

# ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA CLIMATIZAÇÃO DO AMBIENTE NO DESEMPENHO ESTUDANTIL

*Ricardo Henrique Sousa Oliveira<sup>1</sup>*

*Stéfanny Guimarães Rodrigues<sup>2</sup>*

## RESUMO

Fazer com que um ambiente qualquer permaneça numa faixa de temperatura favorável ao que se quer preservar, ou, manter de forma confortável, é um dos objetivos deste Projeto de Climatização. Isto significa tratar a temperatura, umidade, pureza e movimentação do ar, ao mesmo tempo, em recintos fechados, para obter conforto térmico. Vamos analisar o ambiente e verificar se há o condicionamento térmico do mesmo; se realmente está adequado e viável para o que se quer alcançar, ou seja, procurar a neutralidade térmica. Fanger concluiu que “o nível de atividade é o único processo fisiológico que determina a taxa de suor e temperatura da pele e, portanto, influencia o equilíbrio térmico do corpo”... Ele ainda afirma que o nível de atividade é o único processo fisiológico que determina a taxa de suor e temperatura da pele e, portanto, influencia o equilíbrio térmico do corpo (ASHRAE55, 2013; ISO7730, 2005). Os valores estabelecidos pela norma ABNT NBR – 6401 serão utilizados como parâmetros na obtenção das cargas térmicas de cada fator de influência do sistema. Finalmente são considerados: a energia dissipada pela iluminação na unidade de Watts por metro quadrado ( $W/m^2$ ), as características do ambiente, formas e níveis de iluminação e o calor liberado por outras fontes na unidade Watts (W).

Palavras-Chave: Climatização. Conforto Térmico. Ambiente.

---

<sup>1</sup> Graduando em Engenharia Mecânica pela Universidade Rio Verde, Rio Verde, GO.

<sup>2</sup> Orientadora, Professor da Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade de Rio Verde – UniRV.

# 1 INTRODUÇÃO

Grande tem sido a preocupação em relação ao equilíbrio da temperatura nos diversos tipos de ambientes, não só pela questão do conforto, mas também quanto à eficiência energética, já que esse conforto promove maiores gastos com energia. Em se tratando de ambientes fechados, conta-se hoje com a climatização, cuja função é fazer com que um ambiente qualquer permaneça numa faixa de temperatura favorável ao que se quer preservar, ou, manter de forma confortável.

Segundo Mange (1956), qualquer obra deve ser criada para prover ao ser humano uma segurança, levando-se em conta o clima e suas variáveis físicas e físico-geométricas da obra a ser construída, deve-se frisar ainda a importância dos elementos materiais que se colocam entre o homem e o agente, para um melhor conforto.

O objetivo do presente trabalho será verificar se há conforto térmico nas salas de aulas a ponto de favorecer a aprendizagem dos alunos, visto que, as características térmicas do ambiente são de vital importância, pois, o bem-estar influencia diretamente no rendimento dos mesmos. Sendo assim, serão realizadas medições *in loco*, para analisar as variáveis ambientais, bem como os fatores relacionados à presença humana, a quantidade de pessoas e atividades utilizadas.

## 1.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 1.1.1 Climatização

Climatizar ambientes significa tratar a temperatura, umidade, pureza e movimentação do ar, ao mesmo tempo, em recintos fechados, para obter conforto térmico. Os sistemas de climatização podem ser de zona simples atendendo apenas um recinto ou de zona múltipla atendendo simultaneamente vários recintos. “Um sistema de climatização envolve o emprego de unidades de refrigeração, filtragem, circulação do ar, controle, etc.” (MACHADO 2009).

Do ponto de vista da saúde, as dimensões reduzidas, o pouco arejamento e a escassa iluminação provocando o amontoamento de indivíduos e coisas em espaços confinados, eram

entendidos como condicionantes de um meio propício à geração de moléstias (CORREIA, 2004, p. 57).

Segundo Machado é relevante verificar os impactos das variações ambientais e sua influência no conforto e no rendimento do trabalho ou numa atividade realizada por um grupo de pessoas. Manifestações físicas como dor de cabeça, fadiga, alteração sensorial, depressão intelectual, indiferença, sono têm surgido cada vez mais frequentes em ambientes onde não há a utilização da climatização de forma adequada. Assim, faz-se necessário uma análise delicada para que cada tipo de ambiente atinja seus objetivos de forma confortável.

### 1.2.1 Conforto térmico

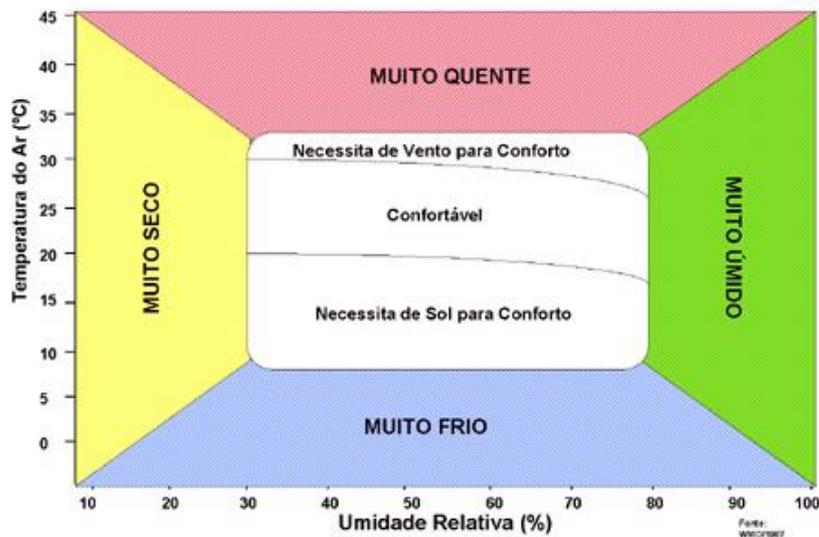
O conforto térmico é uma condição mental que expressa satisfação com o ambiente térmico, é um dos responsáveis pelo preparo psicofisiológico, que adapta o ambiente para oferecer melhores condições de saúde, bem-estar, segurança e rendimentos mais satisfatórios. A ASHRAE (American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers) define conforto térmico como a condição da mente na qual o indivíduo expressa satisfação com o ambiente térmico (ASHRAE Standard 55, 1992 apud ASHRAE, 2001).

As condições de conforto térmico são analisadas de algumas variáveis. Para quantizar essas condições, o indivíduo precisa estar apropriadamente vestido e sem problemas de saúde ou de aclimatação. Sabemos que as condições ambientais capazes de proporcionar sensação de conforto térmico em habitantes de clima quente e úmido não são as mesmas que proporcionam sensação de conforto em habitantes de clima quente e seco e, muito menos, em habitantes de regiões de clima temperado ou frio (FROTA e SCHIFFER, 2001).

Relatos e experiências demonstram que a relação entre conforto térmico na sala de aula e os resultados obtidos nas avaliações dos estudantes são facilmente notados. Faz-se pertinente analisar o ambiente e verificar se o condicionamento térmico do mesmo está realmente adequado e viável para o que se quer alcançar, ou seja, procurar a neutralidade térmica. Significa que uma pessoa com roupas normais não sente frio nem calor demais.

A Figura 1 ilustra o diagrama de conforto térmico humano indicado pelo Instituto Nacional de Meteorologia.

**FIGURA 1** – Diagrama de conforto humano



Fonte: INMET - Instituto Nacional de Meteorologia.

Segundo Fanger (1970), neutralidade térmica é quando uma pessoa não prefere mais calor nem mais frio no local no qual está. É uma forma de manter uma temperatura corporal constante, não havendo excessivo calor ou perda do mesmo.

No caso da sala de aula, deve-se observar se a climatização tem sido ponto positivo ou negativo para o desenvolvimento do aluno, visto que o desgaste físico para que o corpo mantenha uma temperatura agradável, pois, faz com que a energia humana seja desviada causando a desatenção, e conseqüentemente, reduzindo o índice de absorção dos conteúdos ensinados (WARGOCKI et al., 2005)

Para Frota e Schiffer (2001), a partir das variáveis climáticas relacionadas ao conforto térmico e das variáveis relacionadas às atividades que o indivíduo realiza, aliando a sua vestimenta, há uma série de estudos para determinar as condições de conforto térmico e os seus graus, junto com conforto ou não pela sensação de frio ou calor.

Para saber a quantidade de resfriamento ou aquecimento, bem como a umidade adequada para cada ambiente, utiliza-se o controle da carga térmica que consiste em determinar a quantidade de calor que deverá ser retirada ou acrescida em um ambiente, dando-lhe condições climáticas necessárias e ideais para o que se desejam realizar ou promover. Carga térmica é o valor total de calor sensível e calor latente que deve ser adicionada ou removida do ambiente, a fim de obter temperatura e umidade relativas desejadas (MACHADO, 2009).

Fanger (1970) avaliou em 1296 pessoas em uma câmara climática controlada, com acompanhamento específico, cujas roupas e atividades eram padronizadas em temperaturas variadas, indicando a sensação térmica numa escala de sete pontos, onde cada sensação corresponde a um valor. A Figura 2 contém a escala de sensação térmica.

**FIGURA 2** - Escala de Sensação Térmica

<b>Escala</b>	<b>Sensação</b>
<b>(-3)</b>	<b>Muito frio</b>
<b>(-2)</b>	<b>Frio</b>
<b>(-1)</b>	<b>Levemente frio</b>
<b>(0)</b>	<b>Neutro</b>
<b>(1)</b>	<b>Levemente quente</b>
<b>(2)</b>	<b>Quente</b>
<b>(3)</b>	<b>Muito quente</b>

Fonte: ASHRAE (2013); ISO7730 (2005).

Este estudo feito por Fanger (1970) resultou no desenvolvimento do modelo de balanço térmico do corpo humano, que combina a teoria de equilíbrio térmico com a fisiologia da regulação térmica resultando na gama de condições de conforto para **que** as pessoas possam sentir-se confortáveis em um ambiente. Seus índices são utilizados em todo o mundo para prever e avaliar o conforto térmico e são reconhecidos como padrão internacional através de duas normas a ISO 7730 (2005) e a ASHRAE 55 (2010).

Com esta experiência Fanger (1970), concluiu que o nível de atividade é o único processo fisiológico que determina a taxa de suor e temperatura da pele e, portanto, influencia o equilíbrio térmico do corpo (ASHRAE55, 2013; ISO7730, 2005).

## **2 MATERIAIS E MÉTODOS**

Para determinar a quantidade das cargas térmicas naturais de um ambiente a ser refrigerado, vamos utilizar métodos para obter esses resultados. Faremos uma abordagem

detalhada e simples para possíveis esclarecimentos das condições desse ambiente tanto dentro quanto fora do contexto. Nosso objetivo é determinar a capacidade necessária de refrigeração do aparelho de ar-condicionado a ser instalado. O fenômeno da radiação solar será desprezado, visto que, as transferências de calor advindas dos raios solares não influenciam diretamente na refrigeração desse ambiente.

Os valores estabelecidos pela norma ABNT NBR – 6401 serão utilizados como parâmetros na obtenção das cargas térmicas de cada fator de influência do sistema. Serão analisados por meio de equações, as condições internas e externas de temperatura para verão e inverno; as possíveis entradas de ar das frestas e portas; a circulação de ar exterior para renovação; a ocupação dos ambientes; a energia gasta com a iluminação; o calor utilizado por eletro/eletrônicos e o aquecimento produzido pelas pessoas que ocupam esse local.

Joule (J) é a unidade de medida que utilizaremos na abordagem para calcular a carga térmica do ambiente a ser refrigerado. Esta mesma unidade será usada em função do tempo (“J/S” Joule por segundo) que é equivalente a potência térmica dada em Watts (W) sabendo que 1 joule equivale a 0,000239006 Quilocaloria (Kcal).

A norma ABNT NBR – 6401 estabelece valores para ocupação dos recintos em metros quadrados por pessoa, o que vai determinar pela análise do fluxo de calor emitido pelos corpos e dependendo do caráter desta ocupação esses valores serão maiores ou menores. Em análise posterior verifica-se o calor liberado por um adulto em função do local de ocupação, na unidade de quilocaloria por hora. Sequencialmente ignora a troca de calor mantida por piso, teto e as paredes que interligam as salas, pois, o calor a ser transferido de uma área para outra menos aquecida pode ser calculado utilizando a equação referente à condução entre paredes planas das literaturas de Fenômenos de Transportes:

**Equação 1:** Equação de Fourier

$$\dot{Q} = k A \frac{(T_e - T_i)}{L}$$

- a)  $\dot{Q}$  = Taxa de transferência de calor [W]
- b) K=Coeficiente de condutividade térmica do material [W/m.k]
- c) A=Área de transferência de calor [m<sup>2</sup>]
- d) L= Espessura da Parede [m]
- e) Te= Temperatura externa do ambiente a ser refrigerado [K]

f)  $T_i$  = Temperatura interna do ambiente a ser refrigerado [K]

Calculando o fluxo de calor das infiltrações e da renovação de ar, a norma ABNT NBR 6401, utiliza a vazão em metros cúbicos por hora ( $m^3/h$ ), observando o tipo de abertura para frestas de janelas e portas, e estas variam em função do local ocupado. Após a coleta dos dados, aplica-se a equação que deriva da primeira lei da termodinâmica:

**Equação 2:** Equação derivada da primeira lei da termodinâmica

$$\dot{Q} = \rho \cdot c_p \cdot V \cdot \Delta T$$

g)  $\dot{Q}$  = Taxa de transferência de calor [W]

h)  $\rho$  = Densidade do ar [ $kg/m^3$ ]

i)  $c_p$  = Calor específico do ar a pressão constante [J/kg.K]

j)  $V$  = Volume de ar trocado no ambiente a cada segundo [ $m^3/s$ ]

k)  $\Delta T$  = Diferenças de temperatura entre o interior e o exterior

Finalmente são considerados: a energia dissipada pela iluminação na unidade de Watts por metro quadrado ( $W/m^2$ ), as características do ambiente, formas e níveis de iluminação e o calor liberado por outras fontes na unidade Watts (W).

A somatória das cargas resultará em um valor em Watts (W), sendo que para cada Watts se tem o valor de 3,4121 btu/h (Unidade térmica britânica por hora). Com este valor determina-se a capacidade de refrigeração, também em Watts (W) ou BTU/H, do aparelho condicionador de ar. A capacidade de refrigeração deve estar sempre acima da carga térmica do ambiente a ser refrigerado.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Serão administrados valores já estabelecidos para aplicação nas fórmulas apresentação dos resultados. Os cálculos serão baseados nos elementos mencionados no item materiais e métodos, que fornecerão dados e coeficientes para resolução da problemática.

A NBR\_6401/1980 fixa valores para padronização dos cálculos como:

l) Condições internas para verão: 26,5 °C (299,65 K);

- m) Condições externas para verão: 37,3 °C (310,45 K);
- n) Ar exterior para renovação: 50 m<sup>3</sup>/h (0,0138 m<sup>3</sup>/s);
- o) Infiltrações de ar:
- Pelas frestas:
    - Janelas comuns: 3,0 m<sup>3</sup>/h (0,00083 m<sup>3</sup>/s);
    - Portas comuns: 13,0 m<sup>3</sup>/h (0,00361 m<sup>3</sup>/s);
  - Pelas portas (portas de vai e vem): 2,8 m<sup>3</sup>/h (0,00077 m<sup>3</sup>/s) por pessoa;
- p) Energia dissipada pelas luminárias: 40 W por unidade;
- q) Calor liberado pelas pessoas: 113 kcal/h (131,5W);
- Outros coeficientes e dados fornecidos ao cálculo são:
- a) Largura da parede: L=15 cm (0,15 m);
- b) Coeficiente “k” de condutividade térmica do material [W/m.k];
- Tijolo cerâmico: 0,45 W/m.k;
  - Concreto: 1,75 W/m.k;
- c) Densidade do ar: ρ=1,2kg/m<sup>3</sup>;
- d) Calor específico do ar: c=1000 J/kg.k;

### SALA 1

- **Capacidade máxima:** 50 pessoas
- **Área da parede que faz ligação do meio externo para o interno:** 29,46m<sup>2</sup>;
- **Ganho de calor pela parede:**

$$\dot{Q}_a = k A \frac{(T_e - T_i)}{L}$$

$$\dot{Q}_a = 2,2 \cdot 29,46 \frac{(310,45 - 299,65)}{0,15}$$

$$\dot{Q}_a = 4.666,46 W$$

- Ganho de calor pelo ar exterior de renovação:

$$\dot{Q}_b = \rho \cdot cp \cdot V \cdot \Delta T$$

$$\dot{Q}_b = 1,2 \cdot 1000 \cdot 0,0138 \cdot (310,45 - 299,65)$$

$$\dot{Q}_b = 178,85 \text{ W}$$

- Ganho de calor proveniente de infiltração de ar:

Pelas frestas:

• Janelas comuns:

$$\dot{Q}_c = \rho \cdot cp \cdot V \cdot \Delta T$$

$$\dot{Q}_c = 1,2 \cdot 1000 \cdot 0,00083 \cdot (310,45 - 299,65)$$

$$\dot{Q}_c = 10,75 \text{ W}$$

• Portas:

$$\dot{Q}_d = \rho \cdot cp \cdot V \cdot \Delta T$$

$$\dot{Q}_d = 1,2 \cdot 1000 \cdot 0,00361 \cdot (310,45 - 299,65)$$

$$\dot{Q}_d = 46,79 \text{ W}$$

**Pelas portas:** sala com 50 alunos e o tempo de entrada e saída por aluno de 8 segundos;

$$\dot{Q}_e = \rho \cdot cp \cdot V \cdot \Delta T$$

$$\dot{Q}_e = 1,2 \cdot 1000 \cdot 0,308 \cdot (310,45 - 299,65)$$

$$\dot{Q}_e = 3.991,68 \text{ W}$$

- Ganho de calor liberado pelas pessoas:

$$\dot{Q}_f = 131,5 \cdot 50$$

$$\dot{Q}_f = 6.575 \text{ W}$$

- Ganho de calor liberado pela iluminação:

$$\dot{Q}_g = (45 \text{ W} \cdot 4 \text{ und.}) + (30 \text{ W} \cdot 16 \text{ und.})$$

$$\dot{Q}_g = 660 \text{ W}$$

- **Ganho de calor total:**

$$\dot{Q}T = \dot{Q}a + \dot{Q}b + \dot{Q}c + \dot{Q}d + \dot{Q}e + \dot{Q}f + \dot{Q}g$$

$$\dot{Q}T = 4.666,46 + 178,85 + 10,75 + 46,79 + 3.991,68 + 6.575 + 660$$

$$\dot{Q}T = 16.129.53 \text{ W ou } 55.035,57 \text{ btu/h}$$

## 4 CONCLUSÃO

A análise da refrigeração do ambiente é importante quando relacionada ao desempenho estudantil. Quanto maior for a sensação de conforto térmico nos estudantes, maior será a qualidade do seu aprendizado, melhorando assim o desempenho estudantil.

Observa-se através dos cálculos que a quantidade necessária de potência para refrigerar a sala de aula 1 do bloco VII da UniRV é aproximadamente 55BTU/h. Atualmente a sala conta com três equipamentos de ar condicionado de 12BTU/h cada. A partir desta comparação concluímos que a quantidade fornecida está subdimensionada, ou seja, abaixo do limite padrão para o conforto térmico dos ocupantes

Concluímos a partir dessa análise, que se faz necessária, uma maior atenção em ajustar a refrigeração da sala de aula para que haja um melhor desempenho no aprendizado dos alunos.

*ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF ENVIRONMENTAL CLIMATIZATION  
IN STUDENT PERFORMANCE*

**ABSTRACT**

To make any environment remain within a temperature range favorable to what one wants to preserve, or, to maintain in a comfortable way, is one of the objectives of this Climate Control Project. This means treating the temperature, humidity, purity and movement of the air, at the same time, indoors, for thermal comfort. Let's analyze the environment and verify if its thermal conditioning is really adequate and feasible for what it wants to achieve, so, to seek thermal neutrality. Fanger concluded that "the activity level is the only physiological process that determines the rate of sweating and skin temperature and therefore influences the body's thermal equilibrium" ... He further states that the activity level is the only physiological process which determines the rate of sweating and skin temperature and therefore influences the body's thermal equilibrium (ASHRAE55, 2013; ISO7730, 2005). The values established by ABNT NBR - 6401 will be used as parameters in obtaining the thermal loads of each influence factor of the system. Finally, the energy dissipated by the Watts unit per square meter ( $W / m^2$ ), the characteristics of the environment, forms and levels of illumination and the heat released by other sources in the Watts (W) unit are considered.

Keywords: Climatization. Thermal comfort. Ambient.

## REFERÊNCIAS

- ASHRAE - American Society of Heating and Air Conditioning Engineers. *Physiological principles for comfort and health*. In: Handbook Fundamentals. Atlanta, 2001. p. 8.1 - 8.2.
- ASHRAE, A. S. OF H. R. AND A.-C. E. ASHRAE HANDBOOK. ASHRAE Handbook-Refrigeration, 2010.
- ASHRAE55. *Thermal environmental conditions for human occupancy*. American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers Inc. Atlanta, GA, USA, 2013.
- CORREIA, T. B. . *A Construção do habitat moderno no Brasil – 1870-1950*. São Carlos: RiMa. 2004.
- FANGER, P. O. . *Thermal comfort analysis and application in environment engineering*. New York: McGraw-Hill. 1970.
- FROTA A. B.; SCHIFFER S. R. *Manual de Conforto Térmico: arquitetura, urbanismo*. 5ª edição. São Paulo: Studio Nobel.
- ISO7730. *Ergonomics of the thermal environment -- Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria*. International Organization for Standardization. Geneva, Switzerland, 2005.
- MACHADO, H. A. *Refrigeração e ar condicionado*. Rio de Janeiro, 2009. (apostila)
- MANGE, E. R. C. . *A Função abrigo em arquitetura*. São Paulo: Atena. Originalmente apresentado como tese (cátedra) na Faculdade de Arquitetura da Universidade de São Paulo. 1956.
- PIRANI, M. J. *Refrigeração e Ar Condicionado: Parte I Refrigeração*. 2011.
- SILVA, J. C.; SOUZA, G. J.; ROCHA, S. P. *Desenho técnico para refrigeração e climatização*. 1ª.ed. São José: [S.n.], 2014. 134p.
- STOECKER, W. F.; JONES, J.W. *Refrigeração e ar condicionado*. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1985.
- WARGOCKI, P. et al. *The effects of classroom air temperature and outdoor air supply rate on performance of school work by children*. Proceedings of Indoor Air I, v. 1, p. 368-72, 2005.