequência fixa faz regulação da tensão. A função de transferência do conversor é:

$$G(s) = \frac{y(s)}{u(s)} = \frac{1}{(s^2 \cdot C \cdot L_{\text{eq}}) + (s \cdot C \cdot R_{\text{eq}})}$$

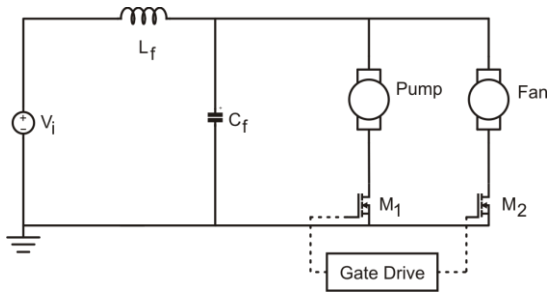


Figura 1 - Circuito do conversor buck

C. Controle HCC para bomba d'água e ventiladores

Para obter as velocidades ideais da água bombeada e do ventilador de circulação continuamente usou a técnica "hill climbing control" (HCC) (Wu Xin e outros, 2012). Ela serve para estabelecer a diferença de temperatura ideal entre as temperaturas interna e externa das salas, de modo a ajustar a potência da bomba de água. Ou seja, precisou-se encontrar o ponto de máxima diferença de temperatura controlando-se a potência da bomba e com isso a velocidade do fluido refrigerante. Portanto, o principal objetivo foi obter a diferença de temperatura máxima possível entre o ambiente externo e a temperatura interna da sala condicionada. O controle HCC por intermédio de sucessivos incrementos ou decrementos na variável de controle consegue forçar com que a diferença entre as temperaturas externa e interna seja a máxima possível. Ver o diagrama para a bomba de água na Figura 2. Na Figura 3 é mostrado o diagrama de blocos do HCC para controle da velocidade da bomba e na Figura 4 é apresentado o diagrama de blocos da ventoinha para controlar a distribuição de ar condicionado na sala de testes.

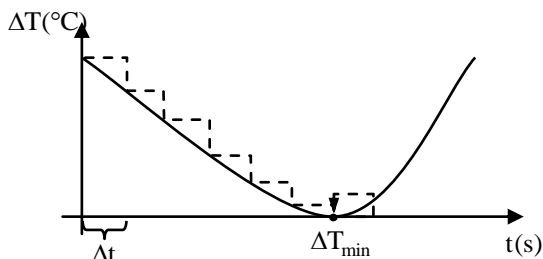


Figura 2 - Representação do algoritmo.

1) Data Logger para aquisição dos dados térmicos

Para coleta de dados térmicos usou-se uma rede com 5 sensores de temperatura DS18B20

(MAXIM Programmable resolução 1-Wire Termômetro Digital). Estes sensores enviam sinais a um barramento de comunicação serial medido num microcontrolador PIC 18F4520 em comunicação com o microcontrolador do sensor. Este microcontrolador executa cálculos com uma precisão de 12 bits, fazendo leituras de temperaturas em passos de 0,0625°C.

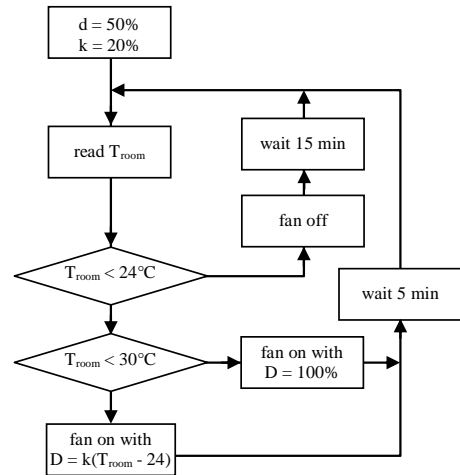


Figura 3 - Fluxograma do controle do ventilador.

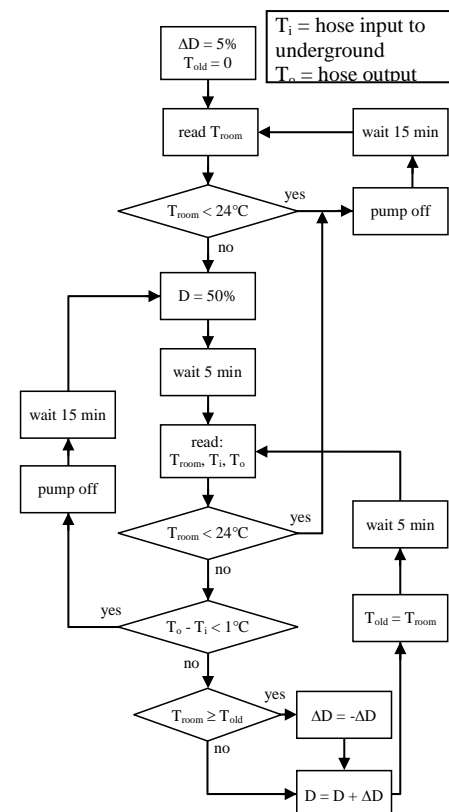


Figura 4 - Fluxograma do controle da bomba.

Os dados obtidos a partir dos sensores digitais de temperatura são armazenados em uma

memória do cartão SD. Na organização dos dados foi incluído um PCF8583 relógio da NXP Semiconductors para realizar a comunicação serial com o microcontrolador. A comunicação é feita num barramento I2C informando o dia, mês e ano, bem como as horas, minutos e segundos. O dispositivo também pode capturar valores de tensão em 6 entradas analógicas com precisão de 10-bits.

Um coletor para aquisição de dados térmicos foi utilizado a partir de um desenvolvimento no laboratório CEESP e tem a finalidade de aquisição das temperaturas dos fluidos transferidos a partir da temperatura do solo na sala a ser condicionada. As temperaturas foram monitoradas nos tubos de entrada e saída, utilizando água do fluido de refrigeração. Também foram monitoradas as temperaturas dos ambientes externos e internos, bem como a temperatura da sala de referência, sem qualquer condicionamento. Na Figura 1 é mostrada a imagem da configuração para todos os testes.

D. Resultados Experimentais

Os testes para o controle de temperatura na sala com condicionamento geotérmico começaram na tarde de 18 de janeiro de 2013. A temperatura externa nesse dia foi de aproximadamente 30°C. A temperatura de entrada da bomba de água foi de 21,5°C e depois de um tempo ela se estabilizou em 23°C. A temperatura de saída da água de arrefecimento começou em 27°C e manteve-se em aproximadamente 25°C. Posteriormente, o sistema manteve-se continuamente em funcionamento.

Tabela 4.1 - Legenda dos sensores

Temperatura	Localização dos sensores
Saída da água	Temperatura do sensor localizado na tubulação da água após passar pelo dissipador/radiador.
Sala de referência	Temperatura do sensor localizado na sala de referência que possui as mesmas características físicas da sala de testes.
Externa	Temperatura do sensor localizado fora da casa, medindo a temperatura externa do dia.
Entrada da água	Temperatura do sensor localizado na tubulação de água que sai do solo antes de passar pelo dissipador/radiador.
Sala de testes	Temperatura do sensor localizado na sala de testes que possui nela sistema instalado.

Os mesmos testes foram realizados nos dias seguintes, durante 24 horas de cada dia. Nas

medições de sábado a temperatura externa máxima foi de aproximadamente 29°C na temperatura de entrada e a água atingiram 23,4°C.

Domingo, a temperatura externa máxima atingiu 27°C e a temperatura da água de entrada foram de 23,5°C. Observa-se que a temperatura de entrada da água de circulação foi aumentando continuamente o seu valor. Isso ocorreu devido à dimensão da bobina enterrada no solo estar subdimensionada e ao uso apenas dos circuitos das mangueiras enterrados.

Nas figuras de 5 a 10, são mostradas as temperaturas da sala de testes (sala 1) onde o condicionamento térmico está instalado e a sala de referência (sala 2). É interessante ressaltar que com o sistema geotérmico, a velocidade com que a temperatura se estabilizou foi em torno de 25°C, enquanto a sala de referência chegou à temperatura de aproximadamente 28,5°C com uma redução de 3,5°C em relação à temperatura da sala de testes. No sábado se verificou que a temperatura da sala de testes permaneceu entre 24°C e 25°C e a diferença de temperatura entre as duas salas foi de aproximadamente 3°C.

No domingo e nos dias seguintes a temperatura manteve-se nos mesmos padrões dos dias anteriores, porém verificou-se que durante a madrugada em virtude da temperatura externa estar abaixo de 20°C, a temperatura da sala de referência ficou abaixo da temperatura da sala de testes. Isto nos mostra a possibilidade de utilizarmos o sistema geotérmico também para aquecimento de ambiente nos dias frios de inverno. Novamente, observou-se que a diferença de temperatura entre as salas foi se reduzindo gradativamente em virtude do subdimensionamento do dissipador enterrado no solo.

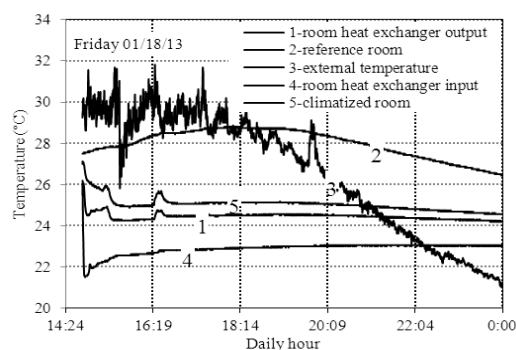


Figura 5 - Sensor de temperaturas em 18/01/03

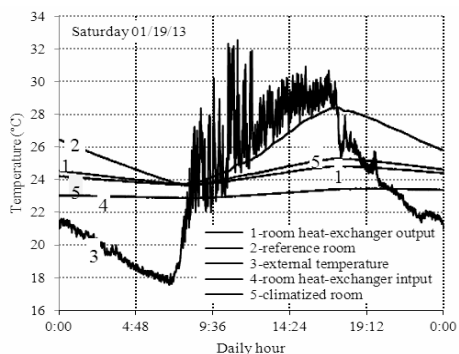


Figure 6 - Sensor de temperaturas em 19/01/03.

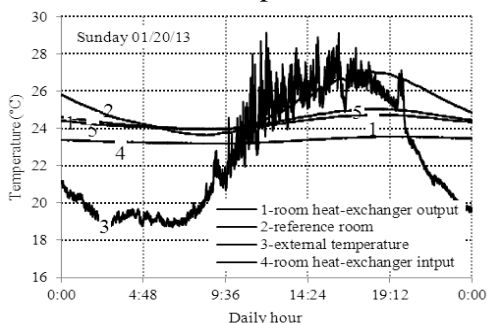


Figure 7 - Sensor de temperaturas em 20/01/03.

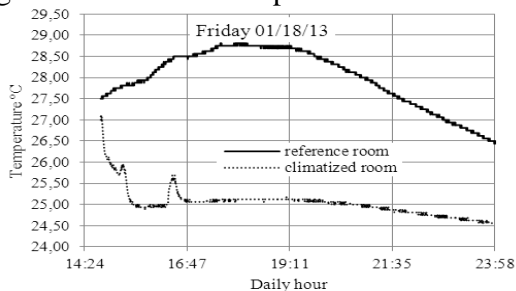


Figura 8 - Temperaturas em 18/01/13 nas salas condicionada e de referência

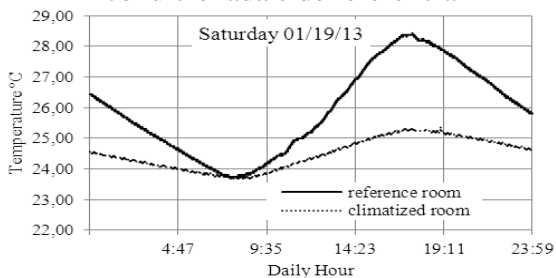


Figura 9 - Temperaturas em 19/01/13 nas salas condicionada e de referência

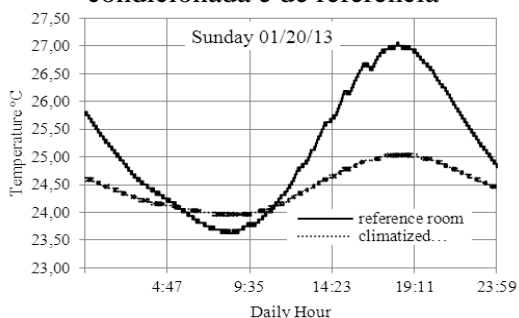


Figura 10 - Temperaturas em 20/01/13 nas salas condicionada e de referência

I. CONCLUSÃO

Este trabalho descreve o aproveitamento geotérmico com baixo custo de instalação e manutenção de forma a reduzir gastos em energia elétrica, e o aproveitamento melhor dos sistemas de condicionamento tradicionais graças às trocas de calor do ambiente com o subsolo.

Constatou-se que os trabalhos para escavação para enterrar as mangueiras são razoáveis, podendo-se utilizar os tratores convencionais usados na construção civil. Além do mais, o condicionamento geotérmico não necessita de máquina de calor nem nenhum tipo de ligação com reservatórios de combustível. Necessita apenas de um fluido interno (água) na tubulação, apontando ainda mais para a facilidade de funcionamento e mínimo custo de manutenção. Conhecendo-se a quantidade de calor que deve ser removida do ambiente para deixá-lo nas condições de conforto térmico dimensionam-se os trocadores de calor. A eficiência do trocador de calor irá depender da eficiência de cada objeto e equipamento conectado a ele.

REFERÊNCIAS

ASHRAE Handbook of Fundamentals-HVAC Systems and Equipment. American Society of Heating, Refrigeration and Air-conditioning, Inc. Nova Iorque, EUA, 2008.

FARRET, F.A. and SIMÕES M.G. Integration of Alternative Sources of Energy. Ed. IEEE, Nova Iorque, EUA, 2006.

FROTA, A.B., SCHIFFER, S.R. (1995) Manual de conforto térmico, Studio Nobel, São Paulo, 2a. Edição, 243p.

Geotics Geotermia Solar, Equipo y funcionamiento, Acessado in: May 24, 2012. http://www.geotics.net/nweb/esp/03_02_a.php.

Wu Xin ; Sch. of Energy Power & Mech. Eng., North China Electr. Power Univ., Beijing, 2012.