



**XIENCAC**  
ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO  
NO AMBIENTE CONSTRUIDO

**VIIELACAC**  
ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO  
NO AMBIENTE CONSTRUIDO

Búzios - RJ - 2011

## **AValiação DA INFLUêNCIA DA ARBORIZAÇÃO NO CONFORTO TéRMICO DO PEDESTRE EM MEIO URBANO: ESTUDO DE CASO EM ESPAÇOS ABERTOS DO BAIRRO DA LUZ, SÃO PAULO-SP**

**Bettina Rose Wolfram (1); Leonardo Marques Monteiro (2)**

(1) Iniciação científica, Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética, rose.bettina@gmail.com

(2) Pós-doutorando, Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética, leo4mm@gmail.com

Universidade de São Paulo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Departamento de Tecnologia

Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética (LABAUT)

Rua do Lago, 876, 05508-080, São Paulo, SP, Tel.: (11) 3091-4538

### **RESUMO**

Esta pesquisa foca no uso da vegetação como elemento de adequação térmica de espaços abertos. O objetivo é verificar a influência da arborização para o conforto do pedestre no meio urbano. O método utilizado é indutivo, por meio de levantamentos de campo de variáveis microclimáticas ambientais, apoiado por método dedutivo, por meio de comparações entre os resultados levantados nos diferentes ambientes, considerando o modelo preditivo de sensação térmica TEP e a representatividade dos dados em função das condições climáticas anuais típicas da cidade de São Paulo. Os levantamentos foram realizados no bairro da Luz, considerando-se locais abertos de permanência e de passagem, com distintas arborizações. Foram realizados dois levantamentos: um de inverno e outro de verão. A análise dos resultados é comparativa, estabelecendo-se relações entre os dados encontrados nas medidas de campo e os resultados de modelo preditivo. Comparando-se os resultados dos diversos ambientes, verifica-se como a vegetação altera o microclima e a consequência da alteração deste na sensação térmica. Os dados coletados mostram que a vegetação altera o microclima. Apesar de alguns pontos sem arborização serem confortáveis, no inverno, os resultados da aplicação do índice mostraram que, em sua maioria, as áreas arborizadas trazem em geral maior sensação de conforto térmico para o pedestre.

Palavras-chave: conforto térmico, arborização, microclima urbano, espaços abertos

### **ABSTRACT**

This research focuses on the use of vegetation as an element of thermal adequacy of outdoor spaces. The goal is to verify how tree canopies can influence pedestrian thermal comfort. The methodology used is both inductive (field measurements of microclimatic variables) and deductive (comparisons between the results obtained at the various environments, considering the TEP thermal sensation predictive model and the representativity of the collected data considering the annual typical climatic conditions for the city of São Paulo. Field measurements were conducted at the Luz neighborhood, considering outdoor permanence and passage spaces, with different canopies. Two measurements were conducted: one in the winter and another in the summer. The analysis of the results is comparative, establishing a relationship between the data found on field research and the results of the predictive model. It is possible to verify how the tree canopies alter the microclimate and the consequence of this alteration on thermal sensation by comparing the results obtained at the various environments. The collected data shows that vegetation does alter the microclimate. Although some spaces without tree canopies are comfortable in the winter, the results obtained from the predictive model showed that, mostly, the spaces with tree canopies generally bring a greater sensation of thermal comfort to the pedestrian.

Keywords: thermal comfort, tree canopies, urban microclimate, outdoor spaces

## 1. INTRODUÇÃO

As sombras criadas pelas árvores modificam o microclima tanto embaixo de suas copas, quanto em suas proximidades. Esta sombra é criada por dois elementos: ramos/galhos e cobertura de folhas. É constante o fato de esta sombra reduzir o fluxo de energia para baixo, principalmente de luz visível e raios infravermelhos. Se as folhas podem bloquear ou, ao menos, reduzir a radiação solar, elas reduzem a energia que chega ao solo e reduzem a radiação de ondas longas, melhorando assim o microclima.

Kotzen (2003) mostra em sua pesquisa que a utilização de árvores nativas do deserto de Negev podem melhorar significativamente o microclima tanto diretamente embaixo das árvores, quando nas proximidades, diminuindo a quantidade de radiação tanto de ondas curtas quanto longas, sendo o uso destas árvores nativas indicado para projetos de urbanização. As árvores possuem a habilidade de alterar a radiação solar, radiação de ondas longas proveniente do chão e intensidade da luz de maneira significativa.

Lin (2008) analisa três padrões de cobertura vegetal mais comumente encontrados no meio urbano, capazes de trazer conforto térmico ao pedestre, que são árvores, grama e arbustos. A análise é feita baseada em experimentos numéricos juntamente ao índice de avaliação SET (Standart Effective Temperature). O autor critica a recente tendência paisagística de utilizar a vegetação apenas para fins estéticos, sem contribuir para melhorar o ambiente térmico no verão. Sua conclusão é que nem sempre as árvores são as mais eficientes em melhorar as condições de conforto térmico para o pedestre em todas as direções em torno de edifícios. Porém, quando considerado o efeito médio, utilizar árvores ainda é melhor do que os outros casos.

Utilizada em abundância na Exposição Universal de 1992 (DOMINGUEZ, 1992) e parte integrante de todos os mecanismos de redução de ganhos de calor, a arborização e as demais coberturas vegetais realmente são importantes elementos para melhorar o microclima urbano e o conforto externo em espaços urbanos de climas quentes.

A atenuação solar também foi estudada por Bueno-Bartholomei et al. (2001), através da medição da radiação solar incidente para diversas espécies arbóreas. Dispondo os solarímetros de tubo ao sol e à sombra das árvores, foi possível constatar sua influência na alteração do microclima.

Além de tornar os espaços abertos termicamente mais confortáveis, a vegetação no meio urbano também melhora a qualidade do ar, reduzindo a poluição, conforme estudado por Akbari (2001). O autor cita as cidades de Houston, Los Angeles e Atlanta como merecedoras de atenção para o problema da poluição, onde esta é causadora de problemas de saúde, situação esta que pode ser também transposta para a cidade de São Paulo. Akbari ressalta ainda a importância da arborização urbana para moderar a intensidade das ilhas de calor geradas dentro do ambiente urbano. A melhora da situação térmica urbana, conseqüentemente, tem uma grande influência sobre a qualidade do ar nestas áreas (HUANG, 2005), o que reforça o argumento de Akbari.

Apesar de seus incontáveis benefícios, não constatamos a presença de árvores em abundância no meio urbano de cidades de países em desenvolvimento. De acordo com Duarte et al. (2008), dados da SVMA (Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente – São Paulo) de 2004 mostram a ruim distribuição das áreas verdes na cidade de São Paulo, sendo os bairros mais ricos os que apresentam maiores quantidades de vegetação, enquanto áreas centrais como o Brás e Santa Cecília são quase totalmente desprovidas de vegetação. Mapas da SVMA mostram que as temperaturas mais altas foram encontradas no centro da cidade e as mais baixas nos parques urbanos (DUARTE et al., 2008).

No trabalho *Simulação da influência da vegetação no microclima urbano e conforto térmico na cidade de São Paulo*, desenvolvido por Duarte et al. (2008), medições foram realizadas no centro de São Paulo, na região da Luz, durante um dia de verão, a fim de verificar o microclima de um parque, uma praça e um canyon. Árvores foram simuladas no canyon através do modelo ENVI-met (BRUSE, 2006). A pesquisa de Duarte et al. (2008) conclui que o Parque da Luz possui temperaturas de aproximadamente 2°C mais baixas do que os arredores. Além disso, a temperatura de superfície de materiais naturais mostrou-se menor do que a de materiais de construção comumente usados, como concreto e asfalto. As simulações mostraram que a vegetação em forma de árvores pode melhorar o microclima em cidades das regiões quentes e úmidas.

## 2. OBJETIVO

Esta pesquisa foca no uso da vegetação como elemento de adequação térmica de espaços abertos. O objetivo é verificar a influência da arborização para o conforto do pedestre no meio urbano, comparando espaços arborizados com espaços sem vegetação.

### 3. MÉTODO

O método utilizado é indutivo, por meio de levantamentos de campo de variáveis microclimáticas ambientais (ISO 7726, 1998), e dedutivo, por meio de comparações entre os resultados levantados nos diferentes ambientes, considerando modelos preditivos de sensação térmica (MONTEIRO, 2008) e a representatividade dos dados em função das condições climáticas anuais típicas da cidade de São Paulo (LABEEE, 2005).

#### 3.1 Levantamentos empíricos

Foram realizados dois levantamentos de campo: um de inverno e um de verão, escolhidos assim por ser possível obter nestas estações as temperaturas extremas do ano. O levantamento empírico de inverno foi realizado no dia 26.08.2009, das 8:00 às 17:00 horas e o levantamento de verão foi realizado no dia 21.12.2009, das 8:00 às 17:00. As condições climáticas dos dias levantados enquadram-se nas condições típicas para a cidade de São Paulo (LABEEE, 2005).

Como local urbano de estudo, foi escolhida uma área central da cidade de São Paulo: o bairro da Luz. A escolha do local para realização dos levantamentos deve-se a já existência de estudos por parte do grupo de pesquisadores do LABAUT/FAUUSP. Assim, a realização dos levantamentos fica não só facilitada, mas vem também a colaborar com as pesquisas em andamento. Dentro desta área, foram eleitos locais arborizados e não arborizados de passagem e de permanência. Foram escolhidos os seguintes locais para as medições.

Locais de permanência:

- Arborizado → interior do Parque da Luz, densamente arborizado (estação fixa)
- Não arborizado → Ponto 1: Entrada principal do Parque da Luz (em frente à Praça da Luz), local destituído de árvores, porém ainda próximo ao Parque.

Locais de passagem:

- Arborizado → 3 (três) pontos da Avenida Cásper Líbero: Ponto 3: próximo ao cruzamento da Avenida com a Rua Washington Luis (algumas árvores de copa considerável); Ponto 4: próximo ao entroncamento com a Avenida Ipiranga (enfileiramento de árvores); Ponto 5: Praça Alfredo Issa (pequena praça densamente arborizada)
- Não arborizado → Ponto 2: início da Avenida, local árido sem presença de árvores ou cobertura vegetal

Na Figura 1, apresenta-se foto aérea com a localização dos locais levantados. Nas Figuras 2 a 7, apresenta-se imagens hemisféricas dos pontos levantados, realizadas no inverno e no verão

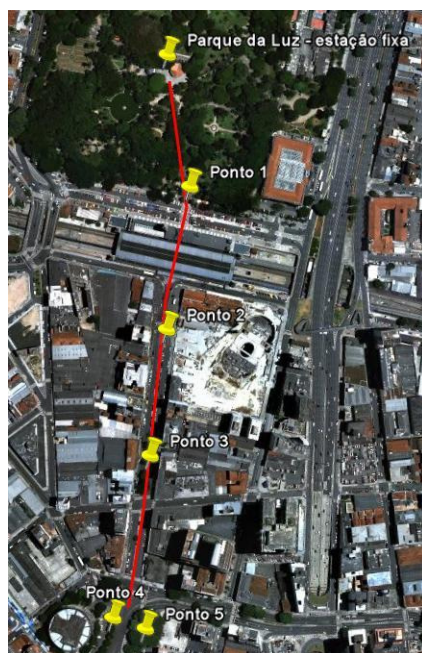


Figura 1 - Localização das áreas, no Bairro da Luz, levantadas empiricamente.

Fonte: Google Earth, Março 2010



Figura 2 – Ponto Fixo no inverno e no verão



Figura 3 – Ponto 1 no inverno e no verão



Figura 4 – Ponto 2 no inverno e no verão



Figura 5 – Ponto 3 no inverno e no verão



Figura 6 – Ponto 4 no inverno e no verão



Figura 7 – Ponto 5 no inverno e no verão

Os materiais para os levantamentos de campo foram os do Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética (LABAUT) do Departamento de Tecnologia (AUT) da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (FAUUSP).

Abaixo são relacionados os equipamentos utilizados em ambos os levantamentos:

- estação meteorológica Huger Eletronics (modelo GmbH WM918 e GmbH WM921), com sensores de temperatura e umidade do ar, velocidade e direção do vento, com data logger
- termômetro de globo cinza (globo de latão e termômetros de mercúrio), para medir a temperatura de globo, que será usada para o cálculo da temperatura radiante média
- 1 microcomputador portátil Acer PIII 800Mhz

Equipamentos usados para o transecto:

- 1 termohigrômetro Homis modelo 229
- 1 termômetro de globo cinza, igual ao utilizado na estação fixa
- 1 set com 4 anemômetros unidirecionais Homis modelo 209

Equipamentos usados para registro fotográfico no transecto e estação fixa:

- 1 câmera fotográfica digital Nikon modelo 5700
- Lente de Conversão Olho de Peixe para Nikon Coolpix 5700, modelo FC-E9
- Para o levantamento de verão foi utilizada uma câmera infravermelha, que ainda não estava disponível para o laboratório de conforto no período da medição de inverno: Câmera Térmica *Guidir H3*<sup>®</sup>.

## 3.2 Procedimentos dos levantamentos

### 3.2.1 Procedimento no ponto fixo

No ponto fixo (Parque da Luz), os dados coletados pela estação meteorológica foram diretamente armazenados no computador, sendo registrados de 5 em 5 minutos durante todo o dia. Os dados da estação, que está presa em um tripé composto de uma haste vertical e base de três pontas articuladas, são enviados via onda de rádio, registrados pelo data logger, conectado ao computador portátil. Além disso, a temperatura de globo foi manualmente registrada a cada 30 minutos. Para isto foi utilizado o termômetro de globo. Ambos os termômetros de globo utilizados no levantamento (o do ponto fixo e o do transecto) ficam pendurados em tripés compostos de uma haste vertical e base de pés fixos. A haste tem uma articulação horizontal, na qual o termômetro é pendurado. Na Figura 8 é possível ver os equipamentos utilizados já posicionados para as medições:



Figura 8 - Estação meteorológica presa ao tripé de base articulada e termômetro de globo pendurado no tripé de base de pontas fixas (as pontas estão sob as pedras, para dar maior estabilidade)

### 3.2.2 Procedimentos nos transectos

Nos transectos foram usados: um termohigrômetro, um set com 4 (quatro) anemômetros e um termômetro de globo. A descrição do termômetro de globo e seus procedimentos de utilização são os mesmos descritos anteriormente para o ponto fixo. O termohigrômetro foi utilizado tanto para medir a temperatura do ar, quanto da umidade relativa. A velocidade do ar foi medida com o set de 4 anemômetros com sensores de hélice. Estes sensores são direcionais e têm sentido determinado. Daí a importância dos quatro sensores, orientados para Norte, Sul, Leste e Oeste. Neste levantamento, os registros foram feitos de 5 em 5 segundos, durante 1 minuto. Todas as direções foram anotadas com sua devida magnitude, mas apenas o maior valor entre Norte e Sul e entre Leste e Oeste foi considerado. Isto indica ainda sentidos e direções dominantes. Os maiores valores são utilizados para a aplicação da lei dos cossenos, que determinará o resultado instantâneo vetorial. A velocidade do ar para o minuto considerado será a média aritmética das velocidades instantâneas.

Os horários escolhidos para os levantamentos foram os mais distantes possíveis, para que os dados colhidos tivessem representatividade significativa. Assim, as medições foram feitas às 8:00, 10:00, 12:00, 14:00 e 16:00.

A Tabela 1 ilustra o modelo utilizado para as anotações das velocidades instantâneas do ar, além de temperatura do ar, umidade do ar e temperatura de globo.

Tabela 1 - Tabela para as anotações das velocidades instantâneas do ar, temperatura do ar, umidade do ar e temperatura de globo.

Número do ponto:				Horário de medição:							
5s				10s				15s			
N	S	L	O	N	S	L	O	N	S	L	O
20s				25s				30s			
N	S	L	O	N	S	L	O	N	S	L	O
35s				40s				45s			
N	S	L	O	N	S	L	O	N	S	L	O
50s				55s				60s			
N	S	L	O	N	S	L	O	N	S	L	O
Temperatura do ar			Umidade relativa			Temperatura de globo					

Os dados levantados em campo precisaram ser tratados para poderem ser utilizados comparativamente e também na equação de temperatura equivalente percebida (MONTEIRO, 2008). Para o índice TEP, ver Equação 1.

Segundo o autor, a vantagem de temperaturas equivalentes é a possibilidade de interpretação intuitiva de seus valores. Contudo, é também interessante a existência de escalas interpretativas, já que a interpretação intuitiva só é possível após a exposição a vários ambientes e o conhecimento de suas respectivas temperaturas equivalentes. Portanto, a Tabela 2, com faixas de interpretação para a TEP, foi elaborada em função dos valores médios de sensação térmica.

Tabela 2: Faixas interpretativas para a Temperatura Equivalente Percebida (TEP).

TEP	Sensação
> 50,0	extremo calor
42,5 ~ 50,0	muito calor
34,9 ~ 42,4	calor
27,3 ~ 34,8	pouco calor
25,4 ~ 27,2	leve calor
21,5 ~ 25,3	neutralidade
19,6 ~ 21,4	leve frio
12,0 ~ 19,5	pouco frio
4,4 ~ 11,9	frio
4,3 ~ -3,2	muito frio
< - 3,2	extremo frio

$$TEP = -3,777 + 0,4828 \cdot t_{ar} + 0,5172 \cdot t_{rm} + 0,0802 \cdot ur - 2,322 \cdot v_{ar} \quad \text{Equação 1}$$

Onde:  $t_{ar}$  = temperatura do ar, em °C;  $t_{rm}$  = temperatura radiante média, em °C;  $ur$  = umidade relativa, em %;  $v_{ar}$  = velocidade do ar, em m/s.

## 4. RESULTADOS

Os dados coletados para cada ponto nos levantamentos de verão e inverno são analisados comparativamente, assim como o índice TEP calculado para cada horário em cada ponto de levantamento. Para melhor compreensão, as variáveis e a TEP foram analisados individualmente, sendo assim possível entender melhor cada ponto levantado e estabelecer as considerações finais.

### 4.1 Temperatura do ar

A temperatura do ar não é a variável que melhor se pode manipular em um microclima e ela raramente varia em uma mesma paisagem. Nos levantamentos, embora haja uma clara tendência de serem sempre as áreas arborizadas as com as menores temperaturas, sendo o Ponto fixo o com as menores temperaturas em quase todas as medições, é preciso ressaltar que a diferença entre a temperatura mais alta e a mais baixa de determinado horário de medição não é muito grande, aspecto que pode ser comprovado nos gráficos apresentados na Figura 9.

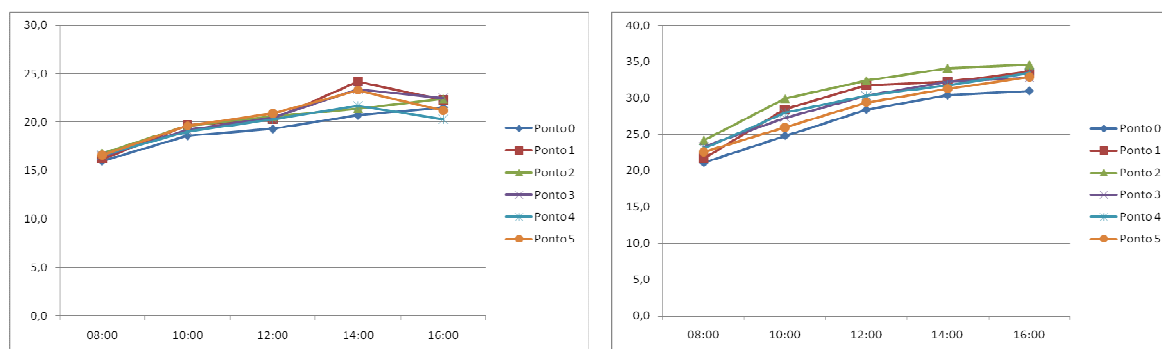


Figura 9 - gráficos da variação da temperatura do ar em cada ponto ao longo do dia, levantamento de Inverno (26/08/2009) e Verão (21/12/2009), respectivamente

No levantamento de verão não restam dúvidas sobre qual é o ponto com a maior e a menor temperatura. Em todas as medições, o ponto fixo registrou sempre a menor temperatura, enquanto que o ponto 2 registrou sempre as maiores temperaturas, no qual não há nenhuma arborização além de estar localizado em uma área árida, com materiais absorventes em todo o entorno e intenso tráfego de veículos de ambos os lados do local de medição.

### 4.2 Umidade relativa

A umidade relativa, assim como a temperatura do ar, é outra variável que não é muito afetada pelo microclima. Da mesma maneira como foi possível observar o aumento da temperatura de modo equivalente entre os pontos, também é possível verificar a redução da porcentagem de umidade relativa de maneira similar entre os pontos. Os gráficos da Figura 10 mostram como os valores diminuem quase que igualmente ao longo do dia.

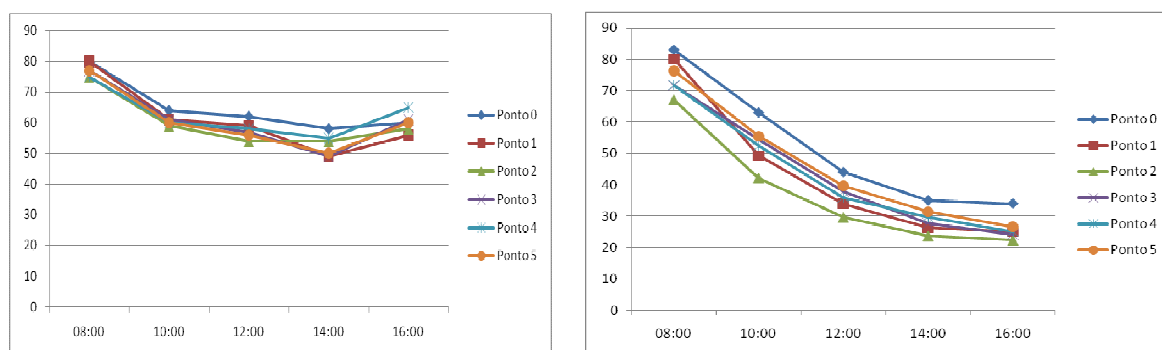


Figura 10 - gráficos da variação da umidade relativa em cada ponto ao longo do dia, levantamento de Inverno (26/08/2009) e Verão (21/12/2009), respectivamente

Comparando as duas estações de permanência, percebe-se que o ponto 1, apesar de não ser arborizado, apresenta valores parecidos com o ponto fixo no inverno, mas as porcentagens são menores no verão.

No entanto, alta porcentagem de umidade nem sempre é indicador de conforto térmico, conforme explicado anteriormente. Quando a temperatura é alta e o valor da umidade também, transpirar torna-se difícil, o que pode configurar como desconforto para o indivíduo.

### 4.3 Velocidade do ar

Ao contrário da umidade relativa e da temperatura do ar, a velocidade do ar pode ser manipulada para melhorar as condições de conforto térmico de um microclima.

Nos levantamentos foi possível perceber que o vento não tem uma direção predominante ou uma velocidade constante. Mas ao ser observada e relacionada às outras variáveis, pode explicar conforto ou desconforto. A Tabela 3 mostra a velocidade média e direção predominante do vento em ambos os levantamentos, somente para os transectos, de acordo com o ponto no qual foram registradas.

Tabela 3 - Velocidades médias e direções predominantes do vento para cada horário do ponto registrado, transecto, levantamento de inverno e verão, respectivamente

Ponto	Horário	V média vento (m/s)	Dir pred. Vento	Ponto	Horário	V média vento (m/s)	Dir pred. Vento
1	08:00	0,0	-	1	08:00	0,0	-
	10:00	0,7	S		10:00	0,0	-
	12:00	0,2	L		12:00	1,2	O
	14:00	0,0	-		14:00	0,6	O
	16:00	0,2	L		16:00	0,7	O
2	08:15	1,2	N	2	08:15	0,7	S
	10:15	2,2	NO		10:15	0,7	L
	12:15	1,8	N		12:15	1,2	L
	14:15	2,0	N		14:15	1,6	N
	16:15	1,5	N		16:15	1,5	S
3	08:30	2,3	N	3	08:30	0,0	-
	10:30	1,9	N		10:30	0,8	NO
	12:30	1,8	N		12:30	0,3	NO
	14:30	1,6	N		14:30	1,1	SE
	16:30	1,6	N		16:30	2,2	L
4	08:45	0,7	L	4	08:45	0,4	N
	10:45	0,5	S		10:45	0,1	L
	12:45	0,3	L		12:45	0,6	NO
	14:45	0,2	L		14:45	0,5	NO
	16:45	1,2	S		16:45	0,1	N
5	09:00	0,7	L	5	09:00	0,0	-
	11:00	0,9	L		11:00	0,0	-
	13:00	0,2	L		13:00	0,2	L
	15:00	0,3	O		15:00	0,7	SE
	17:00	0,4	L		17:00	0,0	-

É interessante observar que, em geral, as velocidades médias do vento para um mesmo ponto são relativamente maiores no inverno, algo que nem sempre configura situação de conforto térmico, já que, segundo Brown e Gillespie (1995), no inverno é sempre desejável tratar do vento, já que diminui a temperatura percebida. Comparando os locais de passagem e de permanência, tanto no inverno quanto no verão, vê-se que a velocidade do ar é maior no inverno.

### 4.4 Radiação

Assim como o vento, a radiação também é um elemento que pode ser manipulado para criar um microclima confortável.

Ao contrário das tabelas e gráficos analisados até o momento, a temperatura radiante média é encontrada nos pontos medidos com grandes variações entre os pontos e em um mesmo local, nos diferentes horários. Os gráficos da Figura 11 ajudam a entender quais os pontos mais afetados pela radiação em ambos os levantamentos.



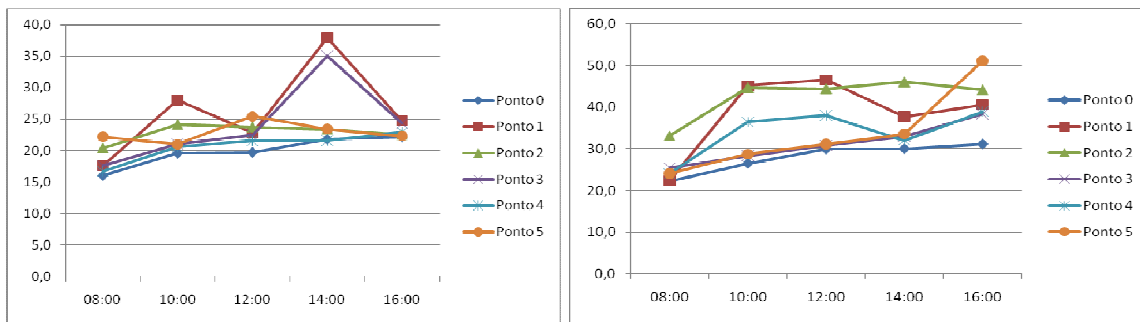


Figura 11 - gráficos da variação da temperatura radiante média em cada ponto ao longo do dia, levantamento de Inverno (26/08/2009) e verão (21/12/2009), respectivamente

Em ambos os levantamentos é possível observar que as maiores temperaturas radiantes registradas estão situadas entre às 12:00 e 14:00 horas. No entanto os picos são bem mais visíveis no levantamento de inverno, apesar de não serem maiores do que a média dos dados de alguns pontos de inverno. As menores temperaturas radiantes são encontradas no Parque da Luz tanto no inverno, quanto no verão, seguidas pelo ponto 4 no inverno e pelo ponto 3 no verão. O ponto 5, apesar de não estar distante dos valores dos pontos 0 e 4, apresenta uma situação com pico de temperatura radiante ao final do dia no levantamento de verão, sendo esta reduzida durante o dia. O outro ponto arborizado (ponto 3) apresenta temperaturas radiantes quase iguais às dos pontos 0 e 4 no levantamento de inverno, sendo o ponto 1 o que apresenta os maiores valores em boa parte do dia. Já o ponto 2 é mais preocupante somente no verão.

#### 4.5 Índice TEP

O Índice TEP é uma modelo que permite verificar a sensação térmica do pedestre em cada um dos pontos levantados. Apesar de todas as análises feitas, até aqui somente foi possível avaliar as questões de conforto através das variáveis microclimáticas, mas sem relacioná-las entre si, para saber seu verdadeiro efeito no indivíduo. Através da equação foi possível descobrir qual a temperatura que de fato estava sendo sentida pelo pedestre, esclarecendo assim quais os locais mais confortáveis e qual a influência destas variáveis na modificação do microclima. Com a ajuda dos gráficos da Figura 12 é possível visualizar as oscilações do índice TEP ao longo do dia para cada ponto.

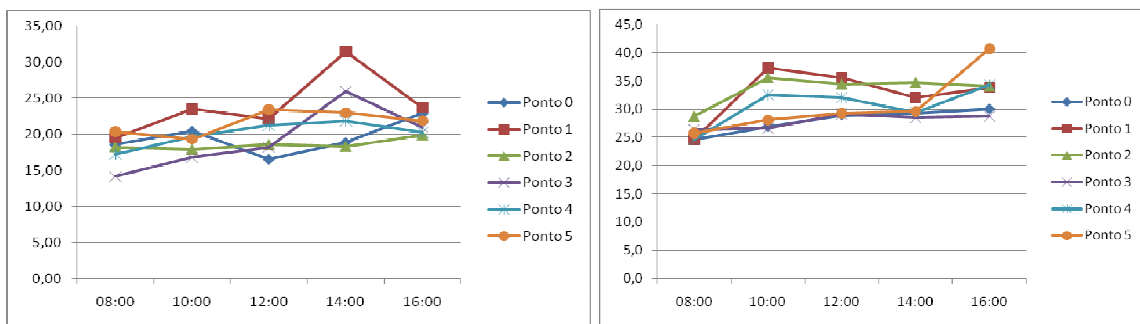


Figura 12 - gráficos da variação de TEP em cada ponto ao longo do dia, levantamento de Inverno (26/08/2009) e verão (21/12/2009), respectivamente

Ao contrário do esperado, o ponto fixo não foi o ponto de maior sensação de conforto nos dois levantamentos. No inverno está pouco frio na maior parte do dia, sendo apenas neutro ao final do dia, quando a radiação incidente já aqueceu o ambiente e quando tampouco há vento. Quando comparadas as temperaturas radiantes registradas nas medições das 14:00 horas e 16:00 horas, vemos que são até maiores no primeiro horário mencionado. Porém neste horário há também vento, o que aumenta a sensação de frio, considerando que há baixa umidade relativa e a temperatura do ar não ultrapassa 22°C durante todo o dia, para este ponto.

Já no verão, o ponto no Parque da Luz é majoritariamente um local classificado como sensação de pouco calor e somente neutro no início do dia, quando ainda não houve insolação suficiente para aquecer o local (a temperatura radiante média ainda é de 22,3°C, a mais baixa registrada no dia). A sensação passa de leve calor às 10:00 horas para pouco calor até o final do dia. Ou seja, a sensação térmica na maior parte do dia varia de 28,9°C a 30,0°C, caracterizando pouco calor. Ainda assim é um dos pontos com a menor média de índice TEP no verão, juntamente ao ponto 3.

Apesar de haver pontos mais ou menos confortáveis na comparação entre pontos de passagem arborizados, é preciso ressaltar que, tanto para o levantamento de verão, quanto para o levantamento de inverno, nenhum dos pontos arborizados é mais distante da zona de neutralidade do que o ponto não arborizado. Em ambos os levantamentos, os pontos de passagem arborizados apresentam uma média TEP mais próxima da sensação de neutralidade do que o ponto de passagem não arborizado. O mesmo já não acontece com os pontos de permanência. No inverno, o ponto sem arborização é mais confortável do que o ponto fixo, dentro do Parque da Luz. Mas no verão, o ponto fixo, apesar de ainda estar dentro da zona de pouco calor, é mais confortável do que o ponto 1.

## 5. CONCLUSÕES

Não é possível eleger o melhor ponto, pois nem sempre foram encontrados pontos que proporcionem sensações de neutralidade. De fato, nenhum ponto está na zona de neutralidade no verão. Também os pontos neutros no inverno são pontos que proporcionam sensação de pouco calor e, em alguns momentos do dia, até calor no verão. Portanto, o fato de serem confortáveis no inverno não significa que o sejam no restante do ano. Ainda assim é possível perceber que os pontos arborizados estão sempre mais próximos da zona neutra do que os pontos não arborizados. Também é preciso reconhecer que a área escolhida para as medições configura como uma das mais quentes da cidade de São Paulo, de acordo com Duarte et. al (2008). Outra observação importante feita por Duarte et. al (2008) em seu levantamento é a de que as temperaturas no parque são sempre em torno de 2°C mais baixas do que a dos arredores, o que de fato foi constatado também para este levantamento. Conforme já mencionado, sendo os dados de temperatura do ar e umidade relativa os mais difíceis de serem modificados, o Parque da Luz tem grande potencial, se tiver sua radiação e velocidade do vento tratadas de acordo com cada época do ano, já que as outras duas variáveis já são favoráveis.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AKBARI, H. **Shade trees reduce building energy use and CO2 emissions from power plants**. Berkley, 2001
- BROWN, R.D., GILLESPIE, T.J. **Microclimatic Landscape Design**, Wiley, New York, 1995.
- BRUSE, M. ENVI-met v. 3.0. Disponível em: <http://www.envi-met.com>
- BUENO-BARTHOLOMEI, C. L.; LABAKI L. C.; VIANNA, Priscila Zuconi. **Comportamento de diferentes espécies arbóreas quanto à atenuação da radiação solar**. Anais do VI Encontro Nacional e III Encontro Latino-Americano sobre Conforto no Ambiente Construído. São Pedro: ANTAC, 2001.
- DOMINGUEZ, A. et al. **Control climatico en espacios abiertos: evaluacion del proyecto Expo'92**. Sevilla: Universidad de Sevilla, 1992.
- DUARTE, D. H. S. ; SPANGENBERG, J. ; JOHANSSON, E. ; SHINZATO, Paula . **Simulation of the influence of Vegetation on Microclimate and Thermal Comfort in The city of São Paulo**. Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana, v. 3, p. 1-19, 2008
- HUANG, Hong. **Urban Thermal environment measurements and numerical simulation for na actual complex urban área covering a large district heating and cooling system in Summer**. Toquio, Japão, 2005
- ISO (International Organization Standardization). **ISO 7726. Ergonomics of the thermal environment: instruments for measuring physical quantities**. Genève: ISO, 1998.
- KOTZEN, Benz. **An investigation of shade under six different tree species of the Negev desert towards their potential use for enhancing micro-climatic conditions in landscape architectural development**. Londres, Inglaterra, 2003
- LABEEE. Downloads - Arquivos climáticos. Florianópolis: UFSC, 2005. Disponível em <http://www.labeee.ufsc.br/downloads/downloadaclim.html>, Acesso em 17/08/2008.
- LIN, Borong; LI, Xiaofeng; ZHU, Yingxin; QIN, Youguo **Numerical simulation studies of the different vegetation patterns' effects on outdoor pedestrian thermal comfort**. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics 96, 2008. p. 1707-1718.
- MONTEIRO, L. **Modelos preditivos de conforto térmico: quantificação de relações entre variáveis microclimáticas e de sensação térmica para avaliação e projeto de espaços abertos**. Tese de Doutorado. São Paulo, FAUUSP, 2008.

## AGRADECIMENTOS

Agradece-se à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo apoio financeiro.