

# CONFORTO TÉRMICO E O ÍNDICE DE TEMPERATURA EFETIVA: UMA ABORDAGEM COMPARATIVA EM TRÊS LOCALIDADES PAULISTAS

PASCOALINO, A.<sup>1</sup>

SILVA, J. F. F. C.<sup>2</sup>

PITTON, S. E. C.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mestranda em Geografia da UNESP – Rio Claro

[alinepascoalino@yahoo.com.br](mailto:alinepascoalino@yahoo.com.br)

<sup>2</sup>Engenheiro Cartógrafo

[jformoso@uol.com.br](mailto:jformoso@uol.com.br)

<sup>3</sup>Professora Assistente Doutora da UNESP – Rio Claro

[scpitton@rc.unesp.br](mailto:scpitton@rc.unesp.br)

## Introdução

O processo de urbanização modifica o clima local de modo que as diferenciações na composição dos ambientes intra-urbanos criam condições ao conforto ou desconforto climático de seus habitantes (RIBEIRO e SILVA, 2006).

O organismo humano permanece exposto às variações diárias dos elementos do clima e realiza frequentes adaptações às condições microclimáticas onde ele se encontra (RIBEIRO e SILVA, 2006), assim, para que ocorra o conforto térmico há necessidade de trocas térmicas entre o organismo humano e o ambiente.

Para García *apud* Gomes e Amorim (2003, p. 96) conforto térmico é o “conjunto de condições em que os mecanismos de autorregulação são mínimos” ou ainda “a zona delimitada por características térmicas em que o maior número de pessoas manifestem se sentir bem”; sendo, portanto, resultado do efeito direto do clima no bem-estar humano e entendido como uma sensação cuja satisfação do indivíduo com o ambiente do entorno dependerá de fatores físicos, fisiológicos e psicológicos.

Os fatores físicos (temperatura do ar, umidade relativa, velocidade do ar e temperatura média radiante) determinam a troca de calor do corpo com o meio circundante. Um ambiente confortável termicamente é aquele no qual o organismo humano mantém sua temperatura interna sem o acionamento de mecanismos termorreguladores (regulagem vasomotora – vasodilatação ou vasoconstrição - e transpiração ativa através das glândulas sudoríparas).

Os fatores psicológicos resultam da percepção e sensibilidade individual na satisfação ou não com o ambiente térmico o qual o indivíduo se encontra.

As características pessoais que influenciam no conforto térmico são o metabolismo e a

---

Colaboradores:

ZAMPIN, I. – Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Geografia – UNESP – Rio Claro

BRUM, F. B. – Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Geografia – USP

vestimenta. O calor metabólico produzido pelo indivíduo dependerá do ambiente circundante, de seu peso, idade, sexo, entre outros (AYOADE, 2003). Já as vestimentas, elas agem como um interposto entre o indivíduo e o meio externo aumentando sua resistência térmica.

Para avaliar o impacto das temperaturas no organismo humano vários índices de conforto térmico têm sido desenvolvidos. De acordo com Oliveira e Ribas (1995) dos principais índices de temperatura fisiológica utilizados para estimar a faixa térmica confortável ao homem, em países de climas tropicais, o de Temperatura Efetiva, criado por THOM (1959) é o de maior adoção nos estudos voltados para esta temática.

Sendo o conforto térmico necessidade fisiológica do homem, este estudo objetivou avaliar o conforto térmico de forma comparativa através da aplicação do Índice de Temperatura Efetiva em três cidades paulistas (figura 1): São Paulo, Limeira e Rio Claro, buscando verificar como diferentes localidades sob mesmas condições sinóticas interferem no conforto térmico de seus habitantes.

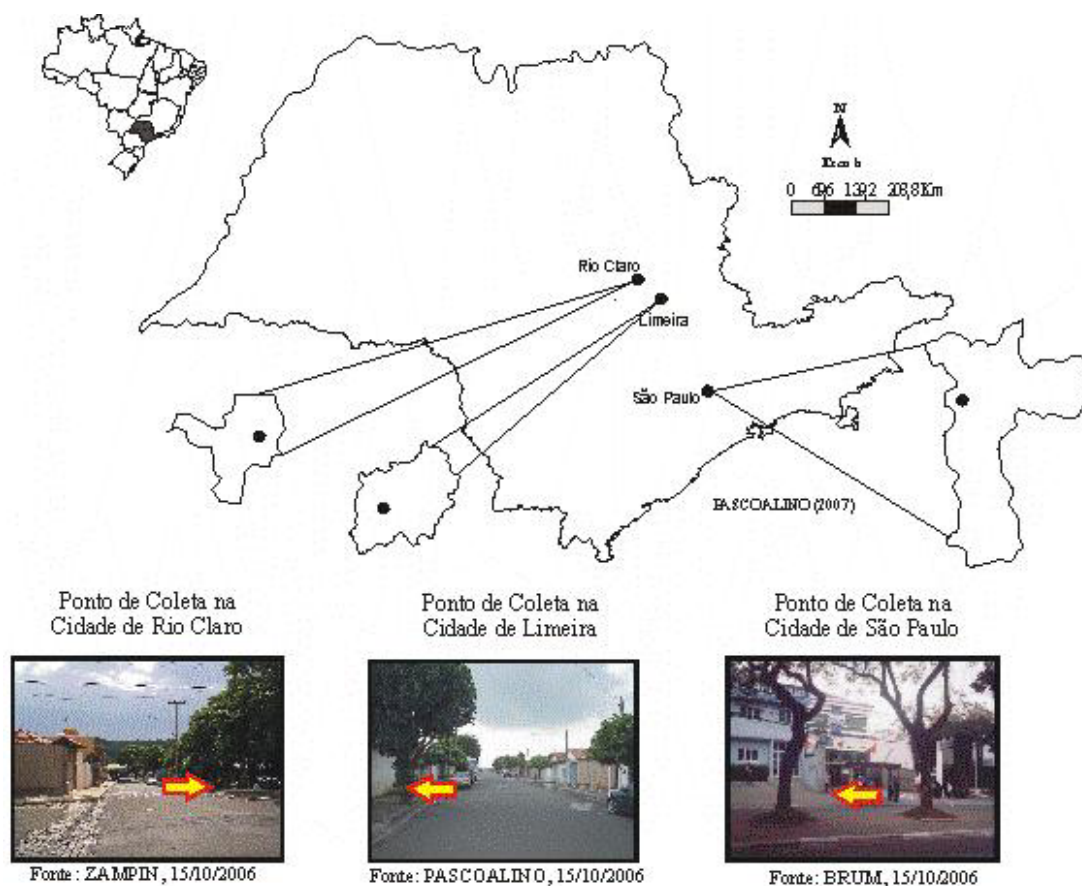


Figura 1: Localização das áreas de estudo

A cidade de São Paulo, possui uma área de 1.523 km<sup>2</sup> (3.101 km<sup>2</sup> na área metropolitana) e uma população de 11.016.703 de habitantes, com uma densidade demográfica de 7.233,55 hab/km<sup>2</sup> (IBGE, 2006).

Limeira situa-se no Centro-Leste do Estado de São Paulo, a 154 km à noroeste da capital. O município ocupa uma área de 581km<sup>2</sup> e possui uma densidade demográfica de cerca de 481,16 hab/km<sup>2</sup>, tendo uma população de aproximadamente 279.554 habitantes dos quais 96,8% moram na área urbana (IBGE, 2006).

Rio Claro localiza-se na porção Centro-Leste do Estado de São Paulo e ocupa uma área equivalente a 498 km<sup>2</sup>. Com uma população em torno de 190.373 habitantes apresenta uma densidade demográfica de aproximadamente 382 hab/km<sup>2</sup> (IBGE, 2006).

Na compartimentação geomorfológica do Estado de São Paulo, Limeira e Rio Claro situam-se na Depressão Periférica Paulista, possuem topografia pouco acidentada e altitudes entre 500 e 600 metros, enquanto o município de São Paulo localiza-se na Bacia Sedimentar Paulista, inserida no Planalto Atlântico, e apresenta altitudes médias em torno de 820 metros.

De acordo com Monteiro (1976), os municípios de Limeira e Rio Claro apresentam-se como áreas de transição entre climas mesotérmicos sem período seco, e climas megatérmicos com dois períodos definidos, seco de abril a setembro (outono-inverno) e chuvoso de outubro a março (primavera-verão). O clima do município de São Paulo caracteriza-se por uma transição entre climas quentes e subquentes super úmidos com ausência de estação seca. Os sistemas atmosféricos atuantes nestas localidades são a massa Tropical Atlântica, Polar Atlântica, Polar Velha e a Frente Polar Atlântica.

## **Caracterização dos Pontos de Coleta de Dados**

### **Ponto 1: São Paulo**

Os dados térmicos e de umidade relativa foram coletados em frente à Praça Isai Leirner do bairro Jardim Bonfiglioli (Zona Oeste). O bairro está em uma das vertentes do Rio Pinheiros, é altamente urbanizado, de uso residencial, e cortado por importantes eixos de circulação da cidade. À exceção de algumas praças e áreas verdes, a principal no Campus da Universidade de São Paulo, o bairro é densamente edificado.

### **Ponto 2: Limeira**

Os dados termohigrométricos foram coletados na Rua Vereador Oswaldo F. dos Santos, no bairro Jardim do Lago (Setor Sul). Este setor da cidade constitui-se um dos atuais vetores da expansão urbana de Limeira. A coleta realizou-se em um local situado no topo de uma vertente, isento de praças ou terrenos vazios em sua proximidade, com arborização

esparsa, intensa impermeabilização do solo, ocupação eminentemente residencial e baixo fluxo de veículos automotores.

### **Ponto 3: Rio Claro**

Os dados dos parâmetros térmicos e de umidade relativa foram coletados entre as Ruas P4 e P5 e entre as avenidas P23 e P25, no bairro Vila Paulista (Setor Leste). O local encontra-se a 200 metros de distância da FEENA (Floresta Estadual Edmundo Navarro de Andrade), apresenta topografia relativamente deprimida, arborização considerável, proximidade a corpos de água e baixo fluxo de veículos automotores.

### **Metodologia**

A presente pesquisa analisa comparativamente o conforto térmico nas cidades de São Paulo, Limeira e Rio Claro a partir de mensurações pontuais realizadas com o uso de aparelhos termohigrômetros, sendo os dados referentes à temperatura absoluta e à umidade relativa. Os dados foram coletados simultaneamente nas três localidades, nos horários das 07, 15 e 21 horas, durante o período de 12 a 16 de outubro de 2006.

Para estimar o índice de conforto térmico as temperaturas foram classificadas de acordo com o Índice de Temperatura Efetiva (TE) de Thom (1959) que define como zona de conforto os valores de TE entre 18,9°C e 25,6°C, podendo o corpo humano apresentar stress ao calor ou ao frio caso a TE exceda esta zona de conforto (GOMES e AMORIM, 2003). O índice desenvolvido por Thom (1959) é usado na consideração de adultos vestidos e em repouso, com condições de leve movimento do ar, e é obtido através da equação

$$TE = 0,4 (Td + Tw) + 4,8$$

onde Td corresponde à temperatura do termômetro de bulbo seco e Tw à temperatura do termômetro de bulbo úmido.

Através de uma tabela psicrométrica, apresentada por Tubelis (s.d.), os valores da temperatura do termômetro de bulbo seco e de umidade relativa foram cruzados encontrando-se os valores da temperatura do termômetro de bulbo úmido.

As temperaturas dos termômetros de bulbo seco e úmido foram empregadas no Índice de Temperatura Efetiva e a partir dos resultados obtidos verificaram-se as situações de conforto e desconforto para cada uma das localidades e suas respectivas sensações térmicas sobre o organismo humano (tabela 1), conforme propõe García *apud* Gomes e Amorim (2003, p. 101).

Tabela 1: Temperatura Efetiva e sensações térmicas do corpo humano

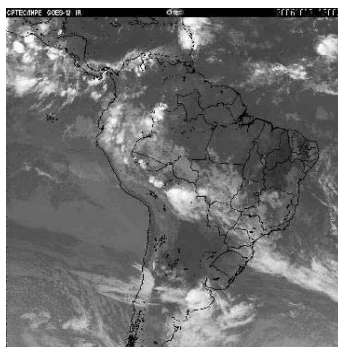
<b>Temperatura Efetiva</b>	<b>Sensação Térmica</b>	<b>Sensação Conforto</b>	<b>Resposta Física</b>
40° C	Muito quente	Muito incômodo	Problemas de regulação
35° C	Quente		Aumento da tensão por transpiração e aumento do fluxo sanguíneo
30° C	Temperado		Regulação normal por transpiração e troca vascular
25° C	Neutro	Cômodo	Regulação vascular
20° C	Ligeiramente fresco	Ligeiramente incômodo	Aumento de perdas por calor seco
15° C	Frio	Incômodo	Vasoconstrição nas mãos e nos pés
10° C	Muito frio		Estremecimento

Os valores de temperatura absoluta e efetiva foram associados à configuração ambiental dos pontos de coleta e à atuação dos sistemas atmosféricos vigentes no período, verificados a partir de imagens de satélite GOES-8 do CPTEC/INPE, diárias e na escala da América do Sul.

### **Resultados e Discussões**

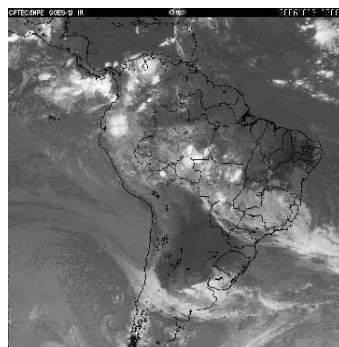
No dia 12 de outubro (figura 2) ocorreu a entrada da Frente Polar Atlântica que trouxe instabilidade para todo o Estado de São Paulo. Sob estas condições verificaram-se temperaturas absolutas (às 15h) mais elevadas em Rio Claro (27,1°C) e mais baixas em São Paulo (23,9°C), enquanto Limeira apresentava temperatura de 26,1°C.

A passagem frontal do dia anterior continuou trazendo instabilidade para grande parte do Estado de São Paulo. Em 13 de outubro (figura 3), Limeira apresentou, pela manhã, sua menor temperatura registrada, sendo esta de 22,9°C, enquanto o maior registro para o mesmo horário foi de 23,8°C na cidade de Rio Claro. Às 15h, Limeira registrou 28,9°C, enquanto nas demais cidades as temperaturas ficaram em torno de 25°C.



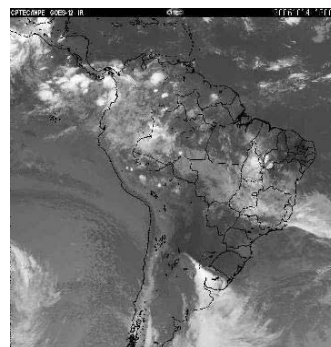
Fonte: INPE

Figura 2: 12/10/2006



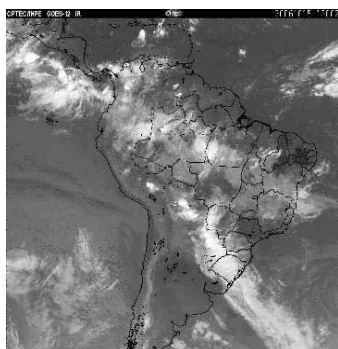
Fonte: INPE

Figura 3: 13/10/2006



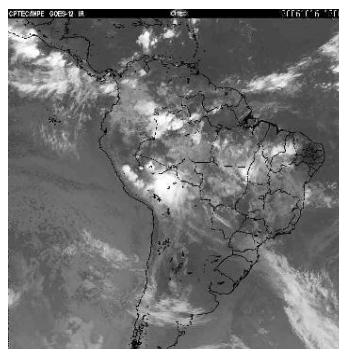
Fonte: INPE

Figura 4: 14/10/2006



Fonte: INPE

Figura 5: 15/10/2006



Fonte: INPE

Figura 6: 16/10/2006

No dia 14 de outubro (figura 4), sob o domínio anticiclônico da massa Polar Atlântica, Limeira apresentou, às 15h, 30,6°C, enquanto Rio Claro (26,8°C) e São Paulo (27,3°C) apresentaram temperaturas inferiores para o mesmo horário. Limeira e São Paulo apresentaram temperaturas superiores com relação às do dia anterior em virtude da ausência de nebulosidade, enquanto Rio Claro registrou temperatura menor do que no dia anterior para o horário das 7h, sendo esta de 20°C.

No dia 15 de outubro (figura 5) a massa Polar Atlântica já se apresentava descaracterizada, estando com os aspectos da massa Polar Velha. Com o domínio deste sistema a maior temperatura absoluta registrada foi de 30°C em Limeira (inferior ao dia anterior no horário das 15h), ao passo que a menor foi na cidade de Rio Claro às 7h (21,4°C). São Paulo registrou sua maior temperatura às 15h (27,4°C).

No dia 16 de outubro (figura 6), a maior parte do Estado de São Paulo encontrava-se sob domínio da massa de ar polar já tropicalizada, tendo algumas áreas de instabilidade em virtude do deslocamento da Frente Polar Atlântica que se encontrava sobre o oceano. Na manhã deste dia, as temperaturas apresentaram-se superiores, com relação às do dia anterior para o mesmo horário. Nos registros das 15 e 21h todas as cidades apresentaram uma redução térmica (com relação ao dia 15/10). A maior temperatura registrada foi de 29,8°C em Limeira,

às 15h e a menor de 22,9°C, também em Limeira, às 21h. Em São Paulo, evidenciou-se um aquecimento pré-frontal às 7h (25,5°C) e um declínio na temperatura absoluta observada às 15h (24,8°C).

Tabela 2: Temperatura Efetiva às 7h

<b>Data</b>	<b>Limeira</b>	<b>Rio Claro</b>	<b>São Paulo</b>
<b>12/10/06</b>	20,48	23,68	*
<b>13/10/06</b>	21,92	23,24	22,76
<b>14/10/06</b>	21,88	19,40	22,16
<b>15/10/06</b>	21,68	20,92	21,68
<b>16/10/06</b>	22,92	21,68	24,20

\*ausência de dados

Considerando-se a zona de conforto térmico (18,9°C e 25,6°C) a análise horária apontou para uma variação da Temperatura Efetiva entre, aproximadamente, 20 a 24°C, estando todas as localidades, no horário das 7h (tabela 2), dentro da faixa de conforto térmico. A menor TE ocorreu em Rio Claro (19,4°C), no dia 14 de outubro, sob o domínio da massa Polar Atlântica, e a maior TE ocorreu em São Paulo (24,2°C), no dia 16 de outubro, sob o domínio da massa Polar Velha.

Às 7h da manhã ocorreram condições ambientais capazes de desencadear sensações térmicas oscilantes entre um tempo ligeiramente fresco a neutro (tabela 1) com possíveis respostas do corpo humano voltadas para o aumento de perdas por calor seco (com a TE próxima aos 20°C, conforme ocorreu na maioria dos dias em todas as localidades) e para a regulação vascular quando as temperaturas se aproximaram dos 25°C.

Tabela 3: Temperatura Efetiva às 15h

<b>Data</b>	<b>Limeira</b>	<b>Rio Claro</b>	<b>São Paulo</b>
<b>12/10/06</b>	24,08	25,48	23,32
<b>13/10/06</b>	26,12	24,20	23,64
<b>14/10/06</b>	25,68	24,64	24,44
<b>15/10/06</b>	26,00	25,20	25,12
<b>16/10/06</b>	26,04	24,56	23,44

Durante todo o período de análise o horário das 15h, (tabela 3) apresentou valores de TEs entre 20,4°C e 26,1°C. As cidades de Rio Claro e de São Paulo apresentaram conforto térmico em todo o período de análise, com TEs entre 23,32°C e 25,48°C. Limeira apresentou situação de desconforto térmico nos dias 13 (26,12°C), 14 (25,68°C), 15 (26,0°C) e 16

(26,04°C), compreendendo a passagem frontal (dia 13) e o domínio anticiclônico das massas Polar Atlântica (dias 14 e 15) e Polar Velha (dia 16), trazendo os sistemas anticiclônicos maior estabilidade e conseqüentemente maior radiação, uma vez que o céu apresentou ausência de nebulosidade.

Neste horário, ocorreram com maior frequência situações que desencadeiam sensações térmicas de ligeiramente fresco a neutro, e de neutro a temperado (quando a TE em Limeira dos dias 13 a 16 excedeu os 25°C). A zona de conforto estimada apresenta situações de ligeiramente incômodo para cômodo, podendo desencadear respostas fisiológicas tais como: o aumento de perdas por calor seco, a regulação vascular, a transpiração e a troca cardiovascular.

Tabela 4: Temperatura Efetiva às 21h

<b>Data</b>	<b>Limeira</b>	<b>Rio Claro</b>	<b>São Paulo</b>
<b>12/10/06</b>	21,80	24,40	22,60
<b>13/10/06</b>	21,52	23,32	22,44
<b>14/10/06</b>	21,72	23,88	22,32
<b>15/10/06</b>	22,80	22,96	22,80
<b>16/10/06</b>	21,32	22,76	22,68

No horário das 21h (tabela 4) as temperaturas efetivas apresentaram-se dentro da faixa de conforto térmico em todo o período de análise variando entre 21,3°C e 24,4°C. Limeira apresentou TEs entre 21,3°C a 22,8°C, estando em situação de conforto térmico. O ponto amostrado na cidade de Rio Claro apresentou TEs em torno de 22,7°C a 24,4°C, estando também na faixa de conforto térmico. São Paulo apresentou situação de conforto térmico com TEs entre 22,3°C e 22,8°C.

As temperaturas efetivas apresentadas neste horário geram sensações de um ambiente ligeiramente cômodo a cômodo cujas respostas fisiológicas consistem, principalmente, no aumento de perdas de calor a seco e na regulação vascular.

De modo geral, verificou-se que sob o domínio da Frente Polar Atlântica (dias 12 e 13), da massa Polar Atlântica (dia 14) e da massa Polar Velha (dias 15 e 16) São Paulo apresentou TEs entre 22 e 24°C, às 7h, e em torno de 23°C às 15 e 21h, tendo diariamente, nos três horários, condições de conforto térmico.

Rio Claro registrou sua menor temperatura efetiva no dia 14 às 7h (19,4°C), apresentando situação de conforto. As temperaturas efetivas das 15h (entre 24 e 25,5°C) e das 21h (entre 23 e 24°C) situaram-se também na faixa de conforto térmico.



Limeira apresentou-se dentro da faixa de conforto térmico às 7h (dias 12 a 16) com temperaturas efetivas entre 20 e 22°C. Às 15h, os dias 13, 14, 15 e 16 apresentaram TEs próximas aos 26°C estando na faixa de desconforto térmico e às 21h, com TEs, próximas aos 22°C, ocorreram condições de conforto térmico.

### **Considerações Finais**

Constatou-se que apesar das diferenças térmicas em termos absolutos as Temperaturas Efetivas das três localidades não apresentaram grande variabilidade em virtude da umidade relativa do ar no cálculo das TEs. As temperaturas efetivas apresentaram pequenas variações tanto na comparação entre os pontos observados, como também ao longo de todo o período de análise.

Rio Claro e São Paulo registraram os maiores valores de umidade relativa e as menores variações térmicas diárias, nestas condições, apresentaram situações de conforto térmico nos três horários em todos os dias observados. A presença de vegetação, próxima ao ponto de coleta em Rio Claro e em São Paulo, foi considerada fator interveniente na amenização térmica e na manutenção do conforto.

A cidade de Limeira apresentou em quatro, dos cinco dias analisados, situação de desconforto térmico durante o período da tarde, o que demonstra a necessidade da tomada de medidas como a arborização de vias públicas e a criação de equipamentos urbanos tais como praças públicas destinadas à regulação térmica e às atividades de lazer, tendo portanto, função ambiental e social.

As constatações acerca do conforto térmico nas três localidades, durante a primavera, com a utilização do Índice de Temperatura Efetiva atingiram o objetivo da presente pesquisa. Todavia, seria de grande valor a realização de estudos que averiguassem se as implicações das condições atmosféricas reproduzidas no inverno e no verão podem apresentar maior influência nas condições ambientais e conseqüentemente na manutenção do conforto térmico.

### **Referências Bibliográficas**

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.

GARCÍA, F. F. **Manual de climatologia aplicada: clima, medio ambiente y planificación**. Madrid: Editorial Síntesis S. A., 1985.

GOMES, M. A. S.; AMORIM, M. C. C. T. Arborização e conforto térmico no espaço urbano: estudo de caso das praças públicas de Presidente Prudente (SP). **Caminhos de Geografia**. v. 7, n. 10, p. 94 – 106, 2003.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades@**. Disponível em: [www.ibge.gov.br/cidadesat/default.php](http://www.ibge.gov.br/cidadesat/default.php) Acesso em: 16 de agosto de 2007.

TUBELIS, A. **Meteorologia descritiva: fundamentos e aplicações brasileiras**. São Paulo: Agronômica Ceres, s.d..

THOM, E. C. The discomfort index. **Weatherwise**. v. 5 n. 2, p. 57 – 60, 1959.

MONTEIRO, C. A. F. **O clima e a organização do espaço no Estado de São Paulo: problemas e perspectivas**. São Paulo: IGEOG – USP, 1976.

\_\_\_\_\_. Teoria e clima urbano: um projeto e seus caminhos. In: MONTEIRO, C. A. F.; MENDONÇA, F. (Org.) **Clima urbano**. São Paulo: Contexto, 2003, p. 9 – 67.

OLIVEIRA, T. A.; RIBAS, O. T. **Sistemas de controle das condições ambientais de conforto**. Brasília: Ministério da Saúde, 1995.

RIBEIRO, H.; SILVA, E. N. Alterações da temperatura em ambientes externos de favela e desconforto térmico. **Revista de Saúde Pública**, v. 40, n. 4, p. 663 – 670, 2006.