

# III Conferência Regional sobre Mudanças Globais: América do Sul - 2007

## CLIMA URBANO E SAÚDE

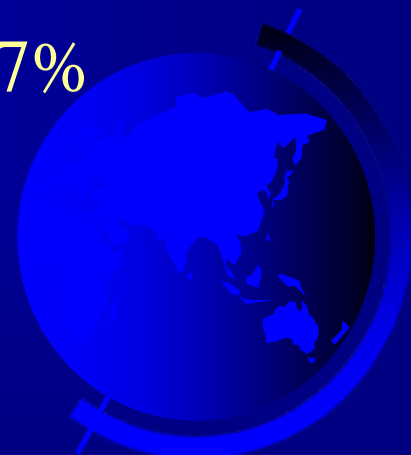
- ➔ **Helena Ribeiro**
- ➔ **Professora titular**
- ➔ **Edelci Nunes da Silva**
- ➔ **doutoranda**
- ➔ **Departamento de Saúde Ambiental**
- ➔ **Faculdade de Saúde Pública da USP**



# Urbanização no mundo

Anos	1975	2000	2030
África	25%	37%	53%
Ásia	25%	37%	54%
A. Latina e Caribe	61%	75%	85%
Europa	67%	73%	80%
A. Norte	74%	77%	84%
Oceania	72%	74%	77%

Fonte: ONU, 2002



# População das 10 maiores megacidades

<b>Anos</b>	<b>1995</b>	<b>2015</b>
☞ <b>C. México, México</b>	<b>16,6</b>	<b>19,2</b>
☞ <b>São Paulo, Brasil</b>	<b>16,5</b>	<b>20,3</b>
☞ <b>Nova Iorque, EUA</b>	<b>16,3</b>	<b>17,3</b>
☞ <b>Mumbai, Índia</b>	<b>15,1</b>	<b>26,2</b>
☞ <b>Shangai, China</b>	<b>13,6</b>	<b>17,9</b>
☞ <b>Tóquio, Japão</b>	<b>26,9</b>	<b>28,9</b>
☞ <b>Los Angeles, EUA</b>	<b>12,4</b>	<b>14,2</b>
☞ <b>Calcutá, Índia</b>	<b>11,9</b>	<b>17,3</b>
☞ <b>Buenos Aires, Arg.</b>	<b>11,8</b>	<b>13,8</b>
☞ <b>Seul, Coréia</b>	<b>11,6</b>	<b>12,9</b>



# Cenário Geral da urbanização brasileira

## ☞ **BRASIL – ÚLTIMAS DÉCADAS**

- ☞ INTENSO PROCESSO DE URBANIZAÇÃO E DE METROPOLIZAÇÃO
- ☞ 90`S – DESMETROPOLIZAÇÃO

## ☞ **REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO**

- ☞ PRIMAZIA COM A GLOBALIZAÇÃO DA ECONOMIA
- ☞ INDUSTRIALIZAÇÃO DAS CIDADES MÉDIAS
- ☞ GERAÇÃO DE EMPREGOS (**ESPECIALIZADOS???**)
- ☞ DESEMPREGO E SUB-EMPREGOS URBANOS

## ☞ **ALGUMAS CIDADES MÉDIAS E CAPITAIS REGIONAIS**

- ☞ CRESCIMENTO MAIOR QUE AS METRÓPOLES
- ☞ INDUSTRIALIZAÇÃO E OFERTA DE EMPREGOS
- ☞ MELHORES ÍNDICES DE QUALIDADE DE VIDA

## ☞ **CIDADES PEQUENAS DO INTERIOR DO PAÍS**

- ☞ ESTAGNAÇÃO ECONÔMICA
- ☞ EMIGRAÇÃO DA POPULAÇÃO EM IDADE PRODUTIVA
- ☞ DESEMPREGO
- ☞ EMPOBRECIMENTO
- ☞ PROBLEMAS SOCIAIS, ECONÔMICOS E AMBIENTAIS



# Clima urbano

- Urbanização e industrialização modificam as características da atmosfera
- *“Clima urbano é o sistema que abrange o clima de um dado espaço terrestre e sua urbanização”* (Monteiro, 1976, p. 95)
- Desde a década de 1950 muitos estudos sobre clima urbano foram realizados, sobretudo em países do primeiro Mundo, sob climas temperados



➔ Poucos estudos sobre alterações climáticas causadas pela urbanização em cidades tropicais e de países em desenvolvimento e seus efeitos à saúde (Dunne, 1984; Oke, 1981; Weihe, 1986; Akbari, 1990; Jauregui, 1994).

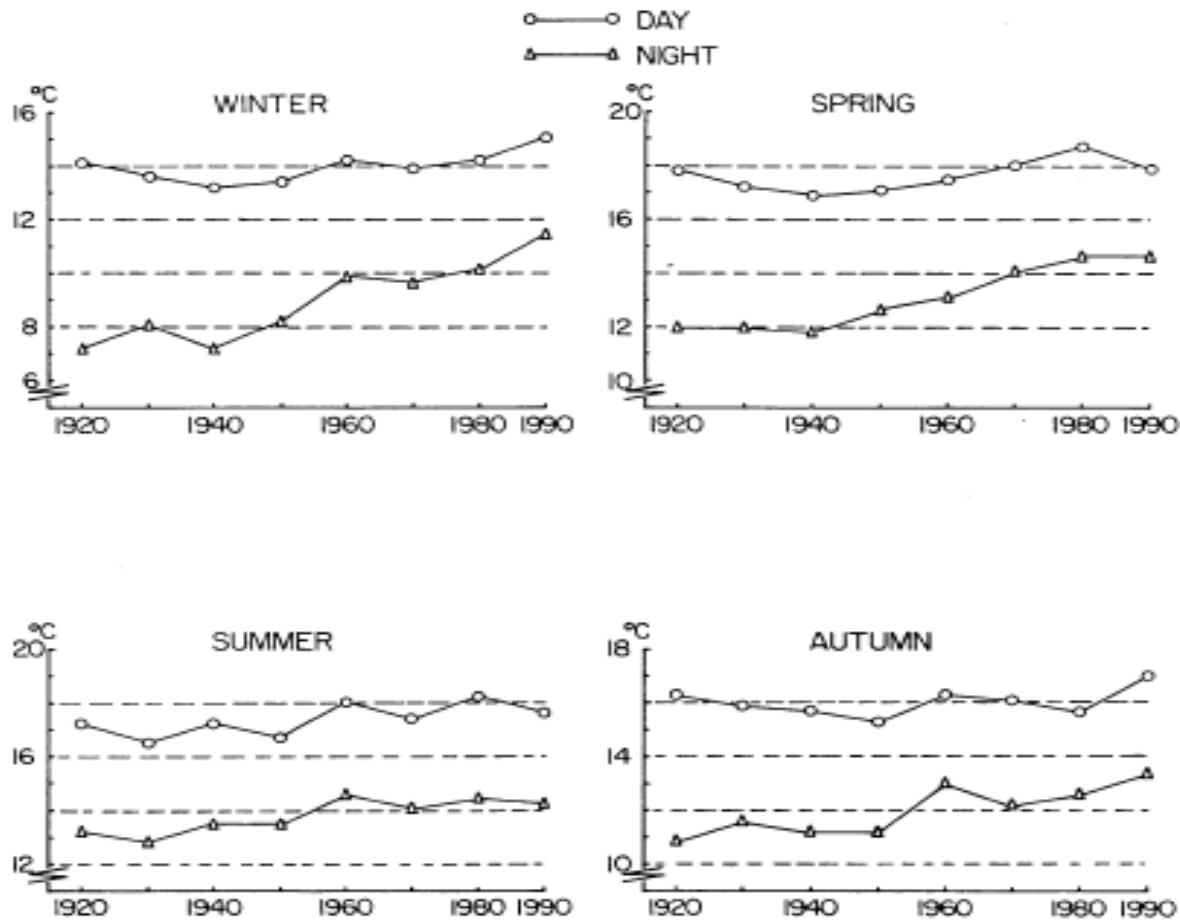


# Cidade do México

Barradas et al,  
1999

Evolução das  
temperaturas em  
diferentes estações

1920-1990



**Fig. 8** Seasonal ET (day/night) long-term changes at Tacubaya station (urban) from 1920 to 1990



# Cidade do México

Jauregui et al  
1997

Ilha de calor (UHI)  
Aquecimento urbano (SM)/  
rural (PT)

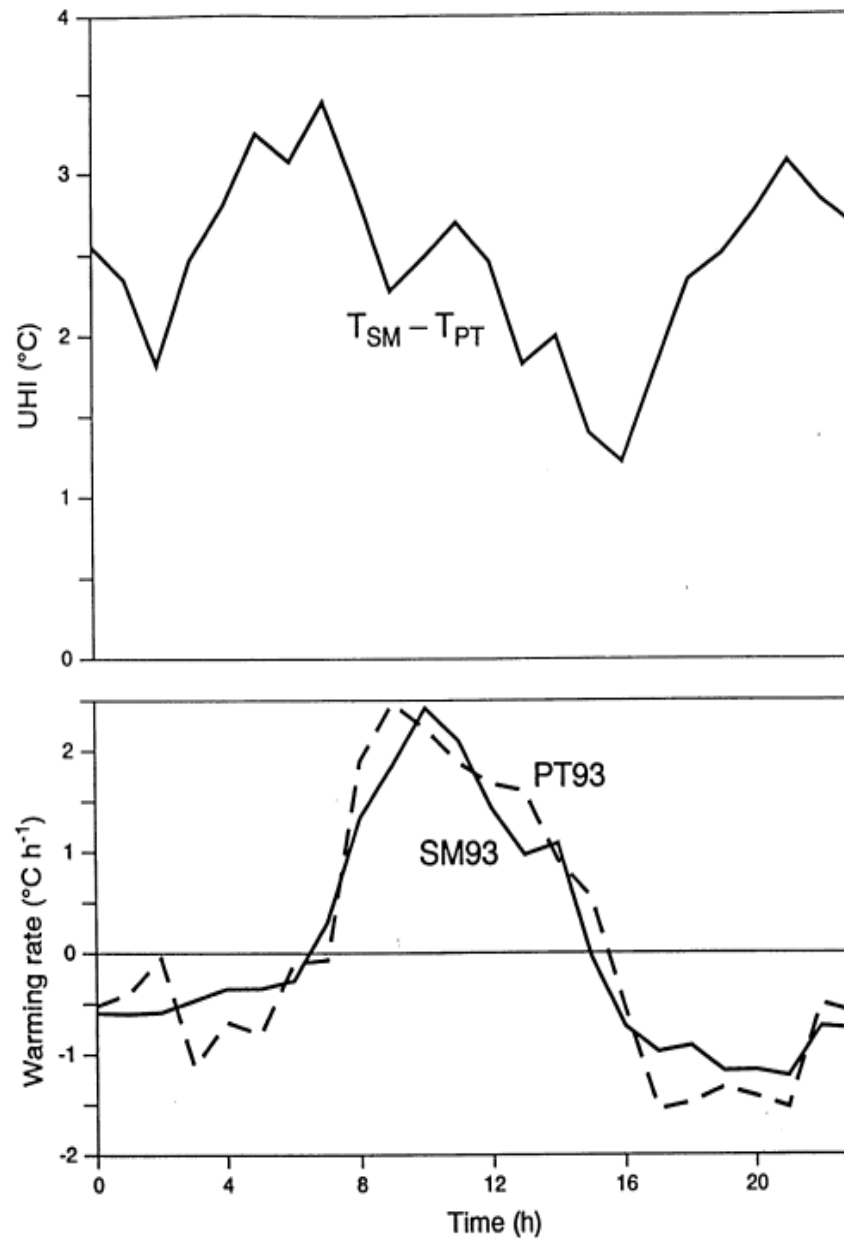


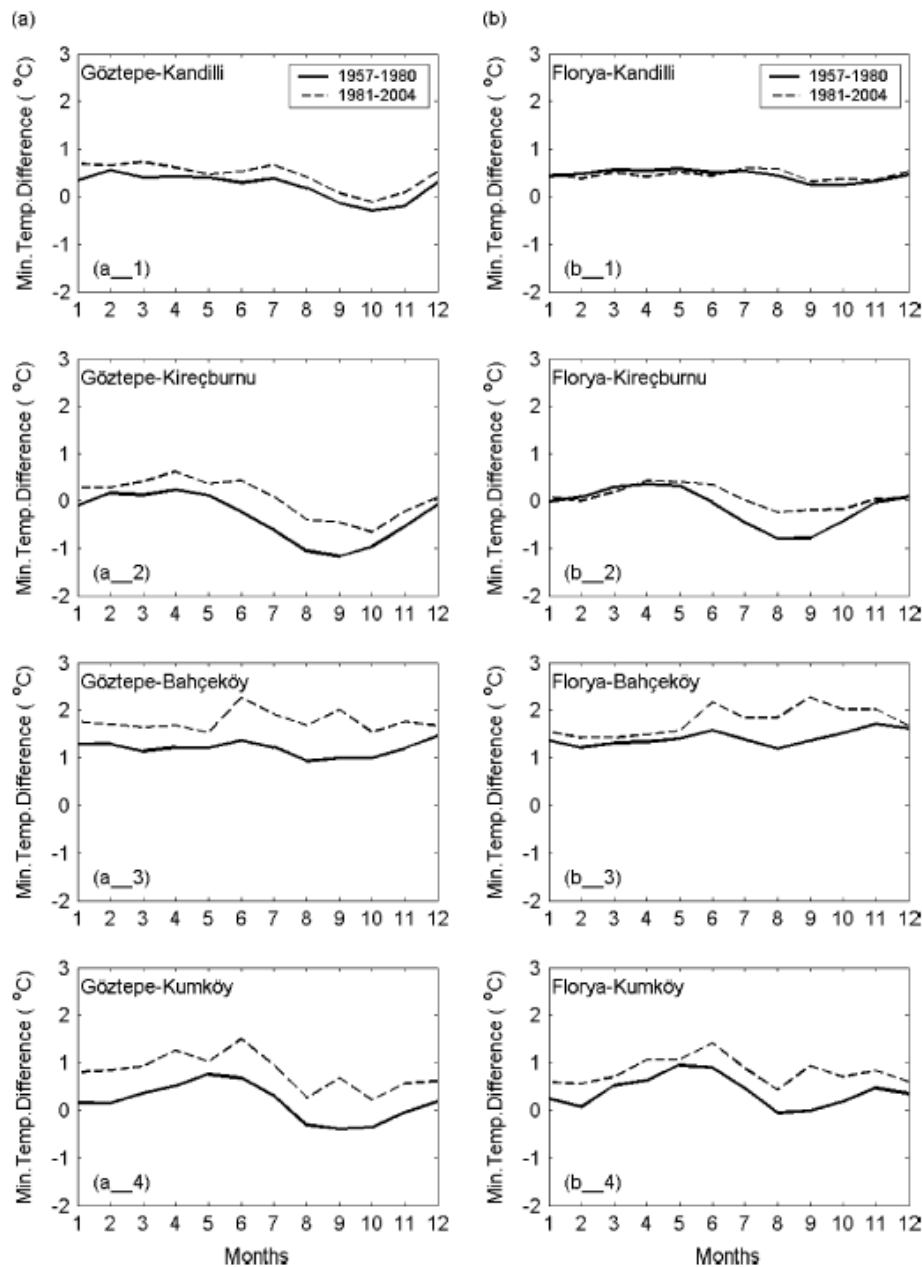
Fig. 6. Top: the UCL urban heat island of Mexico City. Bottom: the associated warming/cooling rates of the urban (SM) and rural (Plan Texcoco, PT) sites comprising the UHI. Ensemble mean values for the observation period in 1993.





# Istambul Turquia, Ezber et al. 1992

Diferenças de  
temperatura mínima  
entre área urbana  
e suburbana/rural  
Goztebe=Urbana  
Florya=urbana  
Kandilli=subúrbio  
Kumkoy=rural



3. Differences of average monthly minimum temperatures between urban and suburban/rural stations. The averages are taken for two consecutive 24-year periods. The solid lines show the differences for the 1957–1980 period, and the dashed ones show those for the 1981–2004 period.

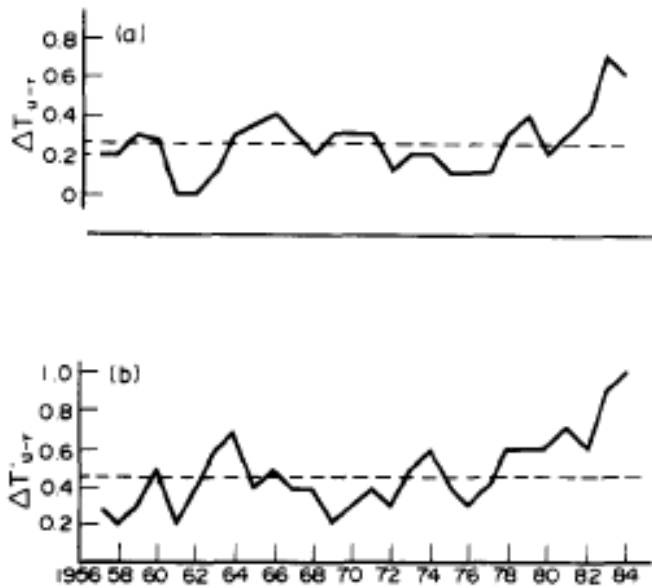


Fig. 3. Differences of annual mean (a) and annual minimum (b) temperatures ( $^{\circ}\text{C}$ ) between urban Longhua and rural Songjiang.

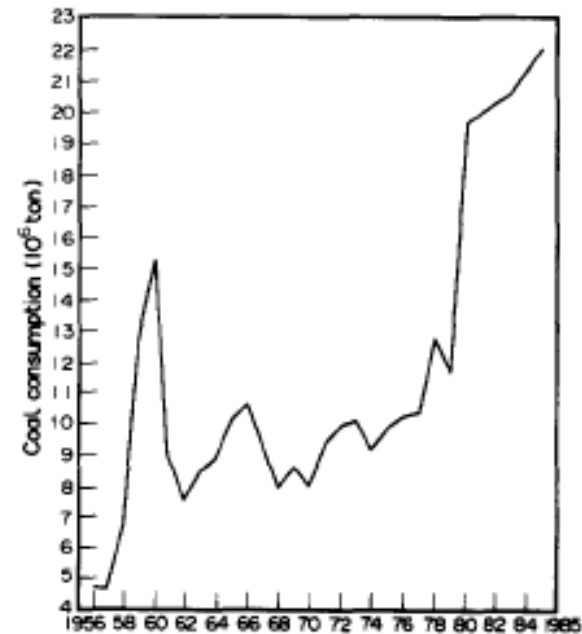


Fig. 4. Variation of Shanghai annual coal consumption.

Shanghai, China  
 Chow, 1992  
 Evolução de diferenças  
 de temperatura urbano/rural  
 área habitada;  
 consumo de carvão

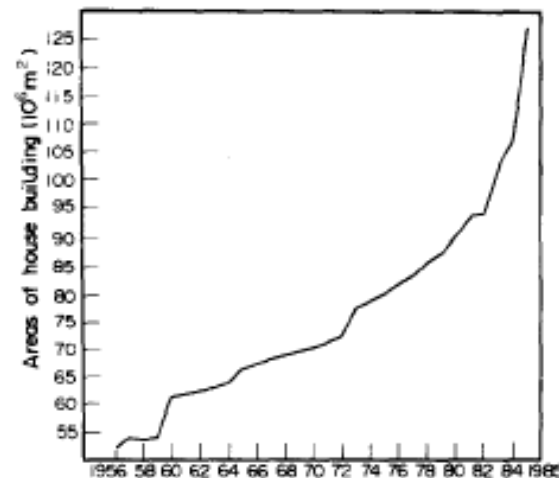


Fig. 5. Variation of aerial coverage of Shanghai



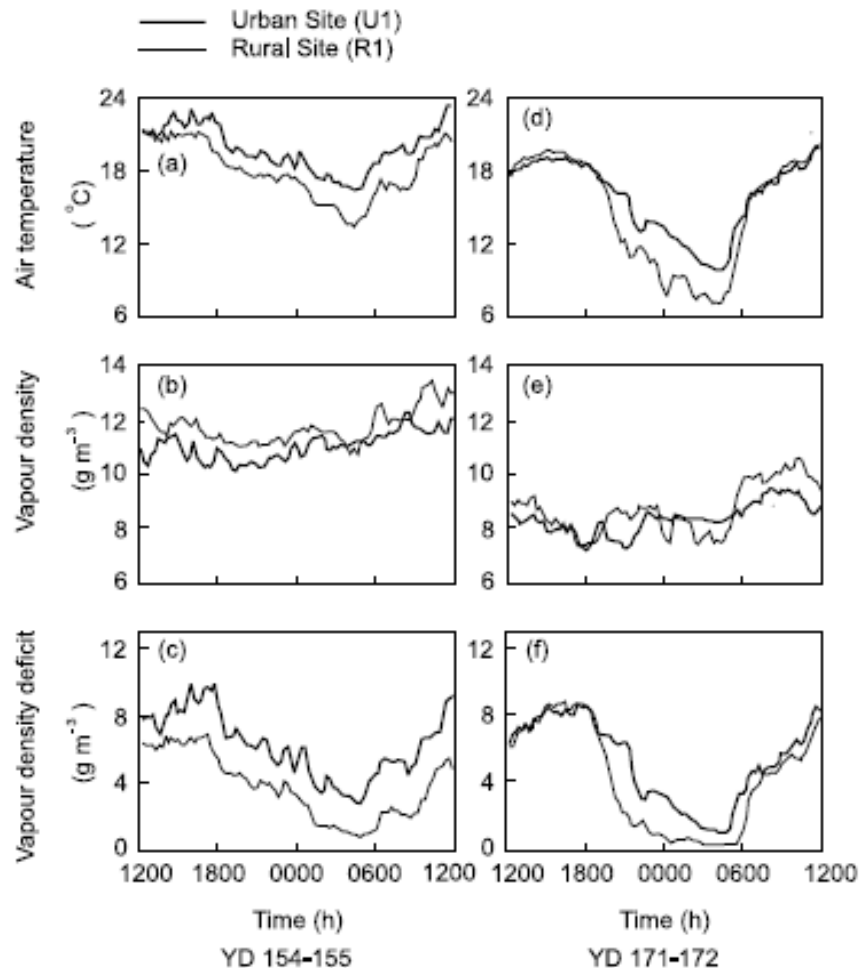


Figure 4. Canopy-level air temperature ( $^{\circ}\text{C}$ ), vapour density ( $\text{g m}^{-3}$ ), and vapour density deficit ( $\text{g m}^{-3}$ ) data for a rural (R1) and urban residential (U1) site in Vancouver, for two 24-h periods during the summer of 1996.

# Vancouver, Canada Richards, 2005



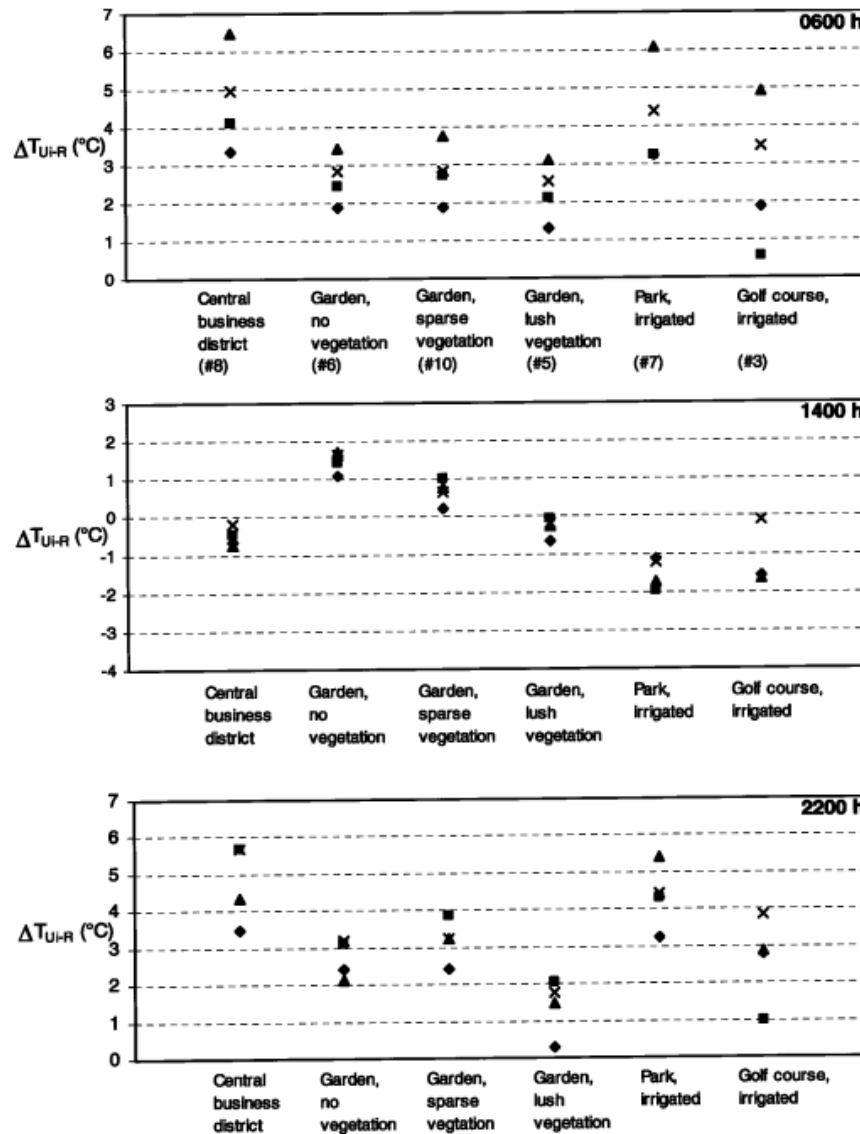


Figure 11.  $\Delta T_{U_i-R}$  for occasions of clear and calm weather at 0600 h, 1400 h and 2200 h local time. All of these times were preceded by at least 10 h of clear and calm weather. Site numbers are shown in the upper graph; see Figure 1 for locations

# Gaborone Botswana Jonsson 2004



# Beijing, China

Lu et al, 2006

124

*P. Lu et al./Agricultural and Forest Meteorology 138 (2006) 120–131*

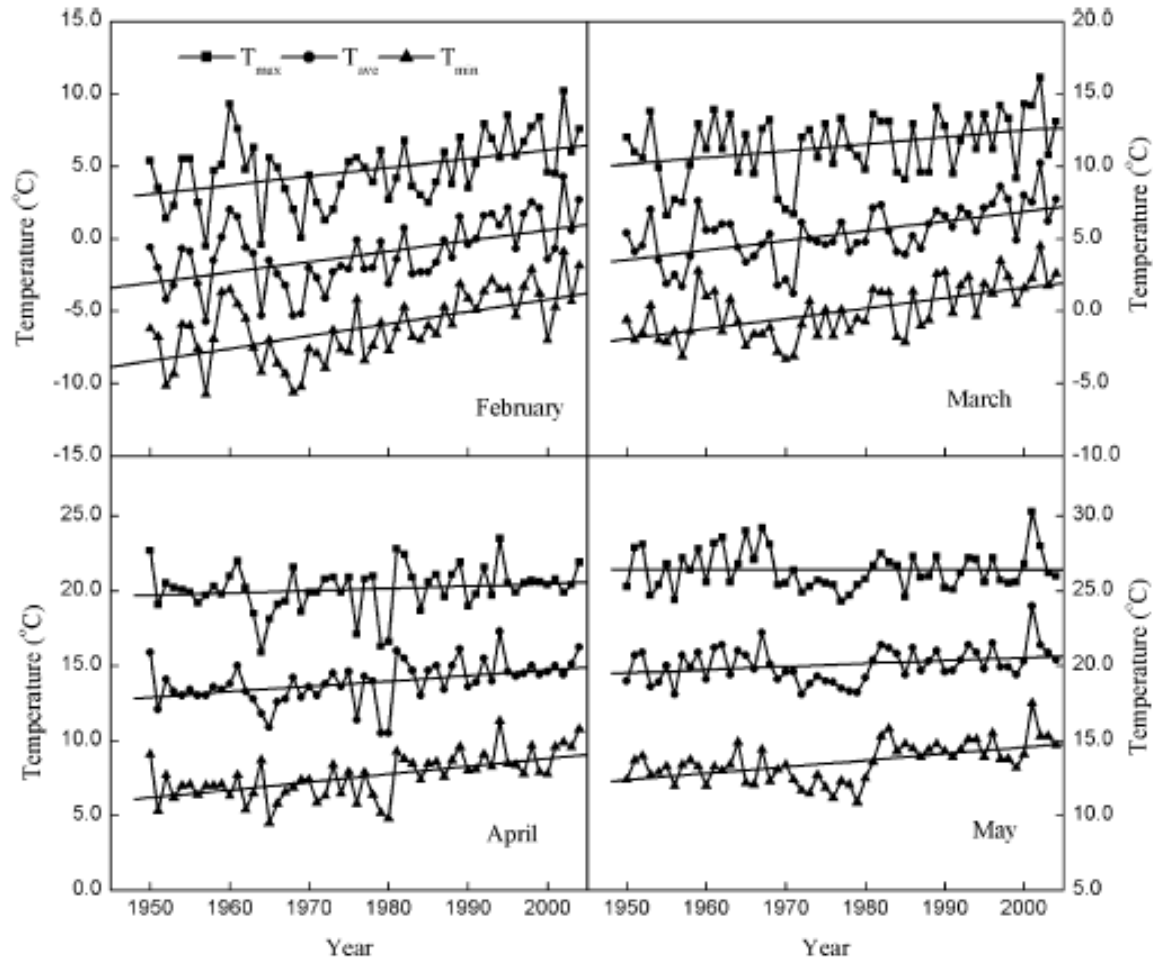
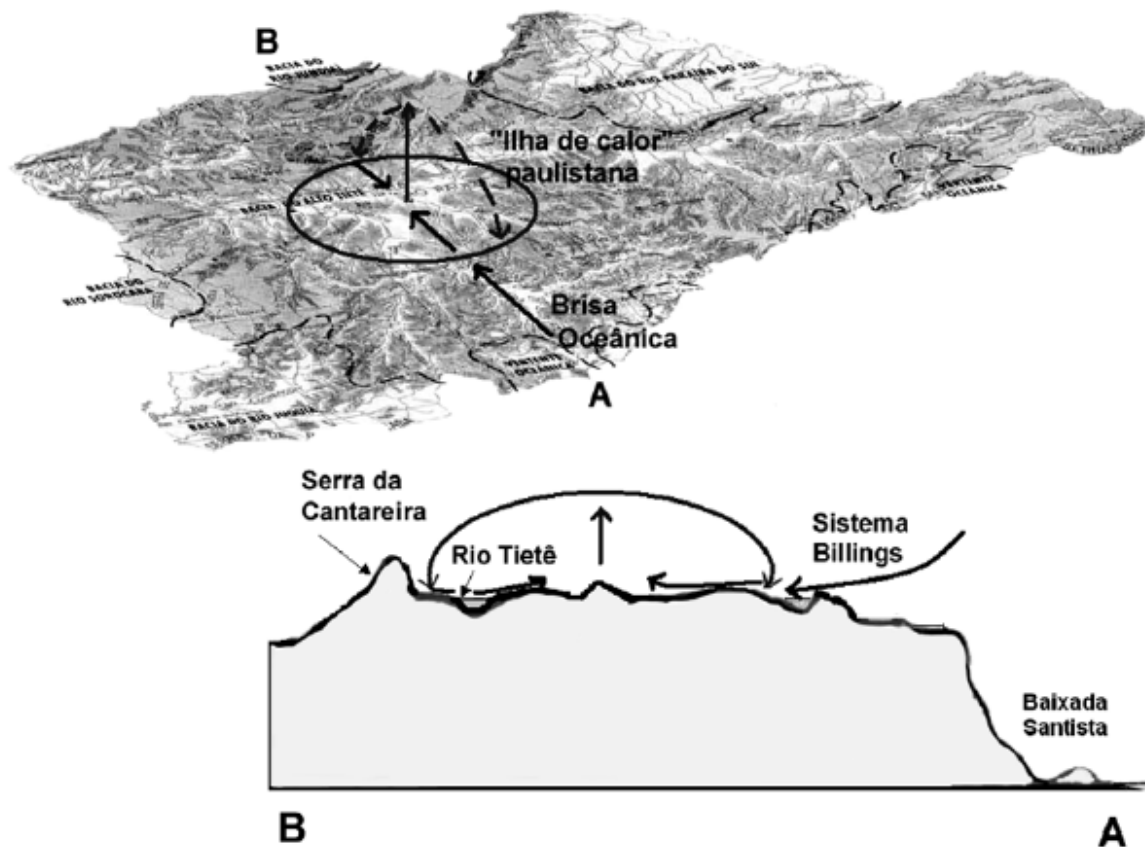


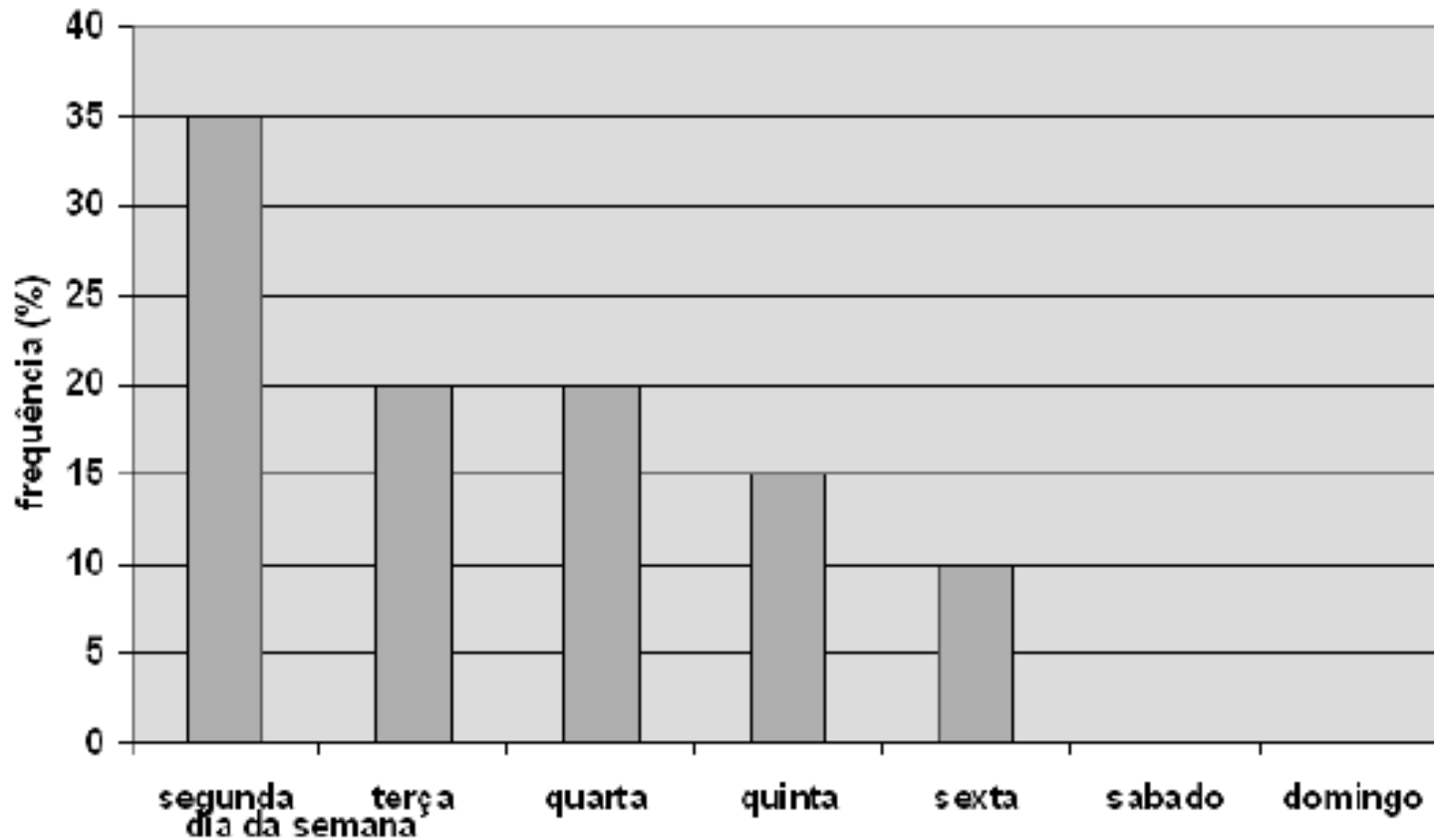
Fig. 1. Time trends of monthly average of daily maximum, minimum and average temperatures in Beijing (7.5 km from Beihai Park and 2.5 km from the Summer Palace, 1950–2004).

# Ilha de calor e formação de chuvas, São Paulo (Alves, 2007)



**Figura IV**– Modelo da Ilha de Calor da RMSP e a influência da Circulação Marítima. Fontes: Base Hipsométrica Governo do Estado de São Paulo - Atlas Regional, 1978 (*distorcida*). Ilustração: Ailton P. Alves Filho

# Frequência de episódios de enchente em relação aos dias da semana, S. Paulo (Alves, 2007)



# Clima urbano e saúde

**Condições atmosféricas influenciam a saúde através de**

**4 fatores:**

**1. Troca de calor entre seres humanos e atmosfera**

**2. Radiações em ondas longas e curtas**

**3. Poluição do ar**

**4. Precipitação**

**Portanto é difícil correlacionar um fator isolado com mudanças nas condições de saúde**





# Clima Urbano e Saúde

- **Efeitos potenciais à saúde podem variar de sintomas sub-clínicos, ou incômodos, a um aumento nas taxas de morbidade e mortalidade.**
- **Pessoas saudáveis têm extraordinária capacidade de adaptação a condições atmosféricas extremas**
- **Mas há alguns grupos de risco que possuem capacidade limitada de adaptação aos estresses do clima: idosos, mulheres grávidas, crianças, cardíacos, asmáticos, etc.**



# Poluição Térmica

## *(Thermal Pollution)*

☞ **Faixa de neutralidade ou de conforto térmico entre 17° e 31° C (Weihe, 1986, WHO, 1990)**

**Sem riscos à saúde de pessoas saudáveis, com vestimenta, temperatura de radiação, isolamento, vento e estado psicológico adequados**

☞ **Fora da faixa de conforto:**

**Desconforto e estresse fisiológico**

**Possível agravamento de doenças respiratórias e cardiovasculares**



# Sintomas de desconforto e de riscos à saúde com temperaturas acima desta faixa:

- ➡ -hipotensão
- ➡ -hipertermia
- ➡ -taquicardia
- ➡ -insuficiência cardíaca
- ➡ -inapetência
- ➡ -desidratação
- ➡ -letargia
- ➡ -indolência
- ➡ -irritabilidade
- ➡ -diminuição da capacidade de aprendizagem
- ➡ -memória prejudicada
- ➡ -depressão
- ➡ -alteração no padrão de doenças transmitidas por vetores



# Radiação Ultravioleta

- Redução do ozônio estratosférico aumentou RUV na superfície terrestre
- Estudos epidemiológicos apontam a ação cumulativa da RUV como principal fator etiológico do câncer cutâneo, principalmente se exposição excessiva ocorrer durante infância e adolescência
- Casos vem crescendo em todo mundo
- No Brasil, câncer de pele é o mais incidente e apresenta tendência de aumento
- (Silva, 2007)



# Poluição atmosférica: efeitos à saúde

- Problemas oftálmicos
- Doenças dermatológicas
- Problemas gastro-intestinais
- Problemas cardiovasculares
- Doenças pulmonares
- Alguns tipos de câncer
- Efeitos sobre o sistema nervoso (CO)
- Algumas doenças infecciosas



# Cidade de São Paulo

- **18 milhões de habitantes (10% do país)**
- **39 municípios**
- **1051 km<sup>2</sup> de mancha urbana contínua**
- **18% do PIB do país**
- **+ de 6 milhões de empregos**
- **47 mil indústrias**
- **5,5 milhões de veículos (21% da frota nacional)**
- **Rede viária de 15,6 mil km**



# **Cidade de São Paulo: ambiente fortemente propício à formação de ilha de calor**

**Alguns estudos realizados:**

**Lombardo, 1985**

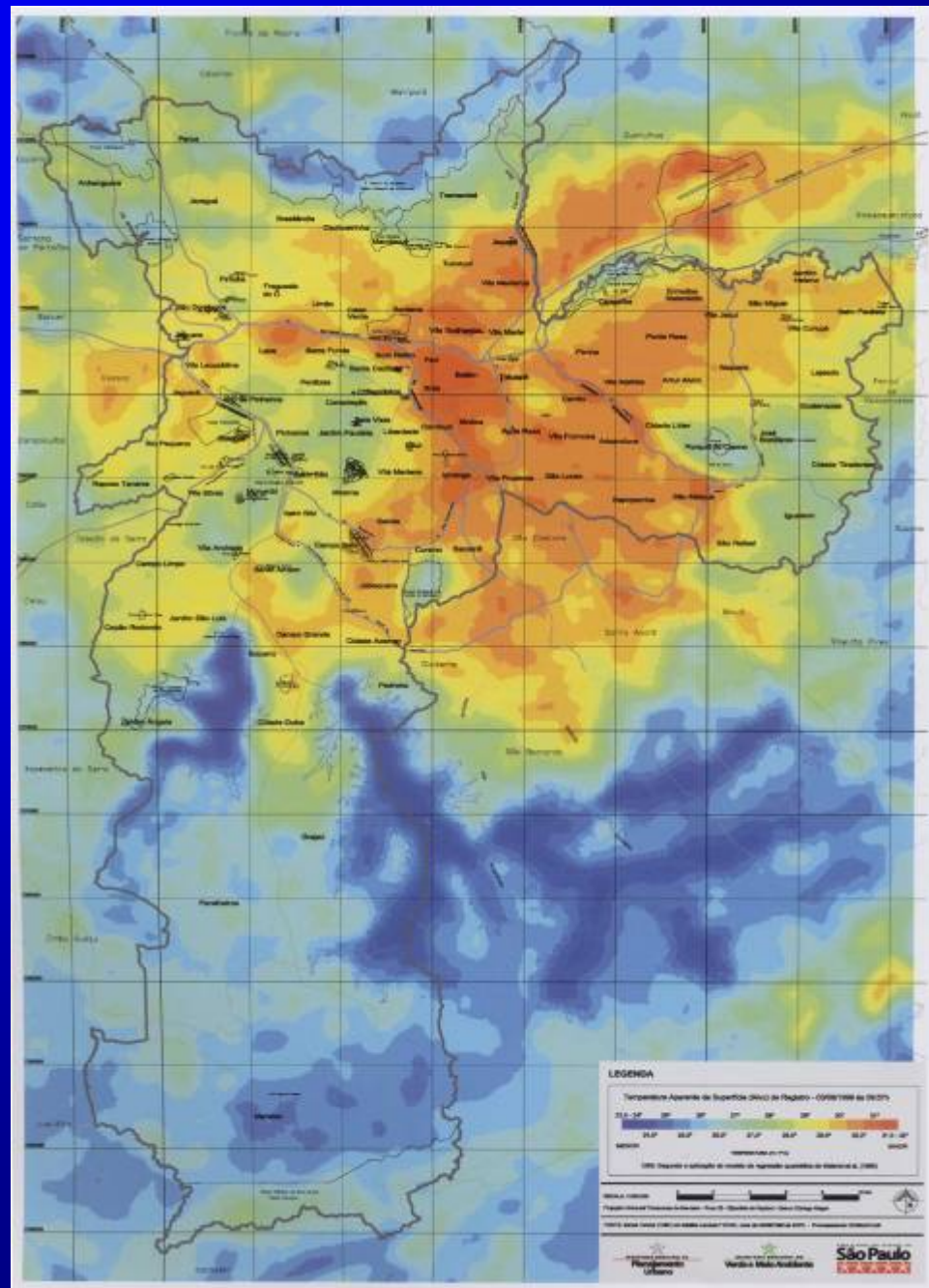
**Prefeitura do Município, 1993**

**Tarifa e Armani, 2001**

**Prefeitura do Município, 2006**

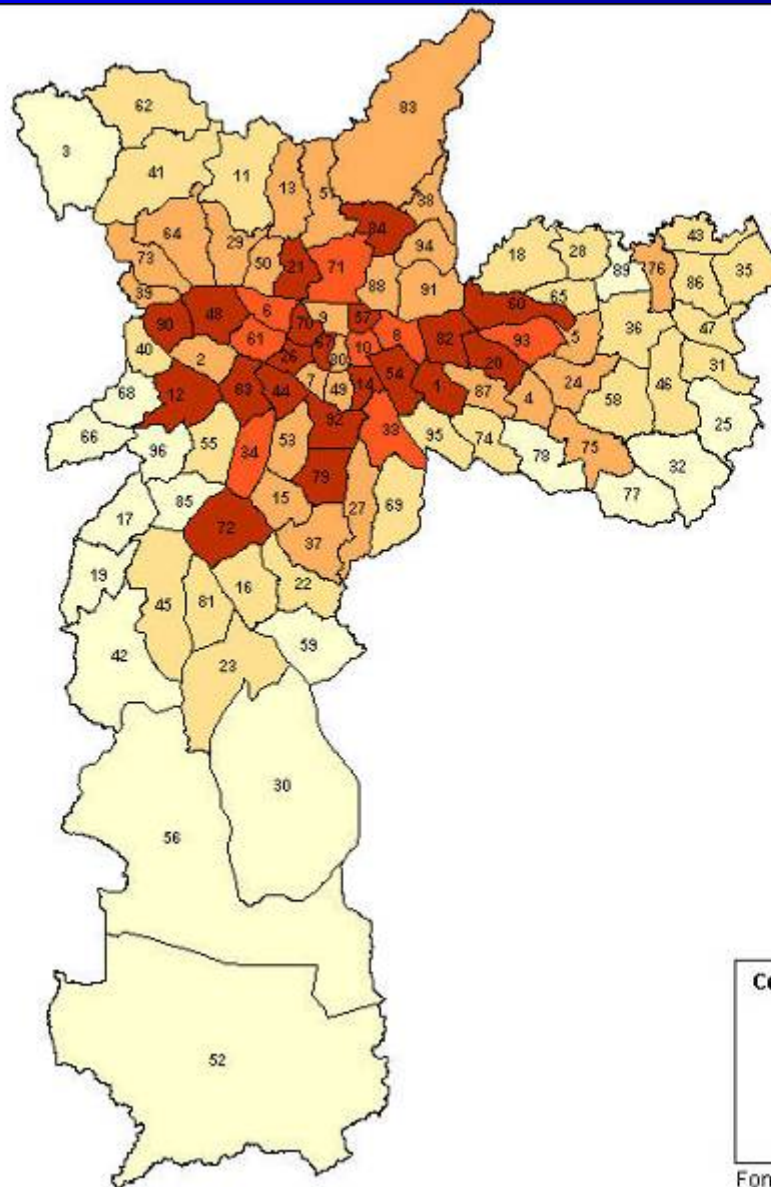


# Município de S. Paulo PMSP 2006





**ÓBITOS POR DOENÇAS RESPIRATÓRIAS  
MUNICÍPIO DE SÃO PAULO  
ANO 2000**



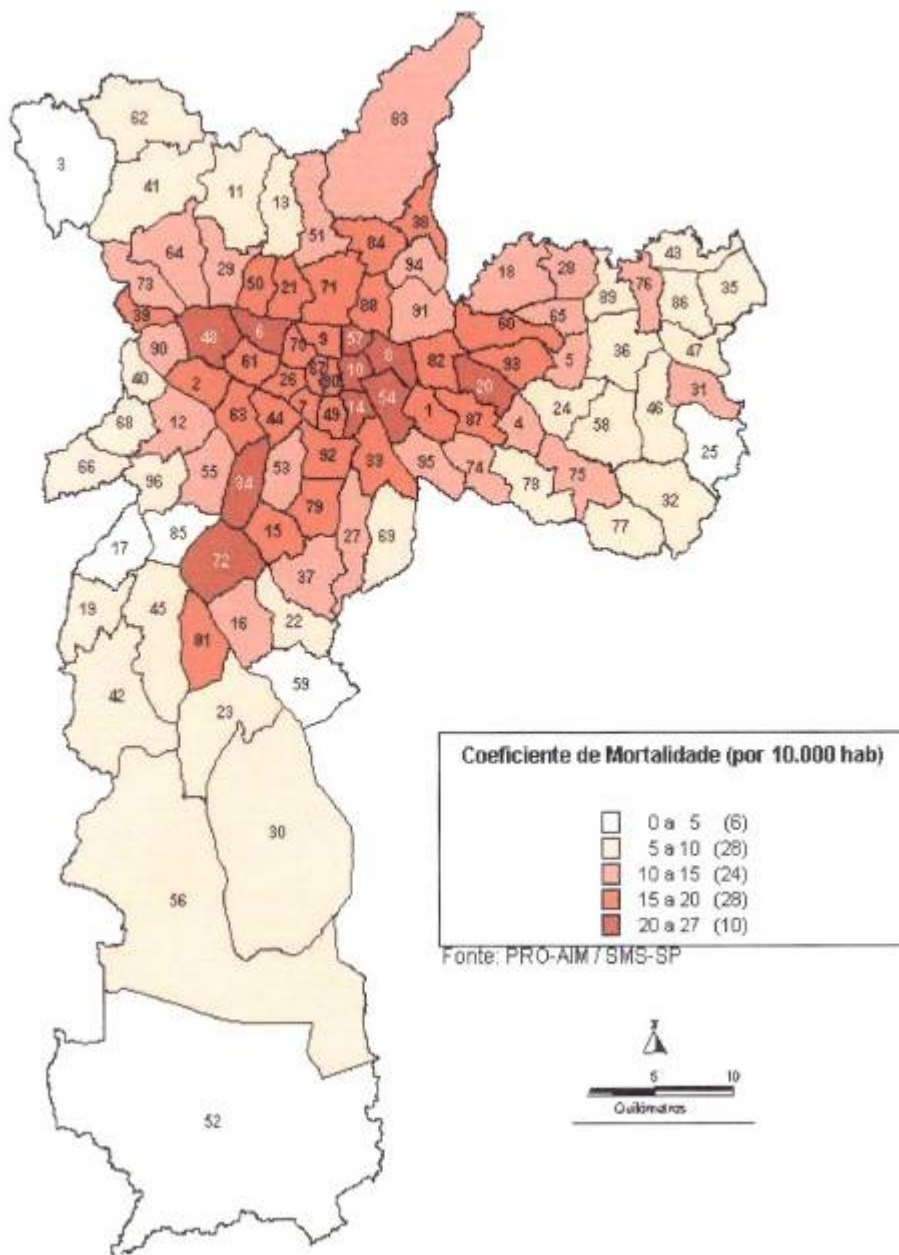
**Coefficiente de Mortalidade (por 10.000)**  
Doenças Respiratórias (Cap OD10)

1 a 4	(17)
4 a 6	(24)
6 a 8	(27)
8 a 10	(8)
10 a 15	(20)

Fonte: PRO-AIM / SMA-SP



# ÓBITOS POR DOENÇAS CARDIOVASCULARES NO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO - ANO DE 2000



# **Estudos buscando verificar efeitos à saúde humana da poluição térmica na cidade de São Paulo:**

**Ribeiro (1996 e 2005)**

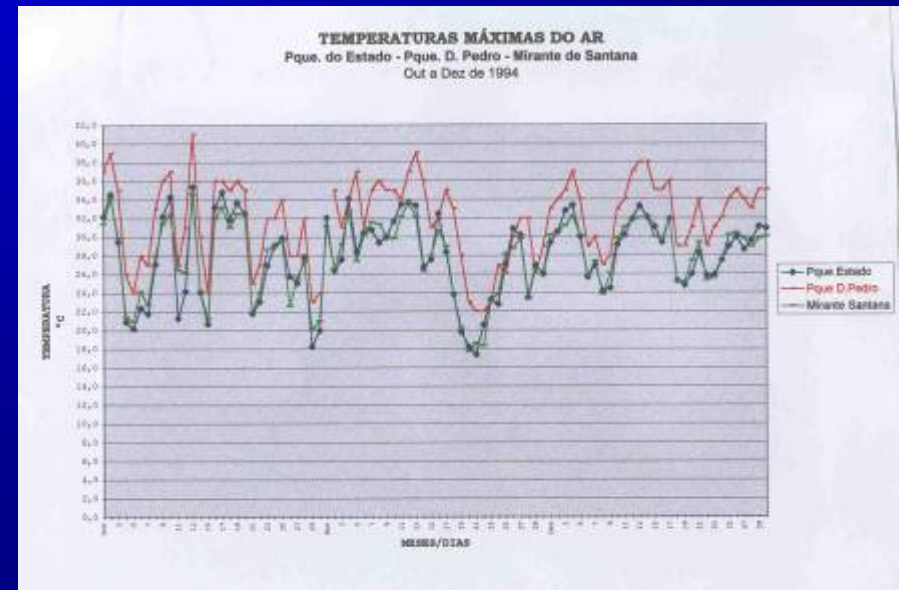
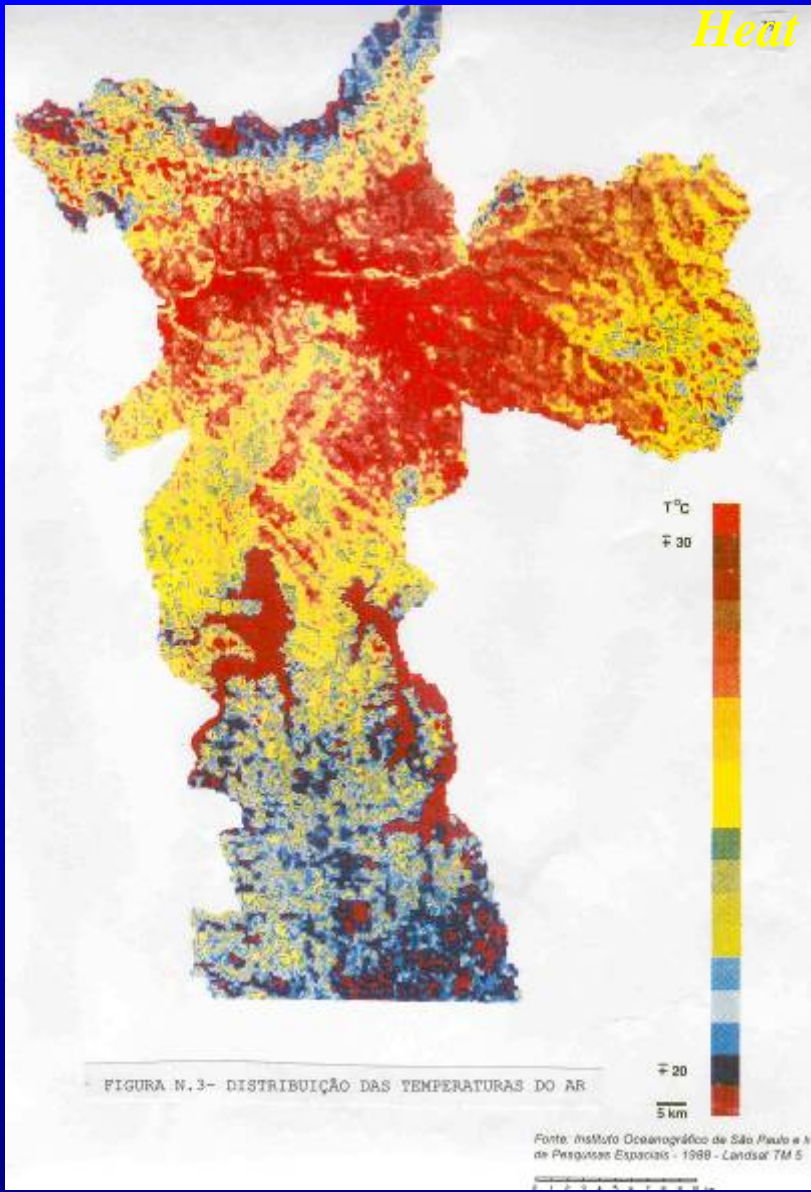
**Nunes da Silva e Ribeiro (2006)**



# ILHA DE CALOR NA CIDADE DE SÃO PAULO: DINÂMICA E EFEITO (Ribeiro, 1996)

*Heat island in São Paulo, Brazil: Effects on health –  
Critical Public Health, 2005*

- imagem de satélite
- dados diários temperaturas máximas e mínimas
- dados de óbitos
- dados de internações - SUS



**Comparação de dados diários de temperaturas máximas e mínimas com dados diários de mortalidade por doenças cardiovasculares e respiratórias nos distritos ao redor das 3 estações meteorológicas, segundo endereço de residência e idade (total e de maiores de 55 anos).**

**Comparação de dados diários de temperatura com internações hospitalares por doenças cardiovasculares e respiratórias de toda cidade.**



**Resultados: Distribuição espacial da ilha de calor e dados de mortalidade indicaram haver maior risco de morte por doenças cardiovasculares e respiratórias em área de maior intensidade da ilha de calor.**

**Sé e Brás: 31 mortes/10.000 habitantes (com maior risco para os idosos)**

**Santana: 24 mortes/10.000 habitantes**

**Jabaquara: 21 mortes/10.000 habitantes**



**Entretanto: distribuição de mortes e admissões hospitalares, ao longo do ano, não mostraram correlação positiva entre altas temperaturas e agravos à saúde**

**Calor sozinho não é fator etiológico significativo, pois menores números de mortes e internações ocorreram no verão**

**Influência conjunta da poluição do ar e mudanças bruscas de temperatura?**



*Alterações no microclima em ambientes externos de favela e desconforto térmico* (Silva, FSP/USP, 2004; Silva, E.N.; Ribeiro, 2006)

**Em micro-escala (ambientes intra-urbanos) há condições mais ou menos favoráveis ao conforto térmico**

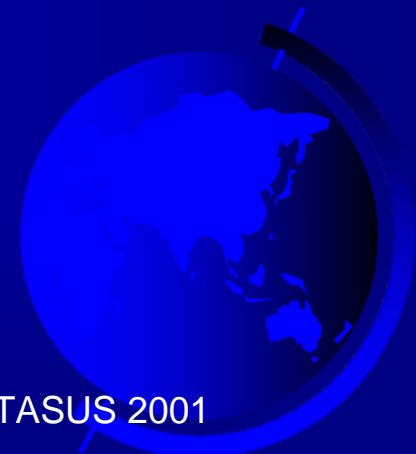
**Favela Paraisópolis, S.P.: 4 ruas e vielas de largura diferente e um ponto fora dela em rua arborizada no bairro do Morumbi**





# Internações hospitalares de crianças de 1 a 5 anos no Distrito de Vila Andrade (n= 99)

<b>Diagnóstico Principal</b>	<b>%</b>
<b>Broncopneumonia</b>	<b>15,1</b>
<b>Asma</b>	<b>5,05</b>
<b>Diarréia e gastroenterite</b>	<b>4,04</b>
<b>Ascaridíase</b>	<b>4,04</b>
<b>Pneumonia</b>	<b>3,03</b>
<b>Hérnia inguinal</b>	<b>3,03</b>



Fonte: AIH – DATASUS 2001

# Internações Favela Paraisópolis

## Diagnóstico Principal

	%
Broncopneumonia	30,15
Diarréia e gastroenterite infecciosa presumida	14,71
Bronquite aguda	13,24
Pneumonia	11,03
Outras doenças dos brônquios NCOP	8,09
Pneumonia lobar	5,88
Outras convulsões NE	5,88
Asma NE	3,68
Outros transtornos respiratórios	3,68
Desconforto expiratório do recém-nascido	3,68

Fonte: DATASUS/CEPID/FAPESP/Centro de Estudos da Metrópole



## **Métodos e técnicas:**

**Uso de miniabrigos aspirados e registradores digitais de temperatura e umidade**

**Medição das temperaturas horárias do ar no período de 18 de fevereiro a 31 de julho de 2003**

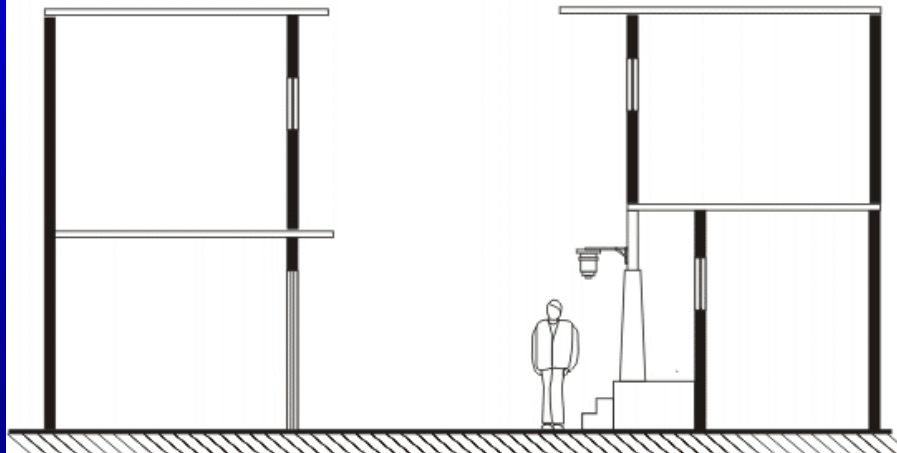
**Análise das temperaturas horárias médias por estações do ano: verão, outono e inverno**



# Favela Paraisópolis – Posto A



Travessa Nossa Senhora Aparecida



Corte transversal s/ escala da Travessa Nossa Senhora Aparecida.

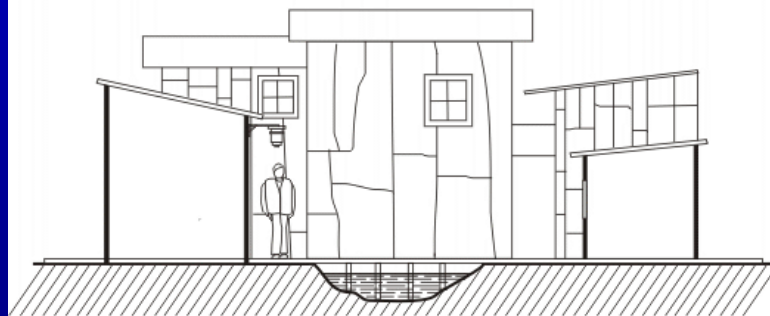
Desenho Walter Saiani



# Favela Paraisópolis – Posto C



Córrego do Brejo



Corte transversal s/ escala do Córrego do Brejo.

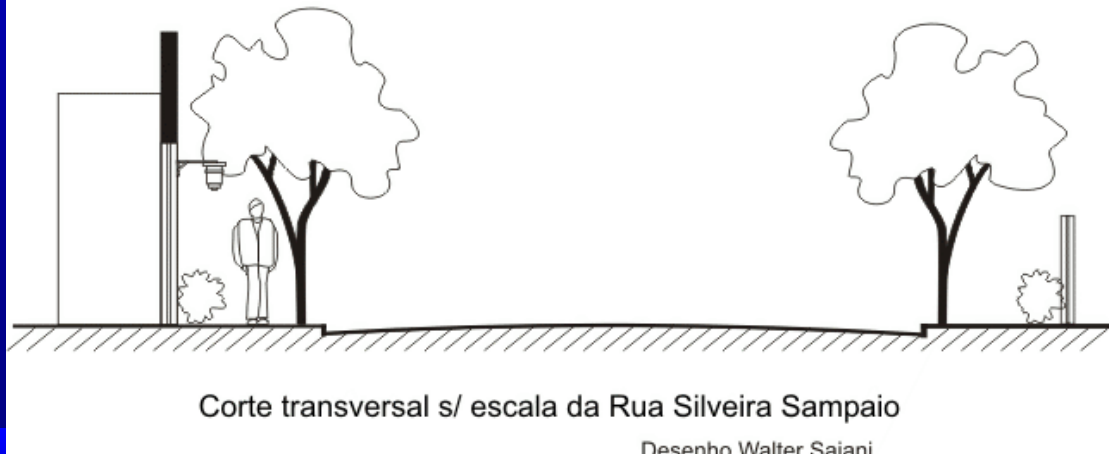
Desenho Walter Saiani



# Rua Silveira Sampaio – Posto H



Rua Silveira Sampaio



## Resultados:

Uso/ocupação do solo e arruamento da favela consistiram em fatores diferenciadores das características térmicas da atmosfera.

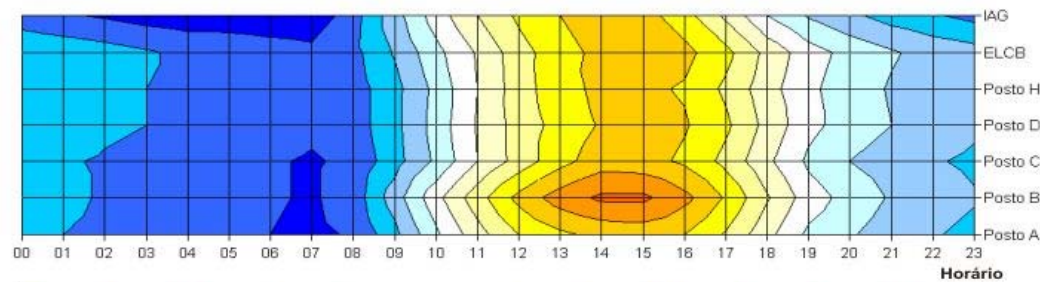
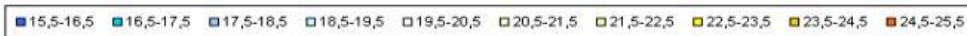
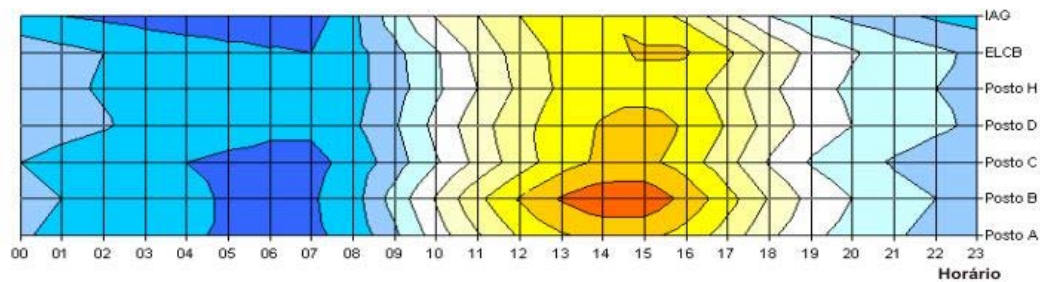
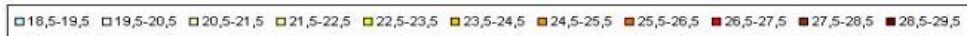
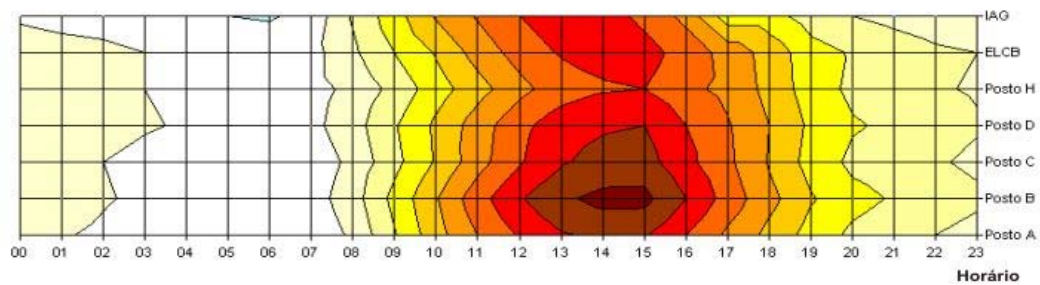


**Nos ambientes abertos da favela os contrastes térmicos foram mais acentuados, sobretudo nas estações mais frias (outono e inverno) : Maior aquecimento diurno e maior resfriamento noturno**

**No ambiente mais fechado da favela houve atenuação das temperaturas mais altas e mais baixas em relação aos outros pontos da favela**

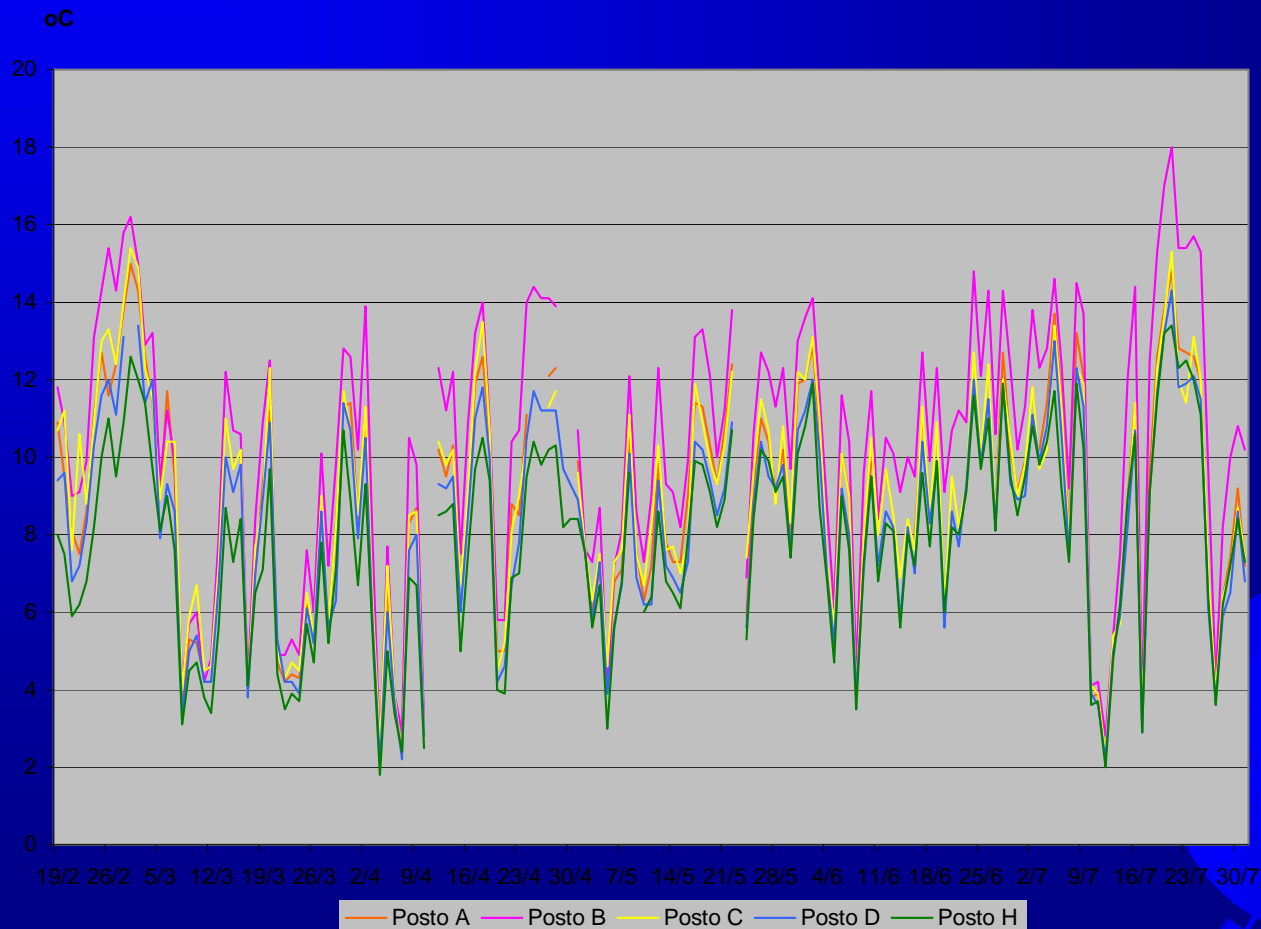






# Amplitudes Térmicas Diárias: Postos A, B, C, D – Favela Paraisópolis e no Posto H – Rua Silveira Sampaio, São Paulo, SP.

Período de 19 de fevereiro a 31 de julho de 2003



**No posto fora da favela as condições térmicas eram atenuadas**

**Vegetação, distância entre as casas e amplidão da rua contribuíram para maior conforto térmico**



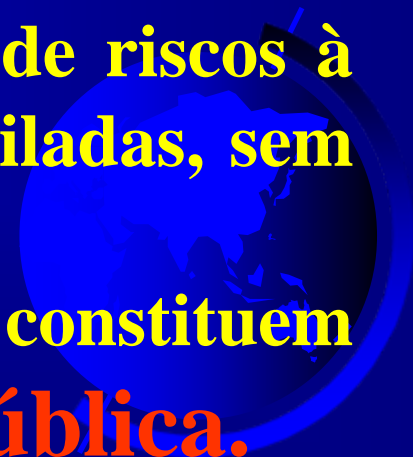
# Santiago, Chile

(Fuentes et al., 2007)

- Encontrada associação mais robusta entre mudanças de temperatura e consultas por causas respiratórias em crianças menores de 1 ano e de 1 a 14 anos (associação linear inversa), do que entre contaminação do ar e consultas respiratórias pediátricas (associação linear).



1. Há efeitos comprovados das alterações climáticas produzidas pela urbanização em diversas escalas.
2. Os efeitos à saúde ainda são de difícil mensuração, pois complexos e interrelacionados
3. Áreas de moradia sub-normal, como favelas, aguçam os extremos térmicos, têm maiores amplitudes térmicas diárias que espaços adjacentes arborizados;
2. Há diferenças atmosféricas em seus micro-espacos;
3. Condições de moradia são agravantes de riscos à saúde: construções precárias, mal ventiladas, sem isolamento térmico
4. Em países em desenvolvimento constituem importante **Problema de saúde pública.**



**“On the other hand there is deadly pollution of the atmosphere in many parts of the world, and urban heat island effects that aggravate the air pollution in many world cities. These effects are caused by Man. They are mainly local and regional. This means that the solutions to these pollution effects are to be found at local and regional levels, and that means that the problems should be corrected at the source. It is ridiculous to assume that the health problems of smog in India and China have global causes, and can be solved by carbon trading in the City of London”. LANCE ENDERSBEE. CLIMATE CHANGE IS NOTHING NEW! NCGT Newsletter, no. 42, p. 3-17, 2007**



# Mitigação

- **Redução da poluição atmosférica (melhor transporte coletivo, menos carros, controle emissões veiculares)**
- **Arborização Urbana: parques, ruas, estacionamentos (aumenta evapotranspiração e sombreamento diurno: pode reduzir custos de refrigeração em 20%)**
- **Telhados frescos: claridade aumenta o albedo**
- **Pisos frescos e permeáveis (maiores refletividade e permeabilidade)**
- **Melhoria das condições de habitação**

– Fonte: Golden, 2004.



## Referências:

**Akbari, H.; Rosenfeld, A.H.; Taha, H.** "Summer Heat Islands, Urban Trees, and White Surfaces". ASHRAE (American Society for Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers) Meeting. Atlanta, Georgia, January,

**Dunne, T.** "Urban hidrology in the Tropics: Problems, Solutions, Data Collection and Analysis". Technical Conference on Urban Climatology and its Applications with Special Regard to Tropical Areas. W.M.O., México, 1984.

**Fuentes, D; Martinez, MC; Yãnes, M.** Efecto de Teperatura e ICAP en consultas pediátricas respiratórias en zona norte de Santiago. V Congreso Interamericano de la Calidad del Aire. aIDIS, Santiago, 5-7 Septiembre, 2007.

**Golden, J.** The Built Environment Induced Urban Heat Island Effect in Rapidly Urbanizing Arid Regions – a sustainable urban engeneering complexity. Environmental Sciences 2003/2004, vol. 1, N.4, pp. 321-349.

**Jabardo, José M-** Conforto Termino. Comunicação Técnica n. 348. Instituto de Pesquisas Tecnológicas. S. Paulo, 1984.

**Jauregui, Ernesto.** "Los Climas Urbanos Tropicales: Revision y Evaluacion". La Climatologia Urbana y sus Applicationes con Especial Referencia a las Regiones Tropicales- Doc.de La Conferencia Tecnica. Organizacion Meteorologica Mundial n.652. México nov. 1984. p.22 a 37





**Jauregui, Ernesto.** "Overview of Papers on Urban Climate in Tropical/Subtropical Areas 1981/1991". Report of the Technical Conference on Tropical Urban Climates, 28 March- 2 April, 1993. Dhaka, Bangladesh. WCASP30- WHO/TD n.647. World Meteorological Organization, 1994 p.377a 390

**Jendritzky, G.** "Human Health and Atmospheric Environment". Report from the Meeting of Experts on climate, Tourism and Human Health. Cuba, 1995. WCASP 33. World Meteorological Organization /TD n.682. Geneva. May 1995.

**Lombardo, M.** Ilha de Calor nas Metr6poles. Hucitec, 244p., 1985.

**Monteiro CAF.** Teoria e Clima Urbano. S6o Paulo: IGEOG/USP; 1976. S6rie Teses e Monografias no. 25 (tese de livre-doc6ncia).

**ONU – Organiza76o das Na76es Unidas.** World Urbanization Prospects: The 2001 revision. Database, Department of economics and social affairs, population division, New York.

**Prefeitura do Munic6pio de S6o Paulo.** Diagn6stico Cartogr6fico Ambiental. Gr6fica Municipal, 1993.



**Ribeiro Sobral, H.** Heat Island in São Paulo, Brazil. *Critical Public Health*, 15 (2): 147- 156. June 2005.

**Saldiva, P H & Col.** Air pollution and mortality in elderly people: a time-series study in S. Paulo, Brazil. *Archives of Environmental Health*, 50, 159-163, 1995.

**Silva, E N. e Ribeiro, H.** Alterações da Temperatura em ambientes externos de favela e desconforto térmico. *Revista de Saúde Pública*, 2006; 40(4):663-70.

**Tarifa e Azevedo.** Os Climas na Cidade de São Paulo. *Geosp* 4, 2001.

**Weihe, W H.** Life expectancy in tropical climates and urbanization. Urban climatology and its applications with special regard to tropical areas. In Report on the Technical Conference, México TD 652. WMO: Geneva, 1986.

**World Health Organization & United Nations Environment Programme.** Indoor Environment: Health Aspects of Air Quality, Thermal Environment, Light and Noise. WHO/EHE/RUD/90.2. Geneva, 1990



- Azevedo, T R & Tarifa, J R.** O miniabrigo meteorológico aspirado do Laboratório de Climatologia e Biogeografia e seu uso no estudo geográfico do clima. GEOUSP, n. 10 FFLCH, USP, São Paulo, 2002.
- Alves, A P.** InterfacHES, no prelo.
- Barradas, V; Tejeda-Martinez, A; Jáuregui, E.** Energy Balance Measurements in Suburban vegetated área in México City. Atmospheric Environment 33: 4109-4113, 1999.
- Chow, S D.** The Urban Climate of Shanghai. Atmospheric Environment 26B, n.1: 9-15, 1992.
- Ezber, Y et al.** Climatic effects of urbanization in Istambul: a statistical & modeling analysis. International Journal of Climatology 27:677-679, 2007.
- Jáuregui, E; Cervantes, J; Tejeda, A.** Bioclimatic conditions in Mexico City – an assessment. International Journal of Biometeorology 40: 166-177, 1997.
- Jonsson, P.** Vegetation as an urban climate control in the subtropical city of Gaborone , Botswana. International Journal of Climatology 24: 1307-1322, 2004.
- Lu, P; Yu, Q; Liu, J; Lee, X.** Advance of tree-flowering dates in response to urban climate change. Agricultural and forest Meteorology 138: 120-131, 2006.
- Richards, K.** Urban and Rural Dewfall, surface moisture and associated canopy level air temperature and humidity measurements for Vancouver, Ca. Boundary Layer Meteorology 114: 143-163, 2005.

