

## EFEITOS CLIMÁTICOS SOBRE O CONFORTO TÉRMICO HUMANO PARA A REGIÃO SUDESTE DO BRASIL

Lutécia Maria Ferreira de Oliveira<sup>1</sup>; Tadayuki Yanagi Junior<sup>2</sup>; Sílvia N. M. Yanagi<sup>3</sup>,  
Flávio Alves Damasceno<sup>4</sup>, Olívio B. Sacramento Neto<sup>5</sup>

**ABSTRACT** - The aim of this research was to evaluate the thermal condition of Southeastern of Brazil, through temperature-humidity index (THI) and mapping the areas with respect to farm-worker performance. Twenty one years of data, from 1980 to 2000, was used in this study. THI was estimated through dry-bulb temperature (tdb) and relative humidity (RH) obtained from Reanalysis project data of National Centers for Environmental Prediction (NCEP) and National Center for Atmospheric Research (NCAR). Four intervals of THI were used to classify the human performance (THI<74: Comfort, 74≤THI<79: warm, 79≤THI<84: hot and THI≥84: very uncomfortable). The variables studied was mean temperature-humidity index (THImean), mean temperature-humidity index maximum (THImax) and, number of hours of THI<74, 74≤THI<79, 79≤THI<84 and THI≥84. Overall, the results showed greater risk of thermal discomfort between October and April compared to the period between May and September, where the worst period was between December and March. Depending on the degree of the thermal stress, the human performance could be affected negatively, increasing the risk of accidents in the farms.

### INTRODUÇÃO

Por ser um animal homeotérmico, normalmente as condições climáticas não interferem na temperatura interna do corpo humano, que devido a processos termorregulatórios, permanece aproximadamente constante, dentro de limites estreitos, variando de 33° a 41°C e tendo como limite inferior 32°C e limite superior 42°C (Dul e Weerdmeester, 1993). Porém, quando a temperatura do ar ( $t_{bs}$ ) ultrapassa os limites críticos, o organismo humano não consegue mais equilibrar sua temperatura corporal, geralmente em torno de 37°C (de 36,1 a 37,2°C), iniciando assim, alterações comportamentais e fisiológicas para que o organismo consiga ajustar sua temperatura interna, regulando suas funções vitais.

O conforto térmico pode ser considerado como questão determinante para o desempenho de certas atividades, uma vez que ambientes fora das condições climáticas adequadas provocam vários danos à saúde humana, entre os quais, fadiga, elevação do ritmo cardíaco e da temperatura média corporal, o que vem a provocar a extenuação física e nervosa e diminuição do rendimento, aumentando os riscos de acidentes no trabalho, além de expor o organismo a adquirir diversas doenças como a hipertermia, tonturas, desidratação, doenças da pele, distúrbios psiconeuróticos e catarata, entre várias outras (Couto, 1987). Desta forma, objetivou-se com este trabalho estudar o efeito do clima, por meio do zoneamento do índice de temperatura e umidade (ITU), no conforto térmico humano para a Região Sudeste do Brasil.

### MATERIAL E MÉTODOS

Foi elaborado o mapeamento das zonas térmicas de rendimento humano, por meio do índice de temperatura e umidade (ITU), desenvolvido por Thom (1959), visando definir zonas de conforto térmico para humanos:  $ITU = t_{ar} + 0,36 t_{po} + 0,4$ , em que,  $t_{ar}$  é temperatura de bulbo seco (°C) e  $t_{po}$  é temperatura do ponto de orvalho (°C).

Com base nos estudos desenvolvidos por Olgay (1968), Rivero (1986) e Lamberts et al. (1997) e considerando-se a influência exercida pela taxa metabólica e o isolamento oferecido pela vestimenta foram definidas as seguintes zonas de conforto e desconforto térmico para humanos: (a)  $ITU < 74$ : limite superior do intervalo de conforto térmico; (b)  $74 \leq ITU < 79$ : ambiente quente, no qual inicia o desconforto térmico, podendo causar problemas de saúde e redução no rendimento do trabalhador rural; (c)  $79 \leq ITU < 84$ : condições ambientais muito quentes, indicando perigo e podendo trazer consequências graves à saúde do trabalhador rural e; (d)  $ITU > 84$ : indica condição extremamente quente, com risco muito grave à saúde do trabalhador rural.

Para a estimativa do ITU para a Região Sudeste do Brasil, foram utilizados dados do Projeto Reanálise-2, do *National Centers for Environmental Prediction* (NCEP) e do *National Center for Atmospheric Research* (NCAR), compreendidos entre janeiro de 1980 a dezembro de 2001. O ITU foi determinado de hora em hora para todos os dias do período mencionado.

A determinação dos valores horários de  $t_{ar}$  ao longo do dia, foi feita a partir dos dados de temperatura mínima do ar ( $t_{min}$ ), temperatura do ar às 9 horas do horário local ( $t_9$ ), temperatura máxima do ar ( $t_{max}$ ) e temperatura do ar às 21 horas do horário local ( $t_{21}$ ), utilizando-se a metodologia proposta por Zolnier (1996), também usada para a interpolação dos valores horários de UR. Valores horários de  $t_{po}$ , usados no cálculo do ITU, foram calculados para cada latitude e longitude em questão, por meio de dados de  $t_{ar}$  e UR. Foram calculadas, também, as médias do número total de horas de ocorrência mensal de ITU para os intervalos definidos.

Para a geração dos mapas temáticos, utilizou-se o aplicativo SPRING-Sistema para Processamento de Informações Georreferenciadas (CÂMARA et al., 1996) e o banco de dados `b_atlas_access.exe` do INPE. A partir das informações georreferenciadas de ITU médio e máximo e do número de horas de ocorrência de ITU dentro dos intervalos considerados, foram geradas imagens contendo oito classes representativas dos valores de ITU e do número de horas de ocorrência para cada mês do ano.

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios anuais de  $ITU_{med}$  e  $ITU_{max}$  (indicado entre parênteses) foram de 73,2 (77,4), 71,1

<sup>1</sup> M.Sc., em Engenharia Agrícola. – Construções Rurais e Ambiente, UFPA

<sup>2</sup> Professor, Dr. – Universidade Federal de Lavras – UFPA ([yanagi@ufpa.br](mailto:yanagi@ufpa.br))

<sup>3</sup> Doutoranda do curso de Meteorologia Agrícola – Universidade Federal de Viçosa – UFV ([smonteiro@vicosa.ufv.br](mailto:smonteiro@vicosa.ufv.br))

<sup>4</sup> Estudante de graduação em Engenharia Agrícola – Universidade Federal de Lavras – UFPA

<sup>5</sup> M. Sc., em Meteorologia Agrícola - Sistema de Proteção da Amazônia - SIPAM ([osacramento@be.sivam.gov.br](mailto:osacramento@be.sivam.gov.br))

(75,7), 67,4 (73,0) e 70,6 (76,1), respectivamente. Assim, com base nos valores de  $ITU_{méd}$  e  $ITU_{máx}$  (Tabela 1), verifica-se que, com exceção da estação de inverno, todas as demais representam certo grau de estresse térmico para trabalhadores rurais. Entretanto, quando analisados os valores máximos observados durante o ano, observa-se que situações de estresse térmico podem ocorrer durante todos os meses do ano.

Tabela 1. Índice de temperatura e umidade médio ( $ITU_{méd}$ ) e máximo ( $ITU_{máx}$ ) na região Sudeste do Brasil.

Mês	$ITU_{méd}$	s*	$ITU_{máx}$	s
Jan.	73,4	1,5	77,5	1,48
Fev.	73,3	1,8	77,5	1,22
Mar.	72,8	2,0	76,9	1,37
Abr.	71,4	2,4	76,0	1,65
Mai.	69,1	3,2	74,1	2,28
Jun.	67,3	3,4	72,2	2,91
Jul.	66,8	3,2	72,3	2,84
Ago.	68,2	2,8	74,4	3,70
Set.	69,3	3,0	75,2	4,20
Out.	70,8	2,6	76,4	3,90
Nov.	71,7	1,9	76,8	2,90
Dez.	72,8	1,5	77,1	2,15

\* desvio padrão.

Com relação ao rendimento humano, para todo o período do ano, verifica-se que em parte da região Sudeste do Brasil os trabalhadores rurais podem estar sujeitos a início de desconforto térmico ( $74 \leq ITU < 79$ ), sendo que para os demais meses do ano, o ambiente térmico é caracterizado como de condições ambientais muito quentes, que podem causar conseqüências à saúde do trabalhador rural (Figura 2). Entre os meses de novembro e abril, verificou-se a ocorrência de valores de ITU que caracterizam condições de desconforto térmico em diferentes níveis, sendo que os meses mais críticos foram de dezembro a março, em pelo menos 34,6% do tempo, ocorreram valores de ITU entre 74 e 79 (Tabela 2), que caracteriza ambiente quente para humanos e no qual inicia o desconforto por calor.

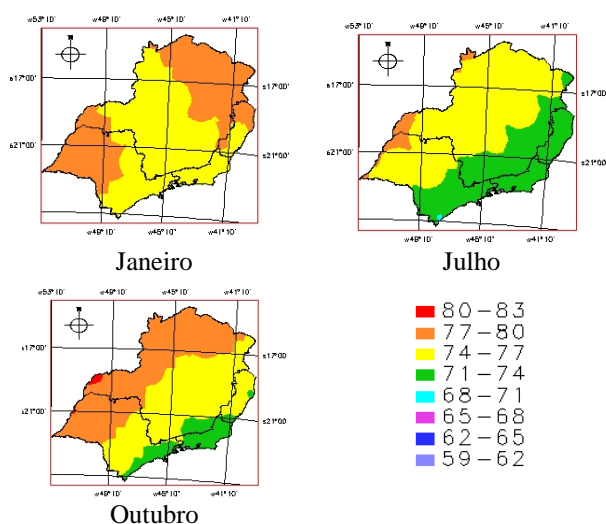


Figura 2. Distribuição espacial dos valores médios do índice de temperatura e umidade máximo mensal ( $ITU_{máx}$ ) para alguns meses do ano na Região Sudeste do Brasil, para o período compreendido entre os anos de 1980 a 2000.

A análise dos dados de ITU com base no zoneamento bioclimático mostrou que o período entre os meses de maio e setembro se caracterizou pelos menores riscos de desconforto humano. Porém, podem ser observados níveis diferenciados de desconforto térmico devido às altas  $t_{ar}$  e URs durante certas horas do dia para todas as mesoregiões da região Sudeste, ao longo do ano, sendo que, as mesoregiões com maiores problemas decorrentes do calor são o oeste de São Paulo, uma parte do Alto Paranaíba e Triângulo Mineiro, o extremo das regiões do Jequitinhonha e Vales do Mucuri e Rio doce, bem como o norte e parte do litoral do Espírito Santo e o noroeste e norte do Rio de Janeiro.

Tabela 2. Porcentagem média do número de horas mensais de ocorrência de Índice de temperatura e umidade médio ( $ITU_{méd}$ ) dentro dos intervalos estudados na região Sudeste do Brasil.

Mês	Intervalo de ITU			
	$ITU < 74$	$74 \leq ITU < 79$	$79 \leq ITU < 84$	$ITU \geq 84$
Jan.	50,35	48,72	0,93	0,00
Fev.	47,50	52,10	0,40	0,00
Mar.	53,75	46,20	0,09	0,00
Abr.	71,43	28,57	0,01	0,00
Mai	82,28	13,73	0,00	0,00
Jun.	91,47	4,74	0,00	0,00
Jul.	97,32	2,70	0,00	0,00
Ago.	92,78	6,87	3,60	0,00
Set.	86,01	11,92	2,06	0,00
Out.	71,03	18,77	2,95	0,00
Nov.	72,54	25,90	1,57	0,00
Dez.	61,20	34,60	0,97	0,00

## REFERÊNCIAS

- Câmara, G.; Souza, R. C. M.; Freitas, U. M.; Garrido, J. "SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling". *Computers & Graphics*, v. 20, n. 3, p. 395-403, may-Jun. 1996.
- Couto, H.A. *Temas de saúde ocupacional – coletânea dos cadernos da Ergo*. Belo Horizonte: Ergo, 1987. 250p.
- Dul, J. E Weerdmeester, B. *Ergonomics for beginners: a quick reference guide*. London: Taylor and Francis, 1993. 146p.
- Lamberts, R.; Dutra, L.; Pereira, F.O.R. *Eficiência energética na arquitetura*. São Paulo, PW Editores. 1997. 192 p.
- Olgay, V. *Clima y Arquitectura en Colombia*. Universidad del Valle. Facultad de Arquitectura. Carvajal y Cia. Cali, Colômbia. 1968. 240 p.
- Rivero, R. *Arquitetura e clima: acondicionamento térmico natural*. Porto Alegre, D. C. Luzzatto Editores, 1986. 240 p.
- Thom, E. C. *The discomfort index*. *Weatherwise*, Boston, v. 12, n. 1, p. 57-60, 1959.
- Zolnier, S.; *Avaliação de modelos para estimativa dos valores médios horários do índice de temperatura e umidade*. *Revista Engenharia na Agricultura*. Série: Construções Rurais e Ambiente, Viçosa, MG, v.5, n.16, p.1-17, jun. 1996.