



## O EFEITO DA VELOCIDADE DO AR NA SENSAÇÃO DE CONFORTO TÉRMICO, NOS DORMITÓRIOS, DURANTE O SONO, EM CLIMA TROPICAL QUENTE E ÚMIDO E DE BAIXA AMPLITUDE TÉRMICA

**Alexandre Márcio Toledo**, arquiteto, engenheiro de Segurança do Trabalho

Universidade Federal de Alagoas/ Centro de Tecnologia / Dep. Arq & Urb

Mestrado em Arquitetura (PROPAR/ UFRGS)

Av. Independência, 482/1203 – Independência CEP 90035-071, Porto Alegre – RS

Tel. (02151) 224-8638 e-mail: [altoledo@zaz.com.br](mailto:altoledo@zaz.com.br)

*RESUMO* Visa estabelecer as situações de conforto térmico conforme as condições sazonais de Maceió-AL. Parte dos resultados de simulações realizadas com indivíduo durante o sono, com vestimentas típicas, variando-se a velocidade do ar. Os resultados demonstram que existem certas combinações de fatores por estação, para determinadas velocidades de ar, que permitem o conforto térmico, e levam à conclusão da importância da ventilação natural para a garantia da condição de conforto nos dormitórios, durante o sono noturno; e estabelece quais as velocidades de ar desejáveis para cada estação do ano.

*ABSTRACT* The objective is to establish the thermal comfort according season conditions in Maceió-AL. It parts from the simulation results with a person sleeping, in typical clothing, changing the air speed. The results showed that there are some combined factor for each season and for some air speeds, that provide thermal comfort, and lead to the conclusion of the importance of natural ventilation to guarantee the thermal comfort in bedrooms, during the night sleep, and establishes the desirable air speed for each season.

### 1 Introdução

A ventilação natural é recomendada como estratégia bioclimática e de baixo custo energético para o trópico quente e úmido de baixas latitudes (0 a 15°), para proporcionar o conforto térmico nos edifícios (Lamberts et alli, 1997), (Mascaró, 1991), (Olgyay, 1998). Devido à alta umidade noturna e à baixa amplitude térmica, características desses climas, a ventilação natural sobre a pele do indivíduo passa a ser a melhor opção para acelerar a evaporação e facilitar as perdas por convecção e com isso garantir o equilíbrio térmico (Guyton, 1988), (Rivero, 1985).

A atividade metabólica, durante o sono, caracteriza-se por apresentar baixíssimas demandas energéticas (metabolismo basal), e o efeito da temperatura radiante, devido à dissipação da energia solar ou de outras fontes de calor recebidas pelas superfícies do edifício é quase desprezível, durante a madrugada – fatos esses que favorecem a condição de conforto em temperaturas mais elevadas –, nesses casos, a utilização de estratégias passivas para possibilitar o conforto térmico passa a ser uma alternativa viável. Entretanto, os limites entre conforto e desconforto térmico, nessas circunstâncias, situam-se em faixas muito estreitas, principalmente por não poder contar com a participação ativa do usuário para modificar as condições ambientais indesejáveis, quando variam a umidade, a temperatura ou a direção e a velocidade do vento, nem a sua situação metabólica, a sua proteção térmica (vestimenta, lençol, etc), ou o funcionamento dos elementos do edifício de captação e saída de ar (janelas e portas).

O presente artigo, desenvolvido a partir de trabalho apresentado como conclusão da disciplina Conforto Térmico, do Mestrado em Engenharia Mecânica da UFRGS, em junho do corrente ano, tem como objetivo estabelecer as situações de conforto térmico a partir dos resultados de simulações realizadas com indivíduo durante o sono, em dormitório típico e pré-definição da vestimenta, temperatura seca, radiante e umidade relativa do ar, variando-se a velocidade do vento, para as condições sazonais típicas de Maceió-AL (Toledo, 1999).

## **2 A Condição de Conforto Térmico**

A ASHRAE define conforto térmico como: "Aquela condição da mente na qual é expressa satisfação com o ambiente térmico". E estabelece como zona neutra – onde não ocorrem ações do sistema de controle fisiológico para manter a temperatura normal do corpo e em atividades sedentárias as faixas de temperaturas operativas entre 29 e 31°C, para pessoas desnudas e 23 a 27°C, para pessoas vestidas. (ASHRAE, 1997)

BEYER (1998) considera que tem-se conforto térmico quando o corpo é capaz de manter seu equilíbrio térmico com o ambiente com mínimo esforço termorregulatório, alcançando um estado de neutralidade termo-fisiológica, quando suas temperaturas interna e da pele estão nos seus valores neutros de: temperatura interna de 37 °C e temperatura de pele de 33,5 a 34 °C.

Segundo RIVERO (1985:62):

"As definições de conforto cuidam para não indicar valores numéricos devido à enorme quantidade de casos que podem se apresentar. Dentre os mais conhecidos há dois, que poderíamos chamar complementares e que precisam bem o problema. Um deles, de caráter subjetivo, diz: o conforto térmico de uma pessoa é aquela condição da mente que expressa satisfação com o ambiente térmico. A outra tem fundamentos fisiológicos: o conforto térmico de um indivíduo se alcança quando as condições do meio permitem que o sistema termorregulador esteja em estado de mínima tensão."

Os índices de conforto térmico baseiam-se em diferentes aspectos do conforto e podem ser classificados segundo FROTA & SCHIFFER (1995), em: Biofísicos – correlacionam os elementos do conforto com as trocas de calor entre o corpo e o ambiente; Fisiológicos – relacionam reações fisiológicas com temperatura seca e

radiante média, umidade e velocidade do ar; e Subjetivos – avaliam as sensações subjetivas dos usuários em condições variadas.

Mantendo-se fixas a atividade e a vestimenta, a sensação de conforto térmico dependerá, portanto, da temperatura do ambiente, do grau de umidade e da velocidade do ar.

### **3 Algumas Particularidades do Sono**

Segundo LAVERY (1998), o sono é uma resposta natural à fadiga, quando o corpo diminui sua atividade e permite o descanso. Durante o sono, o corpo proporciona a conservação de energia, a renovação e reparo dos tecidos e o crescimento; os níveis de adrenalina e corticosteróides, altos durante a vigília, são reduzidos, possibilitando o melhor uso dos hormônios lançados pela glândula pituitária. GUYTON (1988) considera que o valor especial do sono é restabelecer o equilíbrio da excitabilidade do sistema nervoso, fazendo-o retornar ao estado de serenidade; e a falta do sono pode causar distúrbios autonômicos graves. A temperatura do corpo e os níveis de hormônios variam de acordo com o ritmo circadiano – que assegura que as funções do corpo e os padrões do sono transcorram em ciclos de 24 horas. À noite, a temperatura do corpo cai, atingindo seu nível mais baixo (1º abaixo), por volta das 5 horas da madrugada.

Durante o sono, passa-se por vários estágios, em ciclos de 90 a 100 minutos. As fases do sono dividem-se em: REM (Rapid Eye Movement), onde ocorrem movimentos rápidos dos olhos e em NREM, quando a musculatura relaxa e o corpo descansa, quando se verifica a passagem das ondas cerebrais beta (atividade) para as ondas gama (inatividade). A fase NREM divide-se em sono leve (estágios 1 e 2) e sono profundo (estágios 3 e 4). A qualidade do sono é mais importante que a quantidade. Em geral, para um indivíduo adulto, 6 horas de sono diárias são suficientes para se ter boa saúde física. Entretanto, dormir mais ou menos tempo é opcional e pode ser definidor da personalidade do indivíduo. A necessidade de sono se modifica ao longo da vida, sendo maior na infância e chegando a níveis mínimos na velhice.

### **4 Metodologia**

Partiu-se da seleção dos dados climáticos disponíveis para Maceió (Firmino et al, 1997), (Bittencourt & Lima, 1988) e foram utilizadas as velocidades de ar desejáveis para ambientes internos dentro dos limites de 0,2 e 1,4m/s (Hertz, 1998).

Foi utilizado o programa ACTerm que define as condições de conforto térmico e se baseia na metodologia ASHRAE. Os dados de entrada são: 1. Tipo de atividade – define o equivalente metabólico por atividade, posição (sentado, em pé, deitado) e dados de estatura e massa do indivíduo; 2. Tipo de vestimenta – define a composição da vestimenta e suas características térmicas de permeabilidade e emissividade; 3. Dados do ambiente – define as condições térmicas às quais o indivíduo está exposto: temperatura seca, radiante, umidade relativa e velocidade do ar. Os dados de saída são: 1. Temperaturas: da pele e da vestimenta; 2. Pressões de vapor: da pele e parcial do ambiente; 3. Calor perdido pela respiração e pela pele (sensível, convecção,

radiação, latente); 4. Diagnóstico: frio/conforto/calor; 5 – recomendações padrão (p/frio ou calor) e 6. Recalculo para transpiração (Beyer, 1998).

#### 4.1 A Atividade

Foi considerada apenas a atividade dormindo, deitado, em regime tranqüilo, com metabolismo basal de  $40\text{W/m}^2$ . O indivíduo foi considerado com estatura de 1.70m e massa de 65Kg.

#### 4.2 A Vestimenta

Foram usadas três combinações de vestimenta e lençol: uma para cada estação (Tabela 1):

Tabela. 1 - Resistências Térmicas Consideradas

ESTAÇÃO	INVERNO	PRIMAVERA/ OUTONO	VERÃO
VESTIMENTA	pesada Permeabilidade: 3 CLO = 1,0	média Permeabilidade: 4 CLO = 0,6	leve Permeabilidade: 5 CLO = 0,6
LENÇOL	pesado Permeabilidade: 3 CLO = 0,8	média Permeabilidade: 4 CLO = 0,8	leve Permeabilidade: 5 CLO = 0,4
<b>CLO TOTAL</b>	<b>1,8</b>	<b>1,4</b>	<b>1,0</b>

#### 4.3 Os Dados do Ambiente

O intervalo considerado para a madrugada foi de 23:00h até às 6:00h, possibilitando 7 horas de sono. Durante esse intervalo, em Maceió, as temperaturas do ar e as velocidades dos ventos se apresentam mais baixas e as umidades relativas, extremamente elevadas.

As temperaturas secas, foram consideradas de 22 a 28° C. As temperaturas radiantes foram consideradas sempre iguais às temperaturas secas, conforme Tabela 2.

As umidades relativas consideradas, para todas as estações foram: 88, 92 e 96%.

As velocidades do ar consideradas, no interior do dormitório, foram 7 faixas, compreendidas no intervalo de 0,2 a 1,4m/s, conforme Tabela 2:

Tabela. 2 - Temperaturas, Umidades e Velocidades Consideradas

TEMPERATURAS	INVERNO				VERÃO		
	22	23	24	25	26	27	28
	PRIMAVERA/ OUTONO						
UMIDADES		88		92		96	
VELOCIDADES	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4

## 5 Resultados

Os resultados foram tabulados, para as situações simuladas conforme Tabelas 3, 4 e 5:

Tabela. 3 - Resultados para o Inverno

CLO = 1.8		U = 88%		U = 92%		U = 96%	
TEMP	VEL	ID.	DIAGNÓSTICO	ID.	DIAGNÓSTICO	ID.	DIAGNÓSTICO
22 °C	0,2	A - 1	CONFORTO	A - 5	CONFORTO	A - 9	CONFORTO
	0,4	-	" "	-	" "	-	" "
	0,6	A - 2	CONFORTO	A - 6	CONFORTO	A - 10	CONFORTO
	0,8	A - 4	FRIO	A - 8	FRIO	A - 12	FRIO
	1,0	A - 3	FRIO	A - 7	FRIO	A - 11	FRIO
23 °C	0,2	B - 1	CONFORTO	B - 5	CONFORTO	B - 7	CALOR
	0,4	-	" "	-	" "	B - 9	CONFORTO
	0,6	B - 2	CONFORTO	-	" "	B - 8	CONFORTO
	0,8	-	" "	-	" "	-	" "
	1,0	B - 3	CONFORTO	-	" "	-	" "
	1,2	-	" "	-	" "	-	" "
24 °C	0,2	C - 1	CALOR	-	CALOR	-	CALOR
	0,4	-	" "	-	" "	-	" "
	0,6	C - 2	CALOR	-	CALOR	-	CALOR
	0,8	C - 4	CONFORTO	C - 6	CONFORTO	C - 8	CONFORTO
	1,0	C - 3	CONFORTO	C - 5	CONFORTO	C - 7	CONFORTO

**Tabela 4 - Resultados para a Primavera e o Outono**

CLO = 1.4		U = 88%		U = 92%		U = 96%	
TEMP	VEL	ID.	DIAGNÓSTICO	ID.	DIAGNÓSTICO	ID.	DIAGNÓSTICO
24 °C	0,2	D - 1	CONFORTO	D - 4	CONFORTO	D - 7	CONFORTO
	0,4	D - 3	CONFORTO	D - 6	CONFORTO	D - 9	CONFORTO
	0,6	D - 2	FRIO	D - 5	FRIO	D - 8	FRIO
25 °C	0,2	E - 1	CONFORTO	E - 5	CONFORTO	E - 6	CONFORTO
	0,4	-	" "	-	" "	-	" "
	0,6	E - 2	CONFORTO	-	" "	-	" "
	0,8	-	" "	-	" "	-	" "
	1,0	E - 3	CONFORTO	-	" "	-	" "
	1,2	-	" "	-	" "	-	" "
	1,4	E - 4	CONFORTO	-	" "	-	" "
26 °C	0,2	F - 1	CALOR	-	CALOR	-	CALOR
	0,4	F - 3	CALOR	F - 5	CALOR	-	CALOR
	0,6	F - 2	CONFORTO	F - 4	CONFORTO	F - 6	CONFORTO

**Tabela. 5 - Resultados para o Verão**

CLO = 1.0		U = 88%		U = 92%		U = 96%	
TEMP	VEL	ID.	DIAGNÓSTICO	ID.	DIAGNÓSTICO	ID.	DIAGNÓSTICO
26 °C	0,2	G - 1	CONFORTO	G - 4	CONFORTO	G - 7	CONFORTO
	0,4	G - 3	CONFORTO	G - 6	CONFORTO	G - 9	CONFORTO
	0,6	G - 2	FRIO	G - 5	FRIO	G - 8	FRIO
27 °C	0,2	H - 1	CONFORTO	H - 5	CONFORTO	H - 6	CONFORTO
	0,4	-	" "	-	" "	-	" "
	0,6	H - 2	CONFORTO	-	" "	-	" "
	0,8	-	" "	-	" "	-	" "
	1,0	H - 3	CONFORTO	-	" "	-	" "
	1,2	-	" "	-	" "	-	" "
	1,4	H - 4	CONFORTO	-	" "	-	" "
28 °C	0,2	I - 1	CALOR	-	CALOR	-	CALOR
	0,4	I - 3	CALOR	-	CALOR	-	CALOR
	0,6	I - 2	CONFORTO	I - 4	CONFORTO	I - 5	CONFORTO

## 6 Análise dos resultados

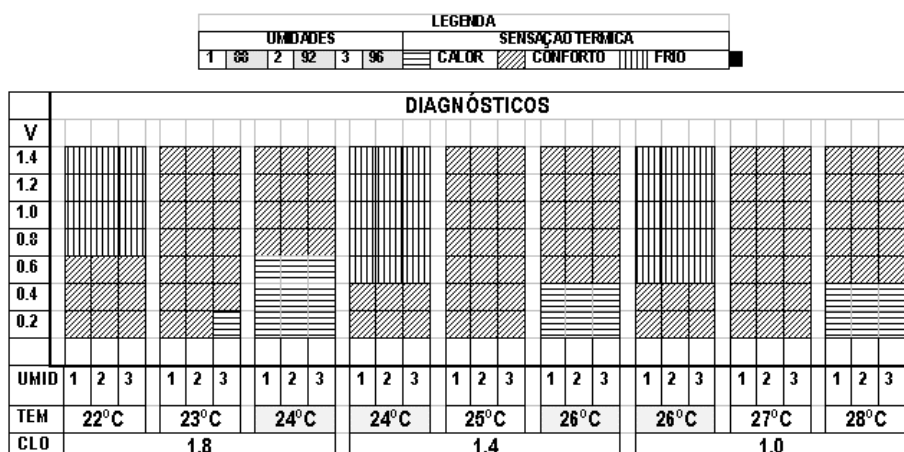
Os resultados demonstram que existem certas combinações de fatores, por estação, que permitem condições de conforto térmico, para determinadas velocidades do ar. As faixas de temperaturas de transição (24 e 26°C) podem ser corrigidas através de maior ou menor resistência da vestimenta ou do cobertor.

No **inverno**, o movimento do ar não é tão necessário e deve ter baixas velocidades. Nas faixas de: 0,2 a 0,6m/s; para 22°C; 0,4 a 1,4 m/s, para 23°C e 0,8 a 1,4 m/s, para 24°C (transição).

Na **primavera e outono**, o movimento do ar é mais desejável e deve ter velocidades mais altas. Nas faixas de: 0,2 a 0,4m/s para 24°C (transição); 0,2 a 1,4m/s para 25°C e 0,6 a 1,4m/s para 26°C (transição).

No **verão**, o movimento do ar passa a ser necessário e deve ter velocidades mais altas. Nas faixas de: 0,2 a 0,4m/s para 26°C (transição); 0,2 a 1,4m/s para 27°C e 0,6 a 1,4m/s para 28°C.

Gráfico.1 - Diagnósticos para as Situações Simuladas



## 7 Conclusões

Os resultados levam à conclusão da importância da ventilação natural para a garantia da condição de conforto nos dormitórios, durante o sono noturno. Além da ventilação natural, poderá ser usada também ventilação mecânica, através de ventiladores, como meio complementar, dentro das faixas de velocidades do ar indicadas, para garantir o conforto térmico.

E permite, mantendo-se fixas as variáveis consideradas (atividade, vestimenta, proteção térmica, geometria e elementos de captação e saída de ar do edifício), estabelecer as faixas desejáveis para as velocidades do ar nos dormitórios, durante a madrugada, a fim de possibilitar o conforto térmico, entre 0,2 e 1,4 m/s. No inverno, entre 0,2 e 0,8, para 22 e 23°C; na primavera e outono, entre 0,4 e 1,4, para 24 e 26°C e no verão, entre 0,6 e 1,4, para 27 e 28°C. Essas faixas podem ser alcançadas através do detalhamento correto das esquadrias.

Esses dados, associados ao regime de ventos e morfologia urbana, poderão levar às características funcionais e de desempenho desejáveis para as aberturas (portas e janelas), geometria e tipologia dos dormitórios e dos edifícios em Maceió. As esquadrias que permitam regulagens para a captação e a saída do ar, através de venezianas móveis, poderão ser uma opção adequada para cobrir as diversas faixas de velocidades desejáveis por estação.

## 8 Referências Bibliográficas

ASHRAE (1997): *Handbook of fundamentals*, ASHRAE.

BEYER, Paulo O. (1998): *Avaliação do conforto térmico ambiental*, Mercofrio 98, Porto Alegre.

BITTENCOURT, Leonardo, LIMA, Bianor (1988): *Análise do clima de Maceió*, Departamento de Arquitetura/ UFAL, Maceió.

FIRMINO, S., GOULART, S., LAMBERTS, R. (1997): *Dados climáticos para projeto e avaliação energética de edificações para 14 cidades brasileiras*, UFSC, Santa Catarina.

FROTA, Anésia B., SCHIFFER, Sueli R. (1995): *Manual de conforto térmico*, Studio Nobel, São Paulo.

GUYTON, Arthur. C. (1988): *Fisiologia humana*, Guanabara Koogan, Rio de Janeiro.

HERTZ, John B. (1998): *Ecotécnicas em arquitetura; como projetar nos trópicos úmidos do Brasil*, Pioneira, São Paulo.

LAMBERTS, R., DUTRA, L., PEREIRA, F. O. R. (1997): *Eficiência energética na arquitetura*. PW, São Paulo.

LIVERY, Sheila (1998): *O poder de cura do sono: como conseguir naturalmente um sono restaurador*, Manole, São Paulo.

MADALENA, José Caruso (1979): *O sono: normal – patológico – terapêutico*, Editorial BYK-PROCIENX, São Paulo.

MASCARÓ, Lucia E. R de (1991): *Energia na edificação: estratégia para minimizar seu consumo*, Projeto, São Paulo.

OLGYAY, Victor (1998): *Arquitectura y clima: manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas*, Gustavo Gili, Barcelona.

RIVERO, Roberto. (1985): *Clima e arquitetura. Acondicionamento natural*, Luzzatto, Porto Alegre.

TOLEDO, Alexandre M. (1999): *Aplicação do programa ACTerm para a verificação das condições de conforto, durante o sono, com efeito do vento, em clima tropical quente e úmido, com baixa amplitude térmica*. Monografia apresentada à disciplina Conforto



Térmico, orientador: Dr. Paulo Otto Beyer, do Mestrado em Engenharia mecânica da UFRGS. Porto Alegre.