



## 20º Congresso de Iniciação Científica

### ESTUDO DE PROPOSTAS PARA CONFORTO TÉRMICO DAS SALAS DE AULA DO BLOCO 01 CAMPUS DA UNIMEP EM SANTA BÁRBARA DOESTE

#### Autor(es)

---

LUCAS PETEAN NEVES

#### Orientador(es)

---

ANTONIO GARRIDO GALLEGRO

#### Apoio Financeiro

---

FAPIC/UNIMEP

#### 1. Introdução

---

O presente trabalho buscou propor uma solução para o problema do desconforto térmico presente atualmente nas salas de aula do bloco 1 Campus da UNIMEP em Santa Bárbara do Oeste, onde para isso inicialmente foi realizada uma estimativa das cargas térmicas das salas, e a partir dos resultados obtidos, foram analisados sistemas de refrigeração destinados ao conforto térmico plausíveis a serem empregados no caso. Os sistemas de refrigeração aqui estudados foram: compressão de vapor, absorção e resfriamento evaporativo. A seguir é apresentada uma sucinta introdução dos assuntos abordados no trabalho.

- Cargas térmicas: quando se inicia um estudo de conforto térmico o cálculo de carga térmica é uma etapa de extrema importância, pois seu conhecimento é fundamental na determinação do tipo de sistema de condicionamento do ar que será utilizado, além dos vários componentes que irão compor o sistema. Segundo Costa (1991) dá-se o nome de carga térmica à quantidade de calor, por unidade de tempo, que deve ser fornecida ou retirada do ar a ser introduzido nos recintos condicionados, afim de que os mesmos se mantenham nas condições de conforto prefixadas. Conforme apresentado em ASHRAE (1997) para calcular as cargas térmicas de refrigeração do espaço desejado deve-se levar em conta: ganho de calor de radiação solar e ganho de calor por condução através de áreas de frestas, sendo este ganho convertido em carga de resfriamento; ganho de calor total através de paredes e telhados externos; temperatura sol-ar, ganho de calor através de superfícies exteriores, ajustes das temperaturas, temperatura sol-ar média, temperatura horária e limitações de dados; ganho de calor através de superfícies internas (espaços adjacentes e pisos); ganho de calor por infiltração e ventilação. O método selecionado para se estimar a carga térmica trata-se do método diferencial de temperatura equivalente total com médias temporais (TETD/TA) apresentado pela ASHRAE, este método leva em conta todas as contribuições de calor para o ambiente bem como a inércia térmica do ambiente, convertendo-as em cargas térmicas pelas médias temporais.
- Refrigeração por compressão de vapor: processo de refrigeração mais adotado atualmente, tanto na refrigeração industrial como na de conforto térmico. O processo em que se baseia essa tecnologia é o da vaporização de um líquido puro. Para realizar essa mudança de fase, o líquido necessita de fornecimento de calor, que é retirado do ambiente que se deseja refrigerar.
- Refrigeração por absorção: o princípio de funcionamento do sistema de refrigeração por absorção esta baseado nas características de alguns tipos de fluidos refrigerantes de se combinarem a uma outra substância, dita absorvente gerando calor. De forma inversa fornecendo-se calor a esta mistura pode-se separar o fluido refrigerante do absorvente (DOSSAT, 1980). Exemplos desses pares refrigerante-absorvente são amônia-água e água-brometo de lítio.
- Resfriamento evaporativo: opera utilizando fenômenos naturais através de processos induzidos nos quais a água e o ar são os fluidos de trabalho. Consiste na utilização da evaporação de água através da passagem de um fluxo de ar, provocando uma redução na temperatura do ar (CAMARGO, 2004).

## 2. Objetivos

---

• Estudar as principais tecnologias destinadas ao conforto térmico de salas de aulas; • Realizar balanços de energia e cálculo de carga térmica do bloco I do campus de Santa Bárbara do Oeste; • Realizar estudo comparativo das tecnologias e verificar qual tecnologia é mais adequada para utilização nas salas de aula.

## 3. Desenvolvimento

---

O programa para simulações das cargas térmicas das salas de aula foi modelado a partir das equações de balanço de massa e energia e das equações de transferência de calor. O programa foi escrito no software Engineering Equation Solver (EES), o que possibilitou escrever as equações indexadas as variáveis que permitiram criar tabelas paramétricas com os resultados, o que facilitou a análise. O modelo inicial foi construído a partir de um exemplo apresentado por Halász e Martins (1994) utilizando-se do método TETD/TA. Depois de criado, o mesmo foi validado através de um exemplo presente em ASHRAE 1997 e finalmente utilizado para se determinar as cargas reais das salas em análise. Para cálculo da carga térmica foi necessário primeiramente a determinação do dia de projeto através de um levantamento meteorológico, onde pode-se determinar o dia mais quente do ano de 2011 e a distribuição da temperatura e umidade relativa ao longo deste dia. No programa criado no EES foram elaboradas sub-rotinas com informações sobre as 17 salas de aula do bloco 1 analisadas, com as características de cada uma, como as dimensões, orientações e períodos de utilização, o que possibilitou fazer a análise da carga térmica individual de cada sala apenas informando no início do programa o número da sala a ser simulada. As simulações foram realizadas admitindo temperatura interna de 24°C e umidade relativa de 50%, valores estes tomados com base nos padrões para conforto térmico segundo a NBR-6401 da ABNT.

## 4. Resultado e Discussão

---

O dia 27 de março de 2011 foi selecionado como o dia de projeto, onde no programa as temperaturas e umidades relativas foram aplicadas e determinadas as cargas térmicas horárias para as 17 salas de aula, as cargas térmicas máximas médias e mínimas de cada sala obtidas pelo programa estão apresentados na figura 1 em anexo, onde foi constatado que diversas salas apresentam cargas térmicas relativamente próximas, isto devido a estas serem semelhantes quanto as características dimensionais e períodos de utilização. Portanto foram analisadas detalhadamente somente quatro salas de aula com características mais distintas. Desta forma, o sistema de refrigeração para as demais salas de aula foi estimado a partir das quatro salas analisadas, sendo elas as de número 26, 32, 33 e 40. Das simulações foram obtidos os resultados apresentados na tabela 1 em anexo, bem como a distribuição da carga térmica sensível, latente e total para cada sala, onde na figura 2 em anexo é apresentada para a sala 40. Através dos resultados encontrados para as cargas térmicas das salas, foi proposto um sistema de refrigeração para remover esta carga térmica. A proposta de sistema de absorção pode não ser na atualidade interessante, pois a viabilidade da escolha de um sistema de refrigeração por absorção está atrelada à disponibilidade de energia térmica (vapor ou água quente), mas no futuro se houver a necessidade da instalação de um sistema de geração de energia no campus, que pode ser motivado pela necessidade de estabilidade tensão elétrica no campus, ou pela disponibilidade de gás natural na região que justifique a autogeração, a proposta de refrigeração por absorção poderá ser atraente. O sistema evaporativo foi também descartado como única fonte de refrigeração, pois o mesmo apresentou índices de desempenho fora da faixa destinada a conforto térmico, isto porque, este tipo de sistema opera com maior eficiência em locais quentes e secos. Tendo em vista os limites de aplicação dos demais sistemas neste projeto o sistema de compressão se apresenta como a melhor solução, onde para dada carga térmica foi proposto a utilização de sistemas do tipo split individuais para cada sala, sendo dois equipamentos de 48000 Btu/h de capacidade de refrigeração para as salas de 84 m e dois de 60000 Btu/h para as salas de 124 m.

## 5. Considerações Finais

---

Os sistemas selecionados mostraram-se capazes de manter as condições de conforto desejadas na maior parte do tempo, onde somente em uma hora do dia é que a temperatura interna poderá subir em torno 2°C da desejada, estando ainda dentro dos limites de conforto segundo a ABNT. Deve-se destacar que as cargas térmicas simuladas foram obtidas para o dia mais quente do ano e por isso, nos demais dias do ano o sistema manterá as condições internas desejadas em todo período. O modelo split foi o escolhido para aplicação devido a sua total flexibilidade e independência na utilização comparada aos sistemas centrais de refrigeração. Como desvantagem dos aparelhos do tipo split esta a não renovação de ar, o que prejudica a qualidade do ar no interior do ambiente refrigerado, desta forma, o sistema proposto deve ser utilizado em conjunto com um sistema de exaustão/insuflamento de ar, garantindo assim além de um ambiente confortável termicamente, um ambiente saudável.

## Referências Bibliográficas

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6410: Ar condicionado central para conforto. Rio de Janeiro, 1980. Versão corrigida

ASHARE - American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers. ASHARE Handbook-Fundamentals. Atlanta: SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATION AND AIRCONDITIONING ENGINEERS, 1997.

CAMARGO, J. R. Resfriamento evaporativo: poupando a energia e o meio ambiente. Revista Ciências Exatas, Taubaté, v. 10, p.69-75, 2004.

COSTA, E.C; Física aplicada à construção - conforto térmico. - 4ªed. São Paulo: Edgar Blücher, 1991.

DOSSAT, R. Princípios de Refrigeração. Mexico: Compa Editorial Continental S/A, 1980.

HALÁSZ, J. Z; MARTINS, G. Princípios para o condicionamento de ar: Apostila didática para o curso de Controle Térmico de Ambientes. Campinas: Faculdade de Engenharia Mecânica Unicamp, 1994.

#### Anexos

Tabela 1 – Resultados obtidos pelas simulações para as cargas térmicas das salas no período de utilização.

<i>Cargas térmicas nos períodos de utilização</i>				
	<b>Sala 26</b>	<b>Sala 32</b>	<b>Sala 33</b>	<b>Sala 40</b>
<b>Horas</b>	<b>carga (W)</b>	<b>carga (W)</b>	<b>carga (W)</b>	<b>carga (W)</b>
8:00	27715	23697	17281	20643
9:00	28172	24030	17684	20927
10:00	34105	29003	21713	25321
11:00	33039	27887	21510	24415
12:00	32898	27636	21001	24257
13:00	34210	28572	21256	25171
14:00	-	-	-	25364
15:00	-	-	-	27036
16:00	-	-	-	27239
17:00	-	-	-	28661
18:00	-	-	-	28244
19:00	36425	29326	24136	28444
20:00	40141	32423	26500	30734
21:00	37926	30464	24999	28565
22:00	35493	28443	23199	26262
23:00	31332	25033	20372	22694
<b>Média (W)</b>	<b>33768,73</b>	<b>27864,91</b>	<b>21786,45</b>	<b>25873,56</b>
<b>Media (BTU/h)</b>	<b>115218,90</b>	<b>95075,07</b>	<b>74335,38</b>	<b>88280,60</b>
<b>Máxima (BTU/h)</b>	<b>136961,09</b>	<b>110627,28</b>	<b>90418,00</b>	<b>104864,41</b>

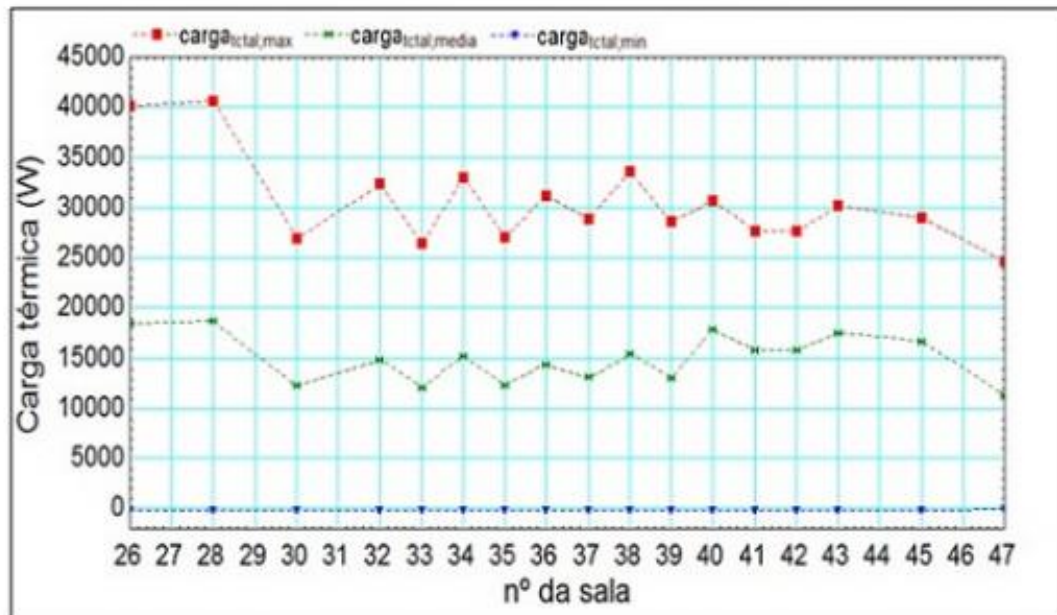


Figura 1 - Cargas térmicas máximas, médias e mínimas das salas simuladas.

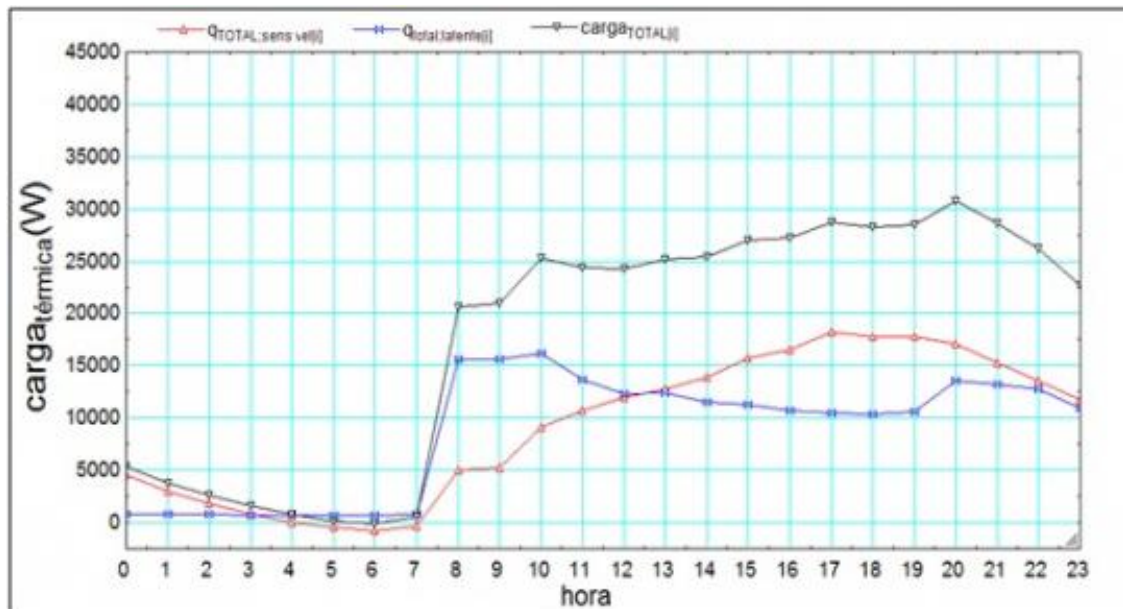


Figura 2 - Perfil horário da carga térmica para a sala de aula 40.