

COMPARAÇÃO DE MÉTODOS DE CONFORTO TÉRMICO EM AMBIENTES EXTERNOS PARA AVALIAÇÃO DO RAIOS DE INFLUÊNCIA DE ESPÉCIE ARBÓREA DECÍDUA

Loyde Vieira de Abreu (1); Lucila Chebel Labaki (2)

(1) Arquiteta e urbanista, Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, loyde@fec.unicam.br

(2) Doutora, Professora do Departamento de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, lucila@fec.unicamp.br

Universidade Estadual de Campinas, Departamento de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Área de Arquitetura e Construção, Caixa Postal 6021, Campinas – SP, CEP 13083-970, FAX +55 (19) 3521-2422

RESUMO

As espécies arbóreas decíduas comportam-se de maneiras diferentes ao longo do ano, sombreando no verão e aquecendo no inverno. Esta característica de termorreguladora do ambiente de uma árvore pode ser mais bem aproveitada quando se é realizada uma avaliação da contribuição no conforto térmico por esse indivíduo arbóreo. Existem muitos índices de avaliação de conforto térmico utilizados em diversas pesquisas empíricas com resultados importantes, mas poucos estudos são, de fato, adaptados a realidade brasileira. O objetivo desse trabalho é avaliar a influência de um indivíduo arbóreo, ipê-amarelo (*Tabebuia chrysotricha*) em diferentes distâncias a partir dos índices PMV, PET, SET e o gráfico de conforto proposto por MORENO (2006), a fim de levantar as potencialidades e limitações de cada método, bem como o método que melhor se aplica ao clima de Campinas-SP. A metodologia adotada consiste: a) seleção da espécie arbórea e levantamento do local de medição; b) levantamento dos parâmetros ambientais: temperatura do ar, temperatura de globo, umidade relativa do ar, velocidade do vento e temperatura da superfície horizontal; c) inserção dos dados coletados no gráfico para zona de conforto térmico proposta por Moreno para ambientes externos em clima tropical de altitude e cálculo do PMV, PET através do *software Rayman*. Os resultados mostram que em todos os índices de conforto o desempenho de conforto térmico da espécie ao longo do ano depende da arquitetura da copa, variando conforme o tipo de cobertura vegetal. Na situação sem folhas e com flores, o método de Moreno e o índice PMV adaptado para ambientes externos são aqueles que mais se aproximam da realidade de Campinas – SP. Já na situação com folhas, o índice PET e o método de Moreno respondem melhor a avaliação de conforto em ambientes externos. O levantamento das principais potencialidades e limitações para cada método é uma importante ferramenta para pesquisas voltadas a avaliação de dados de conforto térmico em ambientes externos que visam à utilização de um modelo mais aplicado a realidade brasileira. Esses resultados são importantes para arquitetos, urbanistas, planejadores ambientais, que se preocupam com a avaliação do melhor método que responda as suas necessidades reais do ambiente.

Palavras-chave: Conforto térmico em ambientes externos, Arborização Urbana, Conforto e clima

ABSTRACT

Deciduous trees present different behavior in urban microclimate and provide different conditions of thermal comfort. This feature of the environment thermoregulating of a tree can be better exploited when an assessment is made of the contribution in thermal comfort for the individual crown. There are many indices for evaluating thermal comfort used in several empirical research with significant results, but few studies are, in fact, adapted to Brazilian reality. The objective of this study is to evaluate the influence of an individual tree, ipê-amarelo (*Tabebuia chrysotricha*) at different distances from the index PMV, PET and results of data collection in the chart of thermal comfort for external environments in subtropical climate, proposed by Moreno, 2006. Methodology: a) choice of the measurement site and tree specie, b) survey of environmental

parameters: air temperature, globe temperature, air relative humidity, wind speed and horizontal surface temperature; c) insertion of data collected in the chart of thermal comfort for external environments in subtropical climate, proposed by Moreno, 2006, and calculat PMV and PET by software Rayman. In leafless and flowers, the method of Moreno and PMV index adapted for external environments are those that most closely match the reality of Campinas - SP. In leaves, the rate and method of PET Moreno respond better assessment of comfort in the outdoors. The survey of the main strengths and limitations of each method and an important tool for research aimed at evaluating the data of thermal comfort in external environments that aim to use more of a model applied to the Brazilian reality. Results show that the performance of the species during the year depends on foliar architecture. These results are important for urban design professionals.

Keywords: thermal comfort, vegetation and climate, urban forest

1. INTRODUÇÃO

O aumento da concentração da população nos centros urbanos proporciona o aumento da circulação de veículos automotores, as áreas verdes são reduzidas para a abertura de vias e, conseqüentemente, a temperatura do ar aumenta, a umidade relativa do ar diminui, provocando um grande desconforto térmico. Várias pesquisas comprovaram que a vegetação atua sobre o microclima urbano, contribuindo para o controle da radiação solar, temperatura e umidade do ar e ação dos ventos, (SANTAMOURIS, 2001; BUENO-BARTHOLOMEI, 2003; PEZZUTO et al., 2005; MORENO et al., 2006; ABREU et al., 2008). O uso de indivíduos arbóreos varia conforme o tipo, porte, idade, período do ano, formas de disposição nos recintos urbanos, (LABAKI et al, 1996; ABBUD, 2006).

Segundo Abbud (2006), o principal elemento de criação do espaço paisagístico é o volume, o formato de sua massa e seu cheio. Uma árvore de uma espécie decídua, como Ipê-amarelo (*Tabebuia chrysotricha*), é capaz de proporcionar espaços diferentes ao longo das estações – sombreados no verão e ensolarados no inverno. Ou seja, a densidade da folha delimita e restringe o espaço, enquanto a ausência das folhas amplia o espaço, sendo que em ambos os casos, proporciona condições de conforto conforme a época do ano. Muitos autores vêm avaliando a contribuição das árvores no conforto térmico com metodologias diversas (BUENO-BARTHOLOMEI, 2003; MORENO, 2007; ABREU, 2008; GOYETT-PERNOT et al., 2008). Spangenberg et al. (2008) simulou o conforto térmico proporcionado pela vegetação no ambiente urbano através do modelo numérico Envi-met e calculou a Temperatura Psicológica Equivalente (PET).

Dentro do panorama brasileiro, Monteiro e Alluci (2007) destacam a importância do estabelecimento de uma base empírica mais significativa, que possibilite de interpretação cruzada dos dados obtidos em diferentes pesquisas, para um adequado mapeamento das relações entre microclimas e usuários nas diferentes regiões do país. Lois e Labaki (2001) fizeram uma revisão sobre os métodos conforto térmica em espaços externos, dando ênfase para os seguintes modelos e índices: ITS, KMM, MEMI, PET, T_{ne} e TS. Katzschner *et al.* (1999) comparou o conforto térmico em áreas urbanas de Salvador utilizando o PMV, o PET e o SET, e ressaltando que os valores utilizados foram todos estabelecidos para pessoas européias. Moreno (2007) propõe um gráfico tridimensional para análise de conforto em clima subtropical de altitude baseado no cruzamento de parâmetros ambientais - temperatura do ar, umidade e velocidade do vento - e entrevistas com usuários.

Este trabalho é uma continuidade ao estudo sobre a influência da vegetação no conforto térmico urbano e no ambiente construído de Abreu (2008), financiado pela FAPESP. Assim como este estudo, a atual pesquisa faz parte do projeto FAPESP, conforto térmico em cidades: efeito da arborização no controle da radiação, desenvolvido por Labaki e Santos (1996).

2. OBJETIVO

Este artigo tem como objetivo comparar os índices: PMV (Voto médio estimado) de Fanger (1970), PET (Temperatura Psicológica Equivalente), calculados pelo modelo *Rayman*, e os resultados obtidos através dos gráficos gerados da carta bioclimática para clima subtropical de altitude desenvolvida por Moreno (2006), para a avaliação de conforto térmico proporcionado pela uma espécie decídua Ipê-amarelo (*tabebuia Chrysotricha*) em diferentes distâncias. Assim também, levantar as dificuldades e benefícios de cada método, e verificar qual metodologia melhor se aplicam ao clima de subtropical de altitude, região de Campinas-SP.

O artigo apresenta, ainda, a metodologia de coleta dos parâmetros ambientais e a forma de análise dos dados, na seção 2; os modelos de análise dos dados, na seção 3; um estudo comparativo dos diferentes modelos aplicados, na seção 4; e, na seção 5, a conclusão o trabalho.

3. METODOLOGIA DE COLETA DE DADOS

3.1 Escolha da espécie arbórea

A espécie analisada foi a *Tabebuia Chrysotricha* (Ipê-Amarelo) por ser comumente encontrada na cidade de Campinas, SP. Os indivíduos arbóreos selecionados encontram-se em idade adulta e seguindo as características morfológicas da espécie, (LORENZI 2002; 2003). Estão dispostos numa área livre de interferência de elementos externos tais como outras árvores e edificações e situados em locais onde a topografia é pouco acidentada, bem como livre de superfícies pavimentadas. Neste estudo, foram avaliados dois indivíduos arbóreos da mesma espécie situados dentro do campus da Unicamp.

3.2 Levantamentos dos Parâmetros Ambientais

Os equipamentos foram fixados a um tripé a na altura de 1,50m, figura 01: um registrador de temperatura e umidade, modelo Testo 175, protegido da radiação; um sensor de temperatura, modelo Testo 175-T2, e um sensor de temperatura de globo modelo Testo 0613 1711; um anemômetro/termômetro digital Testo 445 com sensor 0635-1549 acoplado a um tripé, figura 02. Os dados foram registrados de dez em dez minutos.



Figura 01 – Registradores acoplados ao tripé



Figura 02 – Anemômetro acoplado ao tripé

Os parâmetros ambientais coletados do indivíduo arbóreo foram: temperatura do ar, temperatura de globo, umidade do ar, velocidade do vento e temperatura da superfície horizontal, em 4 posições fixas - à sombra, e ao sol a 10m, 25m e 50m do tronco da árvore (figura 03).

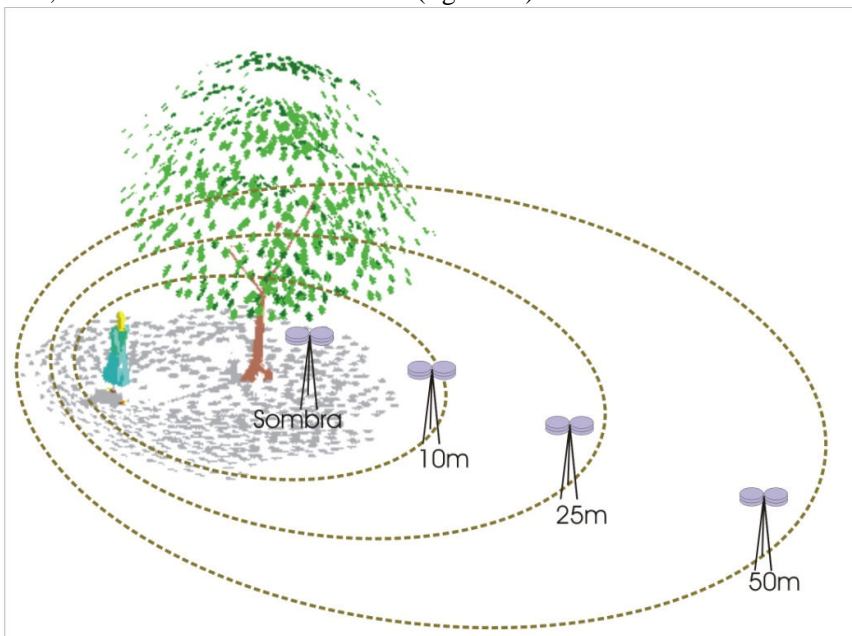


Figura 03: Posicionamento dos tripés com registradores.

As medições foram realizadas em três situações: com folhas, sem folhas e com flores, (figura 04). O período de medição é de três dias típicos, ou seja, dias com predominância de sol e ausência de chuvas.

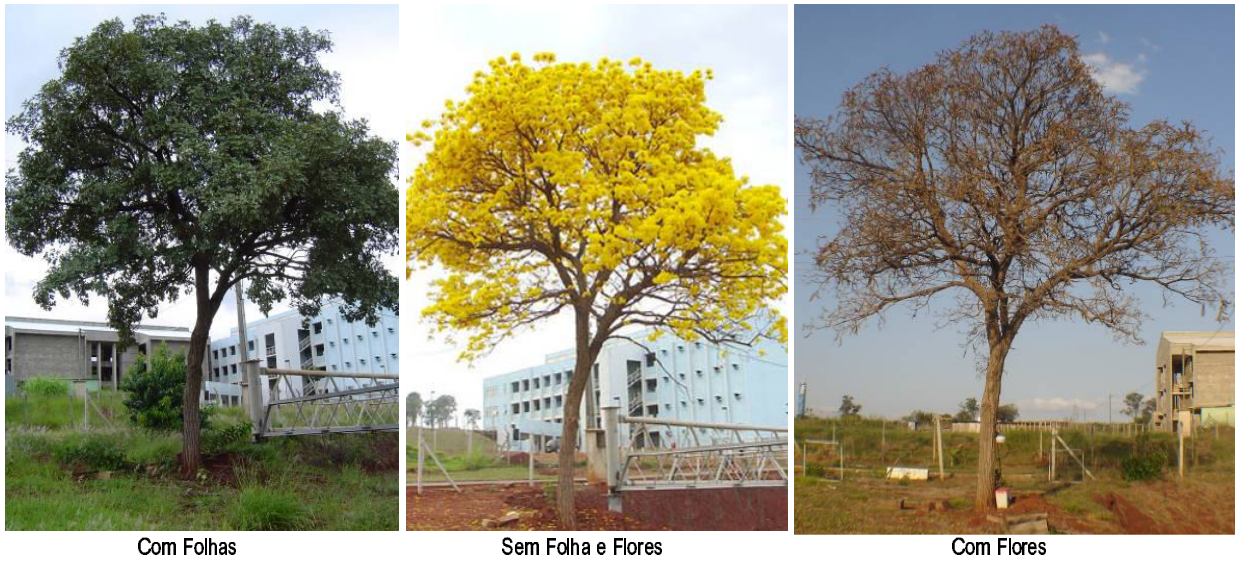


Figura 04 - Indivíduo arbóreo analisado: *Tabebuia chryso-tricha* (Ipê- amarelo)

4. ANÁLISE DE CONFORTO EM AMBIENTES EXTERNOS

Os dados coletados foram manipulados por 3 formas diferentes –Voto médio estimado (PMV) de Fanger (1972), Temperatura equivalente fisiológica (PET) de Höppe (1999) e Carta bioclimática para clima subtropical de Altitude de Moreno (2006). Através do *software Rayman 1.2* foi possível calcular os índices: SET*, PMV e PET. Para a inserção do dados na carta bioclimática para clima subtropical de Altitude de Moreno (2006), utilizou-se os *software AutoCad 2007* e *CorelDraw 11*. Para comparação das metodologias, serão consideradas as horas de conforto proporcionado por cada metodologia.

4.1 Voto Médio Estimado (PMV)

O Modelo do Voto Médio Estimado (PMV) de Fanger (1972) consiste em um método de predição das sensações térmicas analíticas de conforto, baseado no modelo de balanço térmico que considera todo o calor produzido pelo organismo através das atividades a ser dissipado no ambiente. Esse índice indica o nível de esforço do organismo para manter o balanço energético do corpo humano. O modelo matemático desse balanço, aliado ao tratamento estatístico da opinião de pessoas submetidas a ambientes controlados (Fanger, 1972), gerou a equação 02, expressão analítica do índice, conforme a Norma ISO 7730/94.

$$PMV = (0,303e^{-0,36M} + 0,028) \{ (M-W) - 3,05 \cdot 10^{-3} [5733 - 6,99(M-W) - p_a] - 0,42 \cdot [(M-W) - 58,15] - 1,7 \cdot 10^{-5} \cdot M(5867 - p_a) - 0,0014M(34 - t_a) - 3,96 \cdot 10^{-8} f_{cl} [(t_{cl} + 273)^4 - t_r + 273]^4 \} - f_{cl} h_c (t_{cl} - t_a) \quad (01)$$

Sendo:

PMV = voto médio predito (adimensional);

M = energia metabólica (W/m²);

W = trabalho externo (W/m²);

p_a = pressão parcial de vapor d'água (Pascal);

t_a = temperatura de bulbo seco (0C);

I_{cl} = resistência térmica da roupa ((m² 0C)/W);

f_{cl} = relação entre as área superficiais do corpo vestido e do corpo nu (adimensional);

t_{cl} = temperatura da superfície das vestes (0C);

t_r = temperatura radiante média (0C) e

h_c = coeficiente de convecção (W/(m² 0C)).

A temperatura da superfície das vestes é dada por:

$$T_{cl} = 35,6 - 0,028(M-W) - I_{cl} \{ 3,9 \cdot 10^{-8} \cdot f_{cl} \cdot [(t_{cl} + 273)^4 - (t_r + 273)^4] + f_{cl} \cdot h_c (t_{cl} - t_a) \} \quad (02)$$

O resultado da equação acima indica a sensação térmica das pessoas e é representada pela escala seguinte (tabela 01):

Tabela 01 – Sensação térmica correspondente ao índice PMV

Muito Frio	Levemente Frio	Frio	Confortável	Levemente Quente	Quente	Muito Quente
-3	-2	-1	0	1	2	3

4.2 Temperatura equivalente fisiológica (PET)

A temperatura equivalente fisiológica (PET) é definida como a temperatura do ar, na qual numa situação típica, o balanço térmico do corpo humano é equilibrado com as temperaturas do centro do corpo e da pele iguais às da situação avaliada.

A estimativa do clima de referencia interno é definido por:

- Temperatura radiante média igual a temperatura do ar: $t_{rm}=t_{ar}$
- Velocidade do ar: $v = 0,1\text{m/s}$
- Pressão parcial de vapor de água do ar: $p_v = 12\text{hPa}$ (aproximadamente a umidade relativa do ar de 50% e a $t_{ar}=20^\circ\text{C}$).

Os parâmetros de referencia para os indivíduos estabelecidos foram:

- Metabolismo de atividade leve (80W) e metabolismo basal (34w): $M = 114\text{ W}$
- Resistência térmica da roupa: $i_{cl} = 0,9\text{ clo}$

A fim de comparar os resultados do Voto médio estimado (PMV) com o Temperatura equivalente fisiológica (PET), Matzarakis et al. (1999) fez uma tabela estipulando níveis para diferentes sensações humanas e estresse térmico dos seres humanos. (a produção interna de calor: 80 W, transferência de calor resistência do vestuário: 0,9 clo) (Matzarakis et al., 1999).

Tabela 02 – Comparação das taxas de voto médio estimado (PMV) com o temperatura equivalente fisiológica (PET) de Matzarakis et al. (1999).

PMV	PET (°C)	Sensação térmica	Nível de stress térmico
-3,5	4	Muito frio	Frio extremo
-2,5	8	Frio	Frio forte
-1,5	13	Fresco	Moderadamente frio
-0,5	18	Levemente fresco	Ligeiramente Frio
0,5	23	Levemente fresco	Ligeiramente quente
1,5	29	Fresco	Moderadamente quente
2,5	35	Quente	Calor Forte
3,5	41	Muito quente	Calor extremo

A tabela a seguir apresenta a calibração proposta por Monteiro & Alluci (2007) do índice PET para a realidade brasileira.

Tabela 03 – Calibração proposta por Monteiro & Alluci (2007).

(°C)	Sensação térmica	Pontuação
< 4	Muito frio	-3
4-12	Frio	-2
12-18	Pouco Frio	-1
18-26	Neutra	0
26-31	Pouco calor	1
31-43	Calor	2
>43	Muito calor	3

4.3 Gráficos de conforto para clima subtropical de Altitude de Moreno (2006)

O método de Moreno (2006) consiste na adaptação do gráfico de Ahmed (2003) para o clima tropical de altitude, através dos índices de amplitude térmica, da umidade média relativa, e, através de questionários, com a vivência das pessoas no que se refere às condições climáticas. A partir da junção de 3 variáveis ambientais – temperatura do ar, umidade relativa do ar e velocidade do vento -, originou-se uma carta bioclimática 3D (Figura 05). Na construção deste gráfico foram considerados correspondentes à sensação térmica os valores de 1 a -1, delimitando a zona de conforto assim como a gradação de Confortável (C), Aceitável Conforto (AC), Tolerável Conforto (TC) e Desconfortável (D) inserida nessa zona. A área classificada como confortável no gráfico esta representada pela cor amarela, a aceitável confortável pela cor marrom e a tolerável conforto pela cor cinza.

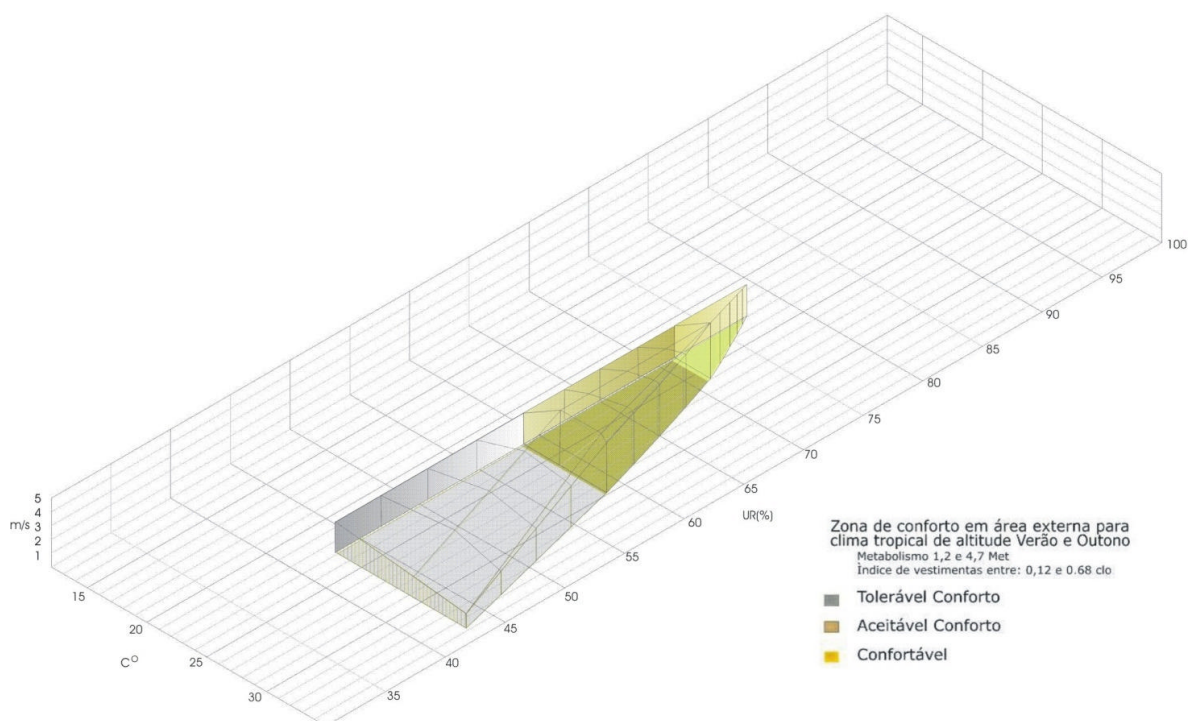


Figura 05 - Zona de conforto para clima Tropical de Altitude de Moreno (2006)

5. ANÁLISE DE RESULTADOS

A partir dos dados extraídos das tabelas apresentada por Matzarakis et al. (1999), foram atribuídos valores numéricos, entre -1 e 1, para a temperatura equivalente fisiológica (PET), voto médio estimado (PMV) e Moreno (2006) para comparação dos dados de forma mais palpável (tabela 03 e figuras 06 a 09).

Tabela 04 – Comparação das taxas de voto médio estimado (PMV), temperatura equivalente fisiológica (PET) e método de Moreno (2006).

PMV	PET (°C)	Moreno			Sensação térmica
		Ta (°C)	Ur (%)	Tg (°C)	
- 1	15	---	---	---	Pouco Frio
- 0,5	18	---	---	---	Levemente fresco
0	20,5	25 a 26	77 a 71	24 a 27,9	Confortável
0,5	23	26 a 28,4	70 a 58,5	28 a 32,7	Levemente fresco
1	28,5	28,5 a 33,5	58,6 a 43	32,8 a 39	Pouco Calor

A tabela 05 apresenta os resultados para o Ipê-amarelo (tabebuia *Chrysotricha*) na situação sem folhas por diferentes metodologias. As figuras 06, 07 e 08 mostram os resultados de conforto térmico da árvore na situação sem folhas nas diferentes posições - sombra, 10m, 25m e 50m – pelos métodos PMV, PET e MORENO, respectivamente.

Tabela 05 – Resultado dos índices de conforto para *Tabebuia chrysotricha* (Ipê-amarelo) sem folhas

Lugar	sombra			10m			25m			50m		
	PMV	PET	MORENO	PMV	PET	MORENO	PMV	PET	MORENO	PMV	PET	MORENO
06:00	-2,0	-2,0	-	-1,9	-2,0	-	-1,9	-2,0	-	-1,9	-2,0	-
07:00	-2,2	-2,0	-	-2,1	-2,0	-	-2,1	-2,0	-	-2,1	-2,0	-
08:00	-1,3	-1,0	-	-1,2	-1,3	-	-1,2	-1,5	-	-1,2	-1,5	-
09:00	-0,6	-1,0	-	-0,6	-1,0	-	-0,7	-1,0	-	-0,5	-1,0	-
10:00	0,1	-0,5	-	0,1	-0,5	-	0,0	-0,5	-	0,1	-0,5	-
11:00	0,4	-0,5	1,0	0,4	-0,5	-	0,4	-0,5	-	0,4	-0,5	-
12:00	0,9	-0,5	1,0	0,9	0,0	-	0,6	0,0	1,0	0,8	0,0	1,0
13:00	1,3	1,0	-	1,3	0,5	-	1,0	0,5	-	1,3	0,5	-
14:00	1,4	1,0	-	1,4	1,0	-	1,3	1,5	-	1,5	1,5	-
15:00	1,6	1,0	-	1,6	1,5	-	1,4	1,0	-	1,6	1,0	-
16:00	1,4	1,0	-	1,4	1,0	-	1,2	1,0	-	1,5	0,5	-
17:00	1,2	1,0	-	1,2	1,0	-	1,2	0,5	-	1,2	0,5	-
18:00	0,2	0,0	1,0	0,2	-0,5	1,0	0,1	-0,5	1,0	0,2	-0,5	1,0

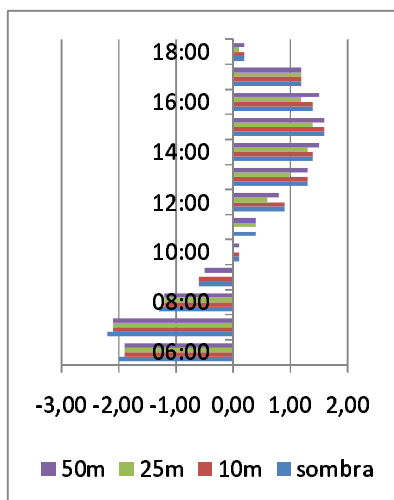


Figura 06 – Grafico do índice PMV

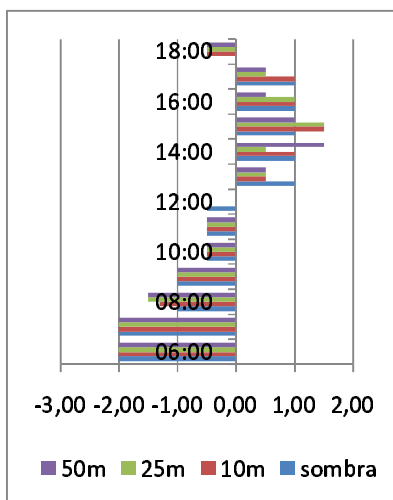


Figura 07 – Grafico do índice PET

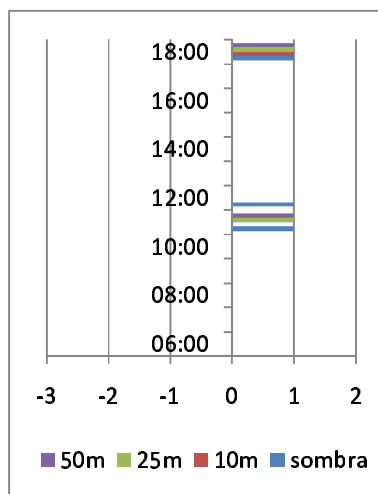


Figura 08 – Grafico de MORENO

A tabela 07 apresenta os resultados para o Ipê-amarelo (tabebuia Chrysotricha) na situação com flores por diferentes metodologias. As figuras 09, 10 e 11 mostram os resultados de conforto térmico da árvore na situação com flores nas diferentes posições - sombra, 10m, 25m e 50m – pelos métodos PMV, PET e MORENO, respectivamente.

Tabela 7 – Resultado dos índices de conforto para *Tabebuia chrysostricha* (Ipê-amarelo) com flores

<i>Tabebuia chrysostricha</i> (Ipê-amarelo) com flores												
Lugar	Sombra			10m			25m			50m		
Hora	PMV	PET	MORENO	PMV	PET	MORENO	PMV	PET	MORENO	PMV	PET	MORENO
06:00	-2,0	-2,0	-	-1,6	-2,0	-	-2,0	-2,0	-	-2,2	-2,0	-
07:00	-2,1	-2,0	-	-2,2	-2,0	-	-2,2	-2,0	-	-2,2	-2,0	-
08:00	-1,5	-1,0	-	-1,4	-1,5	-	-1,4	-1,5	-	-1,4	-1,5	-
09:00	-0,6	-0,5	-	-0,8	-1,0	-	-0,7	-1,0	-	-0,8	-1,0	-
10:00	0,0	0,5	-	-0,1	-0,5	-	0,1	0,5	-	0,0	-0,5	-
11:00	0,5	1,0	1,0	0,3	0,0	1,0	0,5	0,0	1,0	0,5	-0,5	1,0
12:00	0,9	1,0	1,0	0,6	0,5	1,0	0,7	0,5	-	0,7	-0,5	-
13:00	1,3	1,0	-	1,2	1,0	-	1,2	1,0	-	1,2	1,0	-
14:00	1,5	1,0	-	1,3	1,5	-	1,4	1,0	-	1,4	1,0	-
15:00	1,4	1,0	-	1,2	0,5	-	1,3	1,0	-	1,4	1,0	-
16:00	1,4	1,5	-	1,1	0,5	-	1,4	1,0	-	1,2	1,0	-
17:00	1,0	0,5	-	0,9	0,5	-	1,1	1,0	-	1,1	0,5	-
18:00	0,1	-0,5	1,0	0,0	-0,5	1,0	0,1	-0,5	1,0	0,1	-0,5	1,0

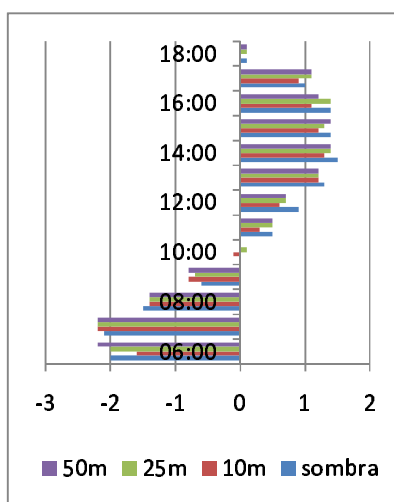


Figura 09 – Grafico do índice PMV

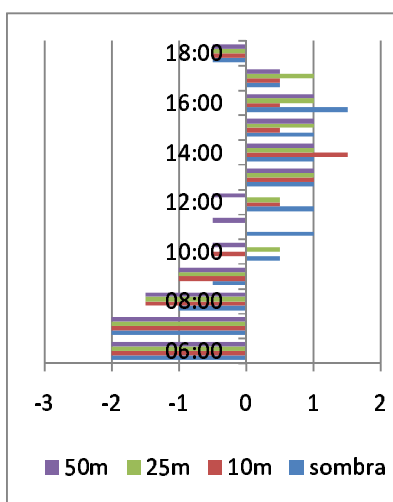


Figura 10 – Grafico do índice PET

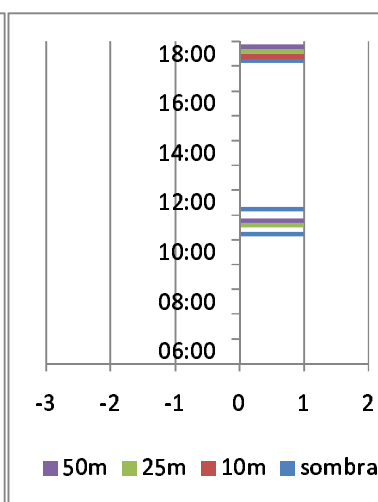


Figura 11 – Grafico de MORENO

A tabela 08 apresenta os resultados para o Ipê-amarelo (tabebuia *Chrysotricha*) na situação com folhas por diferentes metodologias. As figuras 12, 13 e 14 mostram os resultados de conforto térmico da árvore na situação com folhas nas diferentes posições - sombra, 10m, 25m e 50m – pelos métodos PMV, PET e MORENO, respectivamente.

Tabela8 – Resultado dos índices de conforto para *Tabebuia chrysotricha* (Ipê-amarelo) com folhas

Lugar	sombra			10m			25m			50m		
	PMV	PET	MORENO	PMV	PET	MORENO	PMV	PET	MORENO	PMV	PET	MORENO
06:00	0,2	0,0	0,0	0,2	0	-	0,1	0	-	0,0	0,0	-
07:00	0,0	0,0	-	0,1	0	-	0,0	0	-	0,0	0,0	-
08:00	0,5	0,5	0,0	0,7	0,5	-	0,6	0,5	0,5	0,7	0,5	0,5
09:00	0,8	0,5	0,5	1,2	0,5	-	1,2	0,5	0,5	1,1	0,5	0,5
10:00	1,3	1,0	0,5	1,7	1	-	1,7	1,0	1	1,6	0,5	1
11:00	1,5	1,0	1,0	2,0	1,5	-	2,0	1,5	1	1,9	1,5	1
12:00	1,9	1,5	1,0	2,2	2,0	-	2,2	2,0	1	1,8	1,5	1
13:00	2,0	1,5	1,0	2,7	2,0	-	2,6	2,0	-	2,5	2,0	-
14:00	2,1	2,0	-	2,5	2,0	-	2,5	2,0	-	2,4	2,0	-
15:00	2,3	2,0	-	2,6	2,0	-	2,6	2,0	-	2,5	2,0	-
16:00	2,2	2,0	-	2,6	2,0	-	2,6	2,0	-	2,4	2,0	-
17:00	2,2	2,0	-	2,4	2,0	-	2,2	2,0	-	2,2	2,0	-
18:00	1,8	1,5	-	1,9	2,0	-	1,8	1,5	-	1,8	1,5	-

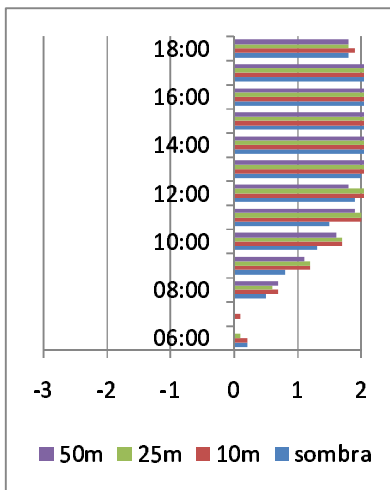


Figura 12 – Gráfico do índice PMV

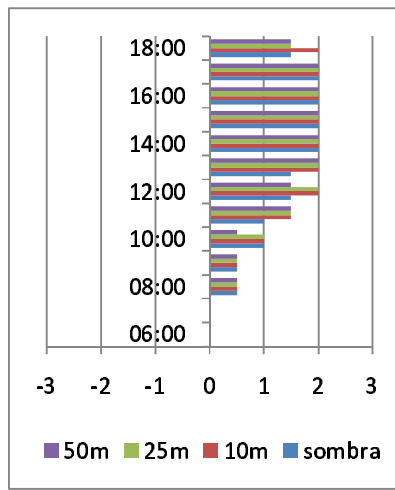


Figura 13 – Gráfico do índice PET

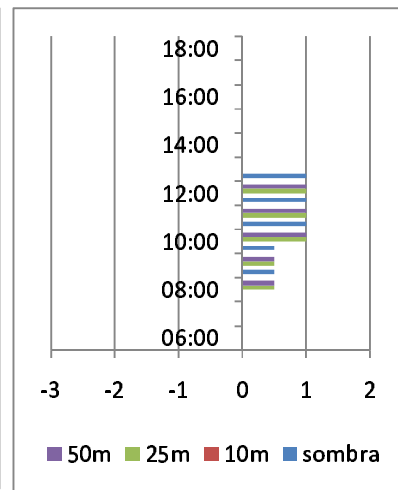


Figura 14 – Gráfico de MORENO

A partir dos resultados obtidos, foram calculadas as horas de conforto térmico proporcionado pelo indivíduo arbóreo em cada ponto de medição para cada método. As figuras 15, 16 e 17 apresentam os resultados da comparação desses métodos.

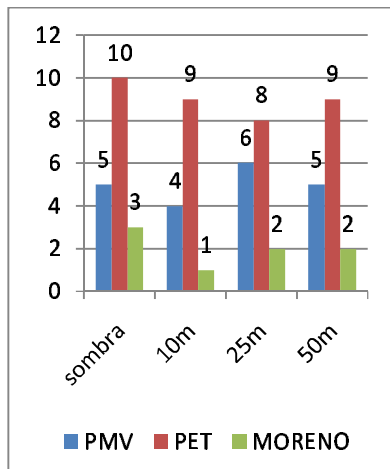


Figura 15 – Comparação dos métodos: Ipê-amarelo (*Tabebuia Chrysotricha*) sem folhas

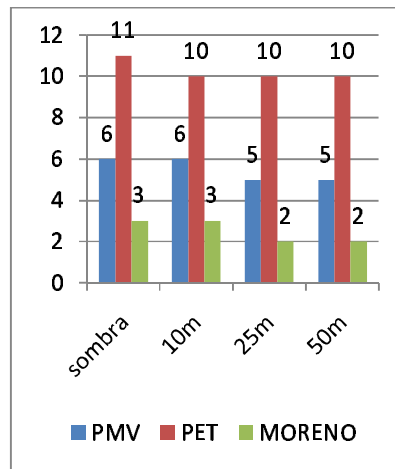


Figura 16 – Comparação dos métodos: Ipê-amarelo (*Tabebuia Chrysotricha*) com flores

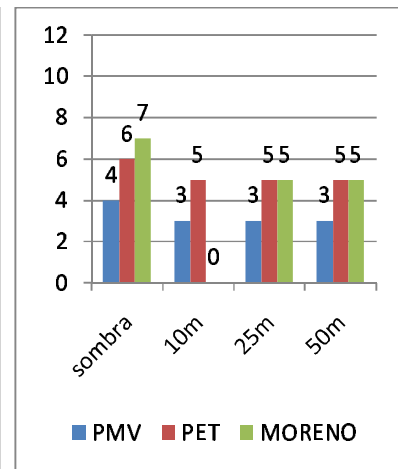


Figura 17 – Comparação dos métodos: Ipê-amarelo (*Tabebuia Chrysotricha*) com folhas

Analisando os dados obtidos, em especial a figura 15 a 17, conclui-se que todas as metodologias de análise de conforto apontaram a sombra da árvore como o ponto mais confortável do que os demais situados ao sol (figura 15 a 17). Esse resultado comprova a influência do sombreamento das árvores no microclima.

Nas situações sem folhas e com folhas, os intervalos de valores obtidos pelos métodos PMV, PET e Moreno (2006) possuem uma variação entre de 2 a 8 horas de conforto, onde o índice PET encontrou mais horas de conforto do que o índice PMV e o método de Moreno (2006). Por exemplo, na situação com flores a 25m e a 50m, o resultado do índice PET é de 10 horas de conforto, enquanto os resultados do PMV e método de Moreno (2006) são, respectivamente, 5 e 2.

Na situação com folhas, os resultados obtidos nas três metodologias analisadas possuem intervalos menores. Os resultados do índice PET e do método de Moreno (2006) a 25m e 50m foram idênticos. Os valores do índice PMV tiveram um intervalo menor do que nas situações sem folhas e com flores. Na situação com folhas, as três metodologias trazem boas respostas para conforto térmico em ambientes, mas os métodos devem ser mais bem adaptados ao clima local e aos costumes locais.

6. CONCLUSÕES

O índice PMV é mais recomendado para ambientes internos, mas é muito sensível à variação da radiação solar. O índice PET é recomendado internacionalmente para ambientes externos por possuir uma maior preocupação a radiação solar do que os demais, porém possui pouca resposta para a variação da umidade relativa do ar.

Os resultados apontaram que o método de Moreno (2006) é mais sensível a umidade relativa do ar do que os índices PMV e PET, pois o método de Moreno (2006) aponta menos horas de conforto nas situações com flores e sem folhas, onde a umidade relativa do ar é mais baixa ao longo do dia, e mais horas de conforto na situação com folhas, onde a umidade relativa do ar é mais elevada ao longo do dia.

A principal influência indireta das árvores no microclima urbano é capacidade de aumentar a umidade relativa do ar e alterar as sensações de conforto térmico. O método de Moreno (2006) é uma ferramenta importante para planejadores e pesquisadores do ambiente construído que visam intervenções na cidade que melhorem a qualidade de vida das pessoas. A principal limitação desse método é dificuldade do tratamento dos dados coletados em campo e das adaptações dessa carta bioclimática de Moreno (2006) em outros locais.

É importante a realização de estudos como esse para identificar a metodologia de análise de conforto térmico que melhor responde os objetivos da pesquisa. Como continuidade desse trabalho, sugere-se elaboração de cartas bioclimática de conforto térmico para outros climas segundo o método de Moreno (2006) e adaptação das metodologias PET e PMV para obterem uma maior sensibilidade a umidade relativa do ar.

7. REFERÊNCIAS

- ABREU, L. V. ; LABAKI, L. C. . AVALIAÇÃO DA TERMOREGULAÇÃO EM DIFERENTES ESPÉCIES ARBÓREAS. In: XII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2008, Fortaleza. Geração de valor no Ambiente Construído: inovação e sustentabilidade, 2008.
- ABBUD, B. ; Criando Paisagens: Guia de trabalho em arquitetura paisagística. São Paulo, SP: Senac, 3ª ed. 2007.
- AHMED, K. S. Comfort in urban spaces: defining the boundaries outdoor thermal comfort for the tropical urban environments. *Energy and Buildings*, [S.l.], v. 35, p. 103-110, 2003.
- BUENO-BARTHOLOMEI, CAROLINA 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, CAROLINA 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.
- FANGER, P. *Thermal comfort*. New York: McGraw-Hill, 1970.
- GOYETTE-PERNOT, J. ; COMPAGNON, R.. Outdoor comfort in open spaces: proposal for a quick evaluation method. *Proceedings PLEA 2008 – Passive and Low Energy Architecture*, Dublin: PLEA International, 2008.
- HÖPPE, P. The physiological equivalent temperature – a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. *International Journal of Biometeorology* , Dordrecht, vol. 43, p. 71-75, 1999.
- KATZSCHNER, L. *et al.* Urban climate study of Salvador: thermal comfort pattern. In: ENCAC, 5., ELACAC, 2. Anais... Fortaleza: ANTAC, 1999.
- LABAKI, L. C., SANTOS, R. F., 1996. *Conforto térmico em cidades: efeito da arborização no controle da radiação solar. Projeto FAPESP*. Faculdade de Engenharia Civil, UNICAMP.
- LABAKI, L. C., SANTOS, R. F.; *Conforto térmico em cidades: efeito da arborização no controle da radiação solar. Projeto FAPESP*. Faculdade de Engenharia Civil, UNICAMP.
- LOIS, E.; LABAKI, L. C.; *Conforto térmico em espaços externos: uma revisão.* || In: ENCONTRO NACIONAL E ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, VI e III., 2001, São Pedro, SP. São Pedro, SP: ANTAC - Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2001
- LORENZI, H. *Árvores exóticas no Brasil: madeiras, ornamentais e aromáticas*. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2003. 368 p.

- LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2002. 368 p.
- Matzarakis, A., Mayer, H. and Iziomon, M. G. Applications of a universal thermal index: physiological equivalent temperature. *International Journal of Biometeorology*, 1999. 43: 76-84
- 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.
- MONTEIRO, L. M. ; ALUCCI, M. P. . Modelos preditivos de estresse termo-fisiológico: estudo empírico comparativo em ambientes externos. In: ENTAC2008 - XII Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído, 2008, Fortaleza. Anais do XII Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído. Fortaleza : ANTAC, 2008.
- PEZZUTO, C. C.; LABAKI, L. C.; FRANCISCO-FILHO, L. L.; Distribuição Horizontal Da Temperatura Do Ar Em Uma Região Central Na Cidade De Campinas, SP. In: ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE O CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 4., 2005, Maceió. Anais... Brazil: ANTAC, 2005. CD ROM.
- SANTAMOURIS, M. *Energy and climate in the urban built environment*. Londres: James & James, 2001. 402 p.

8. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPESP pelo apoio financeiro e bolsa para o desenvolvimento desta pesquisa e também 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.