



# Conforto Ambiental

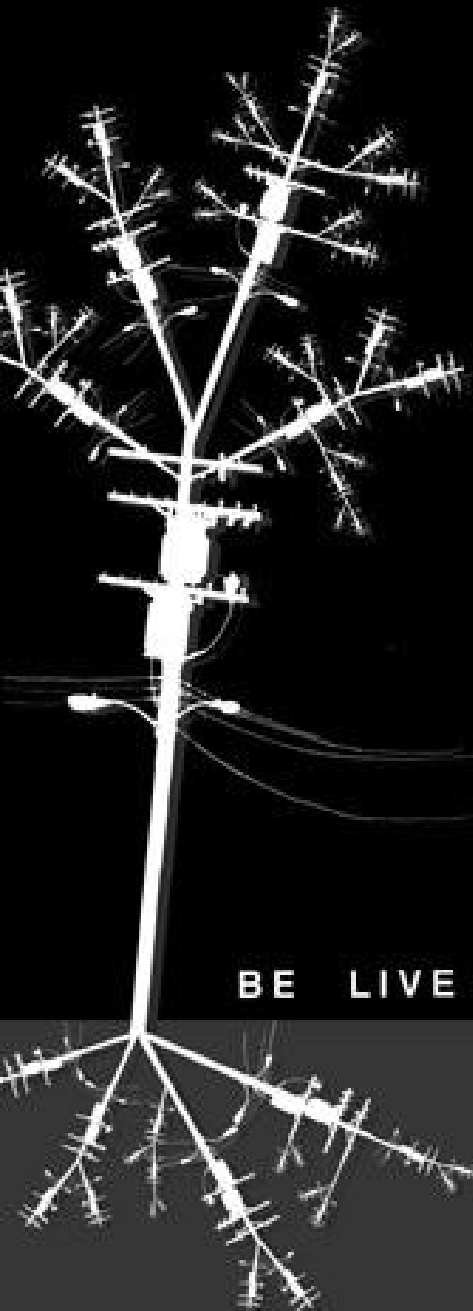
Setembro de 2009



# Objetivo

- Fornecer conhecimentos básicos para o **Gestor Ambiental** entenda como é medido e possa elaborar indicadores para administrar conflitos advindos das atividades humanas e problemas de conforto.





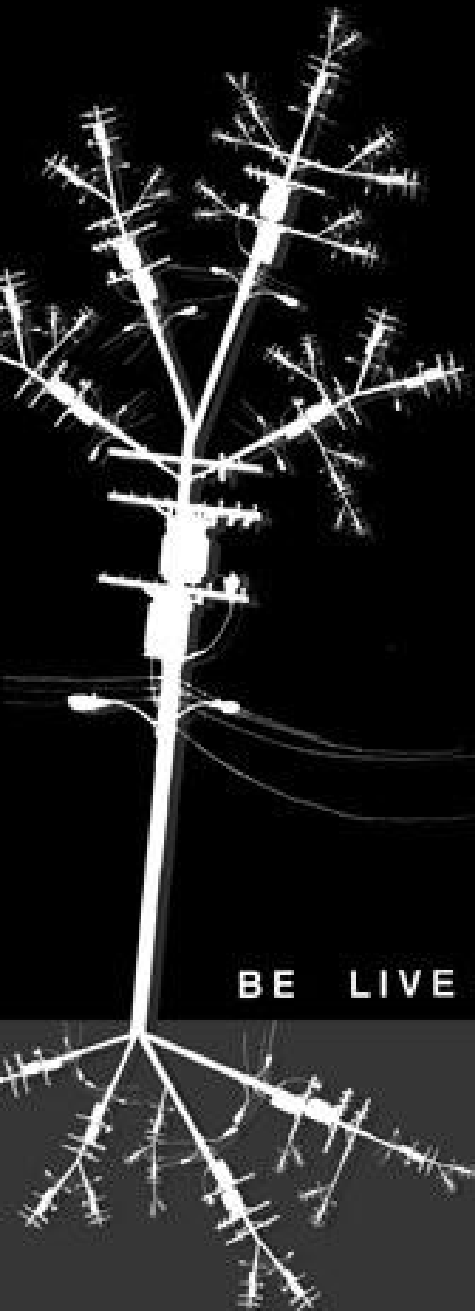
O laboratório de ar-condicionado da Universidade de Brasília diz:

*“Dentro do setor residencial o maior filão de energia elétrica são aparelhos de refrigeração e ar condicionado, que representam **33% do consumo desse setor.**”*

*Uma redução de apenas **1%** do consumo dos equipamentos de refrigeração residenciais, representaria uma economia de cerca de **30 GWh/ano.**”*

*Já no setor comercial **20%** do consumo de energia elétrica se deve aos aparelhos de ar condicionado (central e de janela).*

*Apenas por meio desses dois setores pode ser visto que **10,17%** do consumo de energia elétrica total do país se deve a aplicações de ar condicionado e refrigeração”.*

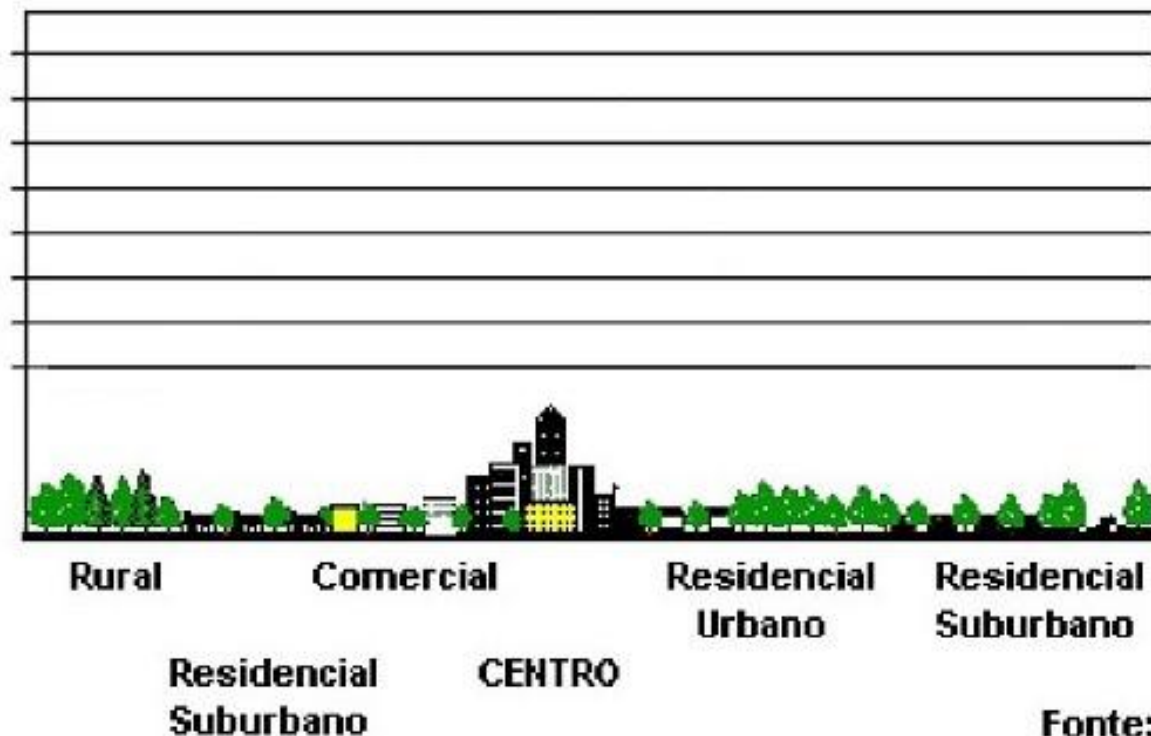


•Estima-se que, de acordo com pesquisas do serviço florestal norte-americano,

•o efeito refrescante de vias públicas cobertas por copas de árvore pode diminuir em pelo menos 20% desse consumo por meio da redução do tempo de uso do ar-condicionado.

•Isso representa 6,6% de consumo residencial e aproximadamente 1,2% de consumo comercial de uma cidade.

## PERFIL DA ILHA DE CALOR URBANA



## Albedos de Materiais Urbanos

Telhados de alta  
reflectividade 0,60 -  
0,70

Telhado vermelho/marrom  
0,10 - 0,35

Pintura colorida  
0,15 - 0,35

Pintura Branca  
0,50 - 0,90

Telhado rugoso  
0,10 - 0,15

Árvores  
0,15 - 0,18

Gramma  
0,25 - 0,30

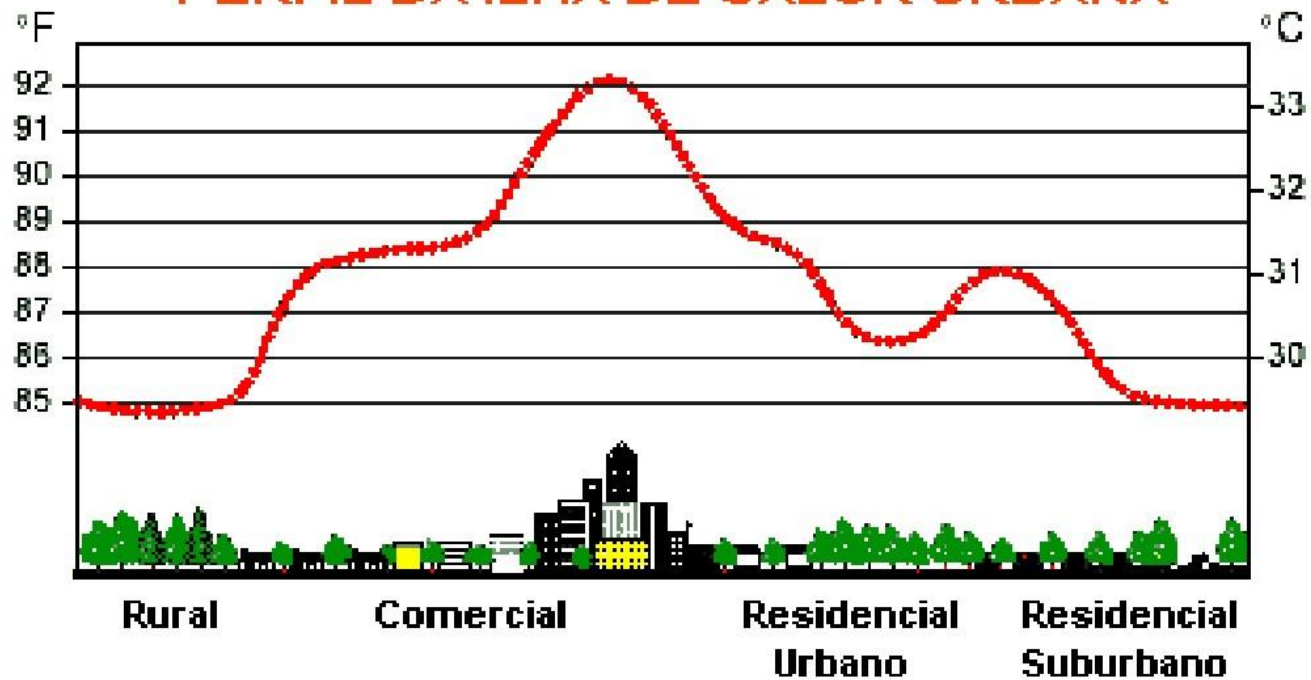
Asfalto  
0,05 - 0,20

Concreto  
0,10 - 0,35

Fonte: EPA



## PERFIL DA ILHA DE CALOR URBANA

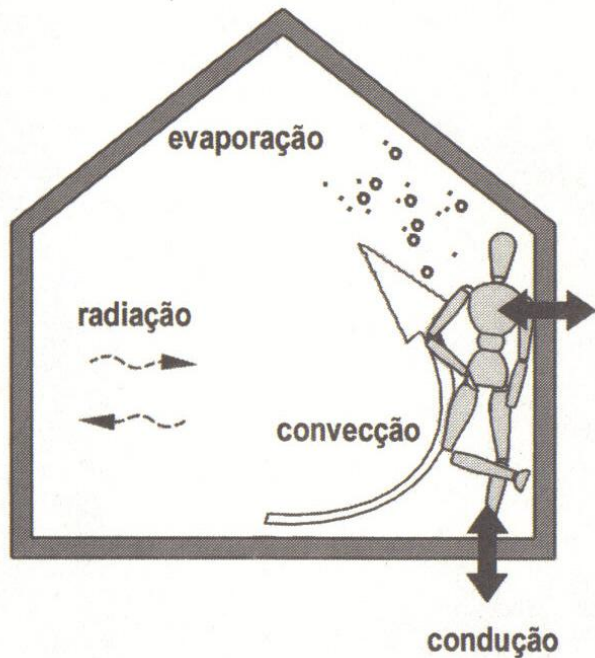


Residencial Suburbano

CENTRO

Fonte: EPA





## II PRINCÍPIOS E ESTRATÉGIAS

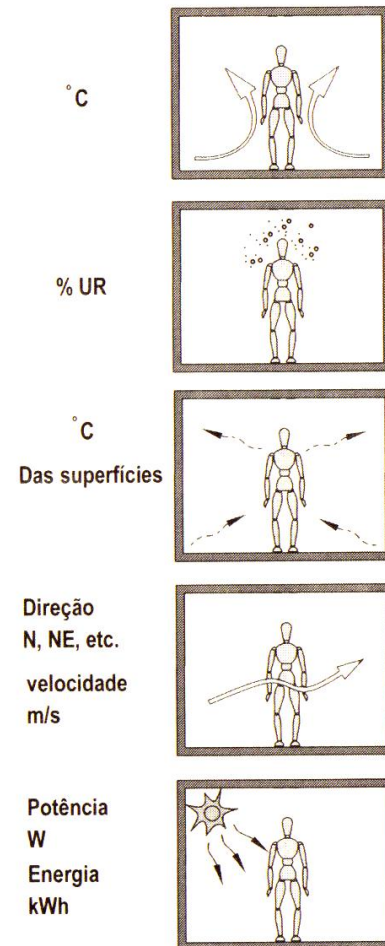
se a *temperatura do ar* for muito baixa há grande perda de calor por convecção - mas não chega a refrescar se a temperatura for próxima à da pele;

se a *umidade relativa* aumenta, diminui ou inibe a perda de calor por transpiração;

existem ganhos ou perdas de calor por *radiação infravermelha* para/ou das superfícies vizinhas;

o *vento* produz um efeito de aquecimento ou esfriamento conforme for a temperatura e a umidade relativa do ar, e facilita a retirada de umidade do ar em torno da pele;

a *radiação solar* produz um efeito de aquecimento.



MATERIAL	absorção para a radiação solar ( $\alpha$ )	absorção e emissividade ( $\alpha$ e $\varepsilon$ ) infravermelha entre 10°C e 40°C
superfície preta e fosca	0,90	0,94
telha ou tijolo de barro vermelho	0,70	0,90
telha ou tijolo de barro cor amarela, couro	0,60	0,90
vidro de janela (3mm) (ver anexo 12)	transparente	0,93 <sup>1</sup>
alumínio, ouro ou bronze brilhante	0,40	0,50
latão, alumínio fosco, aço galvanizado	0,50	0,25
tinta branca	0,25	0,9
tinta amarela, laranja, vermelha clara	0,4	0,9
tinta vermelha escura, verde clara, azul clara	0,6	0,9
tinta marrom clara verde escura, azul escura	0,8	0,9
tinta marrom escura, preta	0,95	0,9
telha de alumínio fosco, aço galvanizado	0,55	0,25
chapa nova de alumínio e ferro galvanizado	0,55	0,25
chapa suja de alumínio e ferro galvanizado	0,80	0,25
telha de concreto natural	0,65	0,90
telha de concreto pintada de preta	0,90	0,90
telha de fibrocimento nova	0,50	0,95
telha de fibrocimento suja	0,70	0,95
revestimento tipo asfalto, betume	0,90	0,85
revestimento tipo caiação	0,30	0,95
revestimento tipo "whitewash" novo	0,12	0,90
revestimento tipo "whitewash"	0,40	0,90
revestimento de alumínio	0,30/0,65	0,20/0,60
revestimento de branco laca brilhante	0,16	0,91
revestimento de branco óleo	0,20	0,90

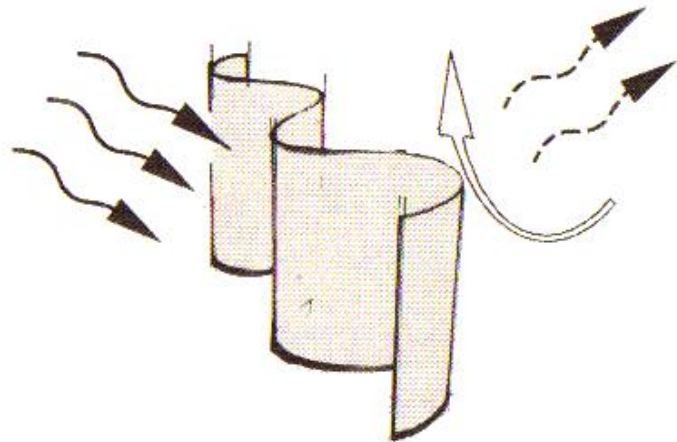


Figura 2.5.1 - Parede de folha de ferro galvanizado.

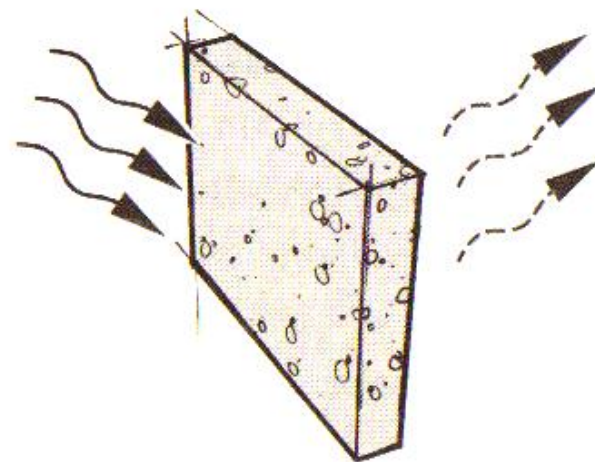


Figura 2.5.2 - Parede de 30 cm de concreto.

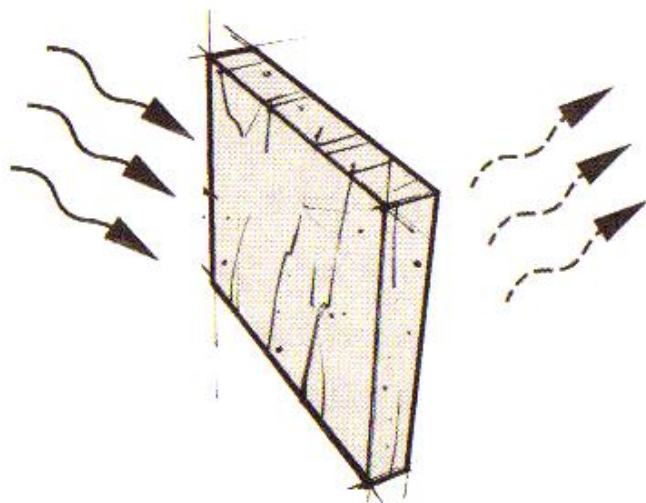


Fig. 2.5.3 - Parede de 30 cm de poliuretano expandido.

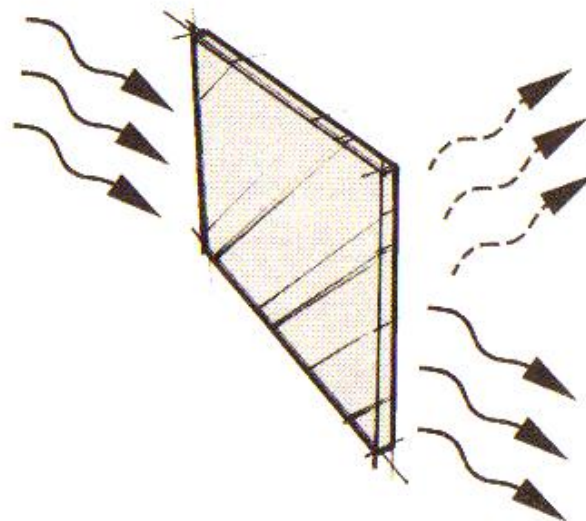


Fig. 2.5.4 - Parede de folha de vidro.

MATERIAL	condutividade ( $\lambda$ ) W/m°C	densidade (d ou $\rho$ ) Kg/m <sup>3</sup>	calor específico (c) J/Kg °C
aço	52,00	7780	500
adobe	0,59/0,73	1500	1000
água	0,58	1000	4187
alumínio	230,00	2700	880
argamassa de cal e cimento	0,85	1800	754
asfalto com areia	1,15	2100	-
cimento amianto	0,95	2000	850
cobre	380	8930	390
concreto	1,65	2200	1005
concreto cavernoso	1,15	1800	-
concreto celular (bloco)	0,50	600	963
cortiça (placas de granulado)	0,05	200	1424
cortiça comprimida	0,10	500	1423
duralumínio	160,00	2800	-
fibra de vidro	0,03	70	754
gesso em placas	0,35	750	837
lã de rocha	0,03	100	754
lã de vidro	0,05	24	754
madeira aglomerada (painel)	0,10	400	1424
madeira de balsa	0,05	90	-
madeira de pinho	0,30	900	1256
madeira em painel compensado	0,24	100	1424
madeira em painel aglomerado	0,16	550	1300
palha comprimida	0,12	350	-
papelão	0,08	650	-
pedra ardósia	2,10	2700	837
pedra granito	3,50	2700	837
pedra mármore	3,26	2700	837
poliestireno em espuma rígida	0,03	35	-
poliestireno expandido ("isopor")	0,04	11	-
telha de fibro-cimento	0,65/0,95	-	1600/2000
telha de fibra vegetal (tipo ONDULINE)	0,46	1067	-
telhas de barro	0,93	1700	921
terra argilosa seca	0,52	1700	837
terra comprimida (bloco)	1,15	1800	837
terra úmida	0,60	1800	1465
tijolo de concreto furado (19x19x39)-8 furos	0,91	1700	1005
tijolo maciço prensado	0,72	1600	921
vidro	1,1	2700	1800
zinco	112,00	7130	-

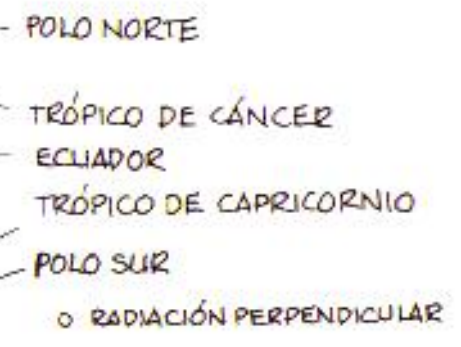
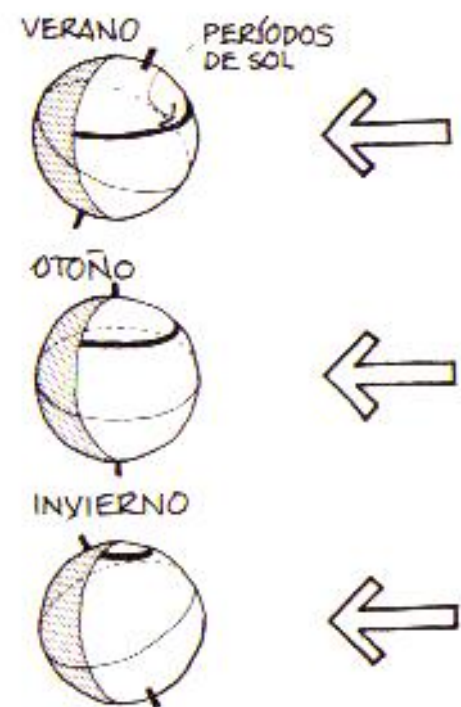
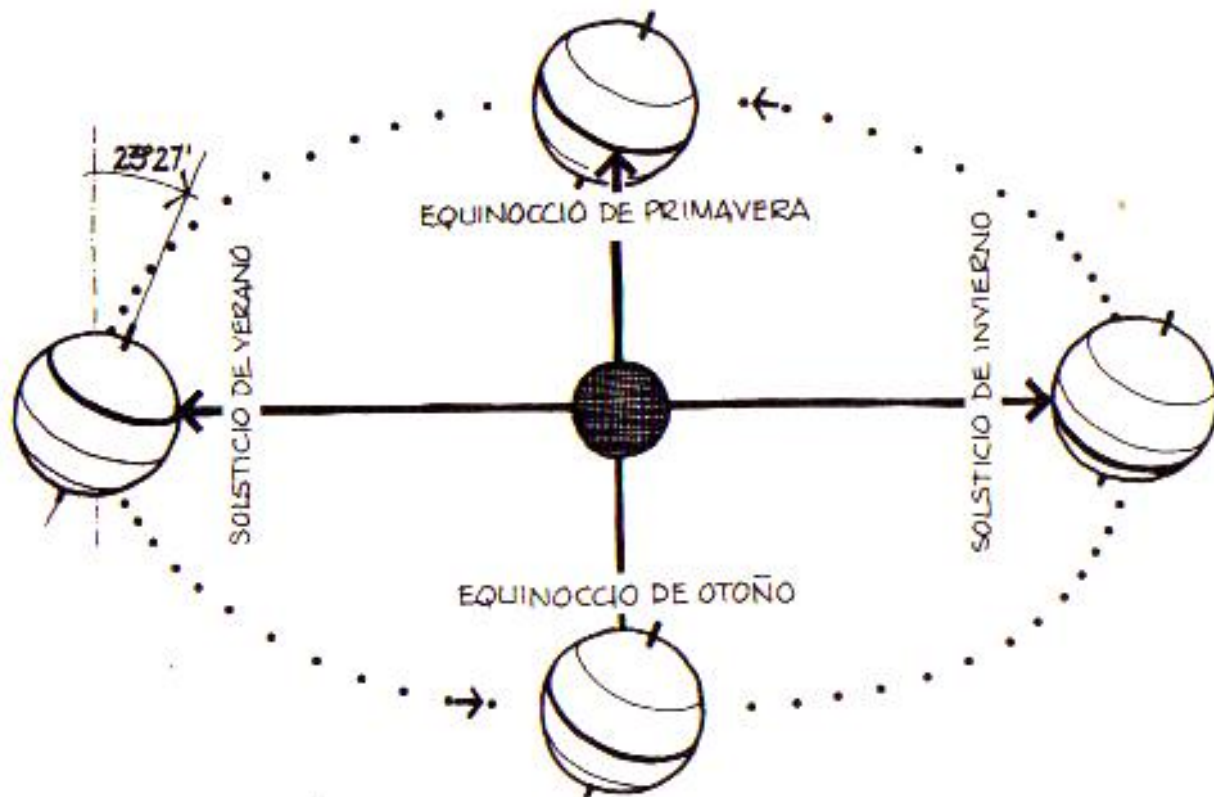


7061,4 Wh/m<sup>2</sup>

2353,8 Wh/m<sup>2</sup>

Ganho de 4.700,00 Wh/m<sup>2</sup>







# 1. O homem e suas necessidades higrotérmicas

O homem é o que chamamos um animal homeotérmico, ou seja, sua energia vital é conseguida através de fenômenos térmicos em um processo chamado metabolismo. Sua energia útil, entretanto é apenas 20% da metabolizada. Os restantes 80% são transformados em calor e devem ser eliminados para que o equilíbrio seja mantido.

Sempre que o organismo, através de seu sistema termo-regulador, necessita trabalhar muito para manter este equilíbrio, ocorre a fadiga, e a conseqüente queda de rendimento das atividades, em um primeiro estágio, e a longo prazo, algum tipo de dano físico (tontura, desmaio, etc.). É o que pode acontecer, por exemplo, ao se jogar partidas seguidas de vôlei de praia no verão sem descanso, ou durante as corridas feitas em horários de muito calor, etc.

Assim, o conforto higrotérmico é obtido sempre que consegue manter, através das trocas higrotérmicas (Fig.T1), um equilíbrio entre seu corpo (que está em torno de  $36,7^{\circ}\text{C}$ ) e o entorno.



# Definição:

Uma pessoa está confortável com relação a um acontecimento ou fenômeno quando pode observá-lo ou senti-lo sem preocupação ou incômodo.

Então, diz-se que uma pessoa está em um ambiente físico confortável quando se sente em neutralidade com relação a ele (CORBELLA & YANNAS, 2003).

# Como é calculado cada índice?

## Índice de estresse por calor excessivo ou índice de desconforto (ID)

Este é um índice muito útil para a região tropical pois leva em conta a umidade relativa do ar.

$$ID = T - 0.55(1 - 0.01UR)(T - 14.5)$$

Onde:

ID é o índice de desconforto em (° C)

T é a temperatura do bulbo seco (° C) e

UR é a umidade relativa (%).

## Índice de temperatura efetiva

Este também é um índice útil para os trópicos.

$$TEv = 37 - (37 - T) / [0.68 - 0.0014UR + 1 / (1.76 + 1.4\sqrt{0.75})] - 0.29T(1 - UR/100)$$

Onde:

TEv é temperatura efetiva como função do vento, temperatura do ar e umidade relativa (° C);

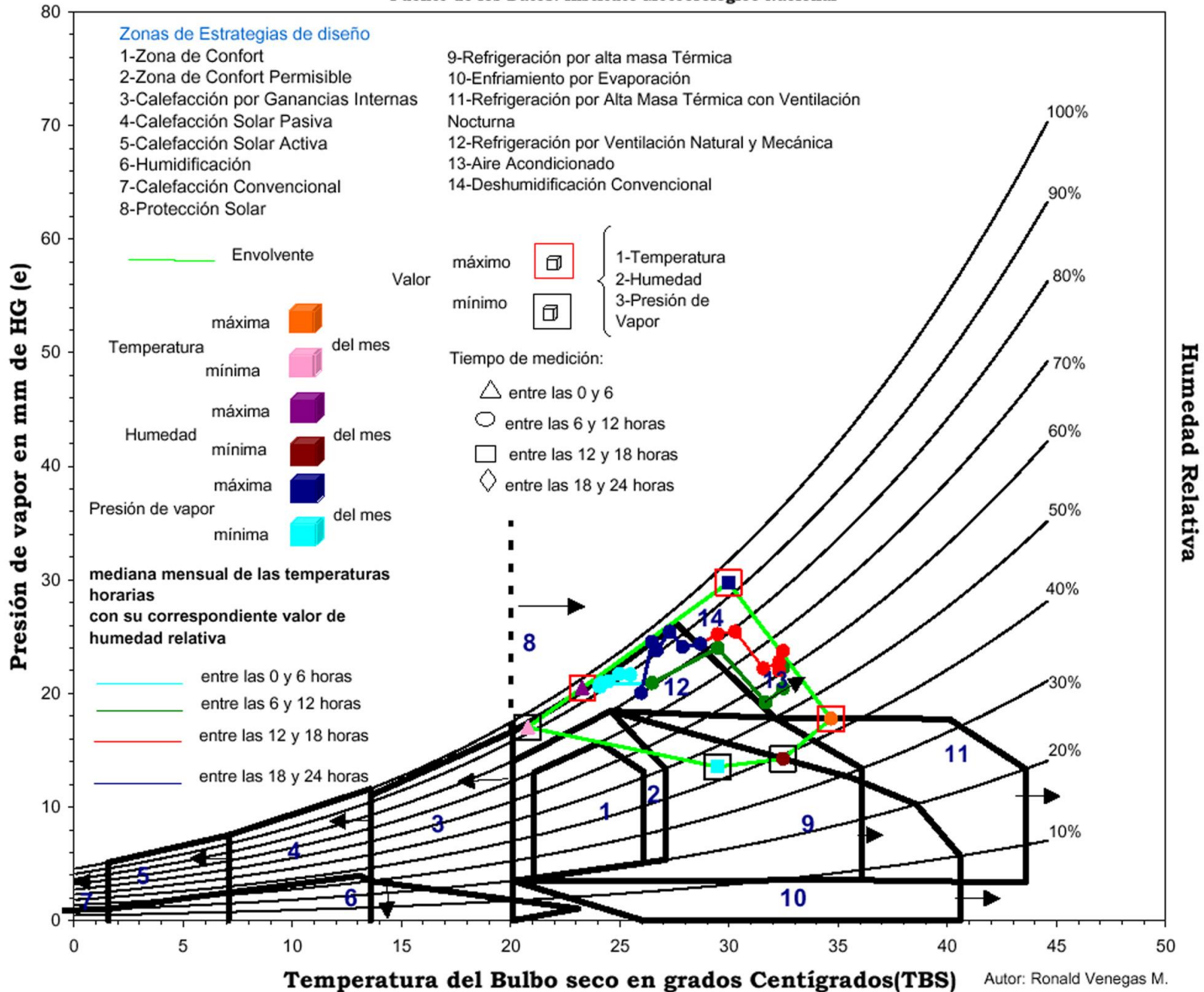
T é a temperatura do bulbo seco (° C);

UR é a umidade relativa (%) e

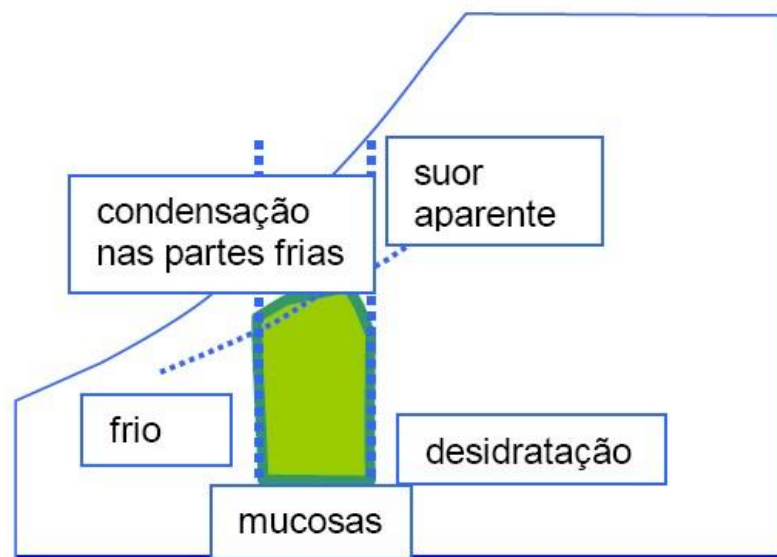
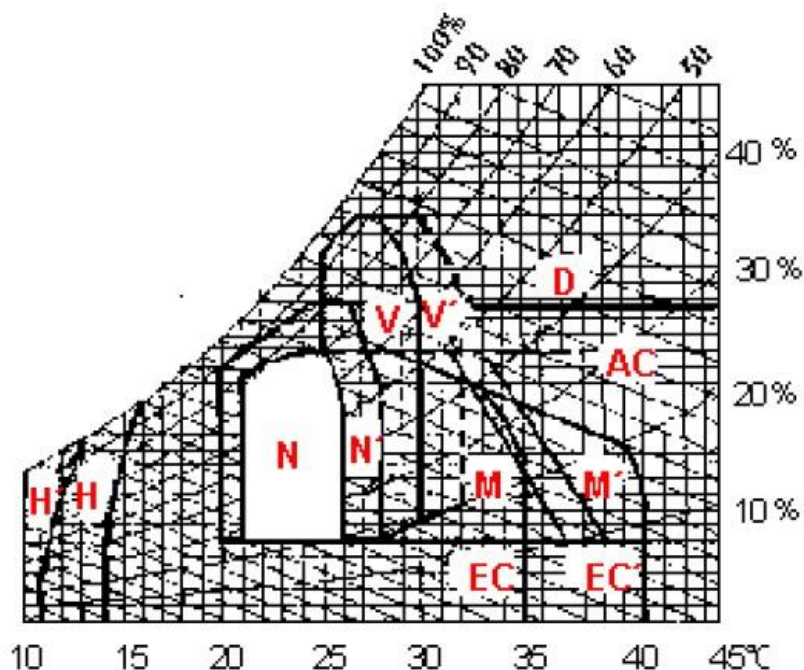
v é a velocidade do vento (m/s).

# Diagrama Bioclimático de Givoni para el mes de febrero de 1998 Damas Quepos

Fuente de los Datos: Instituto Meteorológico Nacional



# Diagrama Bioclimático de Givoni



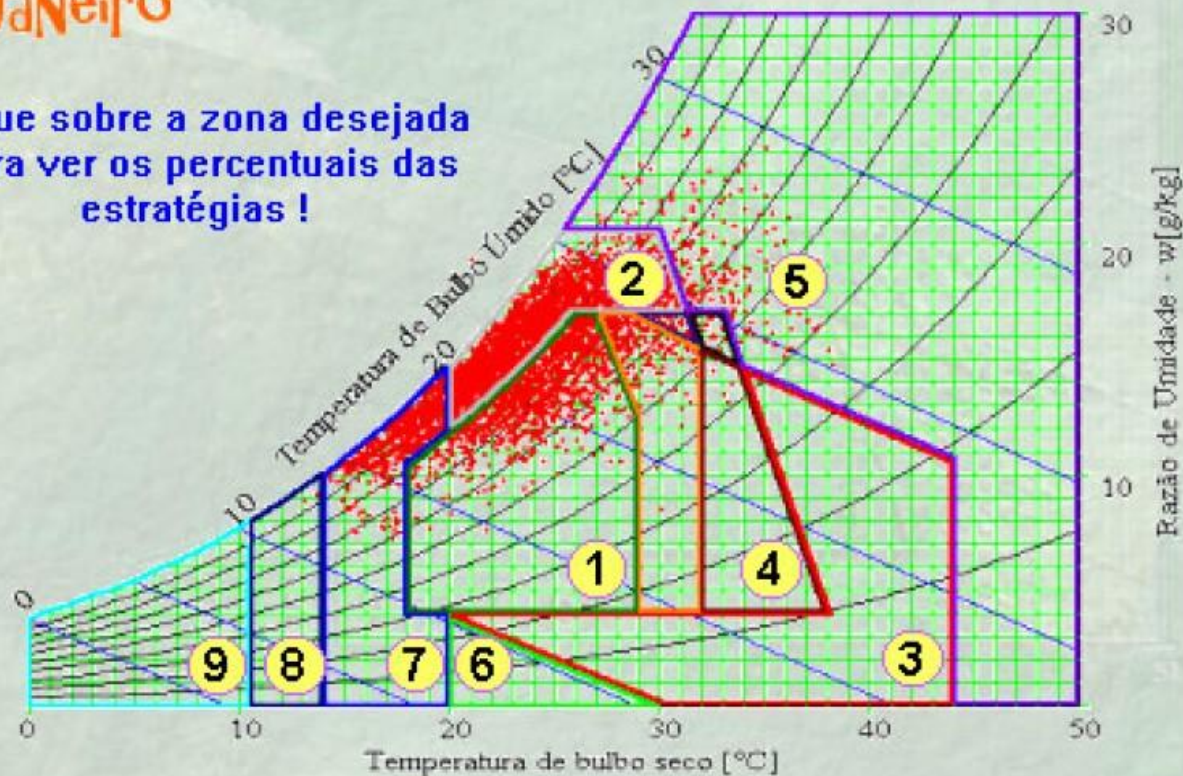
N, N' - zona de conforto e zona de conforto ainda aceitável.  
 EC, EC' - resfriamento através da evaporação.  
 D - desumidificação necessária.  
 V, V' - resfriamento através de ventilação.

AC - resfriamento através de métodos ativos (condicionamento de ar).  
 W - necessidade de umidificação suplementar.  
 H, H' - limite do aquecimento por métodos passivos.  
 M, M' - uso de materiais do envoltório construtivo.

ANO CLIMÁTICO DE REFERÊNCIA

Rio de Janeiro

Clique sobre a zona desejada para ver os percentuais das estratégias !



Frio  
**15,1%**

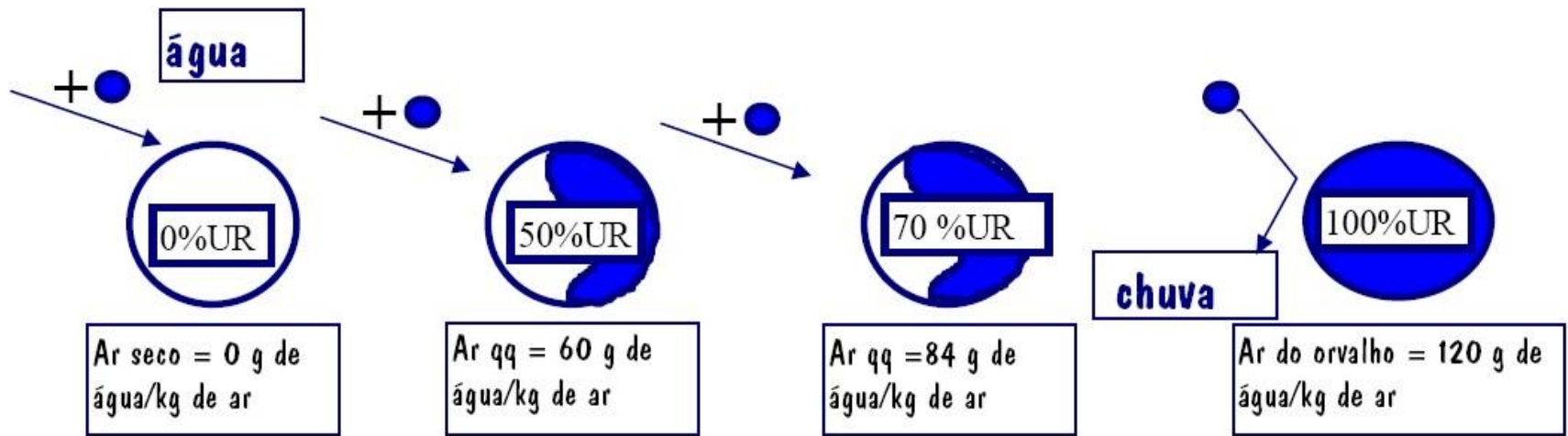
Conforto  
**20,3%**

Calor  
**64,4%**

Legenda:

1- Conforto	2- Ventilação	3-Resfriamento evaporativo
4-Massa térmica para resfr.	5- Ar-condicionado	6-Umidificação
7- Massa térmica/ Aquec. solar	8- Aquec. Solar passivo	9-Aquec.Artificial

**Umidade relativa** - é a relação entre a quantidade de água contida no ar na temperatura ambiente e aquela máxima que ele poderia conter à mesma temperatura. Assim um ar a 0% é certamente um ar seco, e ele saturará a 100%. Exemplo abaixo, onde vemos os valores de umidade absoluta, 0, 60, 84 e 120 gramas de água por cada kg de ar; e as relativas, 0, 50, 70 e 100%.



## Troca de ar

Atividade/qualidade da renovação	Razoável	Boa	Excelente
Atividade bastante sedentária	130 m <sup>3</sup> /h.pessoa	200 m <sup>3</sup> /h.pessoa	400 m <sup>3</sup> /h.pessoa
Atividade	220 m <sup>3</sup> /h.pessoa	330 m <sup>3</sup> /h.pessoa	670 m <sup>3</sup> /h.pessoa
Compensar iluminação artificial	16m <sup>3</sup> /h.m <sup>2</sup> piso	23m <sup>3</sup> /h.m <sup>2</sup> piso	45m <sup>3</sup> /h.m <sup>2</sup> piso

# Vento

Finalmente, o vento pode trazer sensação de frescor (por quê?), mas também de desconforto, à medida que se torna mais forte do que nossa necessidade de eliminação de suor. Embora varie em função da vestimenta, da atividade e de condições metabólicas e da temperatura circundante, podemos admitir as seguintes velocidades do ar como as máximas confortáveis para evitar a sensação de arrepios, que é uma reação do organismo à perda de calor acima da desejada

<b>Velocidade máxima tolerada (m/s)</b>	<b>situação do usuário (atividade)</b>
5	sentado ou em pé, imóvel.
10	estado de pouca mobilidade (conversando em pé, dando pequenos passos).
15	andando.
25	andando rápido ou correndo.
>25	desconforto em qualquer atividade.

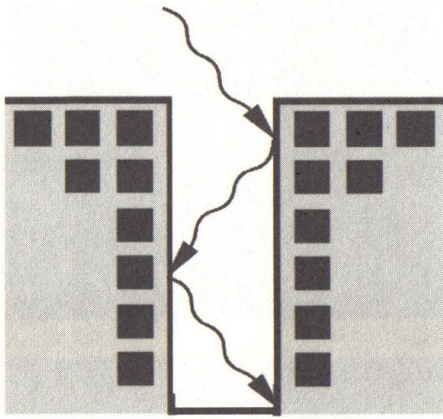


Figura 2.8.5 - Problemas com os cânions.

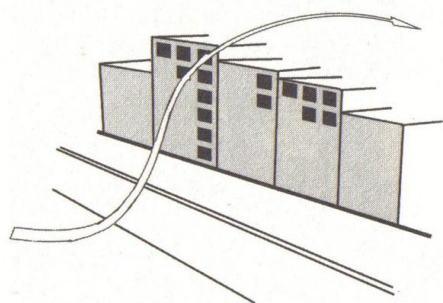
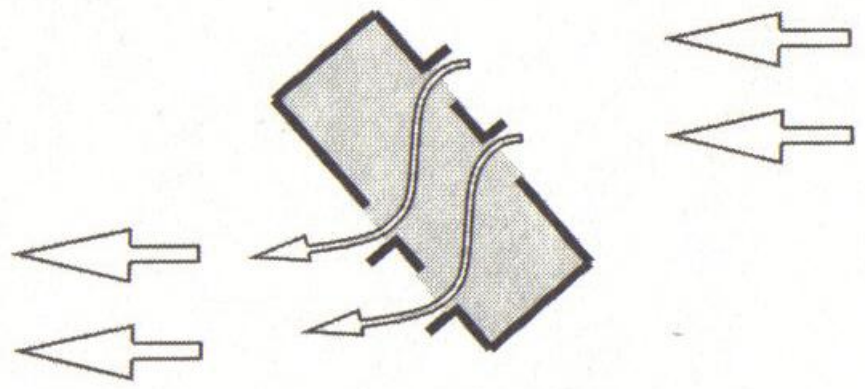
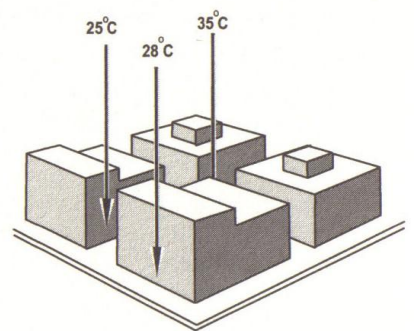


Figura 2.8.6 - Muralha de edifícios parando o vento.

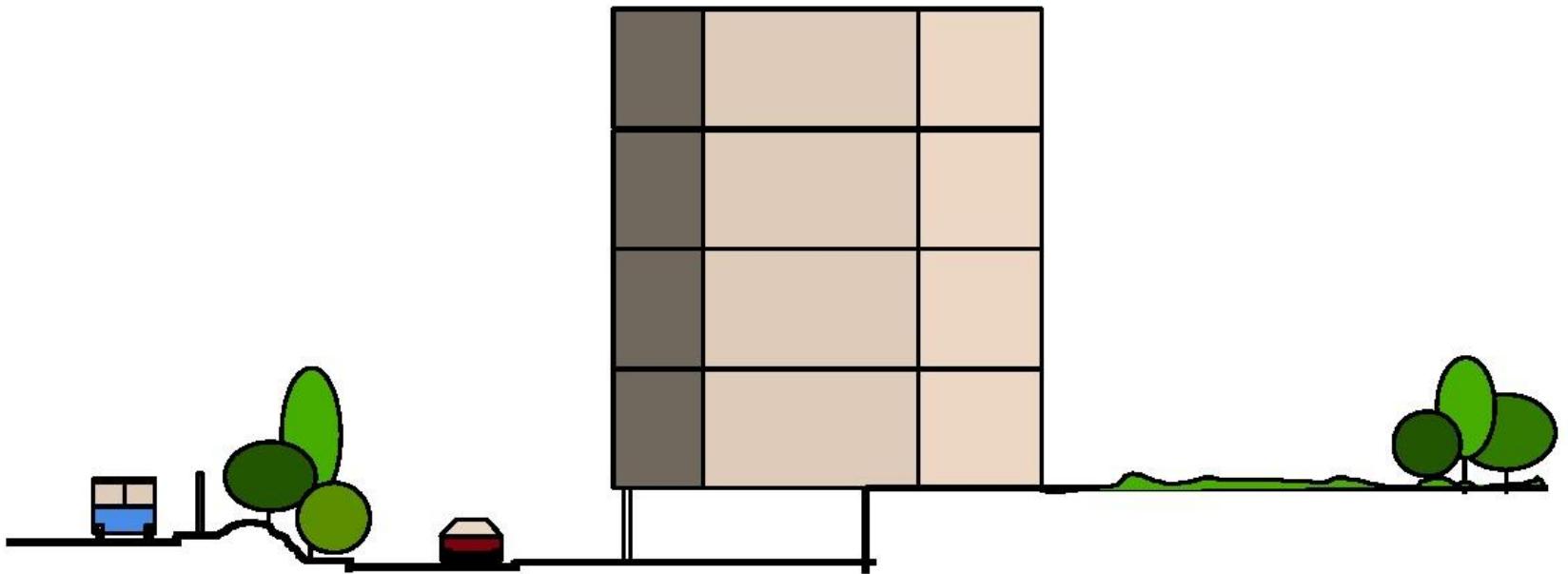


# VENTILAÇÃO CRUZADA





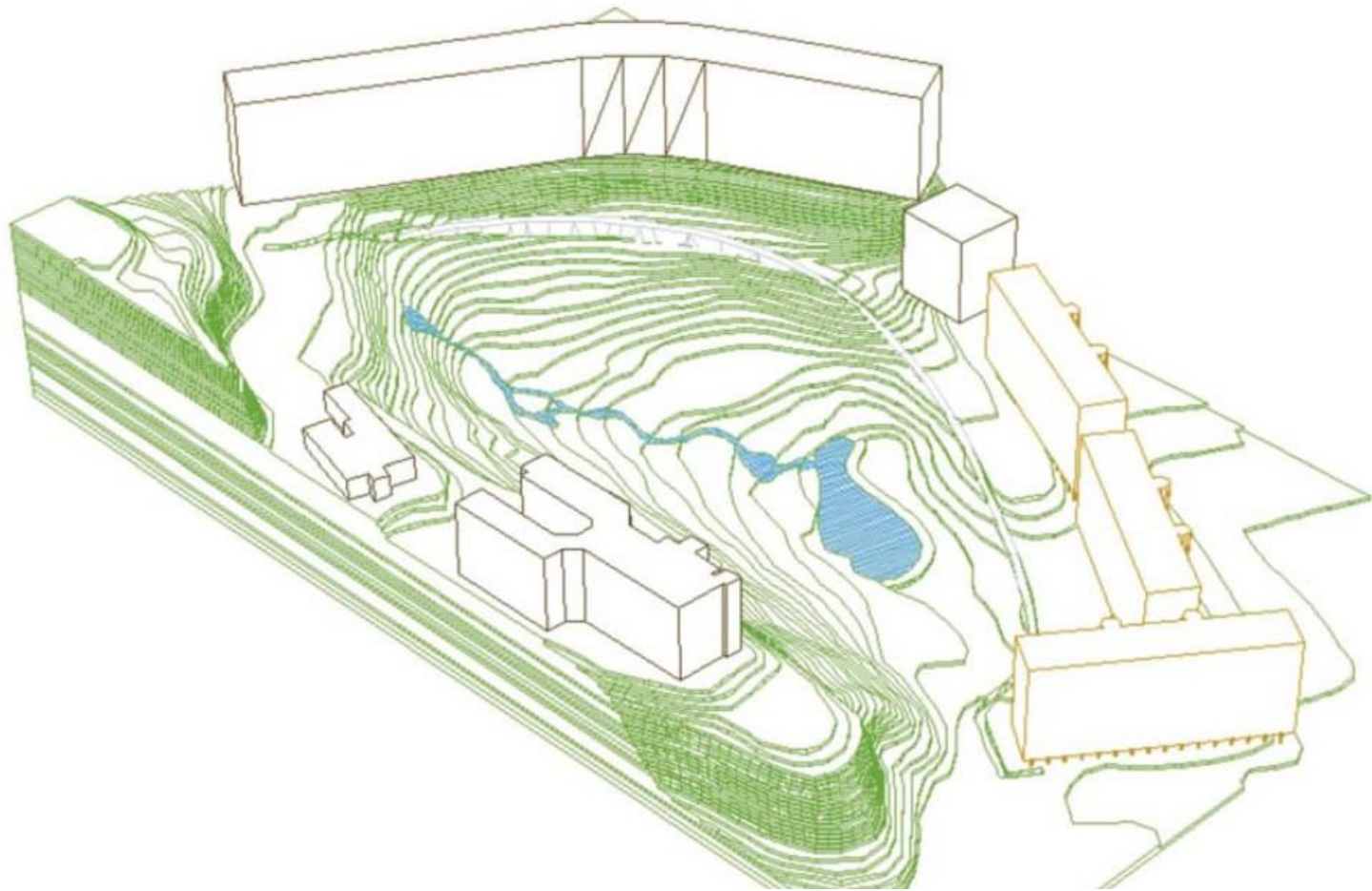
# Como evitar desconforto no projeto

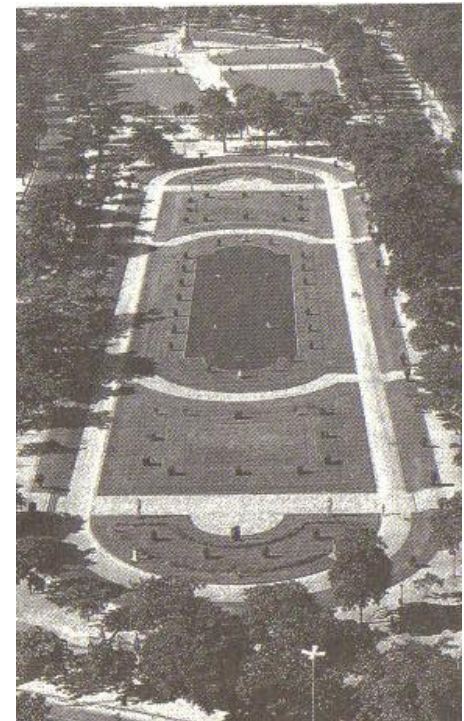


# Estudo de caso



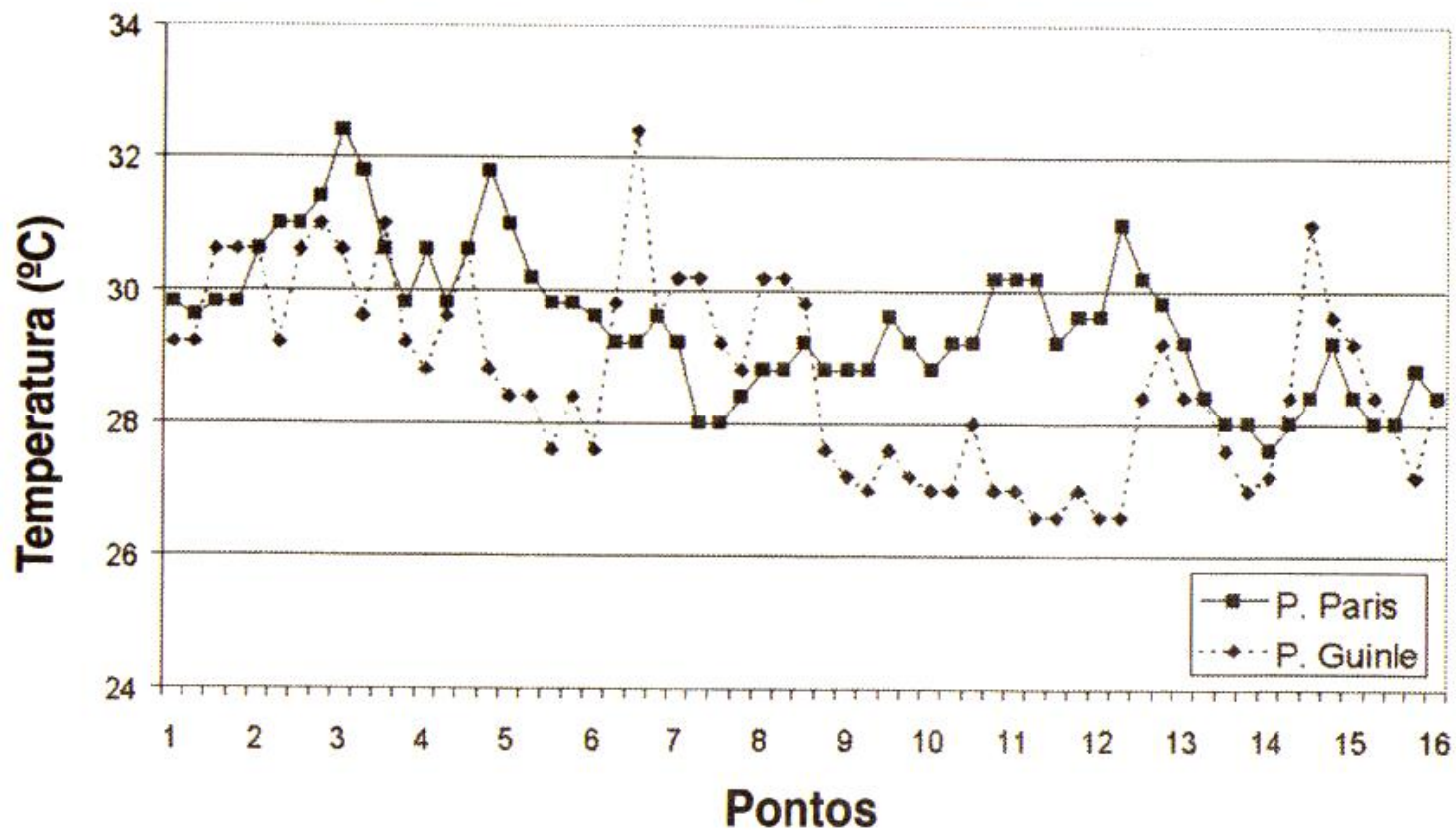
# Maquete do Parque Guinle (Ogata, 2004)





Praça Paris, RJ.

## Praça Paris e Parque Guinle - 2ª tarde



# Estratégias para combater o ganho de calor:

Posicionar o edifício para obter a mínima carga térmica devida a energia solar;

Proteger as aberturas contra a entrada do sol;

Dificultar a chegada do sol às superfícies do envelope do edifício;

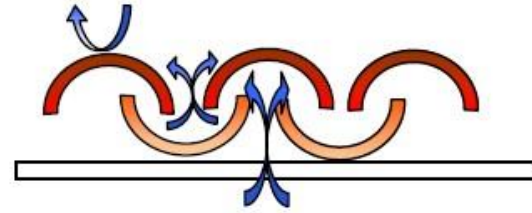
Minimizar a absorção da energia do sol pelas superfícies externas;

Determinar a orientação e o tamanho das aberturas para atender às necessidades de luz natural.

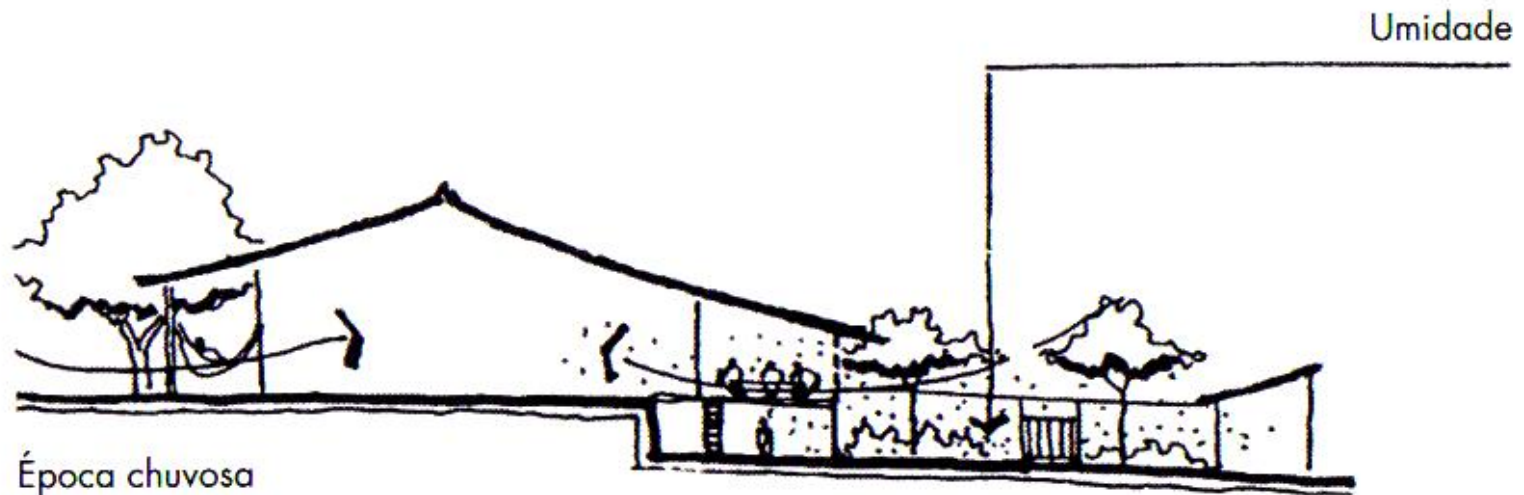
Brasília

Gouvêa (2002)





*Esquema de ventilação natural das telhas*



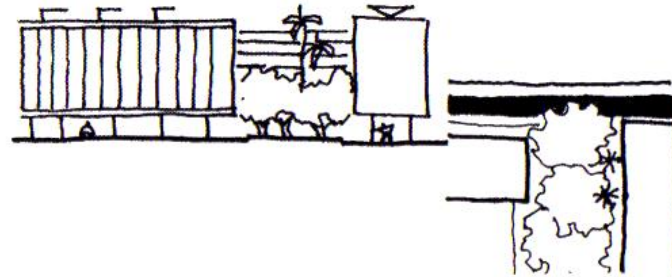
Época chuvosa

Época seca

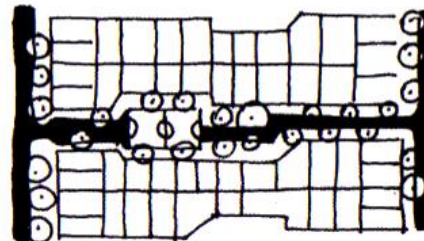
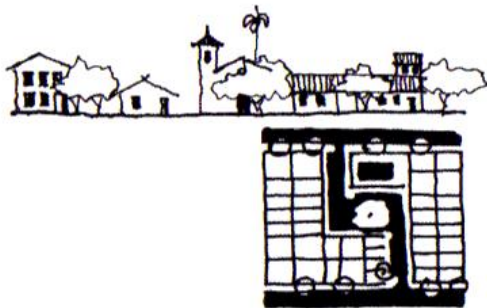
Casa colonial goiana. Equilíbrio com os elementos naturais.

#### 4.5. A FORMA DOS ESPAÇOS LIVRES

Sugere-se trabalhar esses espaços com vegetação abundante, espelhos e esguichos de água e desníveis, mantendo sempre a vegetação viçosa, evitando que nos períodos de baixa umidade relativa do ar se tornem ressecados, aumentando assim sua performance na umedificação dos espaços urbanos. Nesse sentido organizar espaços não muito amplos, objetivando um menor consumo de água.



Observar na organização dos espaços livres, a criação de microespaços, visando o aumento da umidade relativa do ar, com custos reduzidos. Criar espaços livres como "matas de galeria", espaços úmidos nos trópicos secos.



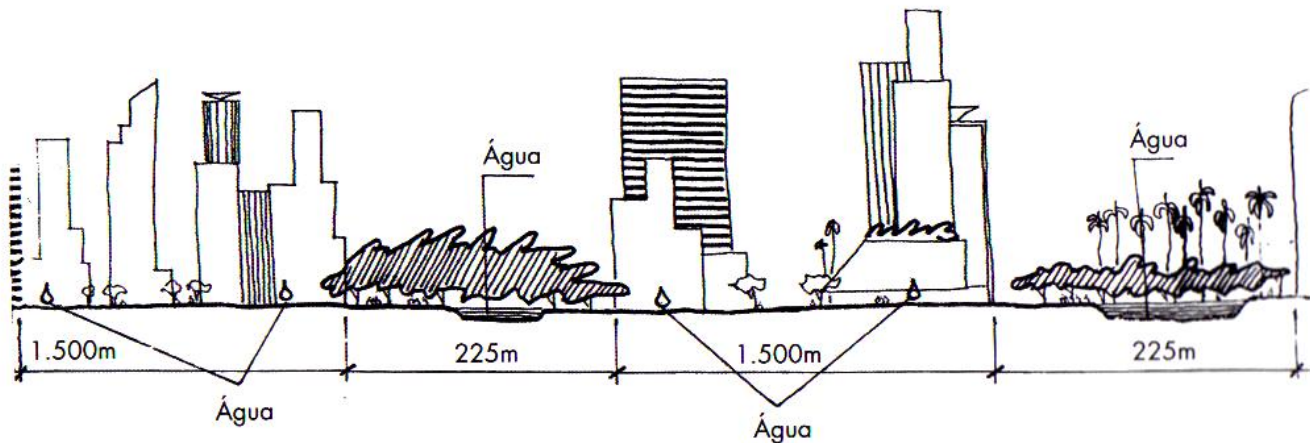
Espaços livres como matas de galeria, espaços úmidos nos trópicos secos.

#### 4.6. DIMENSÃO DA ÁREA URBANIZADA

Entremear as áreas urbanizadas de alta e média densidade (edificada e calçada), com zonas verdes e massas d'água. Sugere-se evitar dimensão superior a 1.500m (índices recomendados por Christopher Alexander, 1992) composta unicamente por área edificada, buscando elevar os índices de umidade relativa em regiões de clima tropical de planalto.

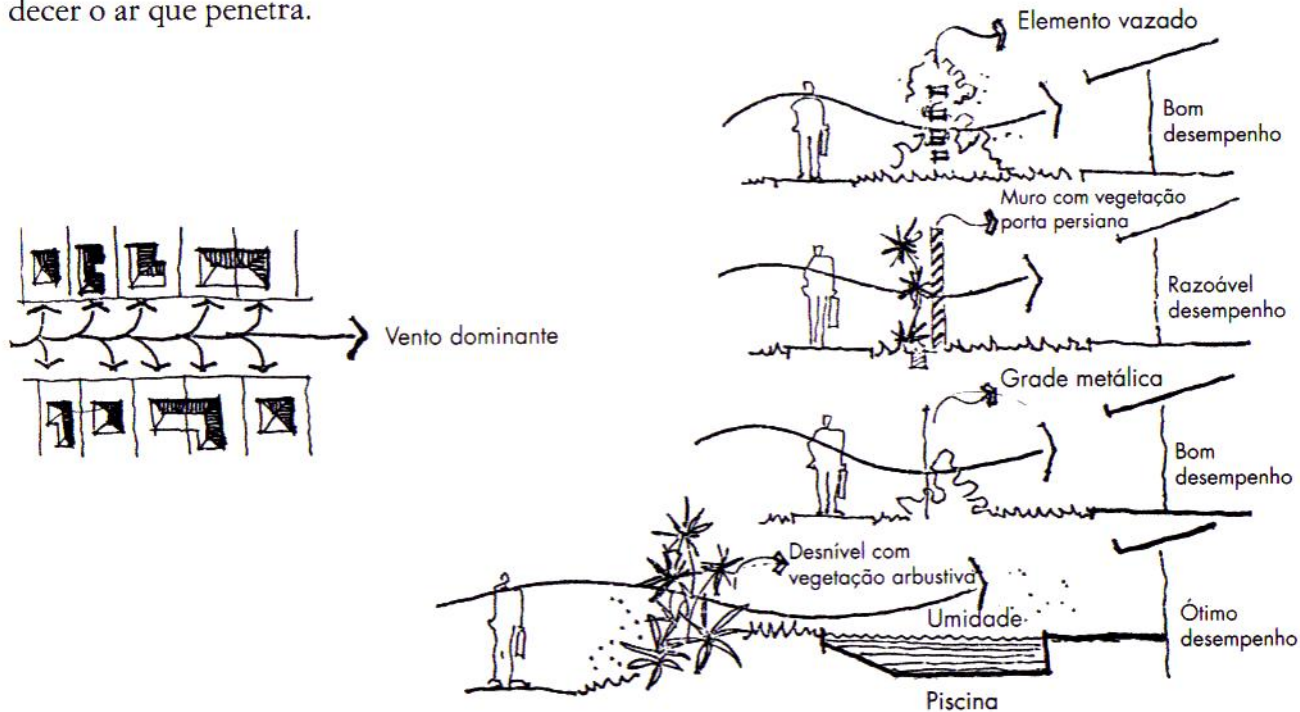
Nesse sentido, em locais como o DF e região, a utilização de massa de vegetação e água entremendo as áreas urbanas são de suma importância para manter a qualidade ambiental. Em resumo, reservar um mínimo de 15% da gleba para áreas verdes (ver Lombardo, 1995, p. 214), e/ou 12m<sup>2</sup> por habitante (OMS) e um máximo de 30m<sup>2</sup> para as áreas verdes de forma geral, como recomenda Oke, 1987 (em zonas ecologicamente sensíveis, adotar os índices indicados pelo Estudo de Impacto Ambiental), numa perspectiva sustentável para a região.

Observou-se na pesquisa de microclimas urbanos no DF (ver Pesquisa de microclimas urbanos – Capítulo 1), que as grandes áreas verdes do Plano Piloto de Brasília, apesar de sua excelente performance nas épocas úmidas têm, em que pese sua extensão e custo, seu potencial reduzido nas épocas secas, atribuindo-se tal fato ao ressecamento da vegetação. Assim, sugere-se a organização de áreas verdes estruturadas de maneira a permanecerem verdes/viçosas o ano todo.



### 5.1.2. VENTO

Trabalhar no sentido de aproveitar a penetração dos ventos no edifício. Direcionar no DF e região as aberturas para os ventos dominantes Nordeste, Sudeste e Leste, criando elementos que visem aumentar a umidade relativa do ar. Assim, sugere-se a colocação de elementos vazados para cercar as edificações, propiciando em diferentes soluções a penetração do vento na edificação, procurando sempre umedecer o ar que penetra.



Umedecer os ventos de Leste, Nordeste e Sudeste no Distrito Federal e região.

# São Paulo

Magda Lombardo (1985 a 2005...)

Nesses pontos da cidade, que Lombardo considera "doentes", as pessoas sofrem mais problemas respiratórios e alérgicos.

"Entre os diversos pontos da cidade pode haver diferença de até 10°C. O mais quente, o domo da ilha, é o centro. E a região mais agradável e com maior qualidade ambiental e de vida é a serra da Cantareira", afirmou.

Outros bairros "saudáveis" são o Morumbi, os Jardins, Chácara Flora e Granja Julieta. "O Morumbi tem terrenos com 40% a 50% da área vegetadas.

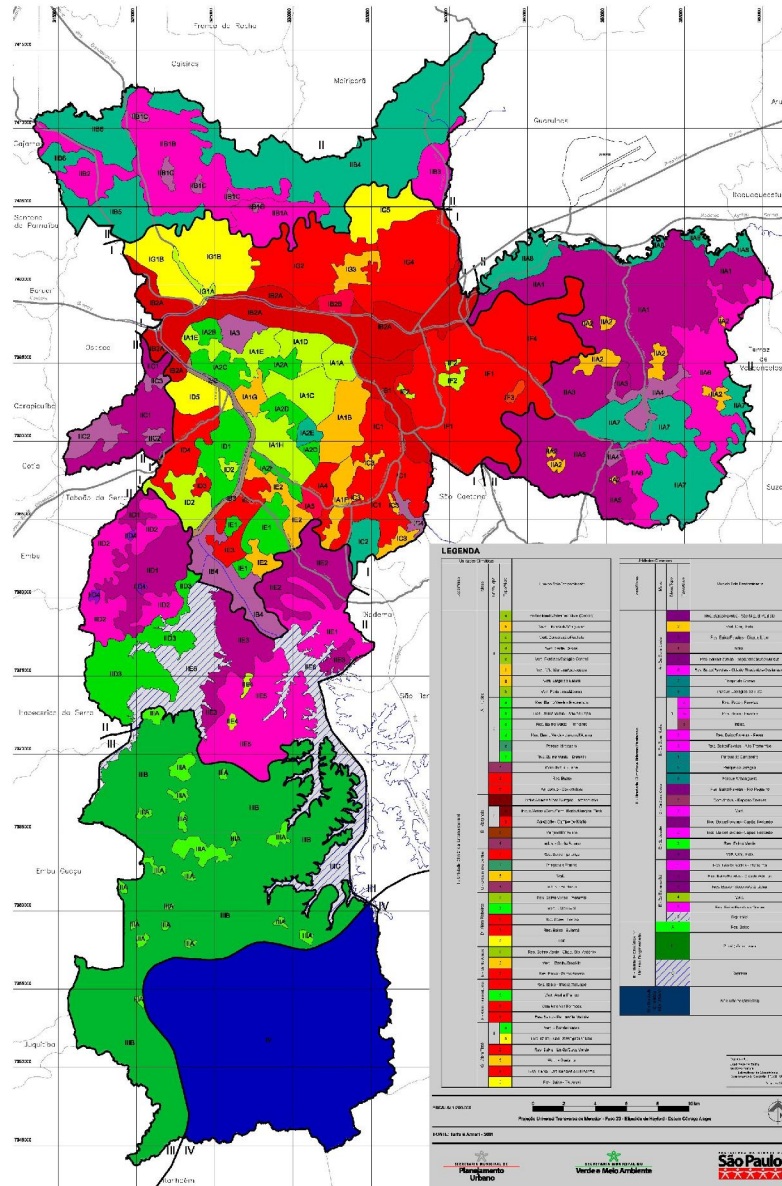
Quando vimos a imagem de satélite do bairro, aparecem só as copas das árvores. Esse é o índice exigido em Berlim, uma das cidades que tem a legislação ambiental mais rigorosa."

# Clima Urbano Metropolitano

Entre os que ela cita como locais problemáticos em relação à qualidade ambiental estão Cidade Tiradentes, Itaquera, Mooca e Brás.

Eles têm pouca vegetação e são muito asfaltados.

Segundo a pesquisadora, falta a São Paulo "densidade de áreas verdes intra-urbanas" e a única solução para isso é plantar mais árvores.





### Cânion urbano

Volume de ar limitado pelas paredes das edificações e pelo solo e aberto nas extremidades laterais e superior. Criam zonas frias provocadas artificialmente pela sombra dos prédios. A avenida Paulista é um dos casos exemplificados



### Clima especial

Embora em condições parecidas às da Paulista, a região da avenida Luís Carlos Berrini, em Vila Olímpia, recebe ventos da Chácara Santo Antônio, bairro residencial com densa vegetação

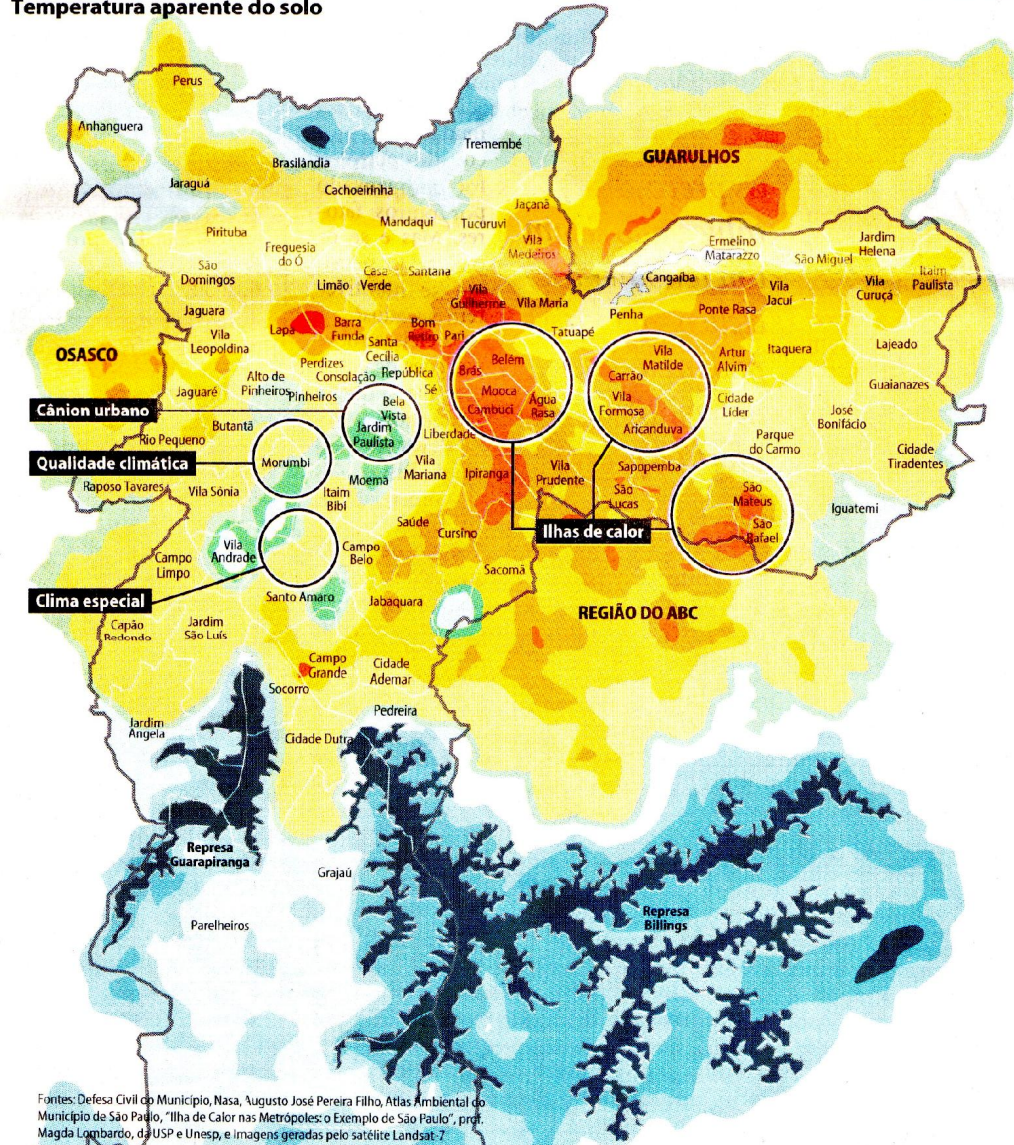


### Qualidade climática

Jardins, Morumbi, Granja Julieta e Chácara, com uma ocupação residencial horizontal e predominância de arborização, registram microclimas de temperaturas amenas



### Temperatura aparente do solo



Fontes: Defesa Civil do Município, Nasa, Augusto José Pereira Filho, Atlas Ambiental do Município de São Paulo, "Ilha de Calor nas Metrópoles: o Exemplo de São Paulo", prof. Magda Lombardo, da USP e Unesp, e imagens geradas pelo satélite Landsat-7



### Cânion urbano

Volume de ar limitado pelas paredes das edificações e pelo solo e aberto nas extremidades laterais e superior. Criam zonas frias provocadas artificialmente pela sombra dos prédios. A avenida Paulista é um dos casos exemplificados



### Clima especial

Embora em condições parecidas às da Paulista, a região da avenida Luís Carlos Berrini, em Vila Olímpia, recebe ventos da Chácara Santo Antônio, bairro residencial com densa vegetação

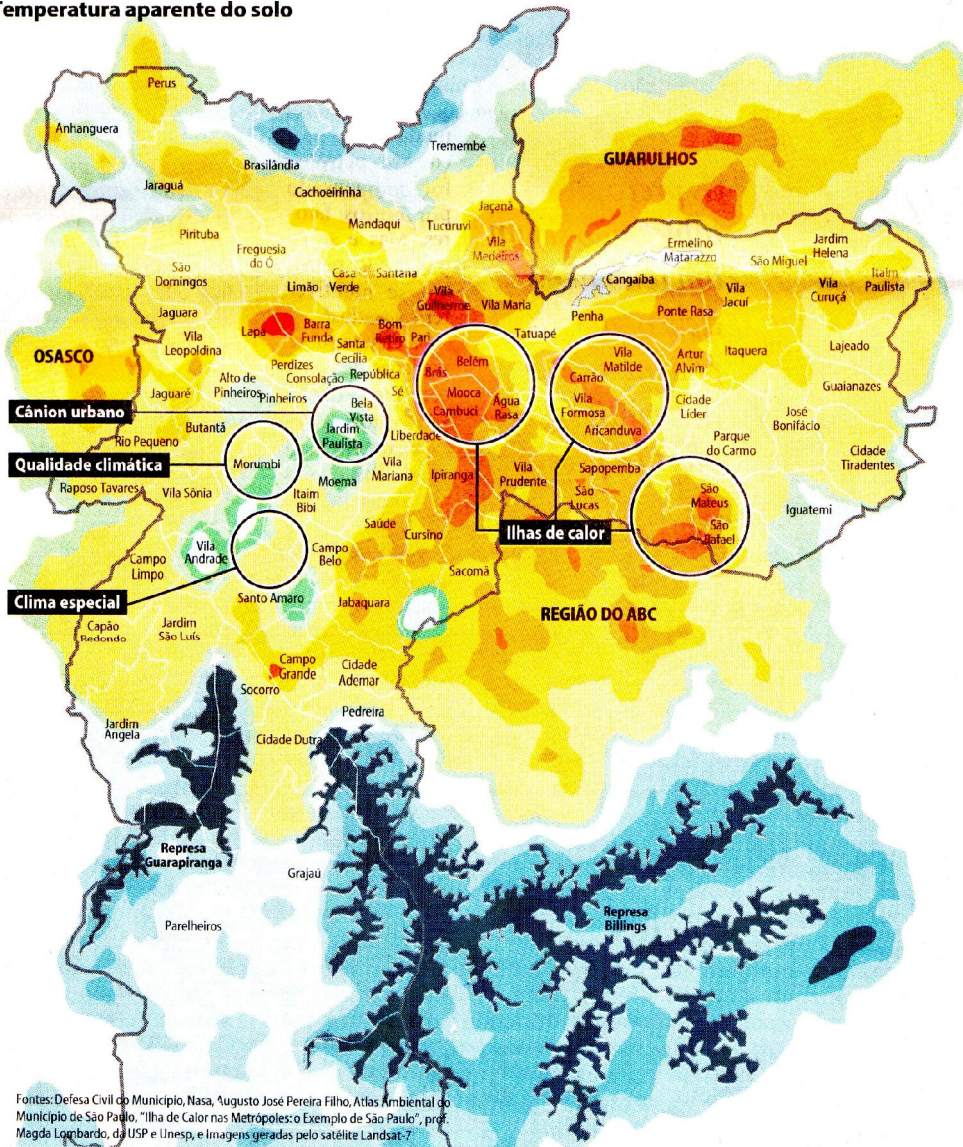


### Qualidade climática

Jardins, Morumbi, Granja Julieta e Chácara, com uma ocupação residencial horizontal e predominância de arborização, registram microclimas de temperaturas amenas



Temperatura aparente do solo



Fontes: Defesa Civil do Município, Nasa, Augusto José Pereira Filho, Atlas Ambiental do Município de São Paulo, "Ilha de Calor nas Metrópoles: o Exemplo de São Paulo", prof. Magda Lombardo, da USP e Unesp, e imagens geradas pelo satélite Landsat-7



## CAUSAS DAS ILHAS DE CALOR

■ Muitos edifícios, vias pavimentadas e outras superfícies artificiais que retêm calor

■ Poluição atmosférica, que também retém calor

■ Veículos que, consumindo combustíveis, liberam energia

■ Falta de vegetação, o que resulta em baixa taxa de evaporação

## COMO AGEM AS ILHAS DE CALOR

**1** O ar úmido vem do oceano para o continente

**2** Ao entrar em contato com as ilhas de calor, a umidade é carregada para as camadas mais altas da atmosfera (as partículas do ar quente tendem a subir), onde está mais frio. Lá o vapor d'água se condensa e causa as chuvas

**3** Pelo efeito da ilha de calor, o ar quente tende a continuar subindo ainda mais. Quanto mais alto, maiores a instabilidade e a tendência à ocorrência de tempestades, raios e granizo

Estão concentradas em regiões densamente povoadas, do centro até a zona leste. São Mateus, por exemplo, tem a menor média de umidade relativa do ar na cidade de São Paulo —ontem chegou a 11%—, considerado pelos técnicos como estado de emergência

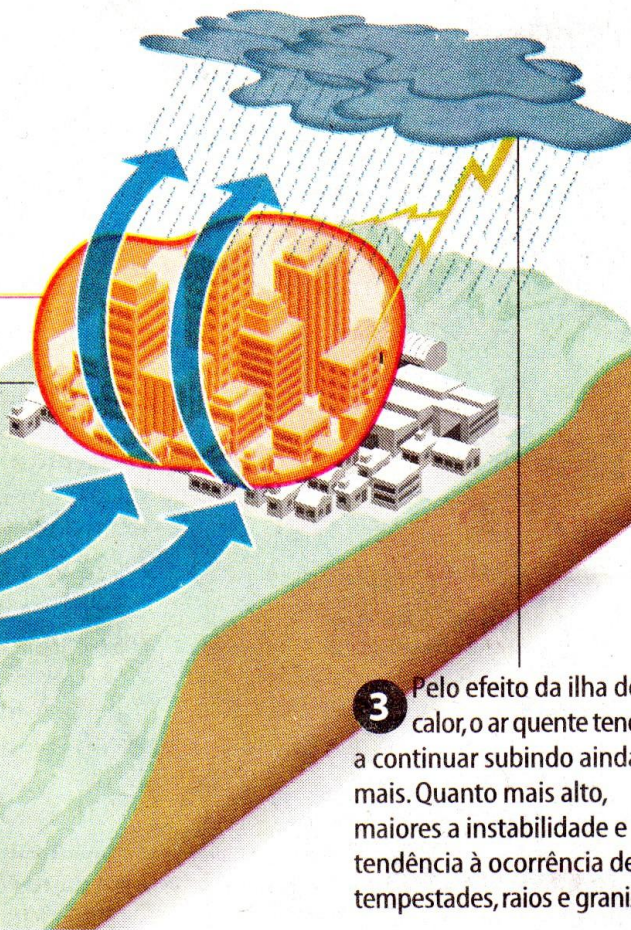
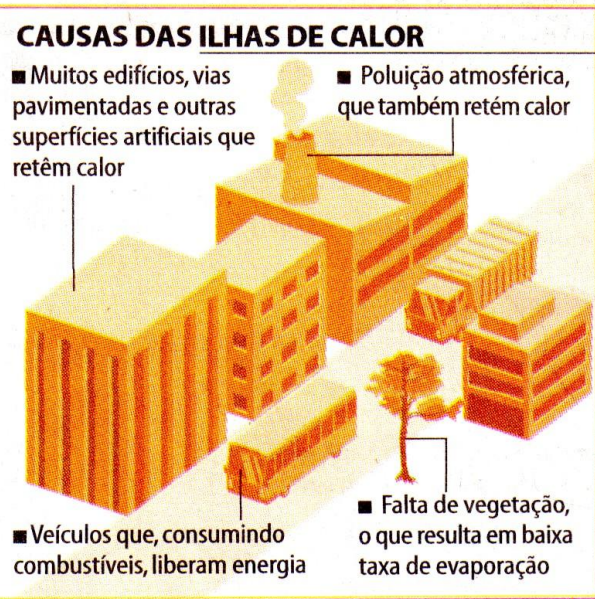
Sua colega, Luciene Ramos, 28, usava uma blusa de lã de gola alta ontem, às 15h, com o sol a pino. "Passo muito por aqui", disse. Ontem, a temperatura máxima chegou a 30°C na Consolação, de acordo com o CGE (Centro de Gerenciamento de Emergências).

A geógrafa Magda Lombardo, professora da Unesp e da USP, estuda o clima de São Paulo desde 1980 e aponta as diferenças existentes na cidade. De acordo com ela, bairros como a Pompéia e a Vila Madalena estão se transformando por causa do aumento da construção de prédios.

"Isso está mudando todo o microclima desses bairros. Antes, havia mais verde e casas unifamiliares. Agora, há mais prédios", afirmou. Isso causa um aumento de temperatura, mas também pode gerar mais cânions urbanos.

Há outros locais com "climas especiais" na cidade. A vizinhança da avenida Luís Carlos Berrini (zona sul), por exemplo, é muito verticalizada, mas recebe ventos da Chácara Santo Antônio, bairro bastante arborizado.

Esses locais são contrapontos das ilhas de calor, regiões que concentram as maiores temperaturas e mais baixas umidades relativas do ar, normalmente em razão da alta densidade populacional e do grande número de edifícios, aliados à pouca vegetação.



# Importância da Pesquisa

- Mudanças climáticas
- Mudanças nas características térmicas da superfície, nas taxas de evaporação e circulação de ar, impermeabilização do solo e remoção da vegetação
- Alto consumo de energia para resfriamento
- Estresse térmico
- Inatividade : Uso de espaços (duração da atividade)
- Conflitos com a pesquisa de conforto térmico em ambientes internos.
- Benefícios de um desenho baseado em estudos de conforto

# Conforto e Floresta Urbana

- Estabilidade microclimática : redução das amplitudes térmicas, da insolação direta e da velocidade dos ventos e ampliação das taxas de evapotranspiração.
- Interação social, recreação, aspectos estéticos.
- Valor econômico.
- Saúde física e psicológica.
- Rain storm management.

(Miano, 2003)

(Ganglof 1996)



# Objetivo Geral

- Avaliar os efeitos da arborização urbana para obtenção de espaços termicamente confortáveis. A partir da utilização de **modelos de conforto térmico** pretende-se aprimorar o desenho da paisagem urbana, de forma a reduzir gastos energéticos e ampliar os benefícios das árvores em promover conforto físico e psíquico às pessoas.

# Objetivos Específicos

- Adequar o modelo de Conforto Térmico ao ar livre (Comfa), desenvolvido no Canadá, ao contexto de Piracicaba.
- Calcular o Conforto Térmico para determinadas áreas de Piracicaba com diferentes percentuais de cobertura arbórea.
- Simular novos cenários para a cidade de Piracicaba com o objetivo de tornar a cidade mais confortável termicamente e diminuir o consumo de energia.
- Desenvolver propostas de desenho urbano para as áreas mais desconfortáveis.

# Local de Estudo

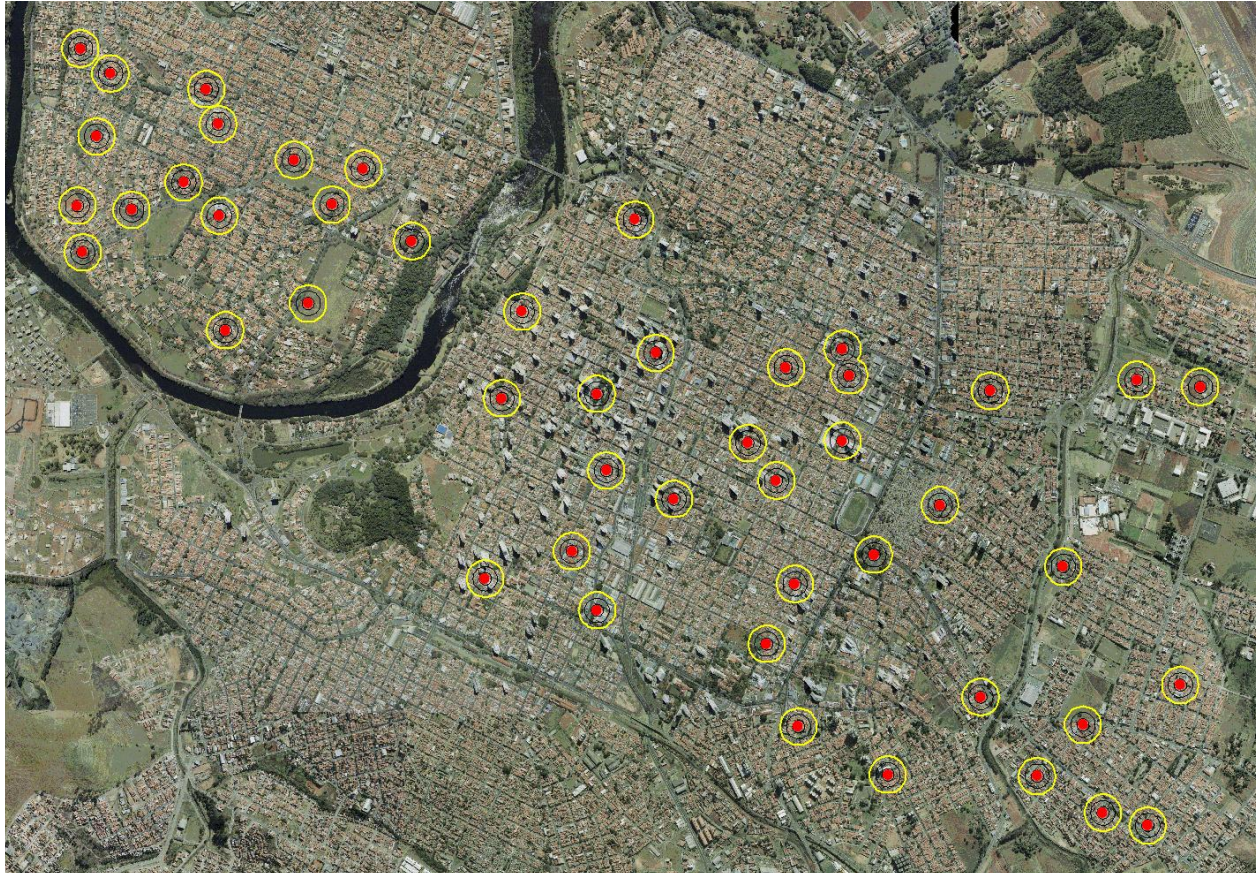
Bairros	Área	Cobertura Arbórea (%)
Nova Piracicaba	1	22.29
Jd. Monumento	1	6.82
Centro	2	6.82
Cidade Alta	2	5.31
Vila Monteiro	3	15.22
Morumbi	3	21.17
Piracicamirim	3	6.2
Santa Cecília	3	21.17
Vila Independência	3	8.57
Jardim Elite	3	6.86
Nova América	3	9.37



Grupo A : Nova Piracicaba, Santa Cecília e Morumbi.

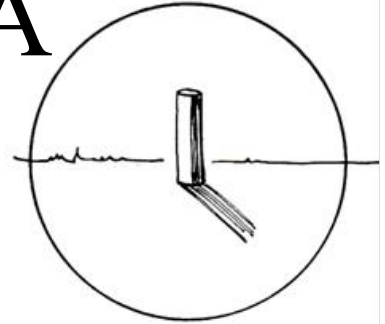
Grupo B: Centro, Cidade Alta, Piracicamirim, Jardim Monumento e Jardim Elite

# Aquisição dos Dados



- Coletas: 48 pontos - 2 estações (jan/ago) 3 dias - 7:00 , 9:00, 15:00, 21:00
- Posto Agrometeorológico (ESALQ – USP) – radiação e vento

# COMFA – COMfort Formula



- Brown & Gillespie (1995):

- **Budget =  $R_{abs} + M - Conv - Evap - T_{Remitted}$**

*$R_{abs}$  – solar radiation absorbed by a person*

*$M$  – metabolic energy*

*$Conv$  – Convective gain or loss*

*$Evap$  – evaporative heat losses*

*$T_{Remitted}$  – terrestrial radiation emitted by a person*



# Resultados COMFA

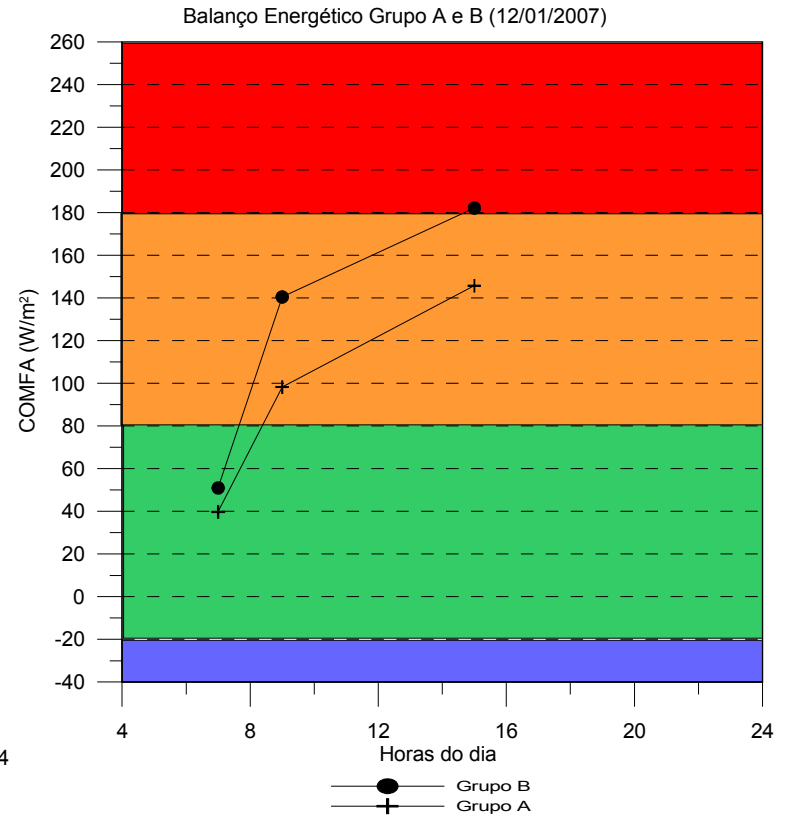
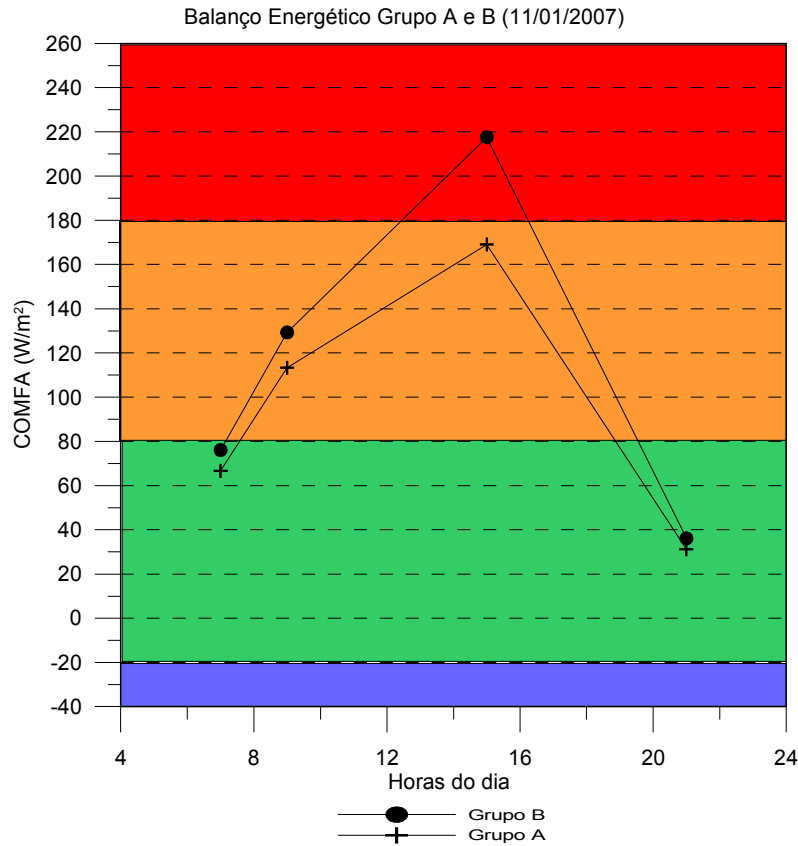
- Níveis de Conforto originais

Balanco Energético (COMFA, W/m <sup>2</sup> )	Interpretação
Balanco energético < -150	preferiria estar muito mais quente
-150 < balanço energético < -50	preferiria estar mais quente
-50 < balanço energético < 50	conforto térmico
50 < balanço energético < 150	preferiria estar mais frio
balanço energético > 150	preferiria estar muito mais frio

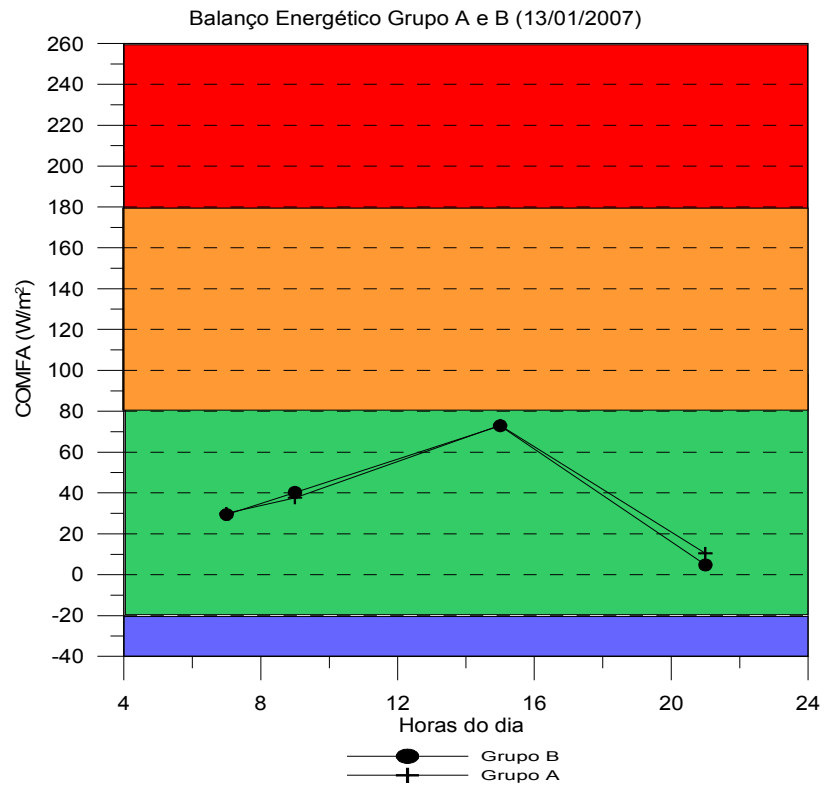
- Níveis sugeridos

Balanco Energético (COMFA, W/m <sup>2</sup> )	Interpretação
balanço energético < -120	preferiria estar muito mais quente
-120 < balanço energético < -20	preferiria estar mais quente
-20 < balanço energético < 80	conforto térmico
80 < balanço energético < 180	preferiria estar mais frio
balanço energético > 180	preferiria estar muito mais frio

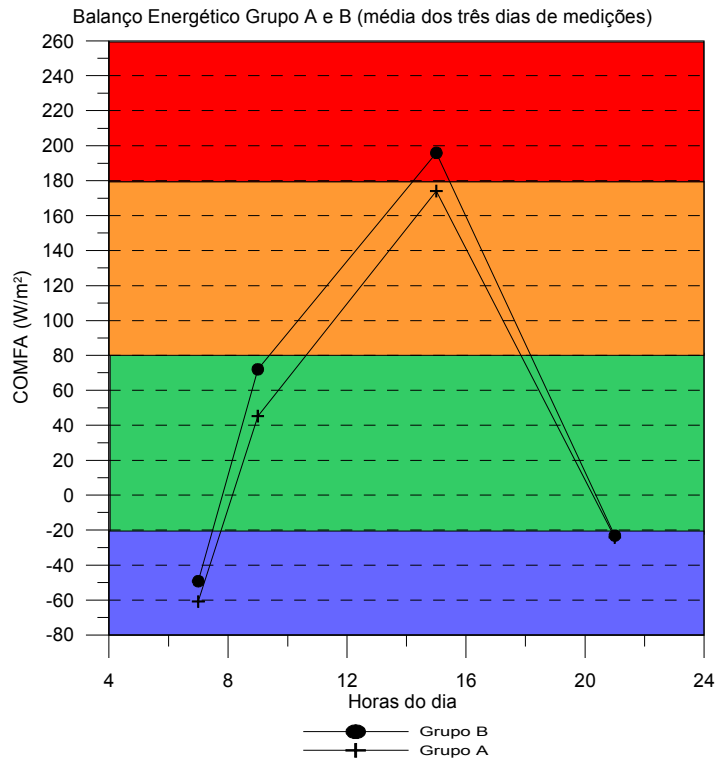
# COMFA Grupos A e B (Verão)



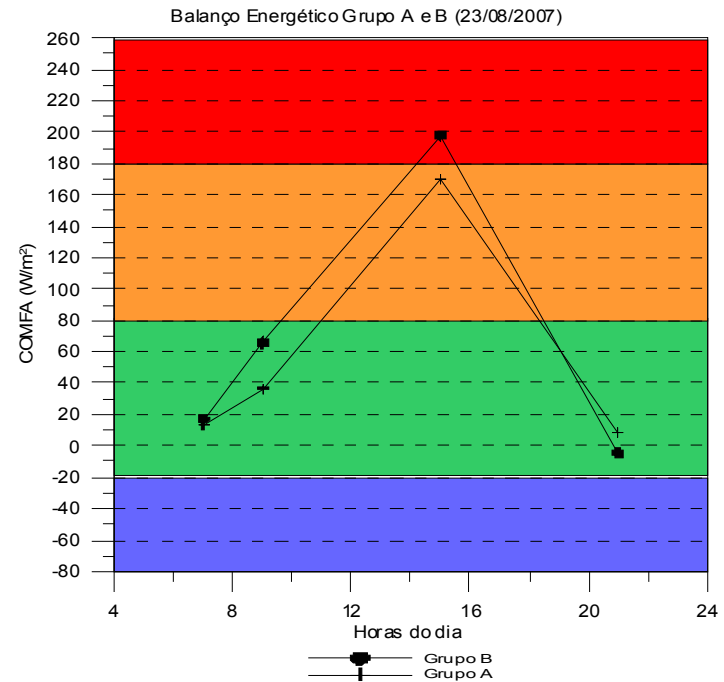
# COMFA Grupos A e B (Verão)



# COMFA Grupos A e B (Inverno)

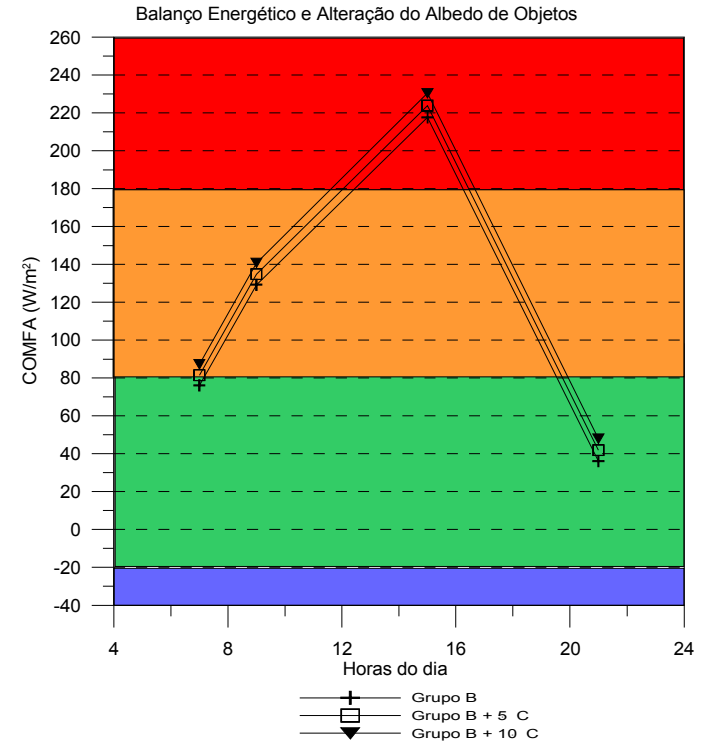
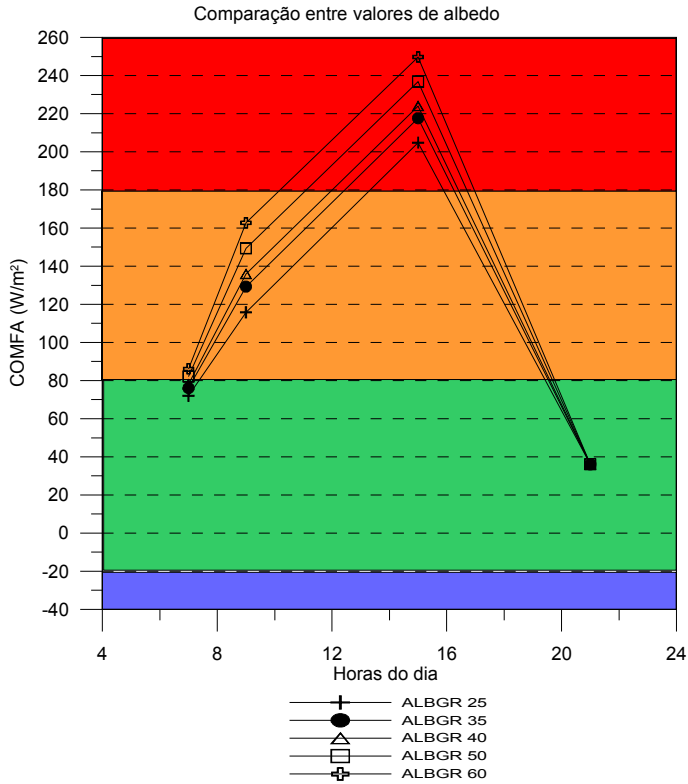


Sem influência de vestimenta



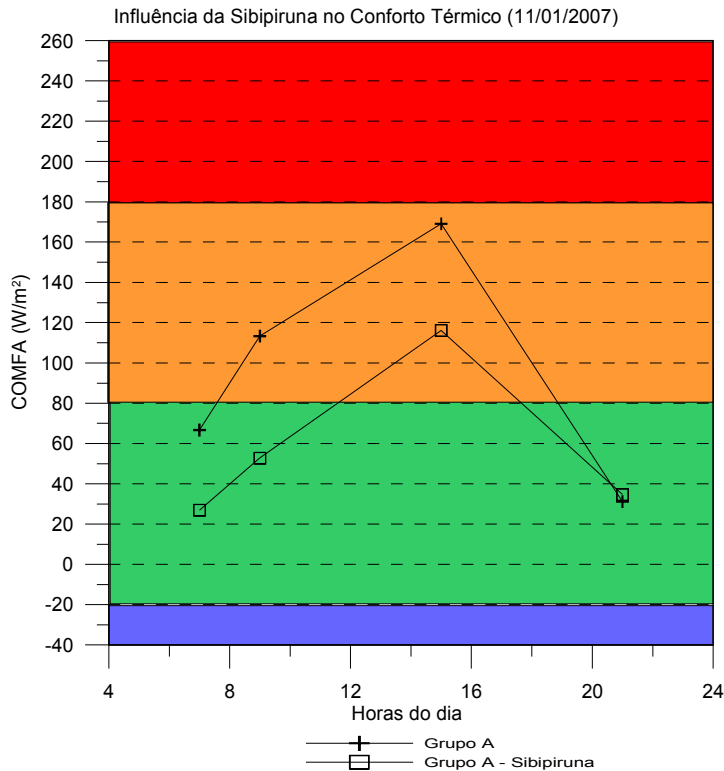
Influência de vestimenta

# Simulações – Albedo Grupo B

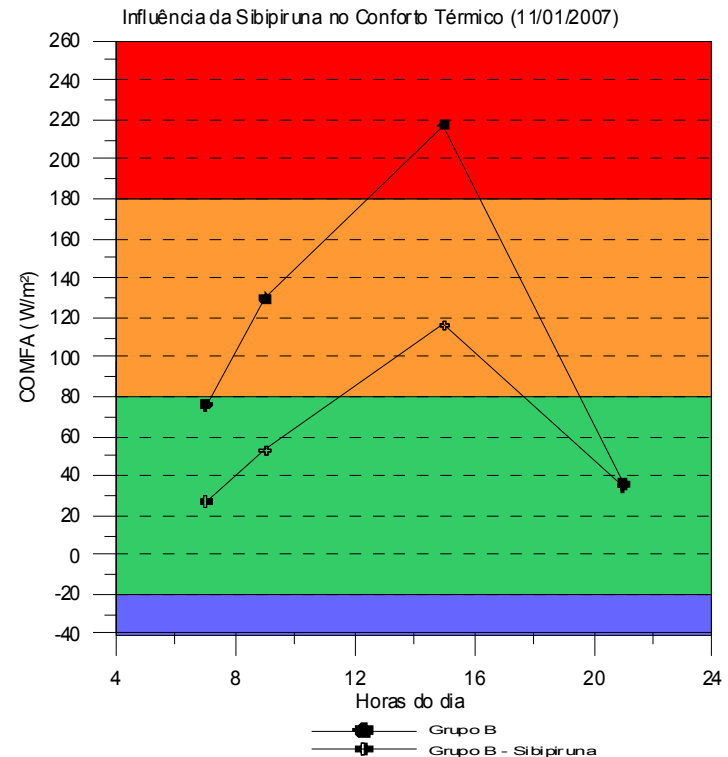


# Simulações – Cobertura Arbórea

Dia 11/01/2007



Grupo A



Grupo B

# Cobertura arbórea

- A vegetação ameniza os efeitos da radiação solar filtrando os raios diretos, controlando a radiação refletida e pela absorção de calor irradiado da superfície do solo.
- Sibipiruna – folhas pequenas e copa elevada (maior circulação do ar)
- Folhas largas – dificultam a ascensão do ar quente, tornando mais difícil sua dissipação.
- Idéias de estudos – correlacionar área foliar, cor da folha, altura e formato da copa, deciduidade com a quantidade de radiação interceptada e conforto térmico proporcionado.

# Graus Hora de Calor

- Graus-Hora - quantidade de graus que ultrapassou a temperatura de neutralidade térmica ( $T_n$ ).
- $T_n$  é a média de temperaturas do ar, em que a maioria das pessoas não sente calor ou frio (margem 2,5).
- $T_n = 17,6 + 0,31 \times TM_{Ext}$
- $TM_{Ext}$  - dados de temperaturas médias dos meses de janeiro e agosto, dos últimos dez anos, fornecidos pelo Posto Meteorológico da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – USP (ESALQ).



# Graus Hora de Calor

- Para a estimativa horária foram computadas as temperaturas mais altas de cada dia para identificar a diferença entre os pontos medidos e a estação de referência. Supondo-se que estas diferenças fossem mantidas ao longo do dia (VELASCO, 2007).
- Após estimadas as temperaturas horárias de cada área (1,2,3 e referência), foi calculada hora a hora a quantidade de graus Celsius que ultrapassou o limite superior no período de um dia.

# Resultados: Graus Hora de Calor

Horário	Médias de Tar (°C) Janeiro	Médias de Tar (C) coletadas		
		A1	A2	A3
1	21.90			
2	21.50			
3	20.90			
4	20.50			
5	20.20			
6	20.20			
7	21.10	25.15	25.23	26.86
8	22.30			
9	24.00	27.44	26.82	30.01
10	25.90			
11	27.50			
12	27.70			
13	28.00			
14	29.30			
15	30.10	33.97	37.53	35.74
16	30.30			
17	29.90			
18	27.80			
19	26.20			
20	25.30			
21	23.80	26.85	28.45	33.08
22	23.10			
23	22.60			
24	22.20			

A1 = 3,87 A2 = 7,43 A3 = 5,64

Horário	Médias de Tar (C) Agosto	Médias de Tar (C) coletadas		
		A1	A2	A3
1	15.40			
2	14.70			
3	14.20			
4	13.20			
5	12.50			
6	11.90			
7	11.90	18.2	19.1	20.32
8	13.10			
9	17.00	25	25.2	27.94
10	22.20			
11	25.70			
12	28.30			
13	29.30			
14	29.90			
15	30.20	34.8	32.68	33.72
16	30.30			
17	29.70			
18	27.60			
19	25.40			
20	23.70			
21	22.00	24.6	26	25.94
22	20.20			
23	19.00			
24	17.80			

A1 = 4,6 A2 = 2,48 A3 = 3,52

# Temperaturas estimadas

Horário	Tar (C) janeiro			Tar (C) agosto		
	A1	A2	A3	A1	A2	A3
1	25.77	29.33	27.54	20.00	17.88	18.92
2	25.37	28.93	27.14	19.30	17.18	18.22
3	24.77	28.33	26.54	18.80	16.68	17.72
4	24.37	27.93	26.14	17.80	15.68	16.72
5	24.07	27.63	25.84	17.10	14.98	16.02
6	24.07	27.63	25.84	16.50	14.38	15.42
7	25.15	25.23	26.86	18.2	19.1	20.32
8	26.17	29.73	27.94	17.70	15.58	16.62
9	27.44	26.82	30.01	25	25.2	27.94
10	29.77	33.33	31.54	26.80	24.68	25.72
11	31.37	34.93	33.14	30.30	28.18	29.22
12	31.57	35.13	33.34	32.90	30.78	31.82
13	31.87	35.43	33.64	33.90	31.78	32.82
14	33.17	36.73	34.94	34.50	32.38	33.42
15	33.97	37.53	35.74	34.8	32.68	33.72
16	34.17	37.73	35.94	34.90	32.78	33.82
17	33.77	37.33	35.54	34.30	32.18	33.22
18	31.67	35.23	33.44	32.20	30.08	31.12
19	30.07	33.63	31.84	30.00	27.88	28.92
20	29.17	32.73	30.94	28.30	26.18	27.22
21	26.85	28.45	33.08	24.6	26	25.94
22	26.97	30.53	28.74	24.80	22.68	23.72
23	26.47	30.03	28.24	23.60	21.48	22.52
24	26.07	29.63	27.84	22.40	20.28	21.32

$$T_n = 25,34 + 2,5 = 27,84 \text{ (jan)}$$

$$T_n = 23,77 + 2,5 = 26,28 \text{ (ago)}$$

# Graus Hora de Calor

Horário	janeiro 2007				agosto 2007			
	GH1	GH2	GH3	GHR	GH1	GH2	GH3	GHR
1	0	1.49	0	0	0	0	0	0
2	0	1.09	0	0	0	0	0	0
3	0	0.49	0	0	0	0	0	0
4	0	0.09	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	1.89	0.10	0	0	0	0	0
9	0	0	2.17	0	0	0	1.66	0
10	1.93	5.49	3.70	0	0.52	0	0.00	0
11	3.53	7.09	5.30	0	4.02	1.90	2.94	0
12	3.73	7.29	5.50	0	6.62	4.50	5.54	2.02
13	4.03	7.59	5.80	0.16	7.62	5.50	6.54	3.02
14	5.33	8.89	7.10	1.46	8.22	6.10	7.14	3.62
15	6.13	9.69	7.90	2.26	8.52	6.40	7.44	3.92
16	6.33	9.89	8.10	2.46	8.62	6.50	7.54	4.02
17	5.93	9.49	7.70	2.06	8.02	5.90	6.94	3.42
18	3.83	7.39	5.60	0	5.92	3.80	4.84	1.32
19	2.23	5.79	4.00	0	3.72	1.60	2.64	0
20	1.33	4.89	3.10	0	2.02	0	0.94	0
21	0	0.61	5.24	0	0	0	0	0
22	0	2.69	0.90	0	0	0	0	0
23	0	2.19	0.40	0	0	0	0	0
24	0	1.79	0	0	0	0	0	0

# Interpretação GHC

	janeiro 2007				agosto 2007			
	<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>A3</b>	<b>Ref</b>	<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>A3</b>	<b>Ref</b>
GHC/dia	44.33	93.24	72.61	8.40	63.82	42.20	54.16	21.34

- A1 – menor necessidade de refrigeração artificial
- A2 corresponde a zona central e mais densamente ocupada da cidade apresentou o valor mais elevado de Graus-Hora de calor.
- Em agosto a situação inverte-se, a área 1 é a que apresenta maior necessidade de refrigeração e a área 2 é a que possui menores valores para Graus-Hora de calor
- Estimativa rápida - não leva em conta o efeito das árvores e não inclui variáveis importantes

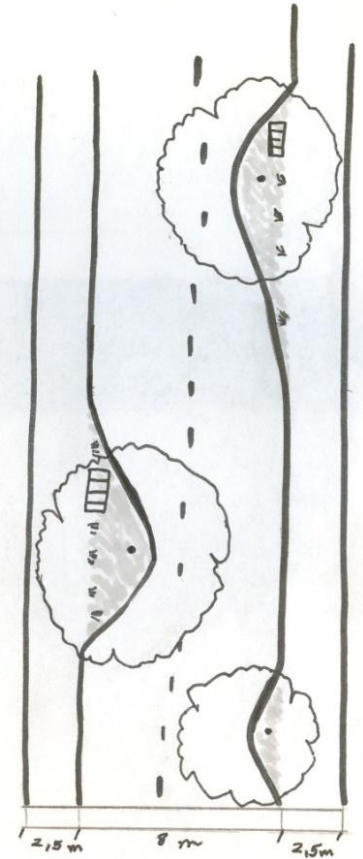
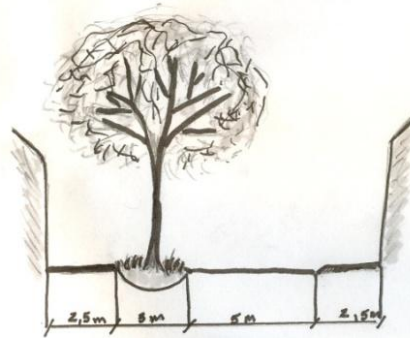
# Desenho Urbano

- A história das ruas remete a aproximadamente **8000 anos** atrás e tem servido a uma variedade de funções: **sociais, políticas, ecológicas e econômicas**.
- Atualmente, as ruas representam **um terço** da paisagem urbana e possuem valiosas funções além de acesso e circulação. A rua residencial é o lugar em que vivemos e interagimos.

# Design : Centro

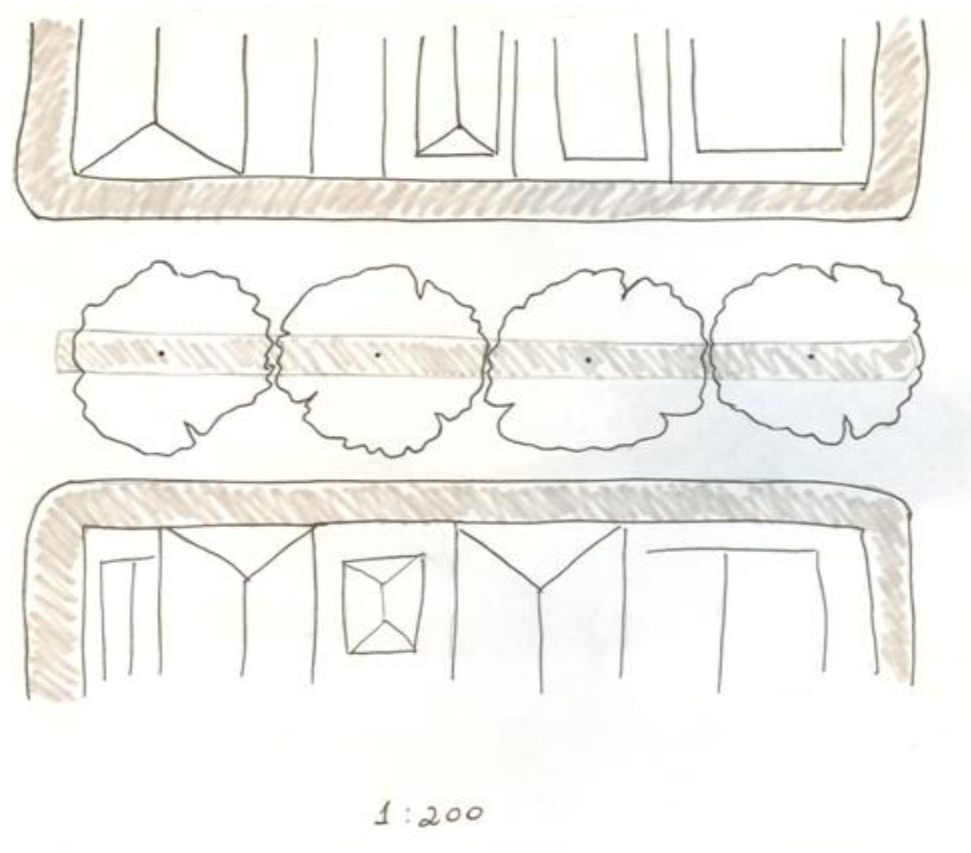


Rua Governador Pedro de Toledo



1:200

# Design : Bairro Jd. Monumento



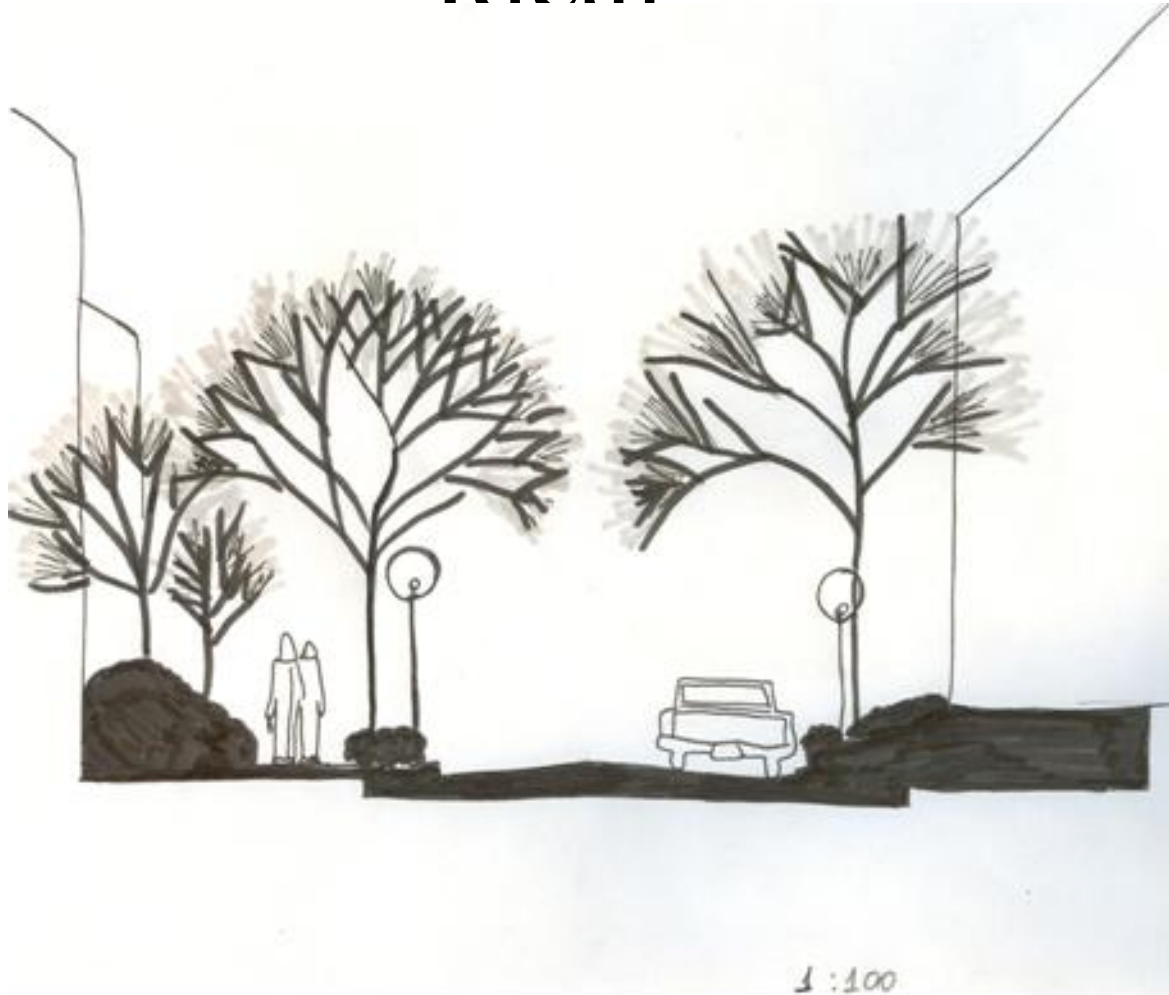
Bairro Jardim Monumento



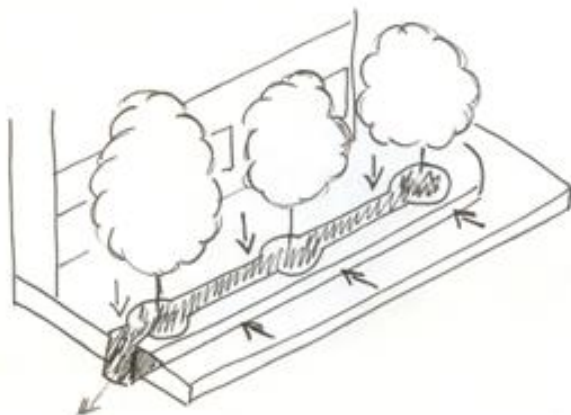
# Ocupação urbana atual



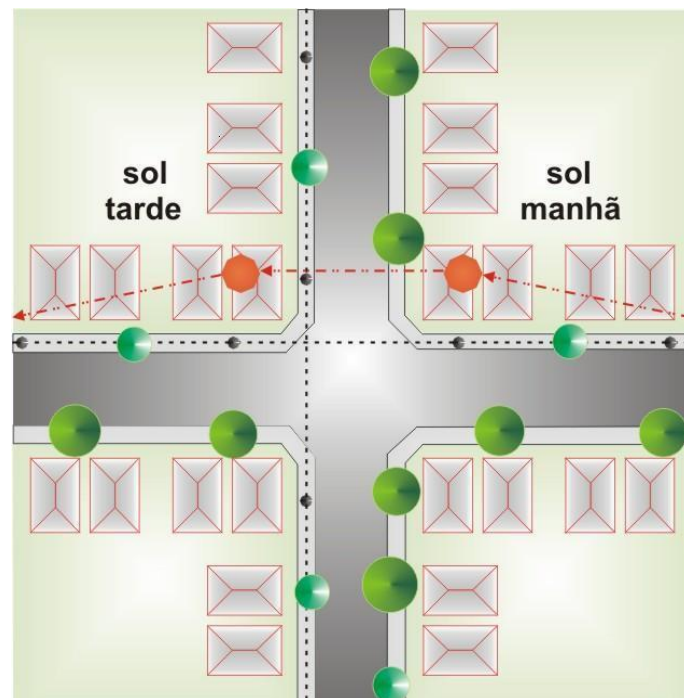
# Ideal



# Desenho da calçada



Posicionamento do plantio



Laterais voltadas para as faces:  
norte e oeste

# Calçadas Multifuncionais



# Variáveis positivas das propostas:

- secções – redução do escoamento superficial e do problema das enchentes,
- O aumento da cobertura arbórea e sombreamento – conforto e melhora do microclima.
- Maior conforto e valor estético proporcionado - atrativo e incremento da atividade econômica.
- Aumento do uso de espaços externos, criando maior conectividade da população com os espaço públicos.

# Conclusões

- As adaptações sugeridas ao modelo COMFA permitiram o estudo do conforto térmico na cidade de Piracicaba.
- Análise da influência dos estratos arbóreos no bem-estar humano e na qualidade de vida no ambiente urbano.
- O modelo mostrou ser uma importante ferramenta para simulações e previsões de cenários ( seleção das melhores estratégias ).
- Realizar questionários para comparar os valores de balanço energético previstos pelo modelo com os níveis de conforto experimentados pelas pessoas entrevistadas.

# Conclusões

- O método Graus-Horas de calor apresentou uma estimativa da quantidade de graus Celsius necessários para refrigeração durante um dia na cidade de Piracicaba .
- No verão e no inverno a cidade de Piracicaba demanda grande quantidade de energia para resfriamento – necessidade de investir em cobertura arbórea.
- Método limitado
- As estratégias de desenho sugeridas mostram a possibilidade de arborizar regiões densamente ocupadas.

# Conclusões

- Árvores de grande porte - conforto térmico ,redução de consumo energético e melhora da qualidade de vida da população.
- O estabelecimento, desenvolvimento e manutenção da arborização urbana de qualidade deve ser meta dos gestores públicos, assim como de empresas prestadoras de serviços.



# Referências

- **BROWN, R.D.; GILLESPIE, T.J. Microclimatic Landscape Design: Creating Thermal Comfort and Energy Efficiency.**1995. Canada: John Wiley & Sons, Inc., 1954.193p.
- **GANGLOFF, D. Urban forestry in the USA.** In: Second National Conference on Urban Forestry. USA, K D. Collins, 1996. p. 27-29.
- **MILANO, M.S.; DALCIN, E.C. Arborização de vias públicas.** Rio de Janeiro, RJ: Light, 2000. 226p.



Muito obrigado !