

ANÁLISE COMPARATIVA DE SISTEMAS DE CLIMATIZAÇÃO TIPO VOLUME DE AR CONSTANTE (CAV) E VOLUME DE AR VARIÁVEL (VAV) MULTIZONAS OPERANDO EM CLIMA QUENTE E ÚMIDO

César Augusto Gomes dos Santos

Jorge Emanuel Corrêa

Universidade Federal do Pará, Centro Tecnológico, Departamento de Engenharia Mecânica, Cx. P. 8612 – 66075-970 – Belém, PA, Brasil – E.mail: gsantos@ufpa.br

Resumo

Neste trabalho é feita uma análise comparativa do ponto de vista do consumo de energia em sistemas de climatização com volume de ar constante (CAV) e volume de ar variável (VAV) multizonas, usados para prover o conforto térmico em edificações. O programa computacional *HVAC2KIT* foi utilizado na simulação. Resultados de taxas de transferência de calor sensível e latente na serpentina de resfriamento e desumidificação, potência do ventilador de insuflamento, taxas de transferência de calor nas serpentinas aquecimento terminal e consumo de energia são obtidos e analisados para condições climáticas da cidade de Belém do Pará-Brasil (1° 27' Lat. Sul, 48° 48' Long. Oeste), que apresenta clima tipicamente quente e úmido durante todo o ano.

Palavras-chave: Simulação, Climatização, Ar condicionado, Edificações, Energia.

1. INTRODUÇÃO

Desde a última crise mundial do petróleo na década de 80, o aumento de preço da energia deixou claro para os fabricantes a necessidade de produzir equipamentos mais econômicos, caso desejassem manter e ampliar o mercado consumidor. O consumo de energia, que já era um fator importante na tomada de decisão sobre investimentos em ar condicionado tornou-se então crítico, quer para edifícios novos ou na revitalização de sistemas já instalados (Peixoto *et al.*, 1990). Segundo Andrade (1994), a economia de energia em sistemas de ar condicionado para conforto pode ser obtida pela redução das cargas térmicas no ambiente condicionado, instalação de equipamentos mais sensíveis às condições do ar externo e cargas térmicas, e uso de fontes alternativas de energia (solar, eólica, etc) como auxiliares. Assim, o presente artigo compara o desempenho dos sistemas multizonas CAV (*Constant Air Volume*) e VAV (*Variable Air Volume*), visando identificar o potencial de economia de energia que é possível obter pelo uso de cada um deles.

2. SISTEMA CAV (*Constant Air Volume*) MULTIZONA

O sistema CAV multizona é mostrado na Fig. 1. Para reduzir a carga na serpentina de resfriamento e desumidificação (SRD) uma porcentagem grande da vazão de ar insuflado é recirculado e misturado com ar externo de ventilação. O ventilador mantém a vazão de ar constante. O sensor de controle S, na saída do ventilador, mantém a temperatura do ar em torno de 13 °C, geralmente suficiente para atender as exigências de carga térmica de todas as zonas envolvidas em sistemas para conforto. Antes de ser insuflado o ar passa por uma serpentina de aquecimento (SA), que é acionada pelo termostato da zona térmica

correspondente, para controlar a temperatura de insuflamento do ar caso a carga térmica atinja um valor parcial muito baixo, impedindo que a temperatura desejada naquela zona térmica seja mantida. Este sistema é extremamente sensível às variações das condições do ar externo a da carga térmica, proporcionando um excelente controle da temperatura em cada zona térmica.

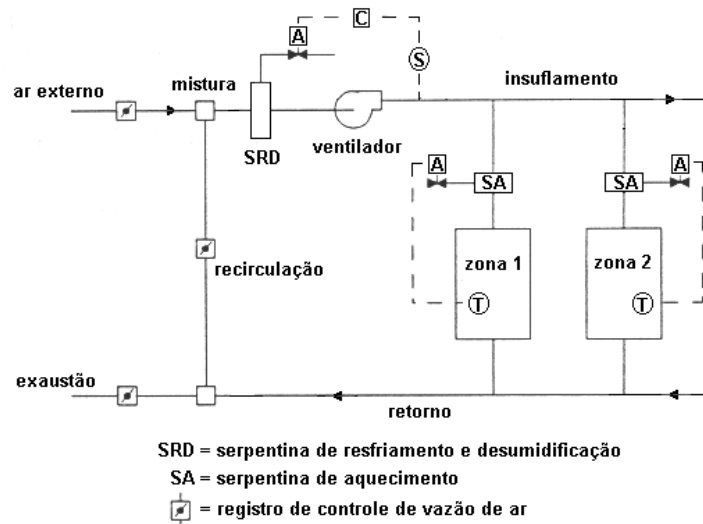


Figura 1. Esquema do sistema de vazão de ar constante (CAV) multizona.

3. SISTEMA VAV (*Variable Air Volume*) MULTIZONA

O sistema VAV multizona apresenta um esquema bastante semelhante ao CAV, como pode ser visto na Fig. 2. A diferença marcante é que o termostato de cada zona térmica controla não só uma serpentina de aquecimento como um registro de controle de vazão de ar em cada zona. A vazão de ar no ventilador é reduzida de acordo com a carga parcial. Entretanto, a vazão mínima de ar insuflado deve satisfazer às exigências de renovação de ar em cada zona térmica. Por isso, ao atingir essa vazão mínima, sem que a temperatura desejada na zona térmica seja mantida, o termostato aciona a serpentina de aquecimento para controlar a temperatura de insuflamento.

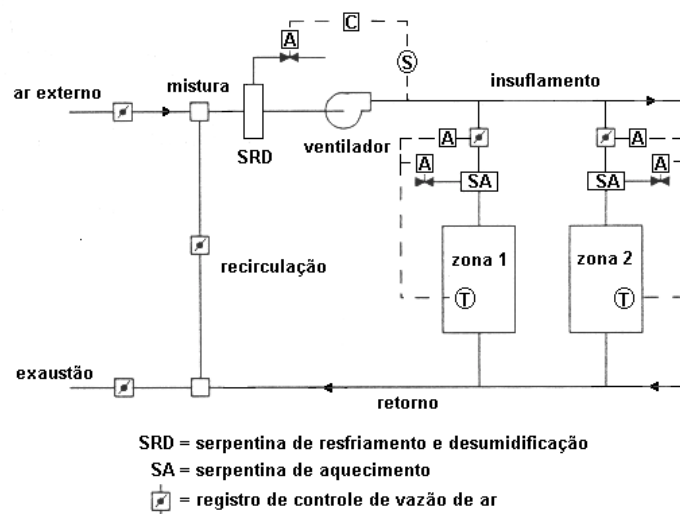


Figura 2. Esquema do sistema de vazão de ar variável (VAV) multizona.

4. METODOLOGIA

Para a realizar as simulações foi utilizado o programa computacional *HVAC2KIT* (Brandemuehl et al., 1993) desenvolvido pela *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE)* para análise em regime permanente de equipamentos e sistemas de condicionamento de ar. Os sistemas em questão serão simulados hora-a-hora, entre 8:00 e 18:00 horas de um dia de projeto. Na zona 1 a temperatura é mantida a 25 °C (*setpoint*) e na zona 2 a 22 °C (*setpoint*), com ambas tendo umidade relativa de 60 %. Para que a comparação seja válida, as condições de projeto internas e externas e as cargas térmicas sensível e latente em cada zona térmica devem ser idênticas em cada hora de simulação. As cargas térmicas latentes em cada zona são constantes e iguais a 7,5 kW na zona 1 e 5 kW na zona 2. A Tab. 1 apresenta os dados usados nas simulações dos sistemas CAV e VAV, em cada hora de um dia de projeto em Belém do Pará.

Tabela 1. Dados usados na análise dos sistemas CAV e VAV, para cada hora de um dia de projeto.

Hora do dia	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
T_{AE} (°C)	24,1	25,4	26,9	28,6	30,2	31,4	32,2	32,5	32,2	31,5	30,4
W_{AE} (g _v /kg _a)	15,6	16,4	17,0	18,7	20,7	21,7	22,7	22,7	22,7	21,7	20,7
CS 1 (kW)	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
CS 2 (kW)	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
CS1 e CS 2 = carga térmica sensível na zonas 1 e 2											
T_{AE} , W_{AE} = temperatura de bulbo seco e umidade absoluta do ar externo											

Do mesmo modo que existem razões de conforto térmico que implicam numa determinada condição de insuflamento, as exigências de qualidade do ar interior determinam que a quantidade de ar insuflado contenha certa porcentagem ar externo. Em situações de operação sob cargas parciais, para o sistema CAV, se $T_{AE} > setpoint$ tem-se 20% de ar externo e 80% recirculado; se $T_{AE} < setpoint$ a vazão de ar insuflado é 100% de ar externo. No sistema VAV, uma vazão mínima de ar insuflado é especificada, para não comprometer a ventilação nas zonas e acima dessa vazão tem-se 20 % de ar externo.

5. ANÁLISE DE RESULTADOS

Extração de calor sensível e latente na serpentina de resfriamento e desumidificação. A Figura 3 mostra a extração de calor sensível na serpentina de resfriamento e desumidificação entre 8:00 e 18:00 horas, para os sistemas CAV e VAV. Em ambos há um aumento desses valores, porém os correspondentes ao CAV são sempre maiores. Observa-se que no início do dia a diferença é de 30 kW, e ao longo do dia esta diferença vai diminuindo atingindo 3,9 kW às 18 horas. A Figura 4 mostra a extração de calor latente. Aqui, tal como acontece com o calor sensível, os valores crescem ao longo do dia e os correspondentes ao CAV são sempre maiores. Tanto na extração de calor sensível como na de calor latente, o sistema VAV ajusta-se melhor às variações de carga térmica e às mudanças nas condições de temperatura e umidade absoluta do ar externo. Em consequência, o sistema VAV necessita de menor capacidade de resfriamento total e menor consumo de energia do que o sistema CAV, em condições de operação semelhantes.

Adição de calor da serpentina de aquecimento. A Figura 5 mostra a adição de calor sensível nos sistemas CAV e VAV. Neste último, não houve necessidade de adição de calor em

nenhuma condição de operação. No sistema CAV, a adição de calor diminui ao longo do dia, variando entre 60 e 10 kW. Esta redução ocorre porque há um aumento gradativo das cargas sensíveis nas zonas térmicas, diminuindo assim o aquecimento artificial exigido. Tal adição de calor é indesejável, visto que provocará um aumento da extração de calor na serpentina de resfriamento e desumidificação e do consumo de energia.

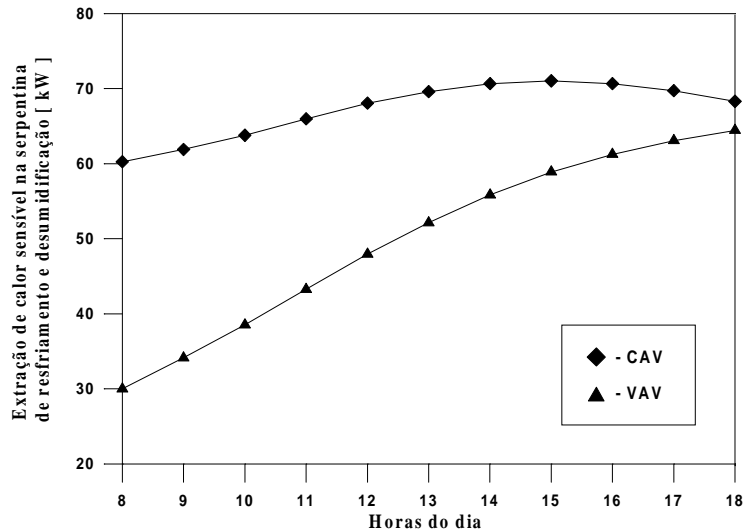


Figura 3. Extração de calor sensível na serpentina de resfriamento e desumidificação.

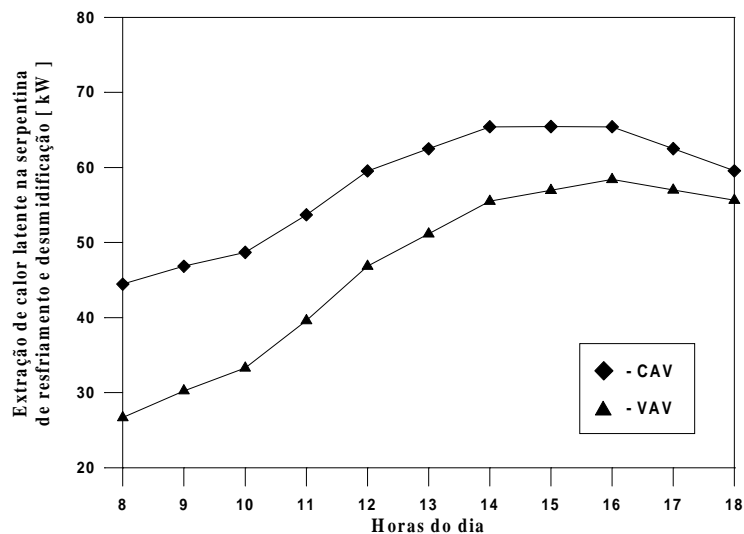


Figura 4. Extração de calor latente na serpentina de resfriamento e desumidificação.

Potência do ventilador. A Figura 6 mostra a potência no ventilador de insuflamento. Para o sistema VAV, o aumento na potência consumida no ventilador acompanha o aumento das cargas térmicas nas zonas em função do aumento gradual de vazão. Por outro lado, como o sistema CAV opera com a vazão de ar constante não ocorrem alterações na potência consumida. Apesar do aumento de consumo observado no sistema VAV, este não se equipara ao consumo para CAV, mesmo em cargas de pico.

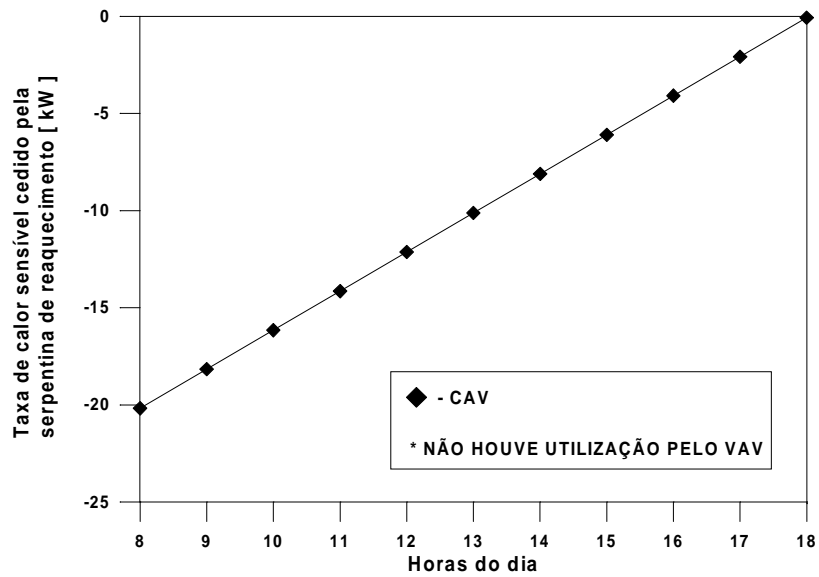


Figura 5. Adição de calor sensível da serpentina de aquecimento

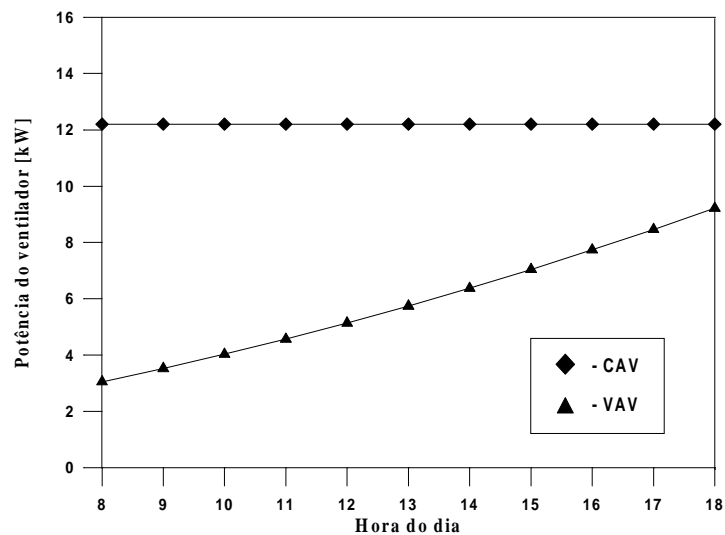


Figura 6. Potência do ventilador de insuflamento.

6. CONCLUSÕES

Comparado ao sistema CAV, a utilização do VAV para obtenção de condições de conforto em ambientes condicionados permite uma redução no consumo de energia, pois a capacidade de refrigeração da serpentina de resfriamento e desumidificação, que está relacionada diretamente com a potência elétrica necessária para acionar o compressor do sistema de refrigeração, é menor, considerando as mesmas condições de operação.

A possibilidade de variar a vazão de ar insuflado até um valor mínimo estabelecido, possibilitou que no sistema VAV não fosse utilizada a serpentina de aquecimento, enquanto que no CAV a adição de calor artificial variou de 60 a 10 kW.

Este mesmo fato foi responsável pela menor potência exigida pelo ventilador do sistema VAV, a qual, apesar do aumento gradativo não se equipara ao sistema CAV.

7. BIBLIOGRAFIA

- Corrêa, J. E., Análise dinâmica do comportamento integrado de edificações e sistemas de climatização, tese de doutorado, NRVA (Núcleo de pesquisa em refrigeração, ventilação e ar condicionado), Universidade Federal de Santa Catarina – SC, Brasil.,1998.
- ASHRAE, Handbook of HVAC Systems and Equipment, Atlanta-GA, 1996.
- Andrade, J.A., *Economia de Energia em Sistemas de Climatização com Arrefecimento Gratuito*. III Congresso de Engenharia Mecânica Norte-Nordeste - Belém – PA – Brasil., 1994.
- Peixoto, R.A. ; Paiva, M.A.; Chin, C.C.; Cespedes, J.F.P., *Modelagem e Simulação Matemática de Sistemas Centrais de Ar Condicionado Visando a Análise e Previsão do Consumo de Energia*. III Encontro Nacional de Ciências Térmicas, Itapema – SC – Brasil, 1990.
- Brandemuehl, M.J., *Algorithms and Subroutines for Secondary HVAC System Energy Calculations*. Edited by ASHRAE, Atlanta – USA, 1993.
- Stoecker, W. F., *Design of Thermal Systems*, New York, McGraw-Hill Co.,1989.
- ASHRAE. 1989. Outside Air Requirements. *ASHRAE Standard 62-1989*.
- Stoecker, W.; Jones, J.W. , *Refrigeração e Ar Condicionado*. Ed. McGraw Hill, São Paulo – Brasil, 1985.
- *Dados Climatológicos da Cidade de Belém do Pará* . INMET - Instituto Nacional de Meteorologia.

EVALUATION OF THE HEAT TRANSFER LEVEL IN SYSTEMS OF CLIMATIZATION TYPE CONSTANT AIR VOLUME (CAV) AND VARIABLE AIR VOLUME (VAV) MULTIZONE OPERATING IN HOT AND HUMID CLIMATE

Abstract

In this work it is made a comparative analysis of the energy consumption in climatization systems with constant air volume (CAV) and variable air volume (VAV) multizone, used to provide the thermal comfort in constructions. The software HVAC2KIT developed by American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning (ASHRAE) was used in the simulation. Results of transfer rates of sensible and latent heat in the cooling and desumidification streamer, fan power and transfer rates in the terminal heating streamer are obtained and analyzed for climatic conditions of the city of Belém of Pará-Brazil (1°27 ' Lat. South, 48° 48 ' Long. West), that presents climate typically hot and humid during all the year.

Word-key: Simulation, Climatization, Air Conditioning, Constructions, Energy.