



XIENCAC
ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO
NO AMBIENTE CONSTRUIDO

VIIELACAC
ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO
NO AMBIENTE CONSTRUIDO

Búzios - RJ - 2011

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO NOS MICROCLIMAS DAS PRAÇAS: PIEDADE E VISCONDE DE CAYRÚ, SALVADOR/BA

Sandra Souza (1); Telma Andrade (2); Cira Pitombo (3); Jussana Nery (4); Márcia Freire (5)

(1) Mestre, Professora do Curso de Arquitetura e Urbanismo da Faculdade Ruy Barbosa, shelenamiranda@terra.com.br

(2) Doutora, Professora do Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana, cortes@ufba.br

(3) Doutora, Professora do Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana, cirapitombo@gmail.com

(4) Mestre, Coordenadora do Laboratório de Conforto Ambiental – LACAM/UFBA, jmfgn@terra.com.br

(5) Doutora, Professora do Laboratório de Conforto Ambiental – LACAM/UFBA, mrf.2@terra.com.br

Laboratório de Conforto Ambiental – LACAM/FAUFBA, Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental Urbana, *stricto sensu*, nível mestrado, Escola Politécnica/Universidade Federal da Bahia.

R. Aristides Novis, nº 02, 8º andar, Federação, Salvador, Bahia. CEP: 40610-230. Tel.: (71) 3283 9880

RESUMO

Índices de conforto térmico vêm sendo calibrados para populações de regiões com diferentes características climáticas, com o objetivo de servirem como ferramenta para avaliação e previsão do desempenho térmico em estruturas urbanas consolidadas. Este estudo promoveu a calibração do índice de conforto térmico *Physiological Equivalent Temperature* – PET (°C) (HÖPPE, 1999) para a população de Salvador/BA, e posterior avaliação do desempenho térmico das áreas de estudo: Praça Piedade e Praça Visconde de Cayrú. A variável resposta foi a opinião da população entrevistada sobre a percepção da sensação térmica, utilizada em escala com sete categorias: 3(muito calor); 2 (calor); 1 (pouco calor); 0 (conforto térmico); -1 (pouco frio); -2 (frio) e -3(muito frio), segundo a ISO 7730 (2005). O estudo concluiu que a população pesquisada tem suas funções fisiológicas equilibradas para as faixas do índice PET (°C) entre 26 e 29°C. Seus limites para o calor foram delimitados: acima de 34°C(muito calor); entre 29 e 34°C (calor). Quanto à avaliação do desempenho térmico das praças, pode-se considerar que a utilização do porte arbóreo é necessária para promover sombra, e a captação dos ventos para uma região tropical quente e úmida é de fundamental contribuição na diminuição das temperaturas. Embora observou-se insatisfação para calor da maioria dos entrevistados, à sombra predominou a condição de conforto térmico. Para climas como o de Salvador/BA é preciso readequar as estruturas urbanas oferecendo sombra e ventilação para a saúde e o bem-estar da população.

Palavras-chave: avaliação; desempenho térmico; microclima; praças; índice de conforto térmico.

ABSTRACT

Thermal comfort indexes have being calibrated for populations of regions with different climatic characteristics, aiming to serve as a tool to evaluate and predict the thermal performance in consolidated urban structures. This study promoted the calibration of thermal comfort index *Physiological Equivalent Temperature* - PET (°C) (HÖPPE, 1999) for the population of Salvador/BA, in order to evaluate the thermal performance of the study areas: Praça Piedade and Praça Visconde de Cayrú. The response variable was respondents' opinions on thermal sensation, used in scale with seven categories: 3 (hot), 2 (warm) 1 (slightly warm), 0(neutral), -1(slightly cool), -2(cool) and -3(cold), according ISO 7730 (2005). The study concluded that the population studied has balanced its physiological functions for the bands of the index PET (°C) between 26 and 29°C. Its limits were defined for the heat, above 34°C (very hot), between 29 and 34°C(hot). As for the evaluation of thermal performance of squares, one can consider that the use of trees is needed to promote shade, and capture the wind for a hot and humid tropical regions is of fundamental importance in reducing temperatures. Although there was dissatisfaction about the heat to the most respondents, in the shade predominated the condition of thermal comfort. In climates such as Salvador/BA is necessary to readjust the urban structures providing shade and ventilation for health and welfare of the population. Keywords: evaluation; thermal performance; microclimate; squares; thermal comfort index.

1. INTRODUÇÃO

Dentro da concepção de transformação do meio para o atendimento às necessidades de moradia e interação humana os elementos naturais cedem espaço aos elementos construídos, sendo relocados para a periferia, distanciados do cotidiano humano.

A ausência de porte arbóreo nos espaços públicos das cidades resulta na incidência direta de radiação solar, o que colabora para a alteração das características da camada de ar junto à superfície, ocasionando microclimas distintos. Segundo Höppe (2002), a poluição do ar e alterações microclimáticas são as principais consequências da intervenção antrópica no meio. O clima urbano promove anomalias no habitat através de ilhas de calor, que resultam da absorção da radiação solar e emissão de calor pelos materiais de revestimento, aumentando as temperaturas superficiais e do ar próximo ao solo (OKE, 1978). O aumento das temperaturas no ambiente construído tem elevado a quantidade de insatisfeitos por calor e as ocorrências de doenças respiratórias e não-respiratórias, leves a crônicas (MATZARAKIS e MAYER, 2000; COELHO, 2007). Índices de conforto térmico podem auxiliar na avaliação da qualidade ambiental e para tomadas de decisão em intervenções urbanas. O índice PET (°C) teve sua faixa de conforto térmico calibrada para climas temperados entre os valores de 18 a 23°C (MATZARAKIS e MAYER, 2000). No Brasil foram realizadas calibrações do PET (°C) nas cidades de Salvador/BA e Belo Horizonte/MG. Em Salvador, em estudo realizado em ambiente interno, os valores para o conforto térmico tiveram seus limites superiores em 26,6°C (LYRA, 2007) e, para a população aclimatada da cidade de Belo Horizonte/MG foi encontrado o limite superior de 30,5°C (HIRASHIMA, 2010).

Nesse trabalho a população da cidade de Salvador/BA foi investigada quanto a percepção da sensação térmica, associando-se as opiniões dos entrevistados às medições das variáveis ambientais significativas, o que promoveu a calibração do índice PET (°C). No mesmo período, desenvolveu-se a calibração deste índice para a cidade de Belo Horizonte/MG. Ambos os estudos, realizados em Salvador/BA por Souza (2010) e em Belo Horizonte por Hirashima (2010), obedeceram à metodologia desenvolvida conjuntamente entre as equipes parceiras, integrantes do Edital 004/2007 de convênios bilaterais do CNPq, entre Brasil e Alemanha, tendo como instituições participantes a Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), a Universidade Federal da Bahia (UFBA) e as Universidades da Alemanha, a *Universität Kassel* e *Universität Freiburg* (ASSIS, 2007).

2. OBJETIVO

Apresentar a avaliação do desempenho térmico nos microclimas de dois espaços abertos urbanos na cidade de Salvador/BA, através da calibração do índice de conforto térmico *Physiological Equivalent Temperature - PET* (°C).

3. MÉTODO

A metodologia deste trabalho está dividida em três etapas principais:

1. Definições: Cidade de Salvador e áreas de estudo, e pesquisas de campo;
2. Cálculo do PET (°C) no modelo *RayMan*® 1.2 (MATZARAKIS, 2000);
3. Calibração do PET (°C) e análise do desempenho térmico dos microclimas das áreas estudadas.

3.1. Definições: Cidade de Salvador e áreas de estudo

O marco-zero de Salvador foi a região do Comércio, nos anos de 1600 com os primeiros povoados. Suas primeiras expansões pelas áreas litorâneas adjacentes datam de 1900, intensificando-se a partir de 1940, segundo orientação de três vetores originados pelo relevo acidentado, que confere à cidade três camadas topográficas (CARVALHO e PEREIRA, 2009). Na Figura 01, vêem-se as primeiras ocupações, sendo as áreas de vegetação representadas pela mancha branca do mapa; e os sentidos dos três vetores de crescimento da cidade, para a Orla Atlântica Norte (Planície Atlântica); Subúrbio Ferroviário (Baía de Todos os Santos); e Miolo, camada elevada, que varia de 60,00 a 100,00m de altitude. A configuração espacial das três camadas topográficas da cidade pode ser conferida na Figura 02. Na Figura 03, tem-se a representação cronológica da ocupação urbana, resultando no recente adensamento da área construída, com áreas de vegetação pontuais, representadas por reduzidas manchas brancas (Figura 03).

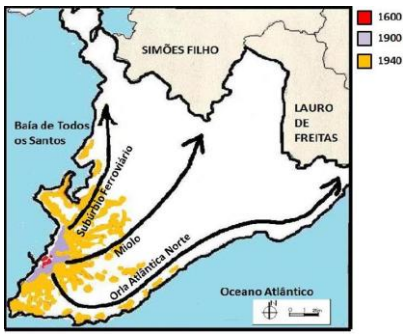


Figura 01: Vetores de crescimento
 FONTE: Carvalho e Pereira (2009).
 Adaptação (2010).



Figura 02: Representação topográfica
 FONTE: Souza (2009). Adaptação (2010).

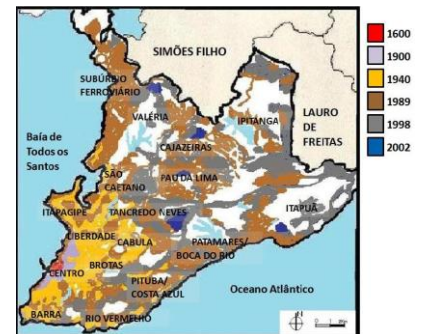


Figura 03: Evolução urbana cronológica
 FONTE: Carvalho e Pereira (2009). Adaptação (2010).

Salvador se situa na costa nordeste brasileira entre as latitudes: 12°45'00" e 13°7'30"Sul; e longitudes: 38°22'30" e 38°37'30"Oeste. Possui uma peculiaridade, por ser uma península sobre o Atlântico, conferindo-lhe três fachadas continentais. A característica climática é tropical quente e úmido, com médias anuais de 25,2°C (Ta); 80,8% (UR); aproximadamente 3,1 m/s (Vv) (NERY *et al.*, 1997). Os ventos predominantes vêm de Sudeste/Sul, mas há ventilação de outras direções. Analisando as Normais Climatológicas das médias de temperatura do ar para os períodos de 1931 a 1960 e 1961 a 1990, percebe-se um aumento de pouco mais de 0,5°C para 2/3 dos meses (Figura 04). O aquecimento pode estar relacionado com a predominância construtiva em detrimento da arborização, no decorrer do tempo.

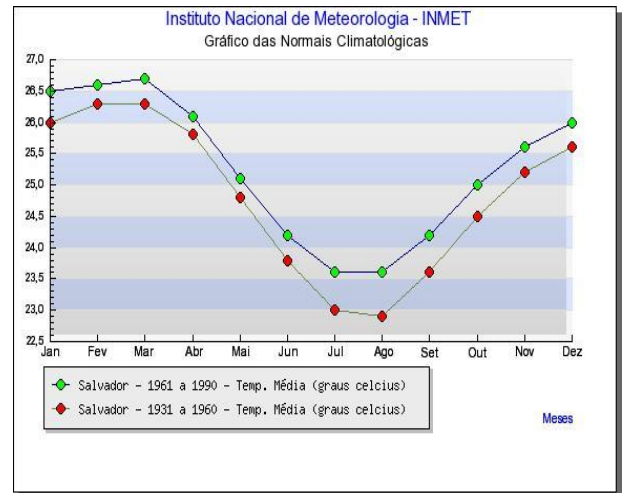


Figura 04: Normais Climatológicas
 FONTE: INMET (1992)

Foram escolhidas as praças Piedade e Visconde de Cayrú como áreas de estudo por possuírem características geomorfológicas distintas. A Praça Piedade está situada no miolo da cidade, com altitude de aproximadamente 60,00 m, é cercada por prédios de médio porte e possui porte arbóreo em seus limites. A Praça Visconde de Cayrú (Praça Cayrú) está situada no Comércio, faixa litorânea da Baía de Todos os Santos, a Oeste, próxima à falha geológica que confere à cidade dois níveis: Cidade Baixa e Cidade Alta. Cada área de estudo se localiza em um nível (Figura 05). Na Figura 06 estão representadas as duas áreas de estudo na composição topográfica.



Figura 05: Corte esquemático AB

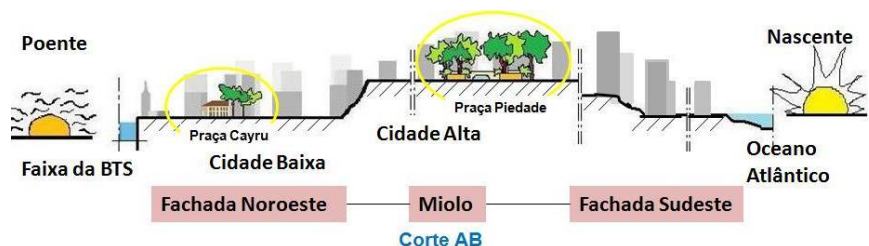


Figura 06: Representação esquemática do Corte AB

3.2 Definições: pesquisas de campo

A pesquisa de campo aconteceu em quatro etapas, denominadas campanhas: Campanha 1 em 24/08/09 (Praça Piedade) e 25/08/09 (Praça Cayrú); Campanha 2 em 29/10/09 (Praça Piedade) e 30/10/09 (Praça Cayrú); Campanha 3 em 28/01/10 (Praça Piedade) e 29/01/10 (Praça Cayrú); Campanha 4 em 13/05/10 (Praça Piedade) e 14/15/10 (Praça Cayrú). O horário escolhido para a realização das pesquisas de campo, foi entre 14:00 e 17:00h, norteados pelos estudos anteriores realizados por Andrade *et al.* (2003; 2004; 2005); Moura *et al.* (2006); Fé *et al.* (2007); Lamberts, Dutra e Pereira (1997), que indicam como o período do dia capaz de promover maior desconforto térmico.

Em cada campanha foram medidas as variáveis ambientais temperatura do ar (T_a , °C), umidade relativa do ar (UR, %), velocidade do vento (V_v , m/s) e calculada a temperatura radiante média (T_{rm} , °C). Os instrumentos utilizados foram: 02 (duas) mini estações meteorológicas automáticas WID600+FS40H (Figura 07); 02 (dois) termômetros de globo cinza de 0,04m acoplados a transdutor digital para leitura manual (Figura 08); 01 (um) anemômetro Minipa MDA11 (Figura 09); 01 (um) anemômetro de aspiração (Figura 10); 01 (um) anemômetro de caneca com biruta (Figura 11):



Figura 07: Mini estação meteorológica



Figura 08: Termômetro de globo cinza 0,04m



Figura 09: Anemômetro Minipa MDA11



Figura 10: Anemômetro de aspiração



Figura 11: Anemômetro (caneca e biruta)

Foram utilizados dois tripés, cada um com uma estação meteorológica e termômetro de globo cinza, com 1,10m de altura do solo, segundo recomendações de Matzarakis, Rutz e Mayer (2000). Cada tripé foi posicionado em ponto fixo durante as campanhas: um ao sol e um à sombra, no intuito de relacionar as respostas dos entrevistados com os valores medidos.

3.2. Cálculo do PET (°C) no modelo *RayMan*® 1.2

Para o cálculo do PET (°C) foi utilizado o modelo computacional *RayMan*®. Este modelo se baseia no balanço de energia – MEMI, apropriado para estruturas urbanas complexas. O *RayMan*® também forneceu a temperatura radiante média, exigida no balanço de energia para seres humanos, permitindo a avaliação do clima urbano (MATZARAKIS e MAYER, 2000). Para estimar a atividade metabólica utilizou-se a Norma ISO 8996 (2005), e para o cálculo da barreira térmica promovida pela vestimenta (*clo*), a Norma ISO 9920 (2007).

3.3. Calibração do PET (°C) e análise do desempenho térmico dos microclimas das áreas estudadas

Os procedimentos estatísticos e gráficos analisados foram gerados no programa estatístico *Statistical Package for the Social Sciences - SPSS*®, fornecido pela equipe parceira da *Universität Kassel*, Alemanha.

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

Foram entrevistadas 1.435 pessoas, sendo 1.056 válidos, devido aos critérios de validação adotados. Para esta quantidade e considerando um erro amostral de 3%, estavam previstos 1.110 questionários válidos, porém a quantidade obtida de 1.056 em nada interferiu, quando aproximados os valores, mantendo o nível de confiança em 95 %.

No perfil do entrevistado predominou o sexo masculino (56%) com altura média 1,70m, peso 69 Kg, idade 36 anos, vestimenta 0,4 *clo* e atividade metabólica 144 W (equivalente a uma pessoa em pé com movimentos leves). Os valores encontrados para o índice PET (°C) foram: mínimo igual a 21,2°C e máximo igual a 54,5°C, com média igual a $29,0 \pm 3,8$ °C, calculados para a população aclimatada da cidade de Salvador.

Para a avaliação quantitativa de entrevistas por intervalo de hora e área de estudo, recorreu-se à divisão do período da pesquisa de campo em dois intervalos: o primeiro, das 14:00 às 15:30h; e o segundo, das 15:31 às 17:00h. Esse procedimento permitiu visualizar a predominância das entrevistas e sua distribuição por área de estudo, certificando equilíbrio das quantidades das entrevistas por intervalo de hora e áreas de estudo, simultaneamente.

Considerando como fator determinante o horário de maior incidência direta do sol: 14:00 às 15:30h; e de maior sombreamento proveniente de porte arbóreo e das construções: 15:31 às 17:00h, observou-se equivalência nas quantidades para as duas áreas de estudo e os intervalos citados: das 14:00 às 15:30h, aconteceram mais entrevistas nas duas áreas de estudo. Na Praça Piedade, 317 (59% desta praça); e na Praça Cayrú, 290 (55% desta praça) (Figura 12):

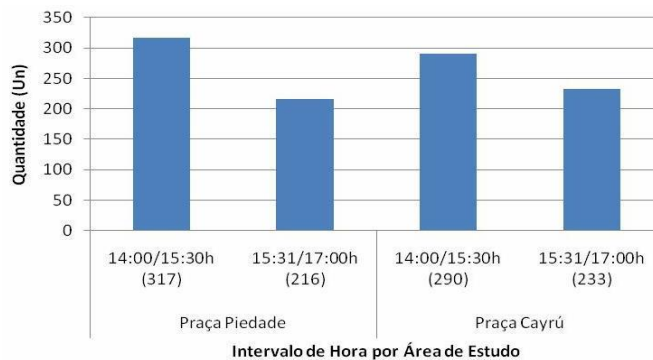


Figura 12: Quantitativos das entrevistas por intervalos de hora

Em relação aos quantitativos das entrevistas realizadas de acordo com a posição dos entrevistados, se à sombra ou ao sol, em relação aos intervalos de hora nas áreas de estudo, observou-se predominância à sombra nos dois intervalos de hora e nas duas praças. Ou seja, a sombra foi preferência dos entrevistados, independente de intervalo de hora e área de estudo (Figura 13):

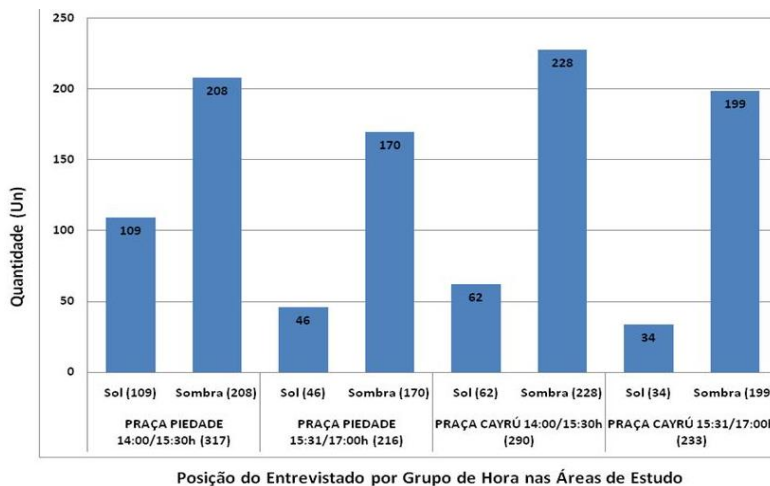


Figura 13: Quantitativos: localização do entrevistado por intervalo de hora nas praças

Quanto à proporção total de sensação térmica: 206 (20%) dos entrevistados responderam muito calor; 279 (26%) responderam calor; 202 (19%) responderam pouco calor; 353 (34%), conforto térmico; 15 (1%), pouco frio; e 01 (0%), frio. As classificações de sensação térmica: de pouco frio e frio, podem não ser relevantes em algumas análises, por não terem apresentado proporções significativas na amostra (Figura 14):

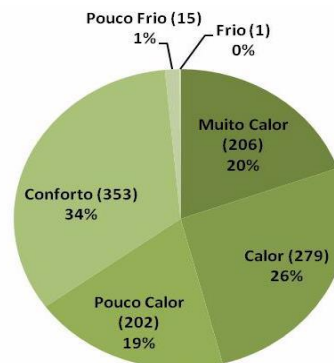


Figura 14: Percentagem da sensação térmica

Na análise das respostas de percepção de sensação térmica estas foram agrupadas em três grupos: a) estresse térmico positivo (muito calor, calor e pouco calor); b) conforto térmico; e c) estresse térmico negativo (pouco frio, frio e muito frio). As praças promoveram condições ambientais para a predominância de desconforto térmico para calor, com maior número para a Praça Piedade (360), seguido da Praça Cayrú, (327). A Praça Cayru apresentou-se mais confortável, com uma diferença de 25 opiniões a mais (Figura 15):

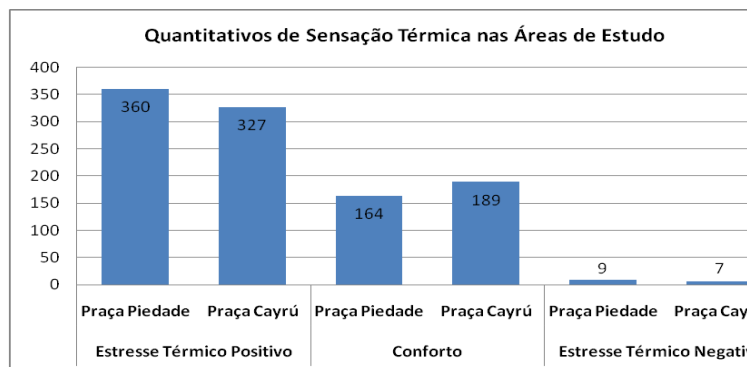


Figura 15: Quantitativos de sensação térmica nas áreas de estudo

Em relação à satisfação com as condições microclimáticas que o ambiente proporcionou no momento das campanhas, recorreu-se a tabulações cruzadas (*crossstabulation*) entre sensação térmica momentânea e preferência térmica, no intuito de verificar a insatisfação ou satisfação com os ambientes urbanos estudados. Consideraram-se, na presente análise, as três categorias de calor (pouco calor, calor e muito calor) como um único parâmetro para desconforto térmico por estresse térmico positivo, representado por “calor”; da mesma forma para as três categorias de frio (pouco frio, frio e muito frio), representado por “frio”. A classificação de conforto térmico continuou da mesma forma, representando o equilíbrio de troca térmica entre os entrevistados e os ambientes. As tabelas revelaram maiores quantidades de insatisfeitos por calor nas duas praças, embora a Praça Cayrú tenha desempenhado melhor condição favorável ao conforto térmico, considerando as escalas aproximadas de sensação e preferência térmicas (Tabela 01 e Tabela 02):

Tabela 01: Quantitativo de opiniões na Praça Piedade

Praça Piedade		Preferência térmica (você gostaria que estivesse...)			Total
		Mais quente	Como está	Mais frio	
Sensação térmica momentânea	Calor	13	109	238	360
	Conforto	15	112	37	164
	Frio	5	4	0	9
Total		23	225	205	533

Tabela 02: Quantitativo de opiniões na Praça Cayru

Praça Cayru		Preferência térmica (você gostaria que estivesse...)			Total
		Mais quente	Como está	Mais frio	
Sensação térmica momentânea	Calor	14	128	185	327
	Conforto	15	129	45	189
	Frio	2	4	1	7
Total		31	261	231	523

Considerando a aproximação das categorias de sensação térmica, fez-se uma análise considerando o relato dos entrevistados em conforto e desconforto térmico para cada praça. Observou-se que a Praça Cayrú obteve 5% de opiniões a mais para o conforto térmico (Figura 16 e Figura 17):

Percentagem entre conforto e desconforto térmico da Praça Cayru

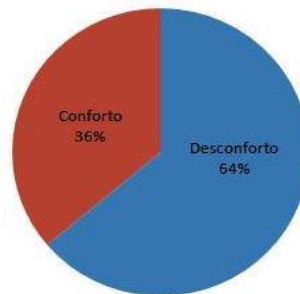


Figura 16: Percentagem entre conforto e desconforto térmico na Praça Cayrú

Percentagem entre conforto e desconforto térmico na Praça Piedade

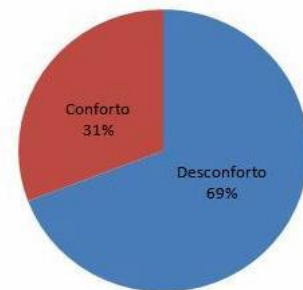


Figura 17: Percentagem entre conforto e desconforto térmico na Praça Piedade

Avaliando o comportamento da Temperatura do ar (T_a , °C) durante a pesquisa, seguem os gráficos contendo os dois dias consecutivos de cada campanha. A linha contínua dos gráficos representa os valores medidos de T_a na estação convencional do INMET (de referência) e os segmentos pontilhados e em vermelho, os valores medidos de T_a nas mini-estações automáticas em cada praça. A estação 1 (EST 01) representa a estação posicionada à sombra; a estação 2 (EST 02), a estação posicionada ao sol. Os valores de T_a da estação de referência foram medidos ininterruptamente, enquanto as estações mini-automáticas da pesquisa, nos horários entre 14:00 e 17:00h, de dez em dez minutos, nos dois dias de pesquisa. A estação de referência apresentou menores valores da temperatura do ar, pois se encontra à escala de topo-clima (cidade), situando-se a uma altitude de 51,40m, em frente ao mar e em vasto solo natural com vegetação rasteira. No ambiente urbano, à escala humana, as condições microclimáticas mostram-se mais severas.

Comparando os valores de T_a entre as duas estações de cada praça com a estação de referência, na primeira campanha, os valores medidos nas praças foram maiores que os da estação de referência, entre 14:00 e 15:00h. Sendo de 29,5 a 27,0°C na Praça Piedade em ambas as estações, enquanto os valores no INMET foram 27,0 a 26,0°C. Na Praça Cayrú a T_a iniciou às 14:00h com 30,0°C nas duas estações. Até às 15:00h, a estação à sombra mediu 29,0°C, enquanto a estação ao sol, 33,0°C, resultando 4°C de diferença. Na estação de referência os valores variaram de 27,0°C a 26,0°C no mesmo intervalo de tempo (Figura 17):

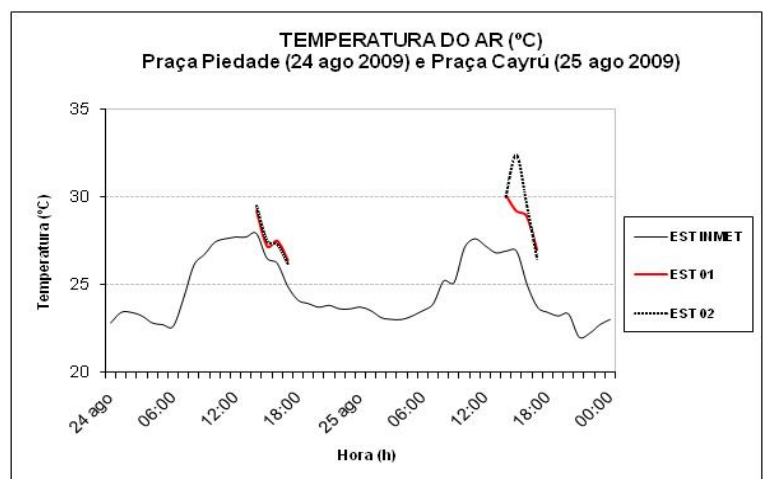


Figura 17: Valores de T_a nas praças e no INMET. Primeira campanha

Na segunda campanha, todos os valores de Ta das estações das praças foram maiores que na estação do INMET. As estações da Praça Piedade mediram valores entre 28,0°C e 29,0°C, enquanto a estação de referência, 26,0°C a 27,0°C, considerando o horário entre 14:00 e 15:30h; a Praça Cayrú, 31,0°C a 33,0°C, no mesmo intervalo de tempo, e a estação do INMET, 27,0°C a 29,0°C. Percebe-se homogeneidade entre os valores do INMET para os dois dias de pesquisa (Figura 18):

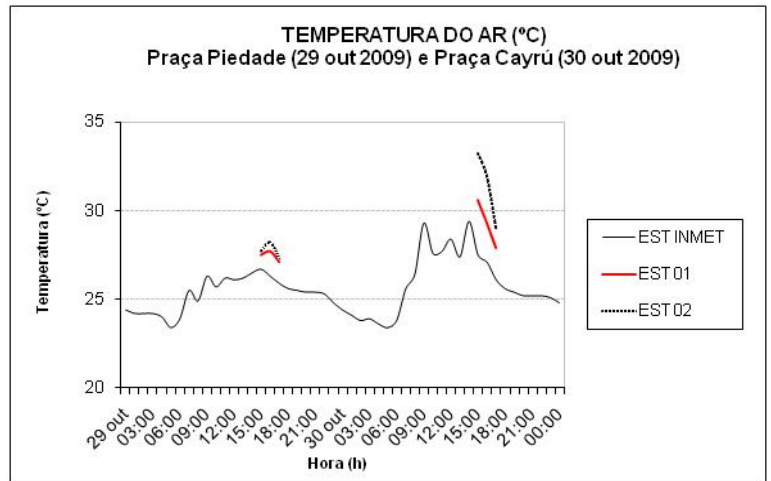


Figura 18: Valores de Ta nas praças e no INMET. Segunda campanha

Na terceira campanha, as estações das praças mediram valores maiores que o INMET, com exceção da Praça Piedade, às 16:00h, à sombra, igualando o valor com o INMET, 31,5°C. A estação da Praça Piedade ao sol mediu entre 33,5 e 37,5°C, entre 14:00 e 15:00h; enquanto à sombra, 31,5°C estáveis no mesmo tempo. Na mesma praça, às 15:00h, a diferença de Ta entre sombra e sol foi 6°C. Na Praça Cayrú os valores foram 32,0 a 34,0°C ao sol, e 32,0 a 31,0°C à sombra, no mesmo intervalo de tempo. A estação do INMET mediu 31,0°C constantes no mesmo tempo. Comparando a Praça Piedade ao sol, às 15:00h, ocorreu neste dia 6,5°C a mais na Praça Piedade em relação à estação do INMET, enquanto a Praça Cayrú ao sol ocorreu 3°C a mais que a estação do INMET (Figura 19):

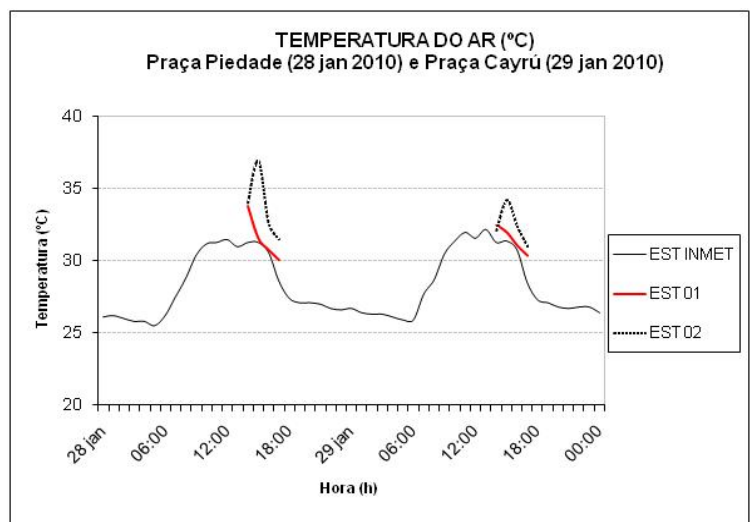


Figura 19: Valores de Ta nas praças e no INMET. Terceira campanha

Na quarta campanha, os valores de Ta das estações das praças mediram valores maiores que a estação do INMET, sendo a Praça Piedade variando de 30,0 a 34,5°C ao sol, e de 30,0 a 32,0°C à sombra. A estação do INMET no mesmo tempo, entre 14:00 e 15:00h, mediu 29,0°C. A Praça Cayrú mediu à sombra de 31,5 a 29,0°C e ao sol, de 32,0 a 30,0°C, enquanto o INMET, 29,0 a 26,0°C, no mesmo tempo. A Praça Piedade apresentou diferença de 3°C às 15:00h, entre sol e sombra. Comparando esta mesma estação ao INMET, na mesma hora, tem-se 5°C de diferença; na Praça Cayrú, a diferença entre sol e INMET também foi 5°C (Figura 20):

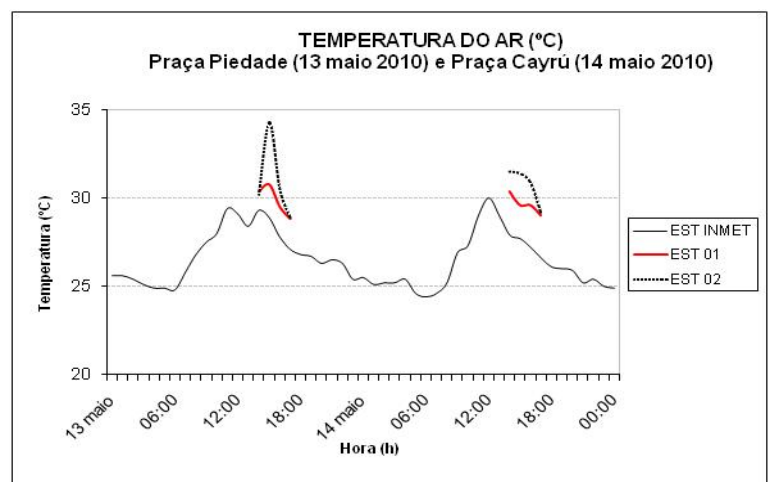


Figura 20: Valores de Ta nas praças e no INMET. Quarta campanha

Analisando os ventos captados à escala humana nas áreas de estudo, fez-se os anemogramas das praças. Na Praça Cayrú predominou ventos Sul e Norte, respectivamente, nas quatro campanhas. Os ventos Sul com valores de 3,0m/s no outono e inverno, frequência de 10%; 5,0m/s na primavera e 7,0m/s no verão, ambas com frequência de 40%. Os ventos Norte apresentaram valores de 2,0 e 3,0m/s, no outono e inverno, e 4,0 e 5,0m/s na primavera e verão, todas as direções com 10% de frequência. A Praça Cayrú apresentou ventos mais constantes. Houve incidência de ventos Sudoeste e Noroeste, com velocidades 3,0 a 7,0m/s e 2,0 a 4,0m/s, respectivamente; frequências máximas de 50% para Sudoeste no outono e 30% para Noroeste no verão. As direções que predominaram durante a pesquisa, em velocidade e frequência: Sul, Norte, Sudoeste e Noroeste, respectivamente, tornando a praça frequentemente ventilada (Figura 21):

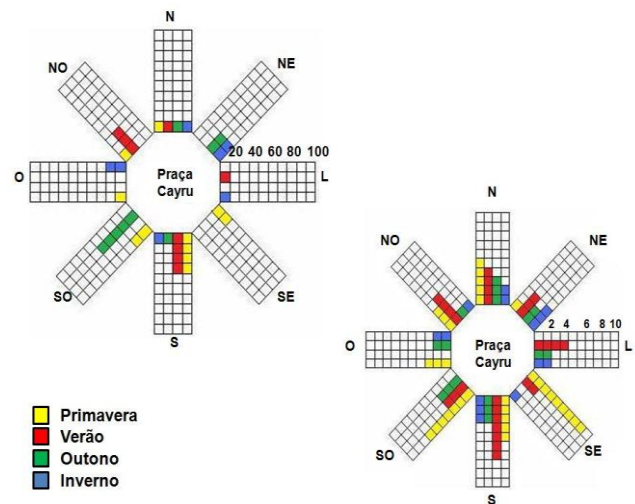


Figura 21: Anemogramas de frequência e velocidade dos ventos - Praça Cayrú

Os anemogramas da Praça Piedade demonstraram predominância dos ventos Sudeste em todo o período pesquisado, com até 5,0m/s na primavera e verão, sendo 20% de frequência na primavera e 30% no verão. A direção Sudeste mediu até 3,0m/s no outono e inverno. No outono, frequência de 60% das ocorrências e no inverno 20%. A direção Sul também predominou, com até 5,0m/s na primavera e verão, 30% e 20%, respectivamente e 3,0m/s no inverno, com 30% de frequência. Também houve predominância da direção Nordeste, no verão e inverno, com velocidades até 6,0m/s e 2,0m/s respectivamente, e frequências 40% e 30%. As direções predominantes, em velocidade e frequência, foram: Sudeste, Sul e Nordeste (Figura 22):

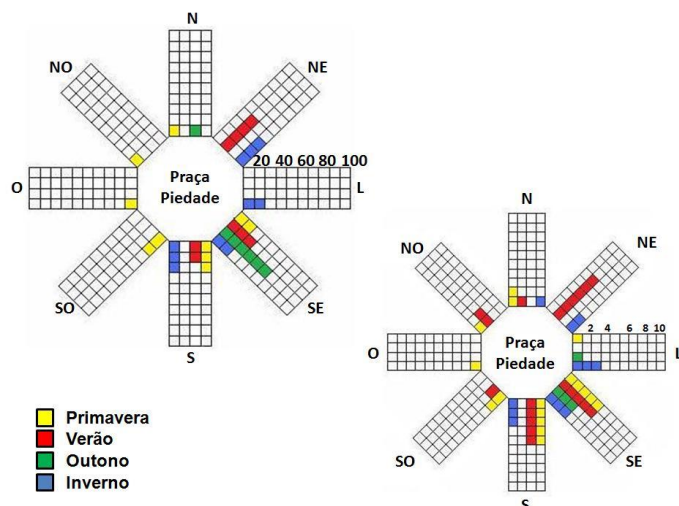


Figura 22: Anemogramas de frequência e velocidade dos ventos - Praça Piedade

Para a calibração do PET(°C) utilizou-se o algoritmo do tipo CART – *Classification and Regression Tree* (BREIMAN *et al.*, 1984) com a Árvore de Decisão e Classificação – AD, técnica de mineração de dados (*Data Mining - DM*) que promove a divisão dos dados, classificando-os de acordo com a relação de máxima segregação dos dados entre si, agrupando-os segundo as semelhanças em suas características primárias. A AD identificou predominância de categorias da variável dependente “sensação térmica” segundo valores de PET (°C). A AD apresentou 13 nós no total, sendo 01 nó raiz, 05 nós e 07 nós terminais ou folhas. Cada nó representa o banco de dados formado a partir das características semelhantes classificadas pela mineração de dados. A Ad apresentou profundidade 4 (a profundidade representa as camadas da classificação selecionadas por prioridade de predominância entre as ramificações da estrutura) e desvio entre as classificações na primeira profundidade igual a 0,025; Na segunda profundidade: 0,004; Na terceira profundidade: de 0,000 a 0,001; E na quarta profundidade: 0,000. A AD foi elaborada com a variável dependente ou resposta “sensação térmica” e variável independente “PET”. O resultado para Muito Calor correspondeu a valores maiores que 34°C; para Calor, valores compreendidos entre 29°C e 34°C; e para o conforto térmico, valores compreendidos entre 26°C e 29°C (Figura 23):

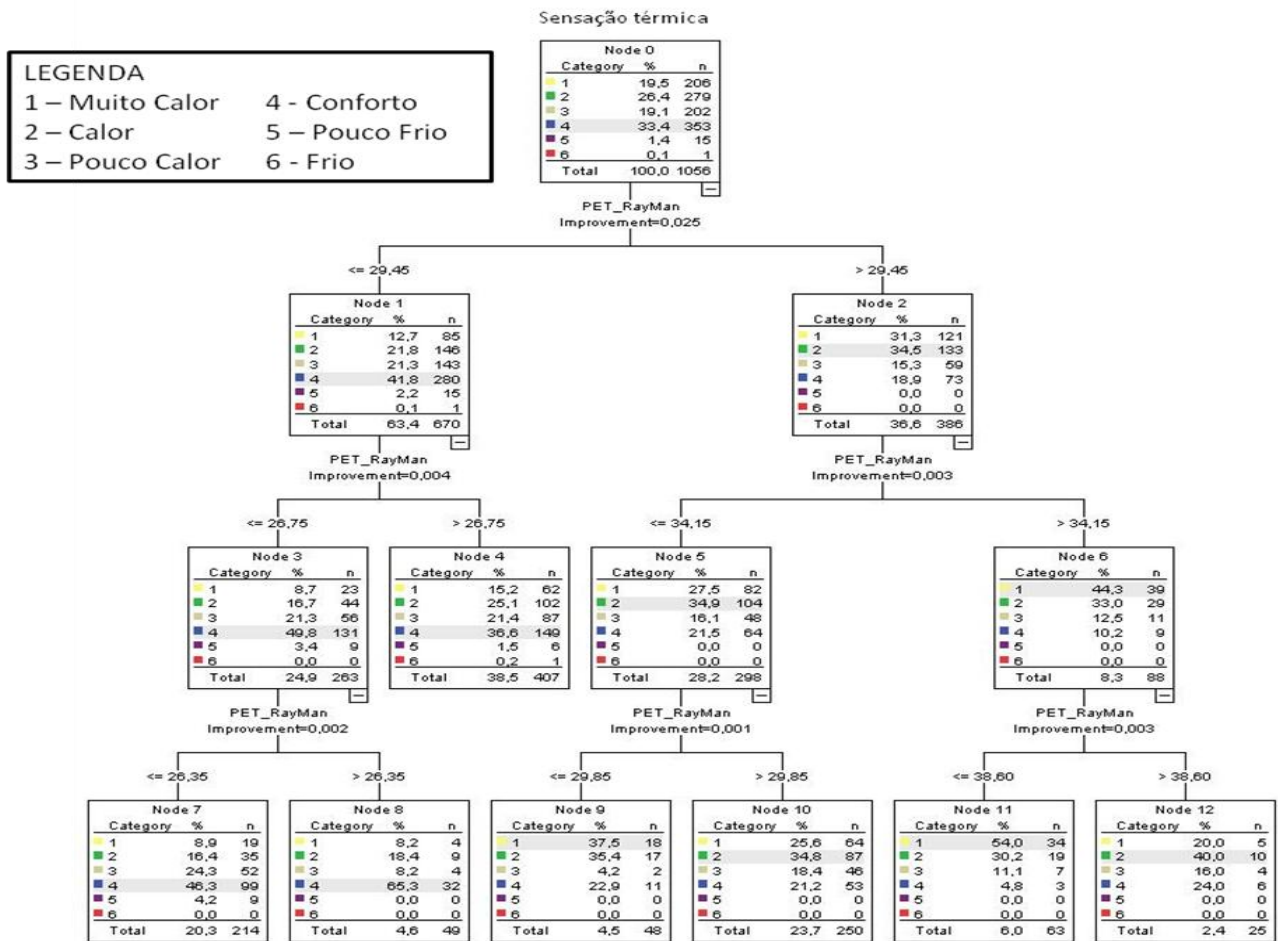


Figura 23: Árvore de Decisão e Classificação para a calibração do PET (°C)

A percentagem correspondente para cada categoria de sensação térmica calibrada pela AD foi de: 52% para os entrevistados em conforto térmico, intervalo entre 26°C e 29°C; 50% para os entrevistados com calor, intervalo entre 29°C e 34°C; e 19% para os com muito calor, valores maiores que 34°C (Tabela 03):

Tabela 03: Percentagem dos intervalos de PET classificados na AD

		PET (°C)														
Sensação		26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Muito Calor													19%			
Calor					50%											
Pouco Calor		Não Classificou														
Conforto		52%														
Pouco Frio		Não Classificou														

5. CONCLUSÕES

Os fatores que influenciaram a sensação de conforto térmico foram sombreamento e ventilação, principalmente quando associados. A Praça Piedade apresentou tendência a menores valores de Ta, menores valores de velocidade e frequência de vento, colaborando para o resultado maior de insatisfeitos por calor. A Praça Cayrú apresentou tendência a maiores valores de Ta, maiores valores de velocidade e frequência de vento, obtendo um número maior de satisfeitos, com 18% em conforto térmico contra 15% da Praça Piedade. A proporção das entrevistas à sombra nas duas praças demonstra que a Praça Cayru obteve maior resultado: Praça Piedade (71%) e Praça Cayrú (82%), enquanto as entrevistas ao sol foram Praça Piedade (29%) e Praça Cayrú (18%). As duas praças predominaram com opiniões para o desconforto térmico por calor. Considerando os 1.056 entrevistados: a Praça Piedade obteve 34% de insatisfeitos por calor; a Praça Cayrú, 31%.

A redução da Ta promovida pelo porte arbóreo na Praça Piedade atingiu a diferença de 6°C, entre sol e sombra às 15:00h do dia 28 de janeiro. Vale ressaltar que este dia apresentou-se como característico do

período do ano. No dia 13 de maio às 14:50h, na mesma Praça Piedade, a estação ao sol mediu 35°C enquanto a estação posicionada à sombra de uma árvore, 30,5°C, resultando em diferença de 4,5°C.

A partir dos resultados aqui apresentados, com predominância para o desconforto térmico por calor, percebeu-se que a qualidade ambiental do espaço público de Salvador/BA encontra-se insuficiente para propiciar saúde e bem-estar da população, considerando o conforto térmico condição vital para o cotidiano humano, sobretudo em uma cidade densamente construída.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, Telma C. Quadros *et al.* **Conforto Ambiental e Conservação de Energia no Ambiente Construído**. Revista baiana de tecnologia (TECBAHIA), Salvador, v.17, n.3, p.29-33, set/dez. 2002.
- ANDRADE, Telma Côrtes Quadros de; FREIRE, Tereza; NERY, J. M. F. G.; KATZSCHNER, L. **Thermal Comfort and Urban Climate of the Tropical City on Salvador, Bahia**. TecBahia - Revista Baiana de Tecnologia, Salvador, v. 17, n. 3, p. 34-45, 2003.
- ANDRADE, T. C. Q.; KATZSCHNER, L.; FREIRE, T. M. M.; NERY, J. M. F. G. **A Method to Derive Thermal Comfort Conditions for a Tropical City**. In: *The 21th Conference on Passive and Low Energy Architecture, 2004, Eindhoven*. Plea 2004 - *The 21th Conference on Passive and Low Energy Architecture, 2004*, v. 1. p. 19-22.
- ANDRADE, T. C. Q.; NERY, J. M. F. G.; FREIRE, T. M. M.; FE, D. S.; MOTA, Luzia Matos; SANTANA, M. J. A. **Conforto Térmico em Biblioteca em Clima Tropical Úmido**. In: VIII Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído, 2005, Maceió. Anais do VIII Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído, 2005. v. 1. p. 55-64.
- ASSIS, E. S. **Clima Urbano, Planejamento Urbano e Mudanças Climáticas**. Belo Horizonte: UFMG, 2007. Projeto de pesquisa apresentado à Assessoria de Cooperação Internacional do Conselho Nacional de Pesquisas – CNPq, Coordenação de Cooperação Bilateral, Edital CNPq n.º 004/2007.
- BREIMAN, L.; FRIEDMAN, J. H.; OLSHEN, R. A.; STONE, C. J. **Classification and Regression Trees**. Wardsworth International Group, California, 1984.
- CARVALHO, Inaiá Moreira e PEREIRA, Gilberto Corso. **Como Anda Salvador**. Salvador: EDUFBA, 2009.
- COELHO, Micheline de S. Z. S. **Uma Análise Estatística com Vistas a Previsibilidade de Internações por Doenças Respiratórias em Função de Condições Meteorológicas na Cidade de São Paulo**. Tese de Doutorado. Departamento de Ciências Atmosféricas. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.
- FÉ, D. S.; ANDRADE, T. C. Q.; SANTANA, M. J. A.; NERY, J.; FREIRE, T. M. M.; OLIVEIRA, I. B. **Índices de Conforto Térmico: Avaliação para Clima Quente e Úmido**. Anais da Biblioteca Nacional, v. 01, 2007. p. 697-706.
- HIRASHIMA, Simone Queiroz da Silveira. **Calibração do Índice de Conforto Térmico Temperatura Fisiológica Equivalente (PET) para Espaços Abertos do Município de Belo Horizonte**. Dissertação de Mestrado. Mestrado em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável – MACPS. Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG. Belo Horizonte, 2010.
- HÖPPE, Peter R. **The Physiological Equivalent Temperature: A Universal Index for the Biometeorological Assessment of the Thermal Environment**. *International Journal of Biometeorology*, 43, p. 71-75, 1999.
- _____. **Different Aspects of Assessing Indoor and Outdoor Thermal Comfort**. *Energy and Buildings*, 34, p. 661-665, 2002.
- INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. **Normais Climatológicas - 1992**. INMET, 1992. Texto em HTML. Disponível em: <www.inmet.org>. Acesso em: ago. 2009.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **Ergonomics of the thermal environment — Estimation of Thermal Insulation and Water Vapour Resistance of a Clothing Ensemble**. 2ª edition. Norma ISO 9920. Genebra, 2007.
- _____. **Ergonomics of the thermal environment — Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria**. 3ª edition. Norma ISO 7730, Genebra, 2005.
- _____. **Ergonomics of the Thermal Environment — Determination of Metabolic Rate**. 2ª edition. Norma ISO 8996. Genebra, 2004.
- LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R.; **Eficiência Energética na Arquitetura**. São Paulo: PW, 1997. 192 p. il.
- LYRA, Débora Santa Fé Monteiro. **Aplicabilidade de Índices de Conforto Térmico: Um Estudo de Caso em Salvador-BA**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental Urbana- MEAU. Universidade Federal da Bahia – UFBA, Salvador, 2007.
- MATZARAKIS, A. **RayMan Version 1.2**. Meteorological Institute of the University of Freiburg. Germany, 2000.
- MATZARAKIS, A., MAYER, H. **Atmospheric Conditions and Human Thermal Comfort in Urban Areas**. In: *11th Seminar on Environmental Protection "Environment and Health". 20.-23. November 2000, Thessaloniki, Greece, 155-166, 2000*.
- MATZARAKIS, A.; RUTZ, F.; MAYER, H. **Estimation and Calculation of the Mean Radiant Temperature Within Urban Structures**. In: *Biometeorology and Urban Climatology at the Turn of the Millennium* (ed. by R.J. de Dear, J.D. Kalma, T.R. Oke and A. Auliciems): *Selected Papers from the Conference ICB-ICUC'99, Sydney, WCASP-50, WMO/TD No. 1026, 273-278, 2000*.
- MOURA, T.; NERY, J.; ANDRADE, T.; KATZSCHNER, L. **Mapeando as Condições de Conforto Térmico em Salvador**. In: RUA – Revista de Arquitetura e Urbanismo. Salvador, v.1, n.9, jan/jun 2006. p. 44-49
- NERY, J. M. F. G; *et al.* **Primeira Aproximação para Estudo de Clima Urbano em Salvador**. In: IV Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, Salvador. Anais. FAUFBA/LACAM-ANTAC, p 124-128. 1997.
- OKE, T. R. **Boundary Layer Climates**. 2ª ed. London: Routledge, c 1978.
- SOUZA, Nilton. **Salvador Aérea**. 1ª ed. Salvador: EDUFBA, 2009.
- SOUZA, Sandra Helena Miranda de. **Avaliação do Desempenho Térmico nos Microclimas das Praças: Piedade e Visconde de Cayrú, Salvador/BA**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental Urbana- MEAU. Universidade Federal da Bahia – UFBA, Salvador, 2010.

AGRADECIMENTOS

Aos colaboradores da pesquisa e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pela bolsa de estudos.