



XIENCAC
ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO
NO AMBIENTE CONSTRUÍDO

VIIELACAC
ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO
NO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Búzios - RJ - 2011

AS ÁRVORES E A MITIGAÇÃO DA TEMPERATURA DO AR: QUAL A EXTENSÃO DE SUA INFLUÊNCIA?

Loyde V. Abreu (1); Lucila C. Labaki (2)

(1) Arquiteta, Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, loydeabreu@gmail.com
(2) Dra., Professor do Departamento de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, lucila@fec.unicamp.br
Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil Arquitetura e urbanismo, Departamento de Arquitetura e Construção, Cx Postal 6021, Campinas –SP, 13084-971, Tel. (19) 35212384

RESUMO

É conhecido o papel da vegetação na mitigação do calor gerado no ambiente urbano e na redução do consumo energético para refrigeração dos edifícios. Visto que as espécies arbóreas se comportam de maneiras distintas no microclima urbano, objetivou-se avaliar a mitigação da temperatura do ar em diferentes distâncias em relação ao tronco de árvores isoladas. As espécies avaliadas foram Ipê-Amarelo (*Tabebuia chrysotricha* (Mart. ex DC.) Stand.), Jacarandá (*Jacaranda mimosaeifolia* D. Don.), Jambolão (*Syzygium cumini* L.), Mangueira (*Mangifera indica* L.), Pinheiro (*Pinus palustris* L.), Pinheiro (*Pinus coulteri* L.), Mirindiba-bagre (*Lafoensia glyptocarpa* L.), Sibipiruna (*Caesalpinia peltophoroides* B.), Espatódea (*Spathodea campanulata* P.Beauv.), Tipuana (*Tipuana tipu* (Benth.) K.). A temperatura do ar foi coletada em diferentes raios – 2,5m, 10m, 25m e 50m – e também, em dois períodos diferentes – inverno e verão –, durante os anos de 2007 a 2010, na cidade de Campinas - SP. Nas duas estações, a maioria das espécies analisadas exerceu uma grande influencia na mitigação da temperatura do ar, em um raio de 10m. E ainda, as espécies como Ipê-Amarelo (*Tabebuia chrysotricha* (Mart. ex DC.) Stand.) e Sibipiruna (*Caesalpinia peltophoroides* B.) obtiveram importantes resultados no raio de 25m, durante o verão. A avaliação da mitigação da temperatura do ar é capaz de quantificar os benefícios que uma árvore isolada e prováveis melhorias no microclima urbano, além de ser um dado importante para planejamento urbano, que visa à sustentabilidade das cidades.

Palavras chave: vegetação e clima, temperatura do ar, ilhas de calor

ABSTRACT

It is a well known fact the role of vegetation in mitigating the heat generated in the urban environment and in reducing the energy consumed in Building for cooling. As the different tree species behave in different ways in urban microclimate and this relation is linear, the aim is the evaluation of air temperature mitigation in different distances from tree trunk. The following tree species were analyzed: Ipê-Amarelo (*Tabebuia chrysotricha* (Mart. ex DC.) Stand.), Jacarandá (*Jacaranda mimosaeifolia* D. Don.), Jambolão (*Syzygium cumini* L.), Mangueira (*Mangifera indica* L.), Pinheiro (*Pinus palustris* L.), Pinheiro (*Pinus coulteri* L.), Mirindiba-bagre (*Lafoensia glyptocarpa* L.), Sibipiruna (*Caesalpinia peltophoroides* B.), Espatódea (*Spathodea campanulata* P.Beauv.), Tipuana (*Tipuana tipu* (Benth.) K.). Air temperature data was collected in different radius – 2,5m, 10m, 25m e 50m – and also two periods – summer and winter – from 2007 to 2010 in Campinas - SP. In both seasons, the most part of the trees species show the best influence in air temperature mitigation at a distance of 10m In addition, species like Ipê-Amarelo (*Tabebuia chrysotricha* (Mart. ex DC.) Stand.) and Sibipiruna (*Caesalpinia peltophoroides* B.) get significant results at 25m radius during the summer. The behavior's characterization of tree species, as well as the quantification of the comfort conditions in the urban areas allow important information to obtain related environmental parameters to quantify the necessary amount of arboreal individuals for the thermoregulation's work efficiency. The evaluation of air temperature mitigation can quantify the single tree benefits to improve the urban microclimate, besides to being an important data for sustainable urban planning.

Keywords: vegetation and climate, air temperature, heat island

1. INTRODUÇÃO

O superaquecimento em ambientes externos de cidades situadas entre os trópicos inibem as pessoas de exercerem atividades ao ar livre (AHMED; 2002) e ainda, aumentam os gastos energéticos com a climatização de ambientes internos. O trabalho de termoregulação, propiciada pela vegetação, contribui para criação de espaços com temperaturas mais amenas dentro do ambiente urbano, efeito chamado de “o fenômeno do oásis”, ou seja, o valor da redução da temperatura é relacionado ao contrapeso da energia total da área, mas, em geral, o oásis é caracterizado pela relação de Bowen, sensibilidade aos fluxos latentes do calor (Santamouris, 2001; Matzarakis et al., 2010). Esse fenômeno é facilmente percebido em ambientes externos, tais como, ruas ou praças arborizadas, mas também pode se estender até o interior de edificações que tem suas fachadas sombreadas pela copa das árvores. Logo, a vegetação e suas diversas aplicações para melhoria do conforto térmico no ambiente construído têm sido constantemente estudadas nos últimos anos, tanto no Brasil, como no exterior (Santamouris, 2001; Ahmed, 2002; Bueno-Bartholomei, 2003; Pezzuto, 2007; Romero, 2008). Porém são poucas as pesquisas que trazem dados quantitativos em relação à temperatura atenuada pela vegetação.

A vegetação que pode proporcionar sombra é capaz de auxiliar na diminuição da temperatura, a partir do consumo de calor latente por evaporação (OKE, 1978). Sendo assim, pode-se destacar a importância da capacidade de produção de sombra e, também, a interceptação da luz e do calor da radiação solar pelas árvores, pois essas características estão estreitamente relacionadas com o conforto ambiental (MILANO, 1994, CAVALHEIRO, 1994).

Para constatar esse efeito benéfico das árvores em ambientes externos, Giridharan *et al.* (2006) analisou a temperatura em 8 locais públicos e 9 locais privados na região costeira de Hong Kong e verificou que houve redução da 1°C a 0,5°C onde havia vegetação. Assim também, Moreno (2006) verificou a colaboração positiva da arborização em bairro de autoconstrução, onde indivíduos arbóreos isolados atenuaram a temperatura do ar em até 5°C. Logo, em ambientes internos, Bueno-Bartholomei (2003) constatou uma redução de 1,5 °C da temperatura do ar no interior de uma sala de aula após o sombreamento da fachada de um edifício escolar.

Em outros estudos qualitativos e comparativos entre diferentes espécies arbóreas, Bueno (1998) avaliou a atenuação da temperatura do ar através da copa de diferentes espécies arbóreas nas quais pode se destacar a contribuição da espécie Sibipiruna (*Caesalpinia peltophoroides* B.). Posteriormente, Ayres, Targa e Peixoto (2005) observaram que essa mesma espécie foi capaz de atenuar a temperatura do ar em 0,96 °C.

2. OBJETIVO

Esse trabalho tem como objetivo avaliar a mitigação da temperatura do ar em diferentes distâncias em relação ao tronco de árvores isoladas e ainda, caracterizar e comparar o raio de influência de diferentes espécies arbóreas isoladas.

3. METODOLOGIA

Esse trabalho avalia o raio de influência da mitigação da temperatura do ar em diferentes distâncias a partir de dados coletados “*in loco*” durante os anos de 2007 a 2010. Para o desenvolvimento deste estudo, foi necessário caracterizar o clima local, selecionar as escalas de medição, os indivíduos arbóreos e os locais de medição, levantamento dos parâmetros ambientais. Este procedimento será detalhado a seguir.

3.1 Características do Clima Local

Campinas está localizada a 22°48'57"S, 47°03'33"W e com altitude de 640m. O clima da cidade é do tipo Cwa, segundo a classificação Köppen, ou seja, Tropical de Altitude, apresentando um verão quente e úmido e um inverno seco e frio (KOTTEK et al. 2006). A média anual da temperatura do ar de 22,3 °C, índice pluviométrico anual de 1411 mm, com a predominância de chuvas nos meses de novembro a março e períodos de estiagem de 30 a 60 dias nos meses de julho e agosto. O período de verão, quando as temperaturas máximas variam entre 28,5 °C e 30,5 °C, e as temperaturas mínimas variam entre 18,1 °C e 19,9 °C correspondem aos meses de novembro a abril. O período de inverno, com temperaturas máximas variando entre 24,8 °C e 29,1 °C e as temperaturas mínimas entre 11,3 °C e 13,8 °C correspondem aos meses de junho, julho e agosto. Como o município tem um verão mais longo que o inverno, então existe uma predominância

da estação quente (LAMOTTA e LABAKI, 2009).

3.2 Seleção das Escalas

As escalas adotadas nesta pesquisa foram microclimática e instantânea, que permitem avaliar as condições de tempo e sua influência no entorno imediato em dias com poucas nuvens no céu (BUENO, 1998; BUENO-BARTHOLOMEI, 2003). A escala microclimática avalia o grau de influência “*in loco*” de diferentes indivíduos arbóreos, sob um determinado tipo de solo, na atenuação da radiação solar e da variação da temperatura do ar e de globo e da umidade relativa do ar (PEREIRA, ANGELOCCI e SENTELHAS; 2002).

3.3 Seleção das espécies arbóreas e dos locais de medição

As espécies arbóreas selecionadas foram aquelas mais comumente encontradas nos centros urbanos da região de Campinas, SP. Os indivíduos arbóreos selecionados estão em idade adulta e de acordo com as características morfológicas de cada espécie, conforme Lorenzi (2002; 2003).

Na escolha dos locais de medição são considerados: fatores físicos relacionados ao meio e as espécies selecionadas, simultaneamente. Quanto à disposição desses indivíduos arbóreos, são observados os seguintes fatores: ausência de sombra de edificações ou outras árvores; topografia do terreno não muito acidentada; uniformidade das condições em torno das árvores; relacionada à ausência de pavimentação e construções próximas; padronização da superfície nos pontos de medição. Além disso, o local deve ser acessível e, ao mesmo tempo, seguro, pois restringe a interferência de terceiros nos equipamentos.

As espécies arbóreas selecionadas foram: Ipê-Amarelo (*Tabebuia chrysotricha* (Mart. ex DC.) Stand.) , Jacarandá (*Jacaranda mimosaeifolia* D. Don.), Jambolão (*Syzygium cumini* L.), Mangueira (*Mangifera indica* L.), Pinheiro (*Pinus palustris* L.), Pinheiro (*Pinus coulteri* L.), Mirindiba-bagre (*Lafoensia glyptocarpa* L.), Sibipiruna (*Caesalpinia peltophoroides* B.), Espatódea (*Spathodea campanulata* P.Beauv.), Tipuana (*Tipuana tipu* (Benth.) K.), tabela 1 e figura 1. Os indivíduos arbóreos se encontram dentro do perímetro urbano da cidade de Campinas, SP, em três lugares diferentes: Campus da Universidade Estadual de Campinas, figura 2, Fazenda Rio das Pedras (Hípica), figura 3, e Loteamento Alphaville Campinas Empresarial, figura 4.

Tabela 1 – Espécies selecionadas, locais e período de medição

ESPÉCIES	LOCALIZAÇÃO	PERÍODO
1. IPE- AMARELO (<i>Tabebuia chrysotricha</i> (Mart. ex DC.)Stand.)	UNICAMP	Inverno e Verão
2. JACARANDÁ (<i>Jacarandá mimosaeifolia</i> D.Don.)	UNICAMP	Inverno
3. JAMBOLÃO (<i>Syzygium cumini</i> L.)	UNICAMP	Inverno e Verão
4. MANGUEIRA (<i>Mangifera indica</i> L.)	UNICAMP	Inverno e Verão
5. SIBIPIRUNA (<i>Caesalpinia peltophoroides</i> B.)	Rio das Pedras	Inverno e Verão
6. ESPATÓDEA (<i>Spathodea campanulata</i> P.Beauv.)	Rio das Pedras	Inverno
7. TIPUANA (<i>Tipuana tipu</i> (Benth.) K.)	Rio das Pedras	Verão
8. MIRINDIBA-BAGRE (<i>Lafoensia glyptocarpa</i> K.)	Rio das Pedras	Inverno
9. PINHEIRO (<i>Pinus palustris</i> L.)	Alpha Ville	Verão e Inverno
10. PINHEIRO (<i>Pinus coulteri</i> L.)	Alpha Ville	Verão e inverno

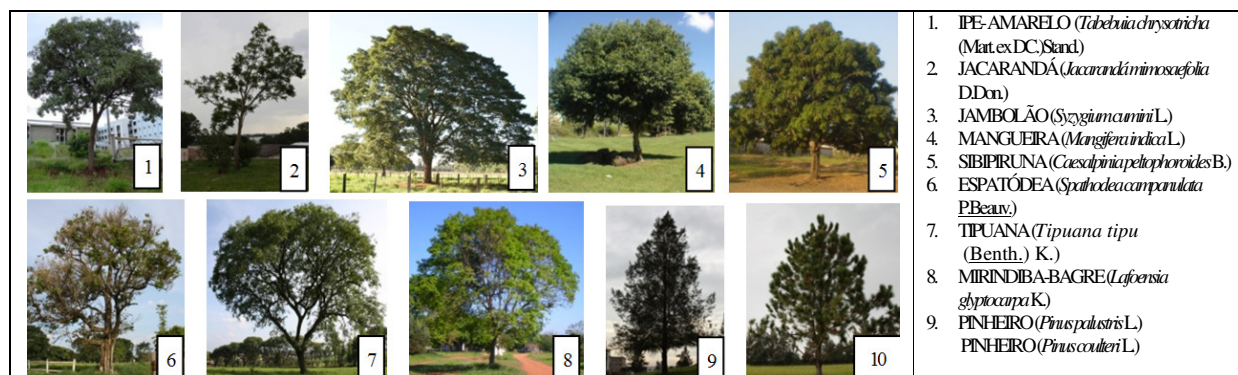


Figura 1 – Indivíduos arbóreos selecionados

Os indivíduos arbóreos analisados possuem características específicas segundo a sua espécie, nas quais podemos destacar as peculiaridades da copa, tronco e folhas. As características da copa observadas foram do perfil – altura, permeabilidade e forma (figura 5) -, em planta – densidade e diâmetro – e a fenologia. Foram observadas, também, as características do tronco, tais como rugosidade, cor, diâmetro altura do peito (DAP), o tipo de tronco (figura 6), ramificação do tronco – altura do fuste, tipo de eixo. E ainda, as características das folhas (figura 7), ou seja, tipo, forma, dimensões (altura e largura) e cor. As tabelas 2 e 3 apresentam as características dos indivíduos analisados segundo a espécie.



Figura 5 – Forma da Copa

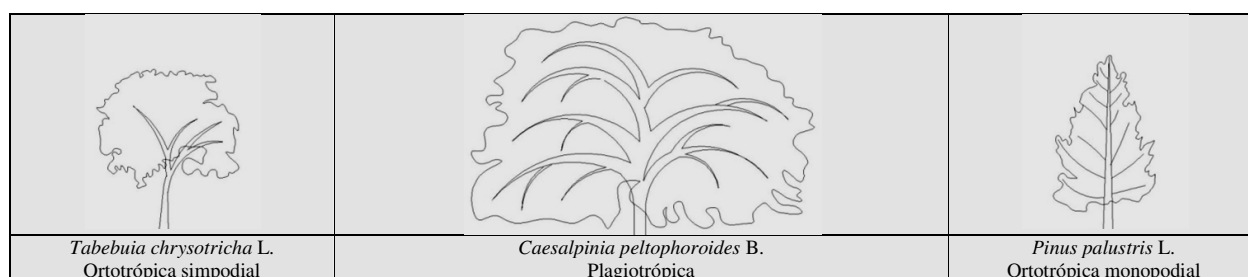


Figura 6 – Tipos de tronco

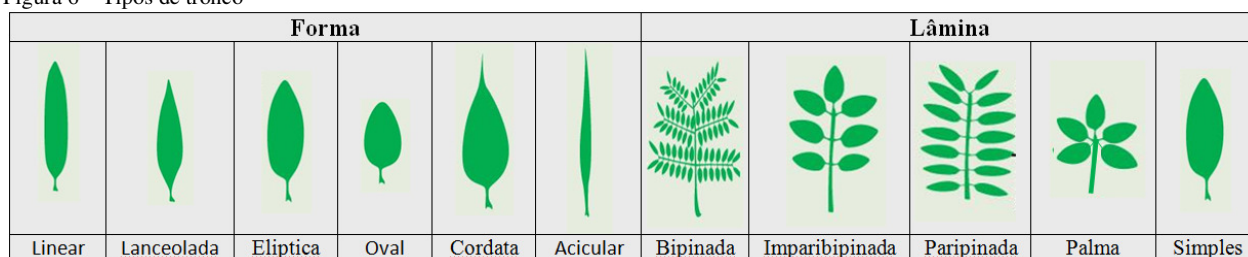


Figura 7 – Característica da Folha

Tabela 2 – Características de 5 espécies arbóreas analisadas

CARACTERÍSTICAS ARBÓREAS			ESPÉCIES ARBÓREAS				
			<i>Tabebuia chrysotricha</i>	<i>Caesalpinia peltophoroides</i>	<i>Jacarandá mimosaeifolia</i>	<i>Pinus palustris</i>	<i>Pinus coulteri</i>
C O P A	Perfil	Altura (m)	8.31	11.2	7.77	9.15	6.5
		Permeabilidade	Media	Media	Maxima	Media	Media
		Forma	Globo	Elipitica	Asimetrica	Triangular	Triangular
	planta	Densidade	Media	Maxima	Pequena	Media	Media
		Diametro	7.12	16.15	6.2	4.85	4.95
Fenologia		Decidua	Semi-decidua	Semi-decidua	Semi-decidua	Semi-decidua	
T R O N C O	Rugosidade		Alta	Media	Pouca	Alta	Media
	Cor		Cinza	Cinza	Cinza	Marrom escuro	Marrom escuro
	DAP (Diâm. Alt. Peito)		0.34	0.578	0.54	0.43	0.38
	Tipo		Ortotropica simpodial	Plagiotropica	Ortotropica simpodial	Ortotropica monopodial	Ortotropica monopodial
	Ramificação	Altura fuste	3.11	2.93	2.9	1.54	1.35
Eixo		Agudo	Horizontal	Agudo	Vertical	Vertical	
F O L H A	Lamina		Palma	Bipinada	Imparibipinada	Simples	Palma
	Forma		Oval	Linear	Lanceolada	Acicular	Acicular
	Altura (m)		0.058	0.008	0.004	0,07	0,09
	Lagura (m)		0.07	0.0015	0.0014	0,001	0,002
	Cor		Verde Claro	Verde médio	Verde claro	Verde escuro	Verde escuro

Tabela 3 – Características das outras 5 arbóreas analisadas

CARACTERÍSTICAS ARBÓREAS			ESPÉCIES ARBÓREAS				
			<i>Spathodea campanulata</i>	<i>Tipuana tipu</i>	<i>Lafoensia glyptocarpa</i>	<i>Syzygium cumini</i>	<i>Mangifera indica</i>
C O P A	perfil	Altura (m)	8.85	13.45	6.45	8.01	8.49
		Permeabilidade	Media	Media	Media	pequena	pequena
		Forma	Globo	Elipítica	Globo	Semi-Eliptica	Semi-Eliptica
	planta	Densidade	Media	Media	Media	Maxima	Maxima
		Diâmetro	7.3	14.9	7.3	9.27	8.52
Fenologia			Semi-decidua	Semi-decidua	Semi-decidua	Perene	Perene
T R O N C O	Rugosidade		Media	Alta	Media	Media	Pouca
	Cor		Marrom escuro	Marrom	Cinza	Marrom	Marrom
	Diâmetro		0.55	0.63	0.32	0.43	0.48
	Tipo		ortotópica simpodial	Plagiotópica	Plagiotópica	Plagiotópica	Plagiotópica
	Ran ifi ca ção	Altura Fuste	2.2	2.87	1.3	1.75	1.7
Eixo		Agudo	Horizontal	Agudo	Horizontal	Caído	
F O L H A	Lamina		Imparibipinada	Imparibipinada	Paripinada	Simples	Palma
	Forma		Cordata	Eliptica	Cordata	Eliptica	Lanceolada
	Altura (m)		0.06	0.03	0.064	0.06	0.05
	Largura (m)		0.13	0.015	0.045	0.15	0.3
	Cor		Verde Escuro e brilhante	Verde Escuro e brilhante	Verde Escuro e brilhante	Verde Escuro e brilhante	Verde Escuro e brilhante

3.4 Levantamento dos Parâmetros Ambientais

Para levantar os parâmetros ambientais, foram utilizados registradores de temperatura e umidade relativa do ar, modelo Testo 175, protegido da radiação, acoplados a um tripé na altura de 1,5m, conforme figura 8 e 9.



Figura 8 – Registrador modelo Testo 175

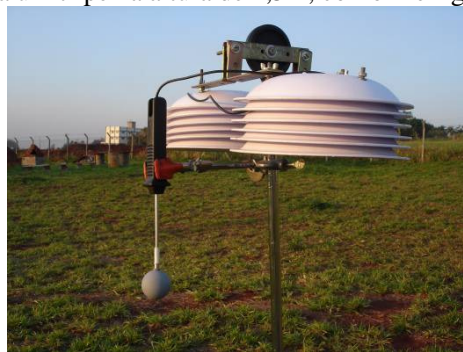


Figura 9 – Registradores acoplados ao tripé

Os tripés foram colocados em quatro posições fixas – à sombra a 2,5m e ao sol a 10m, 25m e 50m do tronco da árvore – conforme a figura 10. Salienta-se que os tripés devem ser orientados para o norte evitando sombreamento da própria árvore estudada ao longo do dia, conforme a localização dos equipamentos dos indivíduos arbóreos isolados, conforme a figura 11. E ainda, durante a localização dos pontos de medição, considerou-se para análise um quadrante de estudo com cobertura vegetal, grama ou capim, com altura máxima de 15 cm e livre de obstáculos.

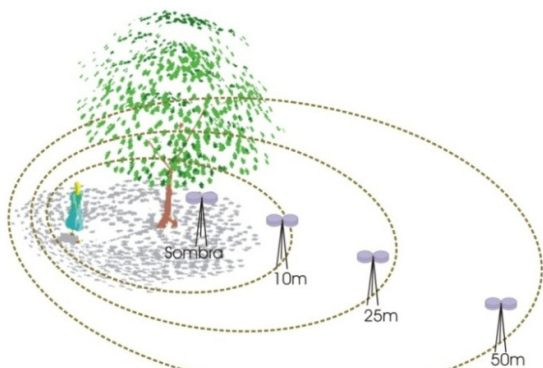


Figura 10 – Posicionamento dos tripés com registradores

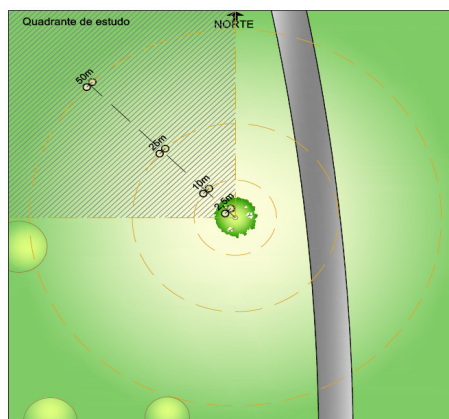


Figura 11 – Orientação dos registradores

Os dados foram registrados de dez em dez minutos por um período de 12 horas, das 6h às 18h, durante 3 dias típicos, ou seja, sem e/ou poucas nuvens no céu ao longo do ano, verão e inverno. Os levantamentos dos parâmetros ambientais foram realizados durante os anos de 2007 a 2010.

3.5 Tratamento dos Dados

Para calcular o raio de influência da mitigação da temperatura do ar, utilizou-se a seguinte fórmula:

$$T_{mit} = \frac{(T_{sol} - T_{sombra})}{T_{sol}} \times 100 \quad \text{Equação 1}$$

Onde, T_{mit} é Temperatura do ar mitigada; T_{sol} é a temperatura do ar ao sol, T_{sombra} é a temperatura do ar a sombra.

Foram consideradas como temperatura do ar ao sol a média daquelas coletadas pelos tripés posicionados à 10m, 25m e 50m do tronco da árvore e temperatura do ar à sombra à 2,5m. Para cada espécie foi calculada a temperatura mitigada ao longo do dia, de 10 em 10 minutos e ainda a média diária.

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

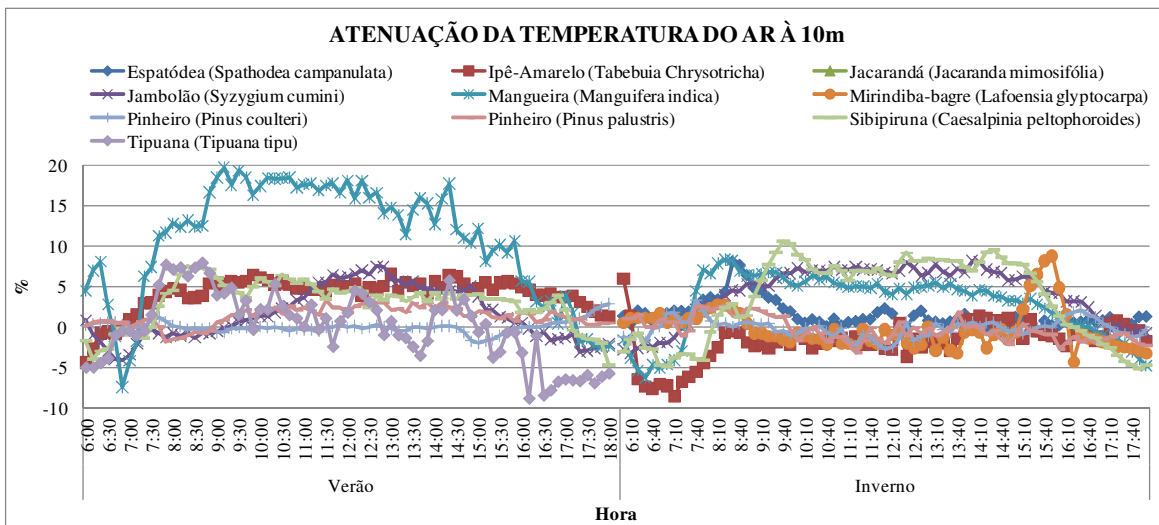


Figura 12 – Comparação da Atenuação da Temperatura do ar a 10 m para as árvores verão e no inverno

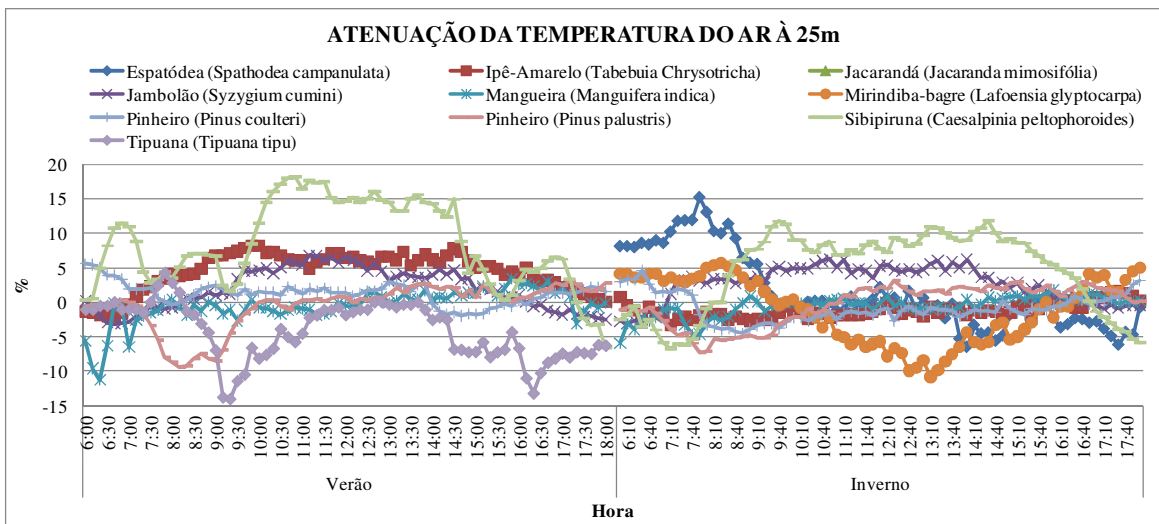


Figura 13 – Comparação da Atenuação da Temperatura do ar a 25 m para as árvores no verão e no inverno

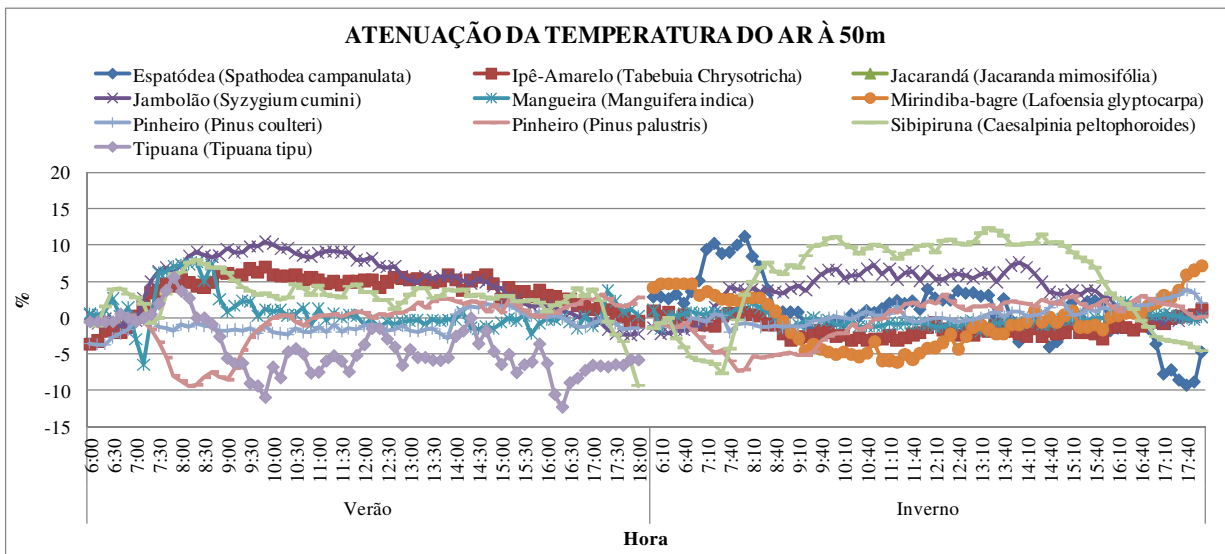


Figura 14 – Comparação da Atenuação da Temperatura do ar a 50 m para as árvores no verão e no inverno

Acima, foram apresentados os resultados obtidos nesta pesquisa. Todos os gráficos são referentes à temperatura do ar mitigada ao longo do dia pelas diferentes espécies arbóreas analisadas. Os dados foram agrupados segundo o período verão e inverno. As figuras 12, 13 e 14 apresentaram os resultados de mitigação da temperatura do ar ao longo do dia, no verão e no inverno, das espécies arbóreas analisadas a 10m, 25m e 50m, respectivamente. A figura 15 mostra os resultados da média diária da percentagem da temperatura do ar mitigada no verão e no inverno.

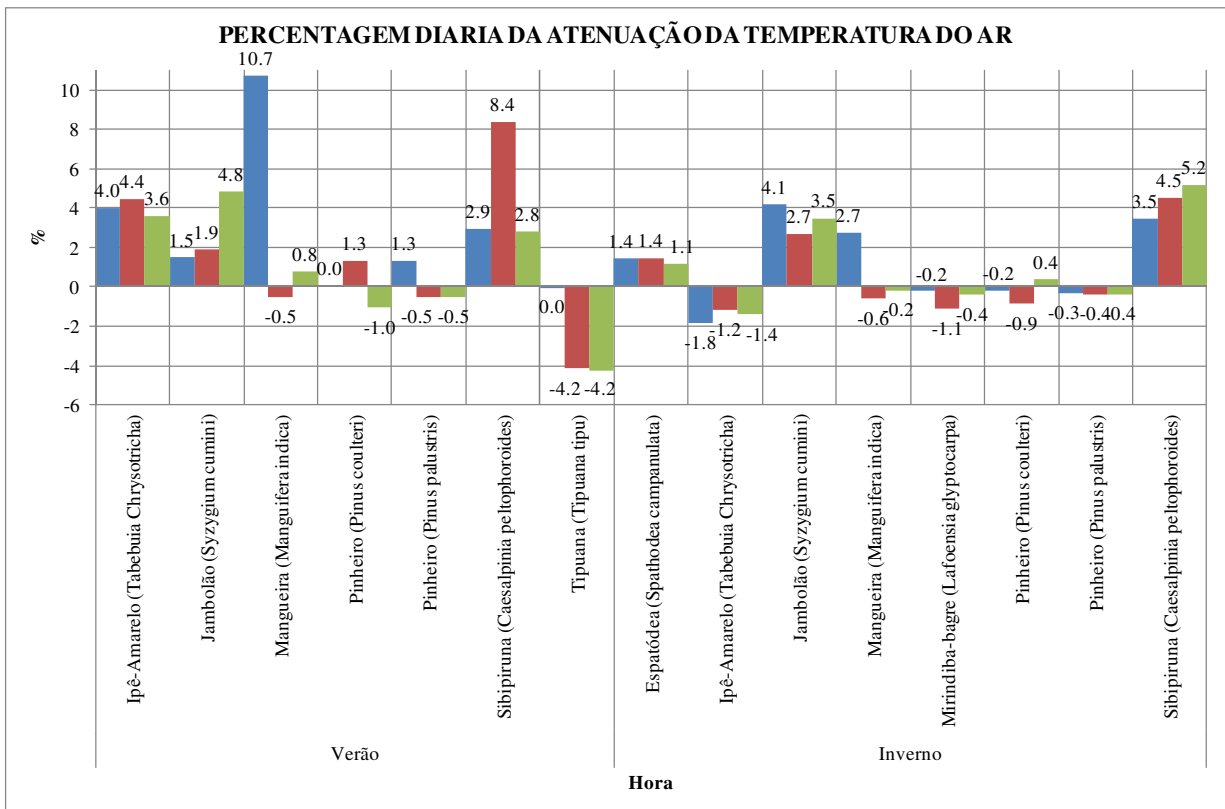


Figura 15 – Percentagem de Temperatura do ar mitigada em diferentes distâncias no verão

No verão, as espécies que mais atenuaram a temperatura do ar a 10m foram a Mangueira (*Mangifera indica* L.) e Ipe-Amarelo (*Tabebuia chrysotricha* (Mart. ex DC.) Stand.), a 25m, Sibipiruna (*Caesalpinia peltophoroides* B.) e Ipe-Amarelo (*Tabebuia chrysotricha* (Mart. ex DC.) Stand.), e a 50m, Jambolão (*Syzygium cumini* L.) e Ipe-Amarelo (*Tabebuia chrysotricha* (Mart. ex DC.) Stand.).

No inverno, as espécies que mais contribuíram para o decréscimo da temperatura do ar em todas as distâncias, 10m, 25m e 50m foram Jambolão (*Syzygium cumini* L.) e Sibipiruna (*Caesalpinia peltophoroides* B.).

Observou-se que as espécies arbóreas que obtiveram os melhores resultados possuem características semelhantes, tais como forma, permeabilidade, densidade da copa, tipo de caule e ainda, tipo de lâmina e dimensão da folha. Sendo assim, pode-se considerar que espécies com forma da copa elíptica ou semi-elíptica e caule plagiotrópico, encontradas nas espécies Sibipiruna (*Caesalpinia peltophoroides* B.), espécies Jambolão (*Syzygium cumini* L.) e Mangueira (*Mangifera indica* L.), possuem mais capacidade de atenuar a temperatura do ar. Além disso, as espécies arbóreas com folhas menores e bipinadas como Sibipiruna (*Caesalpinia peltophoroides* B.) são capazes de intensificar a capacidade de mitigação da temperatura do ar.

A maioria das árvores analisadas exerceu maior influência no decréscimo da temperatura do ar ao longo do dia, principalmente no período das 8h até às 16h, em todas as distâncias, assim também, houve maior redução da temperatura diária na distância de 10 m. Esses resultados indicam a grande relação entre a atenuação da radiação solar pela copa das árvores. Salienta-se que a copa das árvores tem a capacidade de atenuar a radiação solar e, conseqüentemente, reduzir os ganhos térmicos. Portanto, as árvores com copa densa tais como Sibipiruna (*Caesalpinia peltophoroides* B.), espécies Jambolão (*Syzygium cumini* L.), Mangueira (*Mangifera indica* L.) e Ipe-Amarelo (*Tabebuia chrysotricha* (Mart. ex DC.) Stand.) – no verão –, conseguiram mitigar a temperatura do ar do que as outras espécies analisadas. Esses resultados confirmam as pesquisas de Bueno (1998), Ayres, Targa e Peixoto (2005), Abreu e Labaki (2010).

5. CONCLUSÕES

As peculiaridades das espécies arbóreas são capazes de influenciar na atenuação da temperatura do ar em diferentes distâncias e, conseqüentemente, melhorar o conforto térmico de ambientes internos e externos em cidades de clima Tropical de Altitude. As características de diferentes espécies arbóreas, tais como densidade e formato de copa, tipo de tronco e lamina e tamanho das folhas, estabelecem uma relação linear entre comportamento peculiar das diferentes espécies arbóreas e o micro-clima.

A densidade de copa foi a característica mais importante observada nos resultados obtidos na distância de 10 m, pois está com a produção de sombra e, conseqüentemente, na atenuação da temperatura do ar. Já a forma de copa (semi) elíptica e o tronco plagiotrópico, presente nas espécies Sibipiruna (*Caesalpinia peltophoroides* B.), espécies Jambolão (*Syzygium cumini* L.), Mangueira (*Mangifera indica* L.), contribuem no aumento da área sombreada pelo indivíduo arbóreo. E ainda, a permeabilidade da copa, a folha pequena e bipinadas, presente na espécie Sibipiruna (*Caesalpinia peltophoroides* B.), permite que a copa da árvore seja ventilada, melhorando as condições de conforto térmico.

Já as árvores com folhas palmadas e de tamanho médio, como do Jambolão (*Syzygium cumini* L.) e Ipe-Amarelo (*Tabebuia chrysotricha* (Mart. ex DC.) Stand.), possuem uma copa muito densa e um trabalho eficiente de redução da temperatura do ar. Salienta-se que se deve observar a fenologia arbórea, pois isso interfere na produção de sombra ao longo do ano e, conseqüentemente, na temperatura do ar e conforto térmico.

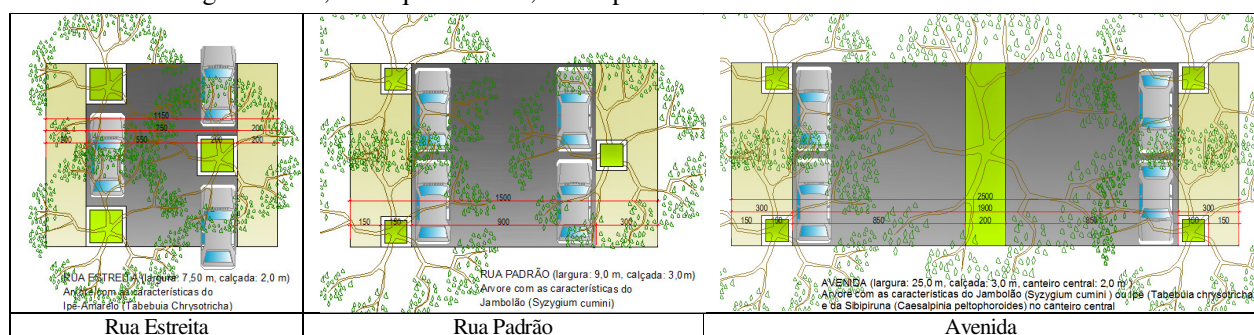


Figura 16 – Diretrizes urbanas de implantação de árvores nas vias urbanas

O manejo de árvores para melhoria do micro-clima nas cidades ocorre de duas maneiras dentro da malha urbana: dentro do lote, sombreando uma fachada; e nas ruas, sombreando o passeio e os carros. Apesar dos conflitos das árvores e os fios de alta tensão, as pragas e as podas drásticas e com o próprio desenho urbano, que nem sempre prevê os canteiros para as árvores, o plantio de árvores é uma forma prática e sustentável de atenuar a temperatura do ar, combatendo as ilhas de calor e ainda melhorando o conforto térmico em ambientes externos. A rua e a avenida ideais em cidades tropicais deveriam ser quase que totalmente sombreada por árvores, porém com uma árvore proporcional ao tamanho da rua, figura 16.

Para isso, os arquitetos e urbanistas, bem como planejadores do ambiente construído, deveriam estabelecer diretrizes para a criação de canteiros específicos para o plantio de árvores de grande porte nas calçadas e canteiros centrais das avenidas, invés de substituírem as árvores urbanas por arbustos incapazes de produzir sombra. Além disso, a modificação do sistema de tradicional de energia para rede compacta ou subterrânea evitaria as podas drásticas da copa das árvores e, conseqüentemente, aumenta a área sombreada pelas árvores e combatendo as ilhas de calor.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AYRES, M. C. R. ; TARGA, L. A. ; PEIXOTO, P.P.P. . Influencia do sombreamento natural da sibipiruna (*Caesalpinia peltophoroides*) na temperatura de edificações. **Energia na Agricultura**, Botucatu/SP, v. 20, n. 1, p. 62-76, 2005.
- AHMED, K. S., Comfort in urban spaces: defining the boundaries of outdoor thermal comfort for the tropical urban environments. **Energy and Buildings**, v. 35, p. 103-110, 2003.
- BUENO-BARTHOLOMEI, C. L., Influência da vegetação no conforto térmico urbano e no ambiente construído. Campinas, SP, 2003. 189 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Campinas.
- BUENO, C. L., Estudo da atenuação da radiação solar incidente por diferentes espécies arbóreas. Campinas, SP, 1998. 177 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Campinas.
- CANTO, A.C.; SILVA, S. E. L.; Comportamento de espécies florestais em povoamento puro na região de Manaus-AM. **Ciências Agrárias - UA**, Manaus, AM, v. 3, p. 37-48, 1994.
- GIRIDHARAN, R.; LAU, S. S. Y.; GANESAN, S.; GIVONI, B.; Impact of on-site variables on the influence of vegetation in lowering outdoor temperature in High-rise high-density environments. In: PLEA2006 - CONFERENCE ON PASSIVE AND LOW ENERGY ARCHITECTURE, 23., 2006, Geneva, Switzerland. **Proceeding...** Switzerland, 2006. Disponível em: <<http://www.unige.ch/cuepe/html/plea2006/proceedings.php>> Acesso em: julho de 2007.
- KOTTEK, M., J. GRIESER, C. BECK, B. RUDOLF, AND F. RUBEL, 2006: World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. **Meteorologische Zeitschrift** 3, 2006, Vol. 15, pp. 259-263.
- MATZARAKIS, A., 2010: Assessment of Weather and Climate for Tourism and Health in the Alps. Bayerische Akademie der Wissenschaften (ed.), Metropolises and "their" Alps. FORUM ALPNUM, Munich, German. **Proceedings...** Forum Alpinum, 2010. CD ROM
- MILANO, M. S.; Métodos de Amostragem para avaliação de Arborização de Ruas. In: II CONGRESSO BRASILEIRO DE ARBORIZAÇÃO URBANA, V ENCONTRO NACIONAL SOBRE ARBORIZAÇÃO URBANA, São Luiz, Brasil. **Anais...** Sociedade Brasileira de Arborização Urbana, 1994.
- MORENO, M. M.; Parâmetros para implantação efetiva de áreas verdes em bairros periféricos de baixa densidade. Campinas, SP, 2006. 155 p. Dissertação (mestrado). Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas.
- PEZZUTO, C. C.; LABAKI, L. C., Conforto térmico em espaços urbanos abertos: avaliação em áreas de fluxo de pedestres. In: IX ENCONTRO NACIONAL DE E V LATINO AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUIDO, Ouro Preto, Brasil. **Anais...** ANTAC, 2007. CD ROM.
- ROMERO, M. A. B.; ANDRADE, L. M. S. ; FARIA, A. A. . Bioclimatics strategies and principles of the sustainable construction in the recovery center of degraded areas of the University of Brasilia Brazil. In: PLEA 2008 - CONFERENCE ON PASSIVE AND LOW ENERGY ARCHITECTURE, 25, 2008, Dublin, Irland. **Proceedings...** PLEA 2008.
- SANTAMOURIS, M. Ed., **Energy and climate in the urban environment**. Londres, James & James, 2001. 402p.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPESP pelo apoio financeiro e bolsa para o desenvolvimento desta pesquisa e também ao taxonomista Prof. Dr. Jorge Tamashiro do Instituto de Biologia da Unicamp e aos técnicos Obadias P. da Silva e Daniel Celente, do Laboratório de Conforto Ambiental e Física da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da UNICAMP.