

**INFLUÊNCIA DOS ELEMENTOS
METEOROLÓGICOS NO CONFORTO TÉRMICO
HUMANO: BASES BIOFÍSICAS¹**

***INFLUENCE OF THE METEOROLOGIC ELEMENTS ON
THE HUMAN THERMAL COMFORT: BIOPHYSICAL
BASES.***

Elaine Medianeira Pagnossin²

Galileo Adeli Buriol³

Michele de Araujo Graciolli⁴

RESUMO

Estudou-se as bases biofísicas do conforto térmico para o homem. A produção de energia se dá pelo próprio metabolismo basal (MB), atividade muscular, ação hormonal e pelas trocas de calor com o meio através da condução, convecção, radiação e evaporação, fazendo com que o organismo mantenha-se em equilíbrio térmico. A satisfação térmica com o ambiente proporciona conforto, que depende tanto dos aspectos físicos do ambiente, como também dos aspectos subjetivos: preferências e percepção térmica. A delimitação de uma zona de conforto relaciona-se com a temperatura do ar, umidade do ar, velocidade do vento, radiação e evaporação; sendo que os valores considerados ideais variam conforme a localização geográfica no espaço e a estação do ano.

Palavras-chave: Clima, Bioclimatologia, Metabolismo humano, Atividades humanas.

ABSTRACT

The biophysical bases of the human thermal comfort were studied. Energy production occurs due to the basal metabolism itself (BM), to muscular activity, to hormonal action and to heat exchanges with the environment through conduction, convection, radiation and evaporation, thus keeping the body in a state of thermal equilibrium. The thermal satisfaction with the environment provides comfort, which depends on the environmental physical aspects and on some subjective factors such as: preferences, and thermal

¹ Trabalho final de Graduação.

² Curso de Geografia, Licenciatura Plena - UNIFRA.

³ Orientador

⁴ Co-Orientador

perception. The delimitation of a comfort zone is related to the air temperature, air humidity, wind velocity, radiation and evaporation. The ideal values vary according to the spatial geographic localization and to the season of the year.

Key words: Climate, Bioclimatology, Human metabolism, Human activities.

INTRODUÇÃO

"O clima é um conjunto de elementos físicos, químicos e biológicos que caracterizam a atmosfera de um local e influenciam nos seres que nele se encontram" (Poncelet *apud* PEREIRA *et al*, 2001, p. 289). Por isso, considera-se uma das variáveis mais importantes do ambiente. Ao analisar o comportamento do homem desde o início de sua existência, o mesmo esteve em contato com o ambiente de forma permanente e submetido a sua atuação. É necessário que o homem busque maior conhecimento dos elementos meteorológicos no sentido de usufruir seus benefícios e controlar os seus efeitos maléficos.

A interação entre o homem e o clima, muitas vezes ocorre de forma proposital para controlar e amenizar efeitos severos como de furacões, ventos frios, inundações e para desencadear mecanismos de ocorrência de chuvas em áreas secas. Mas na maioria das vezes, a atuação do homem gera grandes impactos principalmente através da urbanização sem planejamento estrutural e a industrialização pela liberação de componentes químicos na atmosfera, que causam danos irreparáveis como a destruição da camada de ozônio e a elevação da temperatura pelo aumento da concentração de CO₂, CO, NO e SO, colocando em risco o ecossistema.

Entre as variáveis climáticas que mais interferem nas condições de conforto estão a temperatura do ar, a umidade do ar, a pressão atmosférica e a radiação solar. Assim, pode-se afirmar que "a saúde, energia e o conforto humano são afetados mais pelas variações meteorológicas do que qualquer outro elemento do meio ambiente" (Critchfield *apud* AYOADE 2001 p. 289).

A sensação de conforto térmico pode ser definida como "estado de espírito" que expressa satisfação ou não com as condições térmicas do momento e local, pois deve-se considerar principalmente as variáveis ambientais, atividade desempenhada e vestimenta dos indivíduos.

Considerando que o homem é um animal homeotérmico, o mesmo "experimenta sensação de conforto térmico quando perde energia para o ambiente sem recorrer a mecanismos de termorregulação" (FROTA, 1995 p. 20). As trocas de calor do indivíduo com o ambiente se dão através da condução, convecção, radiação e evaporação, além dos processos fisiológicos e psicológicos.

O conforto térmico exprime satisfação com o ambiente térmico, sendo vários fatores que influenciam, entre eles os aspectos físicos relacionados aos processos de trocas de calor: condução, convecção, radiação e evaporação que ocasionam no organismo ganhos e perdas de energia com o meio, através da influência das variáveis meteorológicas como a temperatura, umidade, movimento do ar e radiação responsáveis por uma maior ou menor sensação de conforto térmico. Deve-se considerar também, as variáveis fisiológicas e psicológicas que variam de indivíduo para indivíduo conforme a percepção e preferências térmicas.

"O ambiente onde o homem vive é um produto de sua atividade, não podendo ser analisado sem levar em conta a natureza das relações sociais existentes" (MARCONDES, 1981, p. 21). Pode-se afirmar que o homem é o agente que mais interfere na natureza, e é submetido aos elementos climáticos para atender suas necessidades, principalmente de alimentação e moradia.

Tendo em vista o exposto, o objetivo deste trabalho foi estudar as bases biofísicas da influência dos elementos meteorológicos sobre o comportamento das pessoas.

BASES BIOFÍSICAS DO CONFORTO TÉRMICO

VARIAÇÕES AMBIENTAIS E O COMPORTAMENTO FISIOLÓGICO

As alterações na temperatura do organismo humano ocorrem quando este não consegue equilibrar-se com a temperatura do ambiente onde o indivíduo se encontra. O homem destaca-se por pertencer ao grupo dos homeotermos, cuja temperatura interna do corpo, mantém-se constante, normalmente em torno de 37° C. Esse processo de regulação da temperatura é controlado através do hipotálamo que funciona como um termostato fisiológico, dissipando o calor através das terminações nervosas do organismo, utilizando-se da corrente sanguínea fazendo com que o corpo esteja em equilíbrio térmico. O calor é produzido através da taxa do metabolismo basal (TMB), da atividade muscular, da ação de hormônios e do efeito térmico proveniente dos alimentos e perdido através de mecanismos físicos como irradiação, condução, convecção e evaporação. Segundo IIDA (1990 p. 233), "o equilíbrio térmico do corpo humano pode ser descrito pela equação:

$$M \pm C \pm R - E = 0 \quad (1)$$

em que M representa o calor metabólico, C a troca de calor por condução e convecção, R a troca de calor por radiação e E, o calor perdido pela evaporação".

A condução segundo, McARDLE *et al.* (c1998), ocorre quando o organismo entra em contato com outros objetos mais quentes ou mais frios pois a maior parte do calor do corpo é transportado para a superfície através da circulação. O nível da perda de calor por condução está relacionado ao gradiente de temperatura e suas características térmicas. Normalmente, o organismo humano está protegido através de vestimentas, e com isso as trocas de calor por condução são reduzidas. A troca por convecção ocorre pelo movimento da camada de ar próxima à pele, que tende a retirar o ar quente e substituí-lo por outro mais frio. A radiação se dá pelas trocas de calor com o ambiente, sendo a pele um absorvente e radiador de calor. A evaporação é o mecanismo mais importante para manter o equilíbrio térmico no organismo. Ela ocorre primeiramente nas vias respiratórias e após na superfície da pele.

Conforme IIDA (1990 p. 235), "a evaporação pode ser expressa, utilizando-se a equação do equilíbrio térmico:

$$E = M \pm R \pm C \text{ ou } E = M + R + C, \text{ para temperatura acima de } 35^{\circ} \text{C.} \quad (2)$$

Isso significa que em temperaturas acima de 35°C , a evaporação é o único mecanismo do organismo a eliminar calor e a manter seu equilíbrio térmico. Assim, os elementos meteorológicos devem satisfazer diversas condições ambientais para serem consideradas confortáveis".

Ao realizar um trabalho físico muito intenso, ocorre aumento da temperatura corporal e aliado às condições externas desfavoráveis, provoca desequilíbrio térmico. Qualquer exercício envolve grupos moleculares diversos, sob controle direto do Sistema Nervoso Central, ocasionando uma liberação de energia sob mecanismos termorreguladores. A produção de calor no organismo está relacionada principalmente ao consumo de oxigênio e a liberação de calor, destacando-se nesse processo em particular a participação da tetra-tiroxina (T4), a triiodotironina (T3), as catecolaminas, a insulina, o glucagon, os hormônios de crescimento e os sexuais. Cada um destes componentes age no organismo de forma diferenciada conforme as características do ambiente, em relação ao metabolismo energético (McARDLE *et al.* c1998).

"O organismo humano gasta energia com seu metabolismo basal (MB), sem realizar qualquer atividade física. A energia é obtida pela queima dos alimentos energéticos como a glicose e aminoácidos. Os mesmos se juntam aos carboidratos e gorduras, e são armazenados no fígado e nos músculos na forma de glicogênio, e no tecido adiposo e fígado na forma de triglicerídeos" (IIDA, 1990 p. 68).

No entanto, ao desenvolver uma atividade física o organismo humano requer uma determinada quantidade de energia, ação do sistema hormonal,

compatibilidade pulmonar e do sistema circulatório, que impulsionam o organismo para a manutenção de suas funções e atividades. Para uma maior ou menor demanda de energia, deve-se considerar o tipo de atividade desempenhada, idade, sexo, digestão estado patológico do indivíduo e as condições ambientais do momento.

Na Figura 1 tem-se uma representação aproximada dos gastos energéticos do corpo humano em consequência do desempenho de diferentes atividades realizadas. Percebe-se que o calor gerado pelo organismo está quantitativamente relacionado com a atividade realizada. A altura das barras e os números informam o consumo total de calorias por 24 horas, onde a parte escura da coluna corresponde às calorias de trabalho e a clara corresponde à produção de calor.

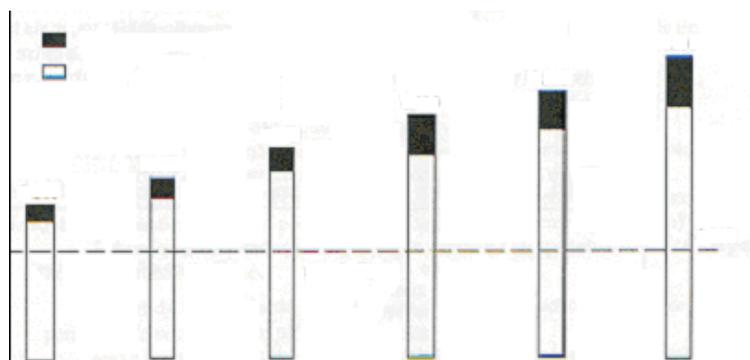


Figura 1 - Energia gasta pelo organismo humano conforme a atividade desempenhada (Fonte: Lehmann *apud* GRANDJEAN, 1998, p. 299).

Os mecanismos termorreguladores são responsáveis pela manutenção da estabilidade da temperatura interna do corpo, pois o ganho ou a perda de calor pode originar um aumento ou diminuição da temperatura interna no organismo, ocasionando danos à saúde do indivíduo.

Mesmo em condições ambientais de temperaturas extremas, o organismo possui mecanismos para manter sua temperatura constante, independente do meio externo. Entretanto estas temperaturas extremas ocasionam lesões térmicas, desencadeando os mecanismos termorreguladores no organismo. Por isso, ao desempenhar uma atividade o ideal é que a temperatura do ambiente se mantenha entre os níveis de conforto.

As preferências térmicas variam de pessoa para pessoa em relação ao estado de conforto. Entretanto, existem temperaturas consideradas ideais para os indivíduos desenvolverem atividades específicas, como se observa na Tabela 1.

Tabela 1 - Temperaturas do ambiente recomendadas conforme os esforços físicos realizados pelo homem (GRANDJEAN, 1998).

Tipo de Trabalho	Temperatura do recinto (° C)
Trabalho mental sentado	21 °C
Trabalho leve sentado	19 °C
Trabalho leve em pé	18 °C
Trabalho pesado em pé	17 °C
Trabalho muito pesado	15 - 16 °C

Os estudos sobre conforto térmico despertaram grande interesse nas últimas décadas, no sentido de melhor compreender seu efeito sobre o homem, principalmente em relação à sua saúde e produtividade.

"A razão de criarem-se condições de conforto térmico está no desejo do homem sentir-se termicamente confortável. A sensação de conforto térmico é obtida através de trocas térmicas entre o ambiente e o ser vivo nele inserido. Isto depende do indivíduo, pois cada um possui uma maneira própria de assimilar energia para sentir-se confortável (XAVIER, 1999)".

Segundo Fanger (1970) *apud* XAVIER (1999 p. 10) o "conforto térmico envolve variáveis físicas ou ambientais e também subjetivas ou pessoais, não sendo possível que num mesmo grupo de pessoas sujeitas ao mesmo ambiente e ao mesmo tempo, estejam todas satisfeitas com as condições térmicas do mesmo, devido às características individuais das pessoas".

Variáveis físicas ou ambientais- Referem-se às variáveis de maior influência nas condições atmosféricas do ambiente. As variáveis meteorológicas que mais interferem no conforto térmico são a temperatura do ar, velocidade do ar, umidade do ar e temperatura média radiante.

a) Temperatura do ar (t_a), expressa em °C.

Corresponde a temperatura do ar ao redor do corpo humano. É a variável responsável pelas trocas de calor por convecção entre o indivíduo e o ambiente.

b) Velocidade do ar (V_a), expresso em m/s.

A velocidade do ar determina a transferência de calor do indivíduo por evaporação e convecção. A mesma pode ser calculada de acordo com a equação da ISO 7933 (1989) *apud* XAVIER (1999):

$$V_{ar} = V_a + 0,0052 (M-58) \quad (3)$$

em que V_{ar} é a Velocidade do ar em relação a pessoa imóvel; V_a a Velocidade do ar absoluta, em m/s; M a Taxa metabólica em função da atividade desempenhada, em W/m².

c) Umidade absoluta do ar (P_a), expressa em kpa.

É a variável responsável pela transferência de calor por evaporação entre o homem e o meio. Sua determinação é realizada através do psicômetro, que é constituído por dois termômetros, o de bulbo seco (t_a) e o de bulbo úmido (t_u).

Em estudo de conforto, é geralmente utilizada a umidade relativa do ar. Esta é obtida através da razão entre a pressão parcial do vapor d'água (P_a) e a pressão de saturação do vapor d'água (P_{as}), à mesma temperatura e pressão atmosférica:

$$UR = \frac{P_a}{P_{as}} \cdot 100 \quad (4)$$

d) Temperatura radiante média (t_{rm}).

É definida como a temperatura uniforme de um ambiente. Para a sua determinação é utilizada a temperatura do globo negro, a temperatura do ar e a velocidade do ar ao redor do globo. O globo negro indicado para medições ambientais é o globo negro padronizado de 0,15 m de diâmetro. A temperatura média radiante pode ser calculada pelas expressões:

em caso da convecção natural:

$$T_{rm} = [(t_g + 273)^4 + 0,4 \cdot 10^8 |t_g - t_a|^{1/4} \cdot (t_g - t_a)]^{1/4} - 273, \quad (5)$$

em caso de convecção forçada:

$$T_{rm} = [(t_g + 273)^4 + 2,5 \cdot 10^8 \cdot V_a^{0,6} (t_g - t_a)]^{1/4} - 273 \quad (6)$$

em que T_{rm} é a Temperatura radiante média, em °C; T_a a Temperatura do ar, em °C; T_g a Temperatura do globo negro, em °C e V_a a Velocidade do ar ao nível do globo negro, em m/s.

Variáveis pessoais- As mesmas têm grande influência nas condições de conforto dos indivíduos. As variáveis que mais influenciam são o tipo de atividade desempenhada pelo indivíduo (taxa metabólica) e a vestimenta. "Normalmente estas são classificadas a partir de tabelas de acordo com a ASHRAE Standard 55 (1992), cuja determinação de valores foi realizado através dos estudo de FANGER (1970), e os resultados encontram-se devidamente tabelados nas normais ISO 7730 (1994) e ISO 9920 (1995)". (XAVIER, 1999).

Entre os fatores que mais interferem na taxa metabólica de um indivíduo são: a atividade física, a termogênese de indução dietética, as condições meteorológicas e a gestação.

a) *Atividade desempenhada pela pessoa (taxa metabólica)*.

Para o organismo manter suas funções vitais o mesmo consome energia, sendo que a mesma é proporcional a área superficial do corpo e ao nível de

gordura no organismo. Nas mulheres, a energia é cerca de 5% a 10% mais baixa do que nos homens, por predominar mais gordura ao invés de músculos, e este, é metabolicamente mais ativo que a gordura. (McARDLE *et al.* c1998, p. 148).

É expresso pela unidade "met"., sendo que 1 met, corresponde a 58,2W/m², e é igual à energia produzida por unidade de área superficial do corpo para uma pessoa sentada em repouso.

A taxa metabólica é maior no sexo masculino que no feminino, devido a ação dos hormônios sexuais androgênicos que estimulam os processos metabólicos mais intensamente que os estrógenos em mulheres. Também, os efeitos da taxa metabólica é maior em crianças do que em pessoas com idade superior.

b) Vestimenta

O tipo de roupa utilizada por uma pessoa relaciona-se com a temperatura ambiente, o movimento do ar, umidade do ar, calor produzido pelo organismo e tipo de atividade desempenhada por este. Pode-se dizer que a vestimenta funciona como um isolante térmico nas trocas de calor por convecção e radiação. Deve-se considerar algumas ressalvas como seu ajuste no corpo, tipo de fibra, espessura e cor. Esses aspectos podem ter muita influência no nível de satisfação de conforto térmico do indivíduo. Por isso, é uma variável que interfere no bem-estar térmico. É aconselhável, quando ocorre temperaturas elevadas usar roupas folgadas pois permitem maior circulação de ar retardando a evaporação e também optar por cores claras, pois refletem mais a radiação do que as roupas escuras.

Em condições de temperaturas baixas é aconselhável usar roupas justas, pois quanto mais espesso for o ar aprisionado mais eficiente será o isolamento com o meio externo.

O isolamento térmico da vestimenta é expresso em "clo", sendo que 1 clo é igual a 0,155m². °C/W, determinado através de medições em manequins aquecidos (FANGER, 1970).

Variáveis psicológicas - Estão ligadas a percepção e preferências térmicas dos indivíduos no momento consultados. No entanto, podem variar de indivíduo para indivíduo, pois deve-se considerar simultaneamente outras variáveis como idade, sexo, vestimenta e atividade desempenhada pela pessoa.

O conforto térmico pode ser definido como a "condição da mente que expressa satisfação com o ambiente térmico ou a sensação de neutralidade térmica quando todo o calor utilizado pelo organismo através do metabolismo é trocado em igual proporção com o ambiente ao redor, através de perdas por convecção, radiação, evaporação e por condução através das roupas" (FANGER, 1970).

Segundo Ashrae (1997) *apud* XAVIER (1999 p. 18) "o balanço térmico do organismo humano pode ser expresso através da equação do balanço de energia:

$$M - W = Q_{SK} + Q_{RES} = (C + R + E_{SK}) + (C_{RES} + E_{RES}) \quad (7)$$

em que M é a taxa metabólica de produção de calor (W/m²); W a taxa de eficiência mecânica (W/m²); Q_{SK} a taxa total de calor pela pele (W/m²); Q_{RES} a taxa total de perda de calor através da respiração (W/m²); C + R a perda de calor sensível pela pele (convecção + radiação) (W/m²); E_{SK} a taxa de perda de calor total por evaporação do suor (W/m²); C_{RES} a taxa de perda de calor latente por convecção (W/m²); e E_{RES} a taxa de perda de calor por evaporação (W/m²)".

Os termos da equação (7) são expressos em energia por unidade de área e referem-se à área da superfície do corpo nu. A expressão convencional para o cálculo da superfície do corpo nu é dada através da equação de DuBois:

$$A_{DU} = 0,202 \cdot M^{0,425} \cdot l^{0,725} \quad (8)$$

em que: A_{DU} é a área superficial do corpo nu, ou área de DuBois (m²); m a massa do corpo (Kg); e l a altura do corpo (m).

Segundo DOUGLAS, (1999 p. 721) "a melhor expressão da taxa metabólica basal está relacionada à superfície corporal, isto é expressa em kcal/m².hora. A área corporal depende do peso e da altura do indivíduo. Num indivíduo cuja taxa metabólica é de 76,5 Kcal/h, trata-se de uma superfície total de 1,62m², de modo que, expressa em relação à superfície padrão de 1 m², fica 47,2 Kcal/m².h (ou 197,4 Kj/m².hora). Em período de 24 horas: 1132,8 Kcal/m²/dia (ou 4737,8 Kj/m²/dia)".

A Figura 2 determina a área da superfície corporal em m² em função do peso corporal e da altura do indivíduo.

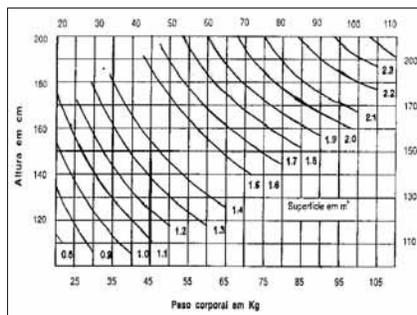


Figura 2 - Representação gráfica da equação de Dubois para determinar a área superficial do corpo nu (A), em metros quadrados (m²) segundo a altura (H₁) em centímetros (Cm) e o peso corporal (W₁), em

quilogramas (Kg), de acordo com a fórmula $A=W_1$
 $0,425 \times H_1$ $0,725 \times 7184$ de Dubois e Dubois
(Arch. Int. Med. 17.863, 1916). (Fonte
DOUGLAS, 1999 p. 721).

As condições térmicas do ambiente nem sempre vão oferecer a mesma sensação de bem-estar ao organismo humano. "Para que ocorra efetivamente o bem-estar térmico é necessário que num ambiente o ar esteja praticamente em repouso, com velocidade entre 0,1 e 0,15m/s e completamente saturado de umidade, denominado de temperatura efetiva; uma faixa com as condições de conforto térmico máximo, exigindo do organismo uma despesa mínima de energia para adaptar-se ao calor ou ao frio. Nessas condições, diz-se que o organismo está sob neutralidade térmica (COSTA, 1981 p. 207).

Sob esse conjunto de condições meteorológicas satisfatórias é estabelecida a zona de conforto térmico, atribuído a sensação de bem-estar em relação as características físicas ou ambientais consideradas ótimas para a maioria das pessoas.

"A zona de maior conforto é delimitada entre as temperaturas efetivas de 20°C a 24°C, com umidade relativa de 40 a 60%, velocidade do ar em torno de 0,2m/s. As diferenças de temperaturas presentes no mesmo ambiente não devem ser superiores a 40°C. Essa zona se refere ao organismo adaptado ao calor, como no caso da maior parte do Brasil" (IIDA 1990 p. 236).

A Figura 3 representa a zona de maior conforto para organismo adaptado ao calor, o caso do Brasil.

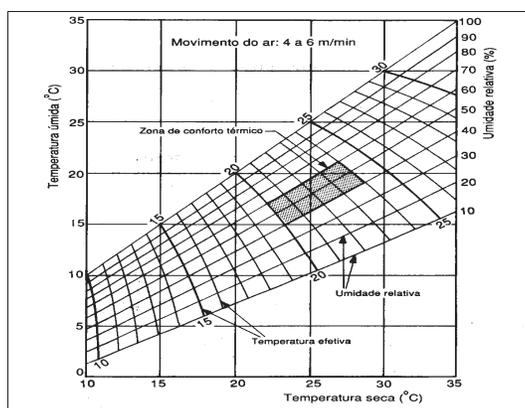


Figura 3 - Diagrama de temperaturas efetivas, mostrando a zona de maior conforto térmico para o organismo (Lehmann, 1960 in IIDA, 1990 p. 237).

Deve-se ressaltar que a faixa de conforto térmico é determinada através dos valores de máximas e mínimas das variáveis climáticas, os quais variam conforme a localização geográfica do país ou região.

A zona de conforto definida pelas variáveis meteorológicas, também variam de pessoa para pessoa, conforme o sexo, atividade, vestuário, idade, estação do ano e localização geográfica; além também dos fatores psicológicos no que diz respeito a preferências e percepção térmica do local onde o indivíduo se encontra.

REPRESENTAÇÃO GEOGRÁFICA DO CONFORTO TÉRMICO

Na representação geográfica ou climática do conforto térmico são utilizados somente as variáveis ambientais. As mais utilizadas são a temperatura e umidade do ar. A velocidade do vento e a radiação solar são desconsideradas e ou/ consideradas constantes. Isto ocorre em parte por serem estes elementos de difícil determinação e por ainda serem facilmente modificados nas condições normais de vida; a evaporação por exemplo, com a utilização de aparelhos de aclimatação e a radiação solar pelo vestuário.

Entre os índices utilizados na determinação da disponibilidade do conforto térmico a nível geográfico estão o índice de temperatura efetiva (Te) de THOM (1959) e o índice de desconforto (Id) de NIEUWOLT (1977). Estes índices são expressos pelas equações:

$$Te = 0,4 (t_s + t_u) + 4,8$$

$$Id = 0,5t_s + \frac{(t_s \cdot UR)}{500}$$

em que t_s é a temperatura do termômetro de bulbo seco, t_u a temperatura do termômetro de bulbo úmido e UR a umidade relativa do ar.

Consideram-se valores de Te iguais a 18,9°C e 25,6°C como limites de zona de conforto. Valor igual ou inferior a 18,9°C indica uma condição de stress ao frio e superior a 25,6°C stress ao calor. No caso do Id, o valor de 21°C corresponde à condição ambiental mais agradável. Quando $26 > Id > 24$, cerca da metade da amostra pesquisada apresentou algum sintoma de desconforto por calor e, ao ser ultrapassado o valor de 26°C, reduziu-se rapidamente a disposição das pessoas testadas para o trabalho.

Sob altas temperaturas cai o ritmo de rendimento, o grau de concentração e aumenta a frequência de erros e acidentes do trabalho, principalmente quando a temperatura for acima de 30°C. Isso se deve, a que o organismo, para adaptar-se ao calor apresenta transformações fisiológicas durante semanas, com elevação da temperatura média do corpo e a elevação

cardíaca e da taxa de transpiração. As baixas temperaturas, não causam nenhum inconveniente ao trabalho pesado, pois o organismo está produzindo mais calor pelo metabolismo. No entanto, em temperaturas abaixo de 15°C, ou com ventos fortes, o trabalhador deverá usar uma vestimenta pesada para proteger-se. Nessas condições de temperaturas baixas também ocorre uma diminuição da concentração de que afeta o controle muscular. Por isso, a adaptação do indivíduo a uma temperatura deverá ser feita gradualmente em um período de até 6 meses. (IIDA, 1990, p. 237)

Para facilitar a equação dos índices de conforto geralmente estes são apresentados em forma de monograma. Como exemplo a figura 4 representa os índices de NIEUWOLT (1977).

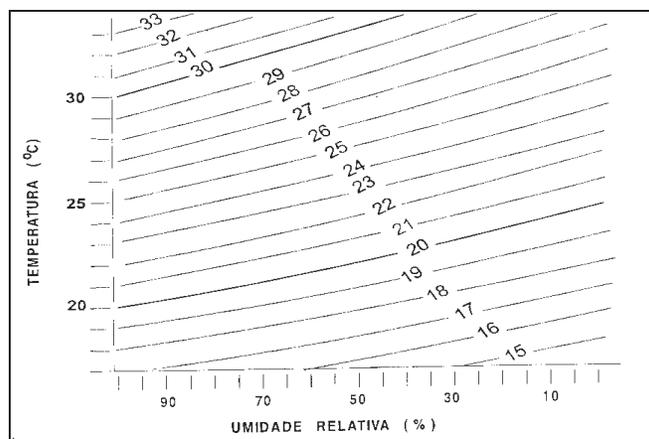


Figura 4 - Nomograma para determinar o índice de desconforto (Id) em função da temperatura (t_s °C) e da umidade relativa do ar (UR%). (NIEUWOLT, 1977).

CONCLUSÕES

Os elementos meteorológicos influenciam no metabolismo, na atividade desempenhada e principalmente no conforto térmico humano. Para que as pessoas sintam-se confortáveis termicamente depende das variáveis meteorológicas, variáveis fisiológicas principalmente como o sexo, idade, vestimenta e atividade desempenhada e as variáveis psicológicas ou subjetivas ligadas as preferências e percepção térmica.

Nos estudos climáticos a delimitação da zona de conforto térmico normalmente é realizada utilizando-se as variáveis ambientais, como

temperatura e umidade do ar, sendo que estas condições variam com a localização geográfica e a época do ano.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AYOADE, J. O. 2001. **Introdução à climatologia para os trópicos**. 6. ed. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil.
- COSTA, Ennio da Cruz. 1981. **Física aplicada a construção: conforto térmico**. 3.ed. rev. São Paulo. Edgard Blücher.
- DOUGLAS, Carlos Roberto. 1999. **Tratado de fisiologia aplicada às ciências da saúde**. 4.ed. São Paulo. Robe.
- FANGER, P. O. 1970. **Thermal Comfort**. New York. McGraw-Hill Book.
- GRANDJEAN, Etienne. 1998. **Manual de ergonomia: adaptando o trabalho do homem**. 4. ed. Porto Alegre. Artes Médicas.
- FROTA, Anésia Barros. 1995. **Manual de conforto térmico: arquitetura e urbanismo**. 2.ed. São Paulo: Nobel.
- IIDA. Itiro. 1990. **Ergonomia: projeto e construção**. São Paulo: Edgard Blücher Ltda.
- MARCONDES, Eduardo (coord.). 1981. **Ecopediatria: a força do ambiente sobre a saúde da criança**. São Paulo: Sarvier.
- McARDLE, William, KATCH, Frank I., KATCH, Victor L. 1998. **Fisiologia do exercício: energia, nutrição e desempenho humano**. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.
- NIEUWOLT, S. 1977. **Tropical Meteorology**. Jonh Wiley and Sons, New York.
- PEREIRA, Antonio Roberto, ANGELOCCIL, Luis Roberto, CENTELHAS, Paulo Cesar. 2001. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Agropecuária.
- THOM, A, S.1959. Momentum, Mass and Heat Exange of Plant Communities. In: MONTHEITH, J.L. **Vegetation and the Atmosphere**.v.1. London: Academic Press.
- XAVIER, Antonio Augusto de Paula. 1999. **Condições de conforto térmico para estudantes de 2º grau na Região de Florianópolis**. Florianópolis. (Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, UFSC).