

# **SUBSTITUIÇÃO DOS APARELHOS DE AR-CONDICIONADO POR RESFRIADORES EVAPORATIVOS NA FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA DA UNICAMP**

LUISA BOTELHO LOTTI<sup>1</sup>, MARCELO IAMARINO FERNANDES RUSSO<sup>1</sup>, MURILO DEL NERO BACCI<sup>1</sup>, NATÁLIA FREIRE FIRMO PRADO<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Curso de Graduação – Faculdade de Engenharia Mecânica/UNICAMP

**RESUMO:** O presente trabalho propõe a substituição dos aparelhos de ar-condicionado da Faculdade de Engenharia Mecânica (FEM) da Unicamp por resfriadores de ar evaporativos. É de consenso geral que os condicionadores de ar são os grandes vilões no consumo de energia elétrica nas salas de aula da Faculdade, além de serem os grandes disseminadores de doenças respiratórias. Através da troca destes aparelhos por resfriadores que funcionam a base de água e consomem até 95% menos energia elétrica, além de serem ecologicamente corretos, a faculdade diminui seus gastos com energia, não agride o meio ambiente e contribui com a saúde dos seus ocupantes. Concluiu-se após os cálculos realizados que a FEM teria um retorno financeiro, em relação às salas analisadas após 4 anos e meio da compra dos aparelhos. Apesar deste tempo relativamente longo, o projeto é considerado viável já que também devem ser levados em consideração os benefícios para o meio ambiente e para a saúde das pessoas.

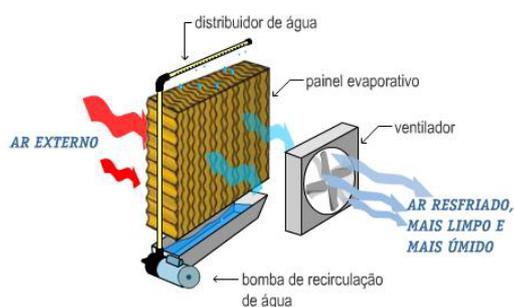
**PALAVRAS-CHAVE:** ar-condicionado, resfriador de ar evaporativo, energia.

## **INTRODUÇÃO**

Os aparelhos de ar-condicionado são, sem dúvida, os equipamentos que mais consomem energia elétrica nas salas e auditórios da Faculdade de Engenharia Mecânica da Unicamp (FEM). Além do impacto ambiental causado por este grande consumo de energia, tais dispositivos podem ser prejudiciais à camada de ozônio se utilizarem gás CFC ou HCFC (ECOBRIISA, 2006).

Também é importante salientar que a exposição a ambientes refrigerados por ar-condicionado favorece o aparecimento de infecções respiratórias agudas porque o mesmo desidrata o ar e resseca o muco protetor que reveste as mucosas das vias aéreas. O ressecamento da superfície do epitélio respiratório destrói anticorpos e enzimas que atacam germes invasores, predispondo-nos às infecções (VARELLA, 2002).

O resfriador de ar evaporativo, sugerido neste trabalho como equipamento de substituição ao ar-condicionado, tem um princípio de funcionamento simples que diminui a temperatura do ambiente em que está instalado e aumenta a umidade relativa, proporcionando um grande conforto térmico, gastando pouca energia e contribuindo com a saúde dos ocupantes.



**Figura 1.** Funcionamento de um resfriador evaporativo (Fonte: ECOBRISA).

O resfriador de ar possui um ventilador que aspira ar externo através de um painel evaporativo especial, sobre o qual água é circulada continuamente por uma pequena bomba. A água que evapora é repostada por uma bóia que mantém nível constante no reservatório. O painel evaporativo do resfriador é composto por camadas de papel *kraft* de alta qualidade, ondulado, poroso, impregnado com uma resina que lhe confere grande rigidez e durabilidade. Uma vez coladas, as camadas formam blocos ou colméias de área superficial muito grande, que oferecem baixa resistência ao fluxo de ar. O resultado é um equipamento de grande eficiência, compacto, simples, durável e de baixa

manutenção que produz ar limpo de excelente qualidade, não saturado e resfriado em até 12°C abaixo da temperatura do ar externo (ECOBRISA, 2006).

Os custos de instalação e operação são uma fração dos custos de sistemas de ar condicionado convencionais. A necessidade de manutenção é mínima, e não exige mão de obra especializada. Não há compressores, condensadores, circuitos de alta pressão ou tubos isolados. O consumo de energia elétrica é apenas o de um ventilador axial (com motor de somente 1cv), mais uma pequena bomba de água de 1/3cv. Um equipamento de ar condicionado convencional, dimensionado para o mesmo ambiente, consome cerca de 10 a 15 vezes mais energia elétrica. Comparado a um ar condicionado equivalente, a economia de energia é de 90 a 95% (ECOBRISA, 2006).

O custo da adequação do ambiente ao sistema de climatização por resfriamento evaporativo também é muito baixo porque, ao contrário do que ocorre com sistemas de ar condicionado, o espaço a ser climatizado não deve ser fechado nem precisa ser tão bem isolado (ECOBRISA, 2006).

Os resfriadores evaporativos produzem um ar de excelente qualidade uma vez que, ao passar pelo painel evaporativo úmido, o ar é esfriado, filtrado e umidificado. Por trabalharem sem recirculação de ar, eliminam poluentes, germes, fumaça, odores e poeira do ambiente.

Também podem ser utilizados aditivos na água de refrigeração que eliminam matéria orgânica viva, tais como fungos, micróbios, vírus e ácaros (COISADICASA, 2006).

Os resfriadores evaporativos evitam a "síndrome dos edifícios doentes" porque são dimensionados para renovarem completamente o ar do ambiente a cada 1 a 4 minutos, dependendo da carga térmica e umidade relativa local. Dessa forma, ao contrário do que ocorre com sistemas de ar condicionado convencionais, o ambiente a ser climatizado não pode ser fechado e nem precisa ser isolado.

Os resfriadores de ar evaporativos são ecologicamente corretos porque funcionam apenas com água e têm um consumo de energia muito baixo. Além disso, não utilizam nenhum gás CFC ou HCFC, prejudiciais ao meio ambiente.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Foram selecionados 4 ambientes da FEM para a realização dos cálculos de viabilidade da troca dos aparelhos de ar condicionados pelos resfriadores de ar evaporativos. Estes ambientes são os maiores da faculdade e estão constantemente em uso pelo instituto. São eles: Auditório ID2, Auditório K, Seção de Informática da FEM (SIFEM) e Sala de Aula EM25.

Para fazer o dimensionamento correto de quantos resfriadores evaporativos são

necessários em cada ambiente selecionado, é necessário calcular a carga térmica destes ambientes.

A carga térmica do ambiente é a potência térmica que deve ser removida para manter a temperatura em um valor adequado. A potência térmica, por sua vez, é a quantidade de calor por unidade de tempo que entra ou é gerada no ambiente (FRANÇA, 2005).

Para o cálculo da carga térmica, portanto, é necessário levar em consideração vários fatores como as características físicas do ambiente (dimensões, materiais), sua localização, orientação, sombreamento, obter informações sobre o clima no local, iluminação, número de ocupantes, tipo de ocupação, equipamentos instalados, enfim, tudo que possa contribuir para a carga térmica do local (FRANÇA, 2005).

Após o cálculo da carga térmica de cada ambiente é possível determinar quantos resfriadores são necessários, e então de quanto será o investimento total.

Por último, será necessário calcular quanto tempo levará para a FEM ter o retorno financeiro do investimento, e isso será feito com base na economia de energia dos resfriadores quando comparados com os condicionadores de ar.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A Norma Brasileira NBR 5410 inclui alguns parâmetros básicos necessários para o

cálculo simplificado da carga térmica de um ambiente. Estes parâmetros incluem: área e orientação das paredes do ambiente, área, tipo de vidro e proteção das janelas, tipo de teto, número de ocupantes, equipamentos instalados e localização geográfica. Ela foi utilizada para o cálculo da carga térmica dos ambientes selecionados neste trabalho. A tabela 1 mostra a carga térmica calculada de cada ambiente selecionado.

**Tabela 1.** Carga térmica (em Btu/h) de 4 ambientes da FEM-Unicamp.

<b>Ambiente</b>	<b>Carga Térmica (Btu/h)</b>
Auditório ID2	64.676,41
Auditório K	57.804,43
SIFEM	191.429,74
Sala EM25	60.881,52

Com os dados da Tabela1, é possível determinar quantos resfriadores evaporativos são necessários em cada um dos ambientes selecionados. Para isso, escolheu-se instalar modelos de resfriadores de ar evaporativos com potência térmica de 12.000 Btu/h, cujo custo atual no mercado é R\$ 1.655,00. Dividindo-se a carga térmica de cada ambiente pela potência térmica do equipamento, obtém-se o número de equipamentos necessários em cada sala:

**Tabela 2.** Número de resfriadores necessários e custo por ambiente.

<b>Ambiente</b>	<b>Nº de Resfriadores</b>	<b>Custo Total (R\$)</b>
Auditório ID2	6	9.930,00
Auditório K	5	8.275,00
SIFEM	16	26.480,00
Sala EM25	6	9.930,00
<b>Total</b>	<b>33</b>	<b>54.615,00</b>

O cálculo do tempo necessário para o retorno financeiro do investimento será baseado na economia de energia que os resfriadores evaporativos fornecem quando comparados com os aparelhos de ar-condicionado existente nas salas da FEM.

Para isso, verificou-se a situação atual do número de aparelhos de ar condicionado instalado em cada ambiente selecionado neste trabalho. Todos os aparelhos mencionados são de 12.000 Btu/h. Pode-se então calcular o consumo de energia elétrica destes aparelhos e o custo mensal de energia para a faculdade. É importante notar inclusive que as salas atualmente não possuem a quantidade de aparelhos adequada, segundo os cálculos de carga térmica (o número de aparelhos de ar-condicionados teria que ser igual ao número de resfriadores indicado na tabela 2, pois ambos os aparelhos possuem a mesma potência térmica de 12.000 Btu/h):

**Tabela 3.** Situação atual dos ambientes selecionados quanto ao número de aparelhos de ar condicionado, consumo mensal e custos.

Ambiente	N.º Aparelhos	Consumo* (kWh/mês)	Custo** (R\$)
Auditório ID2	8	2.420	435,60
Auditório K	5	1.512	272,16
SIFEM	13	3.931	707,58
Sala EM25	6	1.815	326,70
<b>Total</b>	<b>32</b>	<b>9.678</b>	<b>1.742,04</b>

\*Cálculo considerando os aparelhos ligados 12 horas por dia com o compressor funcionando 70% do tempo. O consumo médio de um ar-condicionado é de 1.200 W.

\*\*Valor da tarifa de consumo de serviço público da ANEEL R\$0,18 em fevereiro 2006.

Com a instalação dos resfriadores de ar evaporativos proposta aqui, teríamos, de forma análoga, o seguinte consumo e custo energéticos mensais (Tabela 4):

Desta forma, pode-se determinar que a FEM iria economizar R\$1.539,00 por mês em energia elétrica. Dividindo-se o valor do investimento total necessário, mostrado na Tabela 2 (R\$ 54.615,00), por este valor economizado, calcula-se que a FEM iria ter o retorno financeiro do investimento em 36 meses. Como os aparelhos ficam ligados durante oito meses do ano (período quente do país), pode-se dizer que o investimento seria pago em aproximadamente 4,5 anos.

**Tabela 4.** Situação de consumo e custos para a proposta de substituição dos resfriadores nos ambientes selecionados.

Ambiente	N.º Aparelhos	Consumo* (kWh/mês)	Custo** (R\$)
Auditório ID2	6	205	36,90
Auditório K	5	171	30,78
SIFEM	16	547	98,46
Sala EM25	6	205	36,90
<b>Total</b>	<b>33</b>	<b>1.128</b>	<b>203,04</b>

\*Cálculo considerando os aparelhos ligados 12 horas por dia. O consumo médio de um resfriador de ar evaporativo é de 95 W.

\*\*Valor da tarifa de consumo de serviço público da ANEEL R\$0,18 em fev2006.

O retorno financeiro pode ser alcançado em um tempo ainda menor se os aparelhos de ar-condicionado descartados fossem vendidos. O custo médio de um ar-condicionado usado de 12.000 Btu/h é de R\$500. Os 32 aparelhos das salas valeriam então R\$16.000. Subtraindo esta quantia do investimento total, e mais uma vez dividindo este novo valor pela economia de energia, o investimento seria pago então em 25 meses, aproximadamente 3 anos considerando os aparelhos ligados durante os oito meses quentes do ano.

## CONCLUSÃO

Devido a todos os motivos apresentados neste trabalho, a substituição do sistema de refrigeração atual de aparelhos de ar-condicionado por resfriadores de ar evaporativos

na Faculdade de Engenharia Mecânica da Unicamp é justificada. Em tempos em que a preocupação com a preservação do meio ambiente é crescente, a busca por economia de energia elétrica e o uso inteligente dos recursos naturais devem ser promovidos. Sendo assim, aliados a uma economia financeira trazida para a faculdade com a diminuição dos gastos com energia, o investimento na troca do sistema de refrigeração é mais do que recomendado. Deve-se salientar, ainda, que embora o tempo de retorno ao investimento necessário ao projeto seja relativamente longo (estimado em 4,5 anos), os benefícios à saúde das pessoas e ao meio ambiente tornam a iniciativa viável e possível de ser implantada.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COISADICASA. **Ar Condicionado e Alergias Respiratórias.** Disponível em: [http://www.coisadicasa.com.br/dicas/materias%20especiais/ar\\_condicionado\\_e\\_alergias\\_respi.htm](http://www.coisadicasa.com.br/dicas/materias%20especiais/ar_condicionado_e_alergias_respi.htm). Acesso em: 14 junho 2006.

ECOBRISA. **Climatizadores Evaporativos.** Disponível em: <http://www.ecobrisa.com.br>. Acesso em: 19 maio 2006.

FRANÇA, F. A. **Sistemas de Ar Condicionado: Carga Térmica e Instalações de Ar Condicionado.** Disponível em: [http://www.fem.unicamp.br/~em672/Carga\\_Termica.PPT](http://www.fem.unicamp.br/~em672/Carga_Termica.PPT). Acesso em: 14 maio 2006.

VARELLA, D. **Olhe esse vento nas costas, menino!** Disponível em: <http://www.drauziovarella.com.br/artigos/gripe.a.sp>. Acesso em: 09 junho 2006.