



XIENCAC
ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO
NO AMBIENTE CONSTRUÍDO

VIIELACAC
ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO
NO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Búzios - RJ - 2011

CONTRIBUIÇÕES PARA O CONFORTO TÉRMICO URBANO: CARACTERIZAÇÃO DE ESPÉCIES ÁRBOREAS NA CIDADE DE SÃO CARLOS, SP

Ana Paula O. Favretto (1); Karin Maria S. Chvatal (2)

(1) Aluna de Arquitetura e Urbanismo, ana.favretto@gmail.com,

(2) Professora Doutora do Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, karin@sc.usp.br
Universidade de São Paulo, Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Av. Trabalhador São-carlense, 400 - Centro
13566-590 - São Carlos - SP, Tel.: (16) 3373-8600

RESUMO

O processo de criação e adensamento de aglomerados urbanos provoca alterações nos ciclos de funcionamento de todo o ecossistema, provocando entre outros problemas ambientais, a elevação da temperatura, tanto em escala global como local, formando as ilhas de calor. Diversos estudos mostram que a arborização urbana é uma forma eficiente na melhoria de microclimas, proporcionando melhores condições de conforto térmico e urbano. Este trabalho analisa a influência de árvores pertencentes a três espécies distintas, com base em dados obtidos por medições em campo das temperaturas do ar e de globo. São analisadas as espécies Jambolão (*Syzygium cumini* L.), Pau ferro (*Caesalpinia ferrea* var. *leiostachya*) e Pata de vaca (*Bauhinia variegata*), sendo as duas primeiras dispostas de forma isolada, e a terceira de forma agrupada, na cidade de São Carlos, SP. A metodologia utilizada baseia-se na proposta por Abreu (2008), em que são medidos alguns parâmetros ambientais em um ponto localizado à sombra e em pontos ao sol em distâncias de 10, 25 e 50 metros a partir do tronco da árvore. Os resultados indicam a influência das espécies na diferença entre as temperaturas à sombra e ao sol e se há diferenças significativas de acordo com a distância ao tronco.

Palavras-chave: arborização, conforto urbano, conforto térmico

ABSTRACT

The urbanization process changes the ecosystem, causing environmental problems, both globally and locally, like the urban heat islands. Several studies show that vegetation is an efficient way to improve urban microclimate, providing better thermal comfort. This work analyzes the influence of three distinct tree species, based on data obtained from field measurements: air and globe temperature. It analyzes the Jambolão (*Syzygium cumini* L.), Pau ferro (*Caesalpinia ferrea* var. *leiostachya*) and Pata de vaca (*Bauhinia variegata*), in the city of San Carlos, SP. The first two were isolated, and the third one was arranged in a group. The methodology is based on Abreu (2008), where the environmental parameters are measured both in the shade and under the sun, at distinct distances from the tree trunk (10, 25 and 50 meters). Results indicate the influence of the tree species on the temperature difference between the points in the shade and under the sun. They also show if there are significant differences among the temperature at distinct distances from the tree trunk.

Keywords: afforestation, urban comfort, thermal comfort,

1. INTRODUÇÃO

Segundo Lombardo (1985) espaços urbanos são expressivamente mais quentes que os rurais devido à formação de “ilhas de calor”. A formação destas “ilhas” está relacionada à impermeabilização do solo, elevada concentração de poluentes, à falta de umidade nos ambientes, aos materiais de acabamento empregados, e principalmente à falta de preocupação e cuidado com as áreas vegetadas (BUENO, 1988). Nos estudos realizados por Lombardo (1985) foi verificado que as altas temperaturas se davam em regiões marcadas por alta densidade demográfica, intenso crescimento vertical, e pouca quantidade de vegetação, enquanto que as regiões apresentando maior quantidade de espaços livres próximos a reservatórios de água ou com vegetação sofrem acentuada diminuição de temperatura. Isto devido à interferência das massas de água no balanço energético, pela elevada capacidade calorífica e pela evaporação, onde há consumo de calor latente.

Uma série de estudos evidencia, sob vários aspectos, que a arborização urbana é eficiente na melhoria do microclima das cidades. A vegetação se mostra eficiente entre outros aspectos em amenizar a incidência da radiação solar, interferir na umidade relativa do ar e criar microclimas com boas condições de conforto, porém, para que se potencializem os efeitos benéficos da vegetação na cidade, os projetos de áreas verdes devem levar em conta conhecimentos a respeito das “potencialidades climáticas” da vegetação, seja quanto à sua disposição como quanto às características físicas e fisiológicas.

De acordo com Givoni (1991; 1998), Spirm (1995), Honjo e Takakura (1990/91), Assis (1990) e Shinzato (2009), os efeitos proporcionados pela vegetação possuem caráter local, não apresentando significativa influência em regiões muito além dos limites das áreas vegetadas, sendo recomendando, portanto, sua distribuição pelas áreas de espaço construído. Shinzato (2009) observa ainda uma diferença média de 1,5°C entre a temperatura do ar nas áreas arborizadas e nas ruas adjacentes, e de 23°C entre as superfícies do solo sombreadas por árvores de copas densas ou expostas ao sol. Os resultados indicam que por evitar o aquecimento de materiais presentes nos solos da cidade, como o concreto e o asfalto, e a liberação de radiação de onda longa, a arborização é uma forma eficiente de amenizar as ilhas de calor nas cidades.

Ochoa e Manricic (2003) evidenciam a necessidade do conhecimento a respeito de quais elementos da paisagem urbana e quais fatores climáticos podem ser manipulados com o objetivo de proporcionar espaços externos que atendam às condições de conforto para o ser humano, e contribuam na poupança energética, gerando um meio urbano mais sustentável. A respeito do projeto de áreas externas, os autores apontam para uma usual desconsideração de forma quantitativa dos fatores relacionados à vegetação, uma vez que, de forma geral, os projetistas resolvem estas questões de maneira intuitiva, e apontam como possíveis causas deste modo projetual a falta de normas para reger a criação de espaços externos levando em consideração aspectos climáticos, a pouca ocorrência de conhecimentos físicos, geográficos e biológicos no currículo de arquitetos urbanistas e paisagistas e a forma não apropriada de disposição das informações a respeito do assunto, dificultando sua aplicação pelos profissionais de projeto. Ochoa e Manricic (2003) consideram a vegetação como um dos elementos com maior influência sobre o microclima de áreas externas, possuindo capacidade de filtrar, absorver e refletir a radiação solar eficientemente. Segundo os autores, a vegetação apresenta também papel importante na conservação da umidade e controle do vento. Para utilizar a vegetação na modificação e controle de microlimas, os autores defendem que deve-se dar atenção a algumas especificidades características de cada espécie vegetal.

Partindo do pressuposto de que diferentes espécies arbóreas se comportam de maneiras distintas, e buscando fornecer subsídios que auxiliem na seleção das espécies arbóreas para o plantio urbano, Bueno (1998) propõe uma metodologia de estudo e quantificação da atenuação solar desempenhada por diferentes espécies de árvores. O estudo se dá a partir da medição de parâmetros como umidade relativa, temperatura ambiente e de globo e radiação solar, realizadas simultaneamente ao sol e à sombra de indivíduos arbóreos. Posteriormente a autora ampliou seus estudos nesta linha de pesquisa aumentando o número de espécies avaliadas e verificando também a melhoria dos níveis de conforto no interior de salas de aula após a colocação, em seu exterior, de árvores adultas capazes de fornecer sombreamento às paredes externas das salas (BUENO-BARTHOLOMEI, 2003).

Dando continuidade a esta linha de pesquisa, Abreu (2008) propõe uma metodologia para avaliar o raio de influência de espécies arbóreas, tanto dispostas isoladamente como em agrupamentos. Parâmetros ambientais como temperaturas do ar e de globo, velocidade do vento e radiação solar incidente, foram medidos simultaneamente em diferentes distâncias determinadas a partir do tronco da árvore, sendo o primeiro ponto localizado em área sombreada enquanto os outros pontos são ensolarados.

Devido aos benefícios oriundos da vegetação e da necessidade de ampliar os conhecimentos adquiridos de modo a fornecer informações práticas para sua utilização pelos projetistas, nesta pesquisa efetuou-se um estudo similar a este último, na cidade de São Carlos/SP.

2. OBJETIVO

Esta pesquisa tem como objetivo principal avaliar a influência de três espécies arbóreas, Jambolão (*Syzygium cumini* L.), Pau ferro (*Caesalpinia ferrea* var. *leiostachya*) e Pata de vaca (*Bauhinia variegata*), nas temperatura do ar e de globo, tanto próximas à árvore, na sombra, quanto em variadas distâncias da mesma, ao sol.

3. MÉTODO

O método adotado nesta pesquisa é baseado em uma simplificação do proposto por Abreu (2008), para a avaliação do raio de influência da vegetação no microclima. Ele pode ser subdividido em quatro etapas: (i) seleção e caracterização dos indivíduos ou agrupamentos arbóreos, (ii) preparação do equipamento, (iii) coleta e (iv) análise dos dados.

3.1. Seleção e caracterização dos indivíduos ou agrupamentos arbóreos

Para a escolha das árvores e do agrupamento arbóreo analisados foi necessário buscar um equilíbrio entre três importantes fatores: a espécie arbórea, o entorno imediato e as condições físicas das árvores.

Espécie arbórea:

- Buscaram-se espécies apropriadas ao plantio urbano, e que preferencialmente já tivessem sido analisadas por Abreu (2008)

Entorno:

- Considerando-se que as árvores sofrem a influência de seu entorno, ambos os indivíduos e grupos escolhidos deveriam se encontrar nas mesmas condições de exposição local (tipos de edificações ao redor, pavimentação, cobertura vegetal e uso e ocupação do solo semelhantes). O piso devia ser uniforme, sem pavimentação e preferencialmente com vegetação rasteira. Não poderia haver interferência de outras árvores ou edificações.
- Ausência de obstruções que possam sombrear os pontos de medição a uma distância linear a partir do tronco da árvore de 50 m em alguma das direções dos quadrantes nordeste – norte - noroeste, para a disposição dos aparelhos em quatro pontos de medição
- O terreno deveria possuir topografia não muito acidentada.
- O local deveria ser seguro e com pouca interferência de terceiros.

Condições Físicas da árvore:

- Os indivíduos deveriam estar em idade adulta e em conformidade com as características morfológicas de sua espécie.

A tabela 1 apresenta as espécies, a forma de disposição, o local em que se encontram e a direção em que foram dispostos os equipamentos. A figura 1 apresenta fotografias dessas árvores.

Tabela 1. Árvores selecionadas para as medições

Espécie	Disposição	Local	Direção*
Pata de vaca (<i>Bauhinia variegata</i>)	Grupo	UFSCAR, São Carlos	0°
Jambolão (<i>Syzygium cumini</i> L.)	Isolada	UFSCAR, São Carlos	45°
Pau-ferro (<i>Caesalpinia ferrea</i> var. <i>leiostachya</i>)	Isolada	Condomínio residencial Damha I – São Carlos	20°

* Ângulo medido no sentido horário, a partir do norte.

Para a caracterização dos indivíduos e do agrupamento selecionados, adotou-se classificação semelhante à adotada por Abreu (2008), tendo sido levantados os seguintes dados: altura aproximada das árvores, do fuste, diâmetro e densidade da copa, índice de área foliar (IAF), diâmetro do tronco, comprimento e largura da folha, cor da folha e do tronco, rugosidade do tronco e informações ecológicas (perene, decídua, etc). Para a

obtenção do índice de área foliar (IAF) foram feitos registros fotográficos com uma lente olho de peixe abaixo da copa da árvore (Figura 2). As fotos foram tiradas na posição ortogonal a uma altura de 1,50 m do chão, segundo o método de TSUTSUMI ET AL. (2003). Para complementar a caracterização, incluiu-se também alguns dados de acordo com o proposto por Ochoa e Marincic (2003), subdivididos entre características estruturais (geometria e densidade da copa, razão largura/altura e disposição da folhagem) e fisiológicas (permanência da folhagem e adaptação ambiental: estresse hídrico, por vento e exposição solar). Além disso, o agrupamento também foi caracterizado segundo a classificação de PEIXOTO ET AL. (1995), de acordo com sua composição, densidade, forma, número de indivíduos e distância média entre eles.

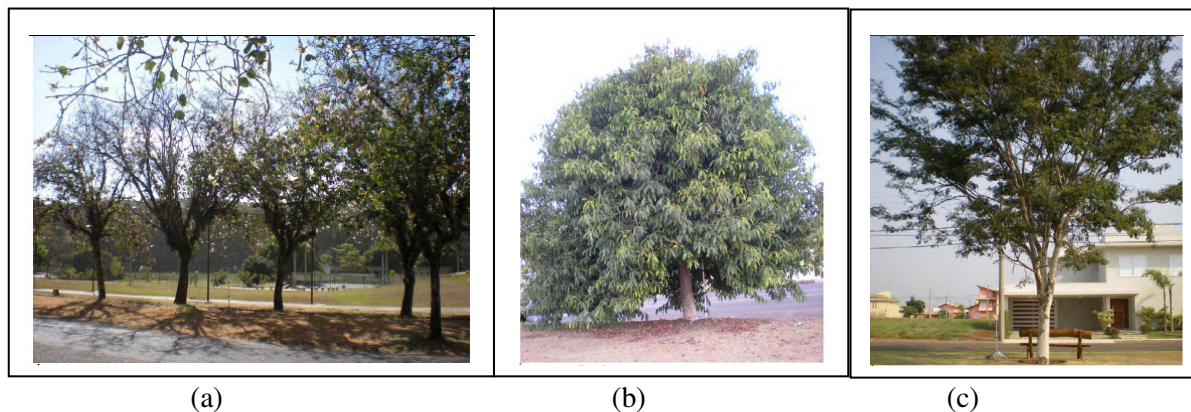


Figura 1. Espécies medidas. (a) Pata de vaca (*Bauhinia variegata*): agrupamento. (b) Jambolão (*Syzygium cumini* L.): indivíduo isolado. (c) Pau-ferro (*Caesalpinia ferrea* var. *leiostachya*): indivíduo isolado.



Figura 2. Foto tirada com a lente olho de peixe, para a obtenção do índice de área foliar (IAF). Jambolão (*Syzygium cumini* L.).

3.2. Equipamentos

Os parâmetros medidos foram a temperatura do ar e de globo. Para a medição da temperatura do ar foram utilizados registradores modelo H08-003-02, marca HOBO, sendo que para proteger cada um deles da radiação direta, foram utilizadas pequenas marmitas de alumínio, material de baixa emissividade, perfuradas de modo a permitir a passagem do ar. Para medir a temperatura de globo foram utilizados termômetros químicos, sendo acoplado um globo cinza a cada um deles.

Com estes equipamentos foram preparados quatro tripés, sendo fixados a cada um deles, por meio de uma haste de madeira, um termômetro e um registrador de temperatura, conforme observado na Figura .



Figura 3. Tripé com aparelhos 4

3.3. Coleta dos dados

Quatro tripés contendo os equipamentos foram posicionados, conforme apresentado pela Figura . Um tripé foi colocado sob a sombra da árvore e os outros três dispostos ao sol, em distâncias de 10m, 25m e 50m com relação ao tronco.



Figura 4. Posicionamento dos equipamentos de medição. Fonte: Abreu (2008)

As medições foram realizadas em um período de 8 horas, das 9:00 às 17:00 horas, durante três dias para cada espécie. A temperatura do ar foi registrada simultaneamente em todos os quatro pontos, em intervalos de 30 minutos. A temperatura de globo foi registrada por coleta manual a cada 2 horas, havendo uma diferença de aproximadamente 5 minutos entre os dados coletados em cada ponto.

A tabela 2 apresenta os dias nos quais foram efetuadas as medições, para cada espécie.

Tabela 2. Dias de medição para cada espécie (ano: 2010)

Espécie	Datas de medição
Pata de vaca (<i>Bauhinia variegata</i>)	11, 12 e 18 de julho
Jambolão (<i>Syzygium cumini</i> L.)	07, 08 e 09 de julho
Pau-ferro (<i>Caesalpinia ferrea</i> var. <i>leiostachya</i>)	13, 16 e 20 de agosto

3.4. Análise dos dados

A análise dos dados compreendeu a caracterização das condições climáticas locais e das espécies, e o cruzamento dessas informações com as temperaturas do ar e de globo medidas nos diferentes pontos ao sol (10, 25 e 50m) e à sombra. Para investigar a existência ou não de significância das variações entre esses pontos foram realizados testes estatísticos de comparação de médias, Teste de Tukey. Finalmente, os dados para a espécie Jambolão (*Syzygium cumini* L.) foram comparados com os obtidos anteriormente por Abreu (2008).

4. Resultados e discussão

4.1 Caracterização das espécies e das condições climáticas locais

Na tabela 3 tem-se um quadro-resumo com as características das árvores medidas, de acordo com as classificações adotadas e apresentadas em Método, tendo sido selecionadas apenas as mais importantes e essenciais para a análise dos resultados. O indivíduo Jambolão possui copa com alta densidade, sendo o com maior índice de área foliar (93,3%), se comparado ao agrupamento de Pata de Vaca (43,9%, densidade média) e ao Pau Ferro (41,2%, também com densidade média). É também o que apresenta maior relação largura/altura (1,26, contra 0,6 para a Pata de Vaca e 0,75 para o Pau Ferro).

Tabela 3. Quadro-resumo com as principais características das árvores medidas

	Pata de vaca (<i>Bauhinia variegata</i>)	Jambolão (<i>Syzygium cumini</i> L.)	Pau-ferro (<i>Caesalpinia ferrea</i> var. <i>leiostachya</i>)
altura aproximada da árvore (m)	9	4,93	11,5
diâmetro da copa (m)	6	6,20	8,7
densidade da copa	média	alta	média
índice de área foliar (%)	43,9%	93,3%	41,2%
Razão L/H (diâmetro da copa/ altura árvore)	0,6	1,26	0,75

Com relação às condições climáticas locais, São Carlos é uma cidade situada no interior do estado de São Paulo, a 22° lat. sul, e pertencente à Zona bioclimática 4, segundo a NBR 15220 (ABNT, 2005), com verões úmidos e invernos secos. A temperatura média do ar em fevereiro (mês mais quente) é igual a 21,9 °C, com amplitude térmica de 9,5 °C. No mês mais frio (julho), a temperatura média é de 16 °C, com amplitude de

10,7 °C (normais climatológicas retiradas do programa Analysis Bio (LABEEE, 2009).

A tabela 4 apresenta as temperaturas máximas, mínimas e médias do ar registradas na estação meteorológica do Laboratório de Construção Civil do IAU/USP/São Carlos, nos dias de medição. Devido a ausência de fontes para a obtenção de dados mais precisos sobre a radiação solar, as condições do céu foram observadas visualmente, e em todos os dias, o céu encontrava-se claro, praticamente ausente de nuvens. Os dias de medição encontram-se de acordo com as condições usuais no período (inverno), com temperaturas máximas variando de 21,5 a 28,1 °C.

Tabela 4. Temperaturas do ar registradas nos dias e períodos de medição (°C)

	Julho/ Jambolão (<i>Syzygium cumini</i> L.)			Julho/ Pata de vaca (<i>Bauhinia variegata</i>)			Agosto/ Pau-ferro (<i>Caesalpinia ferrea</i> var. <i>leiostachya</i>)		
dias	07	08	09	11	12	18	13	16	20
T ar mínima (°C)	18,7	19,1	20,8	19,3	21,2	19,2	20,1	11,5	19,3
T ar média (°C)	23,5	24,3	24,9	24,4	25,9	23,0	25,2	18,1	24,7
T ar máxima (°C)	25,7	26,3	26,8	26,9	28,1	25,6	27,6	21,5	27,5

* Valores referentes ao período entre 9:00 e 17:00 hrs.

4.2 Temperaturas do ar e de globo

Como já era esperado, a temperatura do ar à sombra foi sempre inferior à dos pontos ao sol (10, 25 e 50m), para todas as espécies analisadas. A figura 5 apresenta a diferença entre a temperatura do ar nesses três pontos em relação ao ponto sombreado, para o agrupamento de pata de vaca. No eixo Y tem-se o delta de temperatura e no eixo X, o período de medição (das 9:00 às 17:00 hrs), sendo que os valores em cada horário referem-se à média dos três dias de coleta de dados. Nota-se que a diferença entre a temperatura ao sol e à sombra chega a 3,7 °C para o ponto a 50 m da árvore, ao meio dia. A diferença mínima é 1,3 °C, correspondente ao ponto a 25 m, às 17:00 hrs.

Gráficos semelhantes ao da figura 5 foram obtidos para o jambolão e para o pau ferro. A tabela 5 sintetiza esses dados, apresentando as diferenças máximas, mínimas e médias entre as temperaturas do ar nos pontos ao sol e à sombra, para as três espécies. Essas diferenças foram obtidas a partir das diferenças para cada horário, como as expressas na figura 5, referentes à média para os três dias de medição.

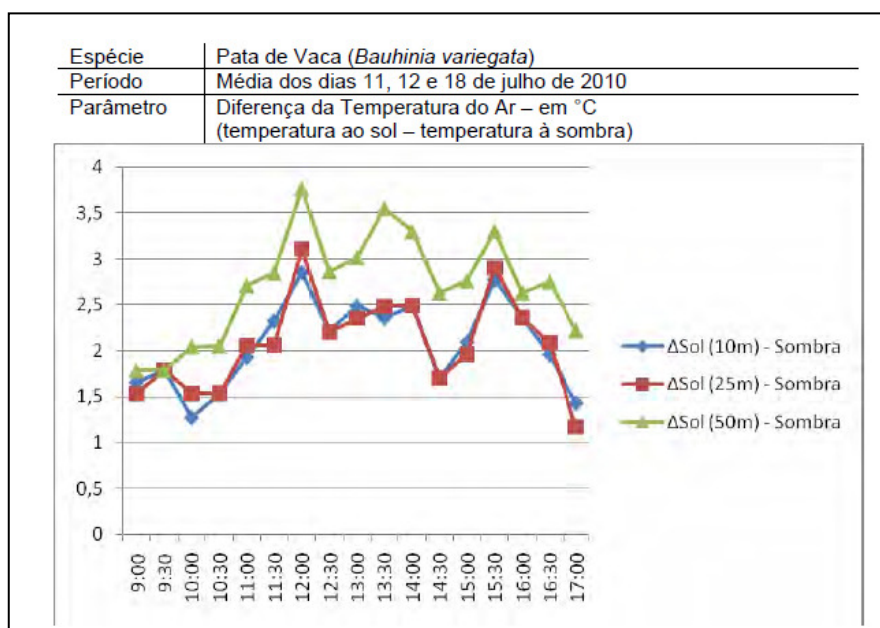


Figura 5. Diferença entre a temperatura do ar nos pontos a 50, 25 e 10m da árvore e no ponto sombreado (°C). Valores médios para os três dias de medição para o agrupamento de Pata de Vaca.

Tabela 5. Diferenças máximas, mínimas e médias entre as temperaturas do ar nos pontos ao sol e à sombra, para as três espécies (°C)

espécie	10 m – sombra (°C)			25 m – sombra (°C)			50 m – sombra (°C)		
	máx.	mín.	méd.	máx.	mín.	méd.	máx.	mín.	méd.
jamb.	3,4	0,8	2,5	3,3	0,8	2,4	4,2	0,8	3,0
pata vaca	2,8	1,3	2,1	3,1	1,5	2,1	3,7	1,8	2,7
pau ferro	3,1	0,9	2,2	3,0	0,7	2,1	3,4	0,6	2,5

Na tabela 5 nota-se que as maiores diferenças entre as temperaturas à sombra e ao sol referem-se ao Jambolão. Estas diferenças chegam a 4,2 °C (50 m) e são iguais, em média a 2,5 °C, para o ponto a 10 m. Essa espécie possui um alto índice de área foliar (IAF=93,3%), maior do que o dobro das outras (Pau Ferro e Pata de Vaca, 41,2 e 43,9%). Sua razão L/H é também aproximadamente o dobro das outras duas, configurando-a como uma árvore mais baixa e de copa mais larga, o que possivelmente também contribui para o seu melhor desempenho. Entre todas as espécies analisadas por Abreu (2008), esta foi também a que apresentou maior atenuação da radiação solar.

Em seguida, tem-se o agrupamento de Pata de Vaca e o Pau Ferro, que apresentam resultados muito próximos. Isso deve-se ao fato de que essas espécies possuem características muito semelhantes (IAF similares, 41,2 e 43,9%, e razões L/H próximas, 0,6 e 0,75).

Com relação à temperatura de globo, esta apresentou, para todas as espécies analisadas, como era esperado, valores à sombra inferiores aos encontrados nos pontos ao sol (10m, 25m e 50m) e seu padrão de comportamento com relação às espécies foi similar ao observado para a temperatura do ar.

4.3 Teste de Tukey

Na tabela 6 são apresentadas as respostas fornecidas pelo teste de Tukey em relação ao parâmetro ‘temperatura de globo’, onde se observa que o resultado foi idêntico para todas as espécies. Todos os pontos ao sol, quando comparados com o ponto à sombra, apresentam evidência, a 95% de confiança, para se rejeitar a hipótese de que a média da temperatura de globo seja a mesma. Ou seja, indicam “sim” na tabela, significando que a temperatura de globo em todos os pontos ao sol são significativamente diferentes do ponto à sombra. Como a temperatura de globo é uma medida indireta da intensidade de radiação solar incidente, esses resultados indicam a redução da radiação no ponto sombreado, em relação aos pontos no sol, para todas as espécies. Já quando se compara os três pontos ao sol, o teste de Tukey indicou que as temperaturas de globo não são significativamente diferentes, ou seja, não há diferença devido à distância em relação ao tronco para esse parâmetro.

Tabela 6. Resumo das respostas do teste de Tukey para o parâmetro temperatura de globo

De acordo com o teste de Tukey, existe evidência , a 95% de confiança, para rejeitar a hipótese de que a média da temperatura de globo seja a mesma? (ou seja, as temperaturas de globo são significativamente diferentes?)				
	Entre o ponto à sombra e à 10m	Entre o ponto à sombra e à 25m	Entre o ponto à sombra e à 50m	Entre os três pontos ao sol.
Todas as espécies	Sim	Sim	Sim	Não

As respostas fornecidas pelo teste de Tukey em relação ao parâmetro ‘temperatura do ar’ são dadas na tabela 7. Comparando-se os pontos ao sol e à sombra, o indivíduo Jambolão e o agrupamento Pata de Vaca apresentaram diferenças significativas, indicando o impacto causado pelos mesmos na temperatura do ar, nos pontos à sombra. O mesmo não aconteceu no indivíduo Pau Ferro, onde não foi observado esse impacto de redução da temperatura, sendo os pontos a 10 e a 25 m considerados significativamente iguais ao ponto à sombra. A Pata de Vaca e o Pau ferro haviam apresentado diferenças de temperatura muito similares (ver análise da Tabela 5), no entanto este resultado indica a influência do agrupamento na espécie Pata de Vaca, que apresenta por isso um desempenho superior em relação ao Pau ferro. Para todas as espécies, os três pontos ao sol não apresentam diferenças significativas entre si, indicando que não há diferença devido à distância em relação ao tronco da árvore, para esse parâmetro. Resultados similares foram obtidos por Abreu

(2008), ao comparar, através da mesma metodologia pontos nas distâncias de 2,5 a 15 m, para 5 espécies distintas, entre indivíduos isolados e agrupamentos, em Campinas/SP.

Tabela 7. Resumo das respostas fornecidas pelo teste de Tukey para o parâmetro temperatura do ar.

De acordo com o teste de Tukey, existe evidência , a 95% de confiança, para rejeitar a hipótese de que a média da temperatura do ar seja a mesma? (ou seja, as temperaturas do ar são significativamente diferentes?)				
	Entre o ponto à sombra e à 10m	Entre o ponto à sombra e à 25m	Entre o ponto à sombra e à 50m	Entre os três pontos ao sol
Jambolão <i>Syzygium cumini</i> L.	Sim	Sim	Sim	Não
Pata de vaca <i>Bauhinia variegata</i>	Sim	Sim	Sim	Não
Pau ferro <i>Caesalpinia ferrea</i> var. <i>leiostachya</i>	Não	Não	Sim	Não

4.4 Comparação com os dados obtidos por Abreu (2008)

A seguir são realizadas comparações entre os resultados aqui obtidos e os por Abreu (2008), em Campinas/SP, para o Jambolão (o único avaliado anteriormente e portanto, passível de comparação). A tabela 8 contém as características das árvores avaliadas. Os indivíduos, apesar de possuírem alturas distintas, possuem a razão L/H (diâmetro da copa/ altura da árvore) muito similar (1,16 e 1,24), bem como índices de área foliar também muito próximos (92,11 e 93,3%).

Tabela 8. Comparação de características dos indivíduos arbóreos da espécie Jambolão (*Syzygium cumini* L.) nesta pesquisa e na realizada por Abreu (2008)

Jambolão (<i>Syzygium cumini</i> L.)	Dados de Abreu 2008	Dados desta pesquisa
Índice de área foliar	92,11%	93,3%
Altura aproximada da árvore	8,0 m	5 m
Altura do fuste	1,75m	1,5
Diâmetro do tronco	43,0 cm	74 cm
Diâmetro da copa	9,27m	6,2 m
Dimensões da folha	C: 15 cm; L: 6 cm	C: 16 cm; L: 6 cm
Razão L/H	1,16	1,24

A figura 6 apresenta as médias da temperatura do ar para cada ponto, obtidas pelas duas pesquisas durante todos os dias de medição. Nota-se que os valores encontrados nesta pesquisa são sempre menores que os de Abreu (2008), além de ser maior a diferença entre a temperatura à sombra e nos pontos ensolarados. É provável que esta variação se deva a diferentes condições climáticas nos dias de medição.

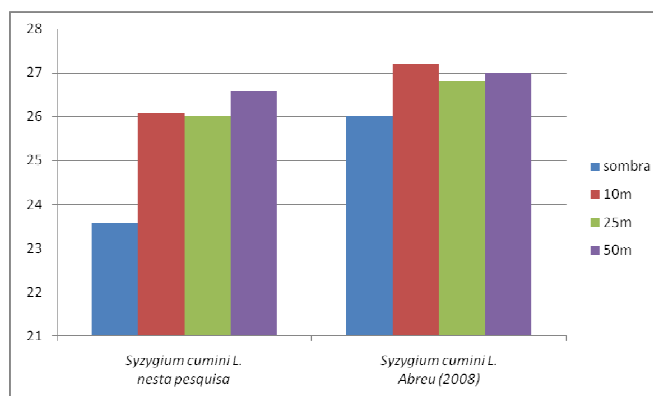


Figura 6. Gráfico de comparação das médias de temperatura do ar (°C) entre as árvores da espécie *Syzygium cumini* L. analisadas nesta pesquisa e em Abreu (2008)

O teste de Tukey, que efetivamente avalia se as diferenças entre as temperaturas é significativa ou não, apresentou o mesmo tipo de resultado para as duas pesquisas: (i) há diferença significativa para as

temperaturas do ar e de globo entre os pontos ao sol e à sombra, indicando a redução da temperatura do ar e a atenuação da radiação solar devido à árvore; (ii) não há diferença significativa para a temperaturas do ar entre os pontos ao sol, salientando-se que Abreu comparou as distâncias de 2,5 a 15 m (com variação de 2,5 em 2,5 m) e esta pesquisa comparou as distâncias de 10, 25 e 50 m.

5. CONCLUSÕES

A partir da pesquisa bibliográfica, constata-se que existe um número crescente de estudos a respeito do uso de vegetação no ambiente urbano, sendo que estes apontam uma série de benefícios como o sombreamento, a influência na temperatura e umidade do ar, a atenuação e reflexão da radiação solar, diminuição de gastos energéticos com mecanismos ativos de condicionamento de ar, capacidade de filtrar poluentes, interferência na velocidade dos ventos, benefícios para o solo e influência positiva no comportamento humano. Porém aponta-se uma necessidade de ampliar e trabalhar estes conhecimentos adquiridos por meio de estudos de modo a fornecer informações práticas para sua utilização pelos projetistas.

A respeito da caracterização das espécies arbóreas, as espécies estudadas foram o Jambolão (*Syzygium cumini* L.) e o Pau Ferro (*Caesalpinia ferrea* var. *leiostachya*), como indivíduos isolados, e a Pata de vaca (*Bauhinia variegata*), em agrupamento.

Os resultados do Teste de Tukey indicaram, para todas as espécies, a atenuação significativa da radiação solar devido ao sombreamento (indiretamente indicada através da comparação entre as temperaturas de globo à sombra e ao sol). Também o Jambolão (isolado) e a Pata de Vaca (agrupamento) apresentaram temperaturas do ar significativamente inferiores nos pontos situados próximos ao tronco, em relação aos pontos no sol. Já no Pau Ferro (isolado), não houve diferença significativa na temperatura do ar entre os pontos à sombra e ao sol. Observando-se as características das árvores medidas (índice de área foliar, densidade da copa e relação largura/altura), pôde-se inferir as razões para essas diferenças.

Com relação à distância ao tronco da árvore, nenhuma das medições indicou diferenças entre os pontos a 10, 25 e 50 m, mostrando que os parâmetros medidos não sofrem influência nessas distâncias. O mesmo tipo de resultado foi obtido por Abreu (2008), ao analisar a temperatura do ar em distâncias menores (de 2,5 a 15 m), na cidade de Campinas/SP, para cinco espécies (quatro isoladas e um agrupamento).

Os resultados encontrados para o Jambolão (o único anteriormente estudado e portanto, passível de comparação) foram similares aos anteriormente obtidos por Abreu (2008), o que pode ser um indicativo de seu comportamento. No entanto, é importante salientar que devido às limitações desta pesquisa, os resultados podem não representar o comportamento característico das espécies analisadas, sugerindo-se a ampliação dos estudos, através da comparação entre mais exemplares das mesmas espécies.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, L. V.; Avaliação da **escala de influência da vegetação no microclima por diferentes espécies arbóreas**. Campinas, SP, 2008. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, 2008.
- ASSIS, E. S. **Mecanismos de desenho urbano apropriado à atenuação da ilha de calor urbana**: análise de desempenho de áreas verdes em clima tropical. Rio de Janeiro, RJ, 1990. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1990.
- BUENO, C. L. **Estudo da atenuação da radiação solar incidente por diferentes espécies arbóreas**. Campinas, SP, 1998. 177f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, 1998.
- BUENO-BARTHOLOMEI, C. L. **Influência da vegetação no conforto térmico urbano e no ambiente construído**. Campinas, SP, 2003. Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, 2003.
- GIVONI, B. **Climate consideration in urban and building design**. New York: John Wiley & Sons, 1998.
- GIVONI, B. **Impact of planted areas on urban environmental quality** – a review. *Atmospheric Environment*, vol. 25, n. 3, p. 289-299, 1991.
- HONJO, T.; TAKAKURA, T. **Simulation of thermal effects of urban green areas on surroundings areas**. *Energy and Buildings*, Netherlands, n. 15-16, p. 435-442, 1990/91.
- LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFICAÇÕES, LABEEE. Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Civil. *Analysis Bio*, versão 2.1.5. 2009.
- LOMBARDO, M. **Ilha de calor nas metrópoles**. São Paulo: Hucitec, 1985.
- OCHOA, J.M.; MANRICIC, I. Característica del material vegetal útiles en el desinõ microclimático del paisaje urbano. In: ENCAC E COTEDI – ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUIDO E CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA SOBRE CONFORTO E DESEMPENHO ENERGÉTICO, 2003, Curitiba - PR. Anais... Curitiba: ANTAC, 2003. CD ROM
- PEIXOTO, C. M.; LABAKI, L. C.; SANTOS, R. F.; Conforto térmico nas cidades: avaliação de efeitos da arborização no controle da radiação solar. In: ENTAC – ENCONTRO NACIONAL SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUIDO, 1995, Rio de Janeiro, RJ. Anais... Rio de Janeiro, RJ: ANTAC, 1995. p. 629-634.

SHINZATO, P. **O impacto da vegetação nos microclimas urbanos**. São Paulo, SP, 2009. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, 2009. Disponível em: <http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetalheObraForm.do?select_action=&co_obra=138190> Acesso em: 05 jan. 2010.

SPIRN, A. W. **O jardim de granito**: a natureza no desenho da cidade. São Paulo: EDUSP, 345 p. 1995.

TSUTSUMI, J. G.; ISHII, A.; KATAYAMA, T. Quantity of plants and its effect on local air temperature in a urban area. In: ICUC5 2003 (FIFTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON URBAN CLIMATE, 1-5), 5., 2003, Lotz, Polland. Proceedings... Lotz, Polland: ICUC, 2006. Disponível em: <http://www.geo.uni.lodz.pl/~icuc5/text/indexCD.pdf>. Acesso em: 17 jan. 2010.

AGRADECIMENTOS

Esta pesquisa de iniciação científica foi financiada pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP). As autoras agradecem à Prof. Dra. Lucila Chebel Labaki e à pesquisadora Loyde Abreu Vieira pela colaboração e auxílio na aplicação da metodologia na pesquisa. Ao Obadias P. Silva Jr., Daniel Celente e José Renato Dibbo pelo auxílio na preparação e confecção de instrumentos utilizados na pesquisa. À Profa. Dra. Luciana Bongiovanni Schenk, Ana Paula Castral, Lavínia Casali e Claudinei Aparecido Giroto pelo auxílio e colaboração quanto à caracterização das espécies arbóreas. E ao Matheus Dorival Leonardo Bonbonato Menes pela realização dos testes estatísticos.