



XIENCAC
ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO
NO AMBIENTE CONSTRUÍDO

VII ELACAC
ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO
NO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Búzios - RJ - 2011

CONFEÇÃO E AFERIÇÃO DE TERMÔMETRO DE GLOBO E ABRIGO METEOROLÓGICO PARA MEDIÇÃO DE VARIÁVEIS CLIMÁTICAS EM AMBIENTES EXTERNOS

Simone Queiroz da Silveira Hirashima (1), Eleonora Sad de Assis (2)

(1) M.Sc., Mestrado Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável, simoneqs@yahoo.com.br

(2) D.Sc., Professora do Departamento de Tecnologia da Arquitetura e do Urbanismo, elsad@ufmg.br
Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Arquitetura, Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética, rua Paraíba, 679, sala 124, Belo Horizonte – MG, 30130-140, tel. (31)3409-8873

RESUMO

Este artigo apresenta procedimentos para confecção e aferição de um termômetro de globo e de um abrigo meteorológico desenvolvidos para a medição de parâmetros microclimáticos em ambientes urbanos, durante a coleta de dados para a calibração do índice de conforto PET. O termômetro de globo foi confeccionado a partir da utilização de uma bola de tênis-de-mesa, em cujo interior foi inserido um sensor de temperatura. Já o abrigo meteorológico consiste basicamente no encaixe de peças de cloreto de polivinila (PVC) facilmente encontradas no mercado, preparadas para proporcionar ao abrigo as condições necessárias de funcionalidade em campo. Os procedimentos utilizados para aferição desses instrumentos contra a instrumentação padrão da estação meteorológica local demonstraram que os dados registrados têm boa qualidade. Há, portanto, viabilidade técnica e econômica para a sua utilização em levantamentos de campo de curta duração, onde se requer portabilidade e mobilidade.

Palavras-chave: termômetro de globo, abrigo meteorológico, instrumentos de medição de parâmetros microclimáticos urbanos

ABSTRACT

This paper presents procedures for confection and gauging of a globe thermometer and a weather shelter developed for measuring climatic parameters in urban environments during data collection for the calibration of the PET comfort index. The globe thermometer was made of a tennis-ball-table, inside which was inserted a temperature sensor. The weather shelter basically consists in fitting separated parts of polyvinyl chloride (PVC), easily found in the market, prepared to provide the shelter with the functionality conditions in field. The procedures used to gauge these instruments against the standard instrumentation of the local meteorological station showed that the recorded data have good quality. There is, therefore, technical and economic viability for using these instruments in field works of short duration, which require portability and mobility.

Keywords: globe thermometer, weather shelter, measuring instruments for urban microclimatic parameters

1. INTRODUÇÃO

A pesquisa sobre o clima urbano em escala microclimática, para fins de aplicação de resultados no planejamento ou desenho urbanos, muitas vezes carece de um referencial humano para a avaliação da eventual adequação ou não das condições pesquisadas e para a tomada de decisão em projeto. Assim, torna-se necessário investir na calibração de índices de conforto existentes, desenvolvidos, em sua maioria, para ambientes diversos dos tropicais, de modo a possibilitar o seu emprego local na análise das condições ambientais, termohigrométricas neste caso, de recintos urbanos.

A calibração de um índice de conforto térmico urbano envolve a coleta de informações sobre a sensação térmica de transeuntes aclimatados às condições locais e de dados microclimáticos do local de amostragem, tais como temperatura e umidade do ar, temperatura radiante ou radiação solar (incidente e refletida) nos vários planos horizontais e verticais, e velocidade de vento. Estes dados são integrados de tal modo a relacionar as sensações térmicas manifestadas pelos transeuntes aos dados microclimáticos, possibilitando, assim, quantificar essas sensações através de escalas que identificam os limites das condições consideradas confortáveis pela população amostrada, bem como os demais graus de desconforto, tanto para o calor quanto para o frio.

Para a medição dos dados microclimáticos, esbarra-se geralmente na necessidade de medir a temperatura radiante no local, considerando ser esta uma variável mais diretamente aplicada nos modelos de balanço termofisiológico do corpo humano, como é o caso do modelo utilizado (PET), do que o conjunto de dados de radiação solar, cuja instrumentação, além disso, tem um custo elevado. Entretanto, a temperatura radiante não é uma variável medida nas estações meteorológicas padrão, de modo que dificilmente encontram-se sensores apropriados no mercado, tanto do ponto de vista da adequação para medidas externas, quanto do ponto de vista da portabilidade e integração ao sistema de aquisição digital de dados usado em campo. Assim, normalmente é preciso desenvolver esse sensor e mesmo providenciar outros tipos de adaptação para a instrumentação de que se dispõe, para garantir a qualidade dos dados medidos externamente.

Tendo em vista a necessidade crescente no país de padronização da instrumentação e dos procedimentos de aferição do sistema de aquisição de dados para garantia de qualidade nesse tipo de pesquisa, uma vez que se multiplicam no Brasil os estudos do clima urbano em escala microclimática, apresenta-se aqui o modelo de termômetro de globo e de abrigo meteorológico de baixo custo desenvolvidos para a coleta de dados climáticos em ambientes urbanos ao nível do pedestre.

O termômetro de globo mede os fluxos de radiação a que um corpo está exposto, os quais podem ser representados por meio da consideração da temperatura de globo que, quando medida simultaneamente com a temperatura do ar e com a velocidade do ar, permite o cálculo da temperatura radiante média. O abrigo meteorológico, por sua vez, tem a finalidade de minimizar a interferência da radiação, seja de onda curta ou longa, na medição de valores de temperatura e umidade do ar.

1.1. Considerações sobre termômetros de globo

Uma vez que os termômetros de globo foram inicialmente desenvolvidos para medição em ambientes internos, sua utilização para a realização de medições em ambientes externos exigiu algumas modificações a fim de adaptá-los às diferentes condições a que são expostos, e de ajustá-los às demandas requeridas pela nova utilização. Dentre essas alterações, duas são importantes: a diminuição do diâmetro e a modificação da cor do globo.

A diminuição do diâmetro dos globos utilizados nos termômetros possibilitou a redução do seu tempo de resposta, o que representa uma condição essencial para registrar as rápidas mudanças nas condições de radiação características dos ambientes externos. Já a modificação da cor preta fosca original pela cinza fosca é recomendada pela norma ISO 7726 (1998), segundo a qual a cor *cinza médio* deve ser usada quando o globo for exposto ao sol, devido à sua absorção de radiação térmica de onda curta ser semelhante à das pessoas normalmente vestidas.

Além dessas alterações fundamentais para adaptação do globo às condições existentes em ambientes externos, os estudos de Nikolopoulou et al. (1999) mostraram a possibilidade de utilização do globo de acrílico em substituição ao metálico.

A equação estabelecida pela ISO 7726 (1998) para convecção forçada é a utilizada para o cálculo da temperatura radiante média para ambientes externos, uma vez que nestes ambientes os valores de velocidade do ar são mais variáveis e significativamente maiores que nos ambientes internos. Para globos diferentes do

globo padrão, ou seja, com diâmetro qualquer, como é o caso do termômetro de globo confeccionado com bolas de tênis-de-mesa, a temperatura radiante média é determinada por:

$$\bar{t}_r = \left[(t_g + 273)^4 + \frac{1,1 \times 10^8 \times v_a^{0,6}}{\varepsilon_g \times D^{0,4}} (t_g - t_a) \right]^{1/4} - 273 \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

t_r = temperatura radiante média, em °C;

t_g = temperatura de globo, em °C;

v_a = velocidade do ar, em m/s;

t_a = temperatura do ar, em °C;

ε_g = emissividade do globo, adimensional;

D = diâmetro do globo, em m.

1.2. Considerações sobre abrigos meteorológicos

Com relação ao abrigo meteorológico, a norma ISO 7726 (1998) estabelece os cuidados que devem ser tomados para prevenir a exposição do sensor destinado a medir a temperatura do ar à radiação proveniente de fontes de calor em seu entorno, pois, caso contrário, a temperatura medida não seria a temperatura real do ar, mas sim uma temperatura intermediária entre a temperatura do ar e a temperatura radiante média. Essa norma apresenta os meios pelos quais é possível reduzir os efeitos da radiação sobre o sensor, recomendando características desejáveis às barreiras/abrigos de radiação (ventilação interna, por exemplo), porém, não especifica exatamente o tipo de barreira de radiação que deva ser utilizado.

Erell, Leal e Maldonado (2005, apud BARBOSA et. al., 2008) realizaram uma série de testes envolvendo 14 diferentes tipos de abrigos, de diversos materiais, em ambiente externo (urbano). Os autores demonstraram que o abrigo feito com tubo de PVC com diâmetro de 75mm, posicionado na vertical, revestido com alumínio proporcionou os melhores resultados quando comparados com os obtidos com o abrigo padrão Stevenson¹. Assim, neste trabalho, o PVC foi o material escolhido para a confecção do abrigo a ser utilizado.

2. OBJETIVO

Este estudo objetivou, a partir de dados da literatura, a confecção e/ou o desenvolvimento de instrumentos de medição (termômetro de globo e abrigo meteorológico) que pudessem ser utilizados na coleta de dados microclimáticos realizada em ambientes urbanos com a qualidade requerida para a calibração de um índice de conforto térmico urbano.

3. METODOLOGIA

O termômetro de globo cinza, de 40mm de diâmetro, foi confeccionado a partir de dados da literatura, tendo como base estudos preexistentes sobre a utilização deste tipo de instrumentação para coleta de dados. Já o abrigo meteorológico foi proposto e desenvolvido por HIRASHIMA (2010), também com base em estudos anteriores e em normas específicas.

Os demais instrumentos utilizados na pesquisa foram adquiridos pelo Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética (LABCON) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), tendo sido aferidos ou calibrados, conforme o caso, para este trabalho.

3.1. Confecção do termômetro de globo

O termômetro de globo foi confeccionado para ser utilizado no canal externo do *datalogger* HOBO U12-012, da marca ONSET (Figura 1). Portanto, a confecção deste instrumento para adaptação em outros *dataloggers* pode requerer ajustes e adaptações específicos.

Foram utilizados os seguintes materiais: bola de tênis-de-mesa de diâmetro igual a 40mm; tinta grafite claro, código 11202401404 da Coral Dulux Metais (utilizada no globo cinza); sensor de temperatura LM35DT/NOPB, faixa de precisão: $\pm 0,4^\circ\text{C}$ fabricante National Semiconductor; porta-LED de 5mm;

¹ O abrigo padrão Stevenson é feito de madeira com pintura externa branca e com venezianas para sombreamento e ventilação (BARBOSA et. al., 2008).

amplificador operacional quádruplo LM324, de ganho 5; conector P2; terminal para bateria portátil de 9V; abraçadeiras tipo *tied-up*.

Inicialmente procedeu-se à pintura de seis bolas de tênis-de-mesa, originalmente brancas, com uma demão de tinta. Para a pintura das bolinhas, estas foram furadas com pregos quentes sem cabeça, de 3,4cm de altura por 0,3cm de diâmetro, e imersas na tinta, após o quê foram espetadas através dos pregos numa placa de isopor para início do processo de secagem. As duas bolinhas com melhor resultado de pintura (aparência homogênea sem bolhas de ar ou escorrimento da tinta) foram selecionadas para receber os sensores de temperatura.

O sensor de temperatura foi instalado no interior da bola de tênis-de-mesa por meio do porta-LED, o qual foi enroscado em um furo feito com furadeira elétrica na bola de tênis-de-mesa. Com vistas a amplificar o sinal elétrico proveniente do sensor, esse foi então ligado ao amplificador operacional quádruplo de ganho 5, visto que o *datalogger* HOBO U12-012 somente realiza leituras de valores de voltagem entre 0 e 2,5 V, com uma precisão de $\pm 2\text{mV}$.

O amplificador foi ligado, em uma de suas extremidades, ao conector P2 para ligação ao canal externo do *datalogger*, e em sua outra extremidade, a um terminal para ligação na bateria portátil de 9V, visto que a alimentação do sensor deve ser de 9 a 15V de *input*. As abraçadeiras foram utilizadas para a fixação da bateria no amplificador. As baterias novas de 9V alcalinas duraram, aproximadamente, 4h de medição contínua, registrando dados de 5 em 5 minutos, durante os trabalhos de campo.

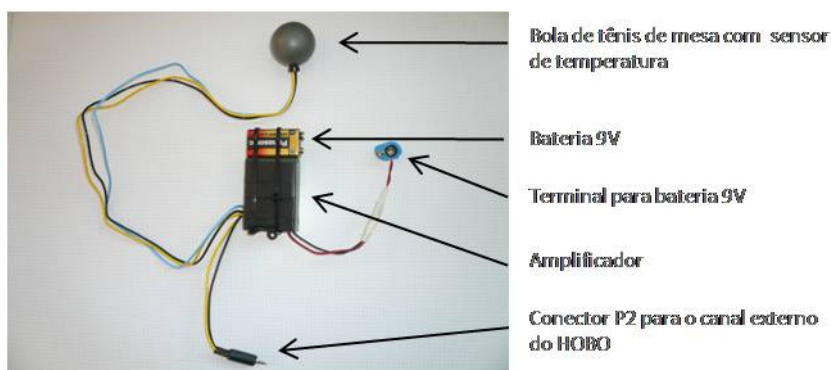


Figura 1 – Termômetro de globo cinza, de $D = 40\text{mm}$, com fonte de alimentação externa por bateria de 9V. Fonte: Hirashima (2010).

Tendo em vista que os valores medidos pelo sensor são registrados em volts (V), deve-se utilizar uma equação para transformá-los em graus Celsius ($^{\circ}\text{C}$), unidade utilizada para a temperatura de globo. Sabendo-se que a medida de tensão (Volts) do HOBO varia entre 0 e 2,5V e que a temperatura medida pelo seu sensor interno varia entre 0 e 50°C , pôde-se chegar à equação específica para este caso (Equação 2) por meio de uma regra de três simples:

$$(\text{Medida em Volts} * 50) / 2,5 = \text{Medida em } ^{\circ}\text{C} \quad \text{Equação 2}$$

Com os valores obtidos de temperatura de globo, pode-se calcular a temperatura radiante média utilizando a Equação 1. No caso específico do globo cinza confeccionado, na aplicação da Equação 1, considera-se o diâmetro do globo $D = 0,040\text{ m}$ e o valor da emissividade do tom de cinza $\epsilon_g = 0,9$, de acordo com dados da ASHRAE (1997).

3.2. Desenvolvimento do abrigo meteorológico

O abrigo meteorológico foi confeccionado para alojar o *datalogger* HOBO U12-012 da ONSET utilizando os seguintes materiais: *plug* de esgoto; terminal de ventilação e peça antiinfiltração, todos de PVC branco, diâmetro de 100mm (neste trabalho as peças usadas foram da marca Tigre); porca sextavada de 1/4", durepoxi líquido e fechos de contato autoadesivos.

O abrigo consiste no encaixe do *plug* de esgoto, que serve como base do abrigo, com o terminal de ventilação. O *plug* de esgoto deve ser cortado e ligado em sua parte superior para encaixar com facilidade no terminal de ventilação (Figura 2), facilitando o manuseio do abrigo. No *plug* de esgoto devem ser feitos oito furos de 12 mm de diâmetro, para permitir a ventilação do equipamento instalado em seu interior (Figura 3). Também nesta base, deve ser encaixada e colada com durepoxi líquido a porca sextavada (Figura 3), que

corresponde ao encaixe padrão dos tripés (por meio do *plug* de esgoto o abrigo se fixa ao tripé). O *datalogger* deve ser fixado no interior do abrigo sem se encostar às suas laterais (Figura 4). Sugere-se a fixação deste aparelho por meio de fechos de contato autoadesivos.

Na parte superior do abrigo, deve ser encaixada ainda a peça antiinfiltração, para sombrear a abertura destinada a proporcionar circulação de ar em seu interior (Figura 5), evitando assim que raios solares atinjam diretamente o instrumento de medição ali dentro alojado.



Figura 2 – Corte e lixamento da lateral do plug de esgoto. Fonte: Hirashima (2010).



Figura 3 – Furação da base do abrigo e encaixe da porca sextavada de 1/4". Fonte: Hirashima (2010).



Figura 4 – Fixação do equipamento no interior do abrigo. Fonte: Hirashima (2010).



Figura 5 – Abrigo meteorológico. Fonte: Hirashima (2010).

3.3. Aferição dos instrumentos

A aferição dos sensores internos de temperatura e umidade do ar dos *dataloggers* HOBO utilizados foi feita contra os termômetros do par psicrométrico e termohigrógrafo do abrigo da estação meteorológica padrão de Belo Horizonte, pertencente à rede do 5º Distrito de Meteorologia do Instituto Nacional de Meteorologia (5º DISME/INMET). Com relação aos instrumentos confeccionados, estes foram aferidos contra instrumentos similares devidamente calibrados. Nos procedimentos de aferição foram utilizadas duas unidades de cada um dos instrumentos a serem aferidos. Os instrumentos foram sempre posicionados em tripés a 1,1m de altura.

3.3.1. Aferição dos sensores não confeccionados

A) Sensores de temperatura e umidade do ar (canais internos) do *datalogger* marca HOBO, modelo U12-012

A aferição dos dois *datalogger* utilizados foi realizada no 5º Distrito de Meteorologia do Instituto nacional de Meteorologia (5º DISME/INMET) contra o termohigrógrafo utilizado por este órgão na estação padrão para observações das condições climáticas.

B) Sensor de velocidade do vento do anemômetro de copos, marca LAMBRECHT

O anemômetro foi aferido no túnel de vento do Laboratório de Vação da Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais (CETEC – MG) contra um anemômetro de pás do CETEC – MG e contra um termoanemômetro de fio quente, marca ALNOR TSI Incorporated, modelo 8585/8586.

C) Termômetro de globo preto de 150mm de diâmetro, marca ICOTHERM

O termômetro de globo preto de 150mm de diâmetro foi enviado à MEDIÇÃO Soluções Metrológicas Integradas para calibração.

3.3.2. Aferição dos termômetros de globo cinza, de diâmetro 40mm

A aferição dos valores de temperatura de globo medidos pelos termômetros de globo cinza foi realizada em duas etapas. Na primeira etapa, procedeu-se à aferição dos valores medidos pelos dois termômetros de globo cinza de $D = 40\text{mm}$, em ambiente interno, para verificação do grau de convergência entre os valores por eles medidos.

Atestada a semelhança entre os valores e, não necessitando esses valores de serem corrigidos, procedeu-se à segunda etapa da aferição dos termômetros de globo cinza. Esta etapa visou à comparação entre o termômetro de globo preto padrão, de $D = 150\text{mm}$, e um dos termômetros de globo de $D = 40\text{mm}$.

Essa segunda etapa foi realizada no Laboratório de Fisiologia do Exercício (LAFISE), da UFMG, que possui uma câmara bioclimática capaz de proporcionar grande amplitude térmica, bem como mudanças em suas temperaturas e umidades internas, em um tempo relativamente pequeno. Foram montados na câmara: 2 termômetros de globo D = 40mm, um preto e o outro cinza; 1 termômetro de globo preto D = 150mm, cujo termômetro de mercúrio foi calibrado para este trabalho; 1 termômetro padrão de mercúrio para medir a temperatura interna do ar (Figura 6).

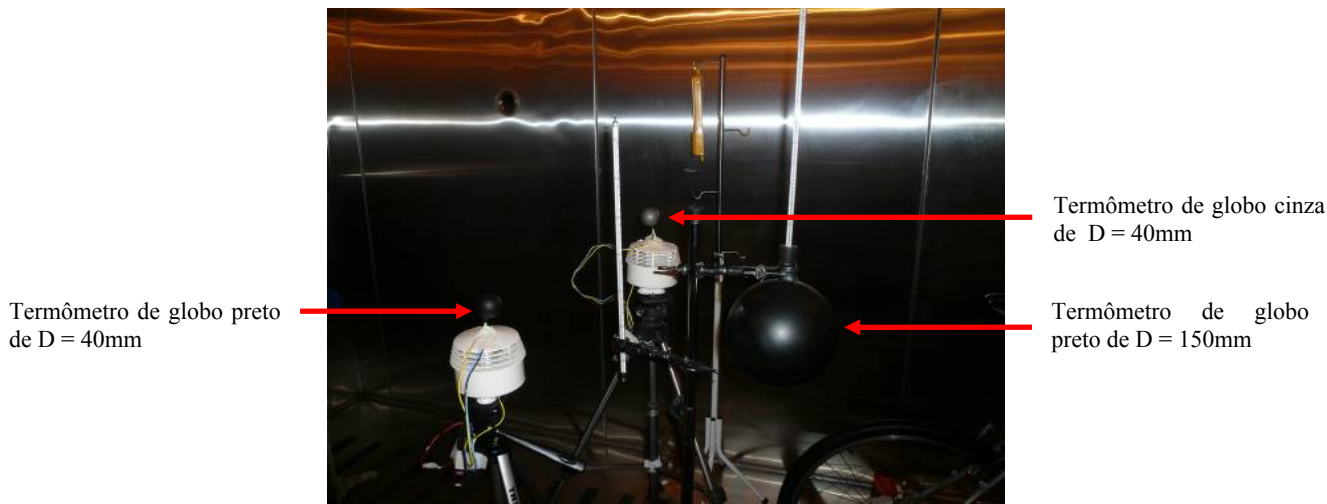


Figura 6 - Termômetros de globo montados no interior da câmara bioclimática do LAFISE/UFMG, durante o procedimento de aferição desses equipamentos. Fonte: Hirashima (2010).

Foi programada uma variação da temperatura interna da câmara de 35°C a 15°C, de 5°C em 5°C, aguardando-se aproximadamente 15 minutos para a estabilização dos termômetros de mercúrio durante as mudanças de temperatura, e depois de 15°C a 25°C, com o mesmo procedimento. A cada variação de temperatura, eram anotados o horário e os dados dos termômetros de mercúrio, enquanto que os dados dos termômetros de globo de D = 40mm estavam sendo registrados pelos *dataloggers*.

Considerando a impossibilidade de comparar os dados do termômetro de globo preto de D = 150mm, considerado como padrão para a aferição, com os do termômetro de globo cinza de D = 40mm, usou-se também um globo preto de D = 40mm, cujas medidas, estas sim, foram comparadas ao padrão. A rotina desta aferição foi a seguinte:

a) iniciou-se o procedimento registrando as medidas do termômetro de globo preto de D = 150mm e do termômetro de globo cinza de D = 40mm, com a câmara bioclimática medindo 35°C em seu interior. Manteve-se a temperatura interior da câmara por 15min para a realização das medições, e depois esta foi diminuída para 30°C. Aguardou-se 15min para a estabilização dos equipamentos e novamente procedeu-se às medições por 15 minutos. Esse procedimento foi realizado assim sucessivamente até que a temperatura interna da câmara atingiu 15°C;

b) o globo cinza de D = 40mm foi, então, substituído pelo globo preto de mesmo diâmetro, usando o mesmo sensor de temperatura. Aguardou-se o tempo de 10 minutos e novamente foi realizada a leitura dos valores medidos, desta vez, pelo termômetro de globo de D = 40mm com o globo preto e pelo termômetro de globo preto de D = 150mm. Aumentou-se a temperatura interna da câmara para 20°C, sempre aguardando o tempo de estabilização para o registro de mais um conjunto de dados por 15 minutos. Esse procedimento se repetiu até que a temperatura interna da câmara atingiu 25°C.

Os valores medidos com a utilização do globo preto de D = 40mm serviram como base para a aferição do termômetro de globo de D = 40mm contra o termômetro de globo de D = 150mm.

3.3.3. Aferição dos abrigos meteorológicos

Inicialmente, o abrigo meteorológico confeccionado foi testado no heliodon do LABCON/UFMG para verificar se seu tamanho (diâmetro utilizado) oferecia proteção suficiente contra os raios solares. Considerou-se neste teste os solstícios e o equinócio, de hora em hora, no período de 6h às 18h (Figura 7).



Figura 7 - Teste do abrigo com a peça antiinfiltração usada como pára-sol, realizado no heliodon do LABCON/UFMG. Fonte: Hirashima (2010).

Posteriormente, avaliou-se a influência do aquecimento do material PVC, que constitui o abrigo, nos valores medidos pelo sensor de temperatura do *datalogger* alojado em seu interior. Esta etapa foi realizada na estação meteorológica principal de Belo Horizonte, no 5º DISME/INMET. Nesta etapa, um dos abrigos construídos foi revestido externa e internamente com cortiça. Internamente também, esse mesmo abrigo recebeu um revestimento, sobre a cortiça, de cartolina envolta em papel alumínio. Ambos os abrigos, com e sem os revestimentos, foram levados ao 5º DISME para uma aferição contra a instrumentação do abrigo meteorológico padrão (Figuras 8 e 9). O dia da aferição foi ensolarado e quente, com nebulosidade que variou de 1 oitava de céu, às 9h, a 3 oitavas de céu, às 15h.



Figura 8 - Abrigos montados sobre tripé, a 1,1m do solo, com e sem revestimentos, para o procedimento de aferição no 5º DISME/INMET. Fonte: Hirashima (2010).



Figura 9 - Posicionamento dos abrigos, com e sem revestimentos, com relação ao abrigo do 5º DISME/INMET para o procedimento de aferição. Fonte: Hirashima (2010).

3.4. Montagem dos instrumentos em ambiente urbano

Objetivando o estudo do conforto térmico humano em ambientes externos e em áreas urbanas, a instrumentação foi montada em tripés e posicionada a 1,1m do solo, de acordo com a ISO 7726 (1998), com aproximadamente 20 minutos de antecedência com relação ao início da coleta de dados, para estabilização das medidas dos termômetros de globos. O *datalogger* deve ser instalado no interior do abrigo e conectado ao termômetro de globo localizado acima deste, a uma distância de, aproximadamente, 20cm. Os instrumentos foram montados em dois pontos específicos, um ao sol e outro à sombra, conforme Figuras 10 e 11. Os dados foram registrados de 5 em 5 minutos.



Figura 10 - Montagem dos equipamentos em campo no sol.
Fonte: Hirashima (2010).



Figura 11 - Montagem dos equipamentos em campo na sombra.
Fonte: Hirashima (2010).

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

Os instrumentos confeccionados foram relativamente fáceis de desenvolver, pois os materiais constituintes são encontrados facilmente em lojas especializadas e o processo de montagem é rápido. O processo de aferição de cada um dos instrumentos, confeccionados ou não deve ser feito para garantir boa qualidade dos dados medidos durante os trabalhos de campo.

4.1. Resultados de aferição dos sensores não confeccionados

A) Sensores de temperatura e umidade do ar (canais internos) do *datalogger* marca HOBO, modelo U12-012

Os resultados demonstram que os valores medidos pelos *dataloggers* estão coerentes com os valores medidos pelo termohigrógrafo, considerando as imprecisões na leitura do termohigrograma e o erro dos equipamentos.

B) Sensor de velocidade do vento do anemômetro de copos, marca LAMBRECHT

Os resultados demonstram que os valores medidos pelo anemômetro de copos estão coerentes com os valores medidos pelo anemômetro de pás do CETEC – MG e pelo termoanemômetro de fio quente.

C) Termômetro de globo preto de 150mm de diâmetro, marca ICOTHERM

Os resultados demonstram que os valores medidos estavam coerentes com os valores medidos pelo instrumento padrão, conforme Certificado de Calibração CCM509/10.

4.2. Resultados da aferição dos termômetros de globo

A Figura 12 referente à primeira etapa de aferição dos termômetros de globo cinza em ambiente interno, demonstra que os valores medidos pelos dois termômetros de globo cinza estão bastante semelhantes entre si e que, portanto, não precisam ser corrigidos.

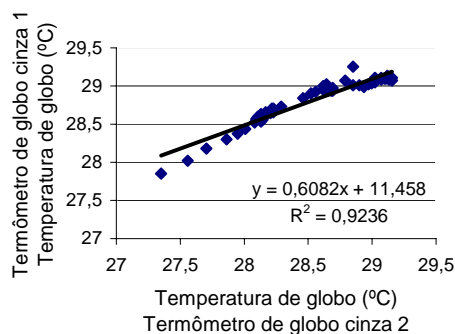


Figura 12 - Comparação entre os valores medidos de temperatura de globo (°C) durante o procedimento de aferição dos termômetros de globo cinza de D = 40mm em ambiente interno. Fonte: Hirashima (2010).

Na Figura 13, pode-se atribuir o intervalo entre as duas seqüências à diferença de cor dos globos, pois esse mesmo intervalo não aparece na Figura 14, quando o globo cinza foi trocado pelo globo preto, também de D = 40mm. Os resultados demonstram que os valores medidos pelos termômetros de globo preto de D = 40mm estão coerentes com os valores medidos pelo termômetro de globo preto de D = 150mm, considerando as imprecisões na leitura dos valores de temperatura de globo medidos por meio de termômetro analógico e o erro dos equipamentos digitais. Dessa forma, os valores medidos pelos termômetros de globo de D = 40mm cinza não precisaram ser corrigidos.

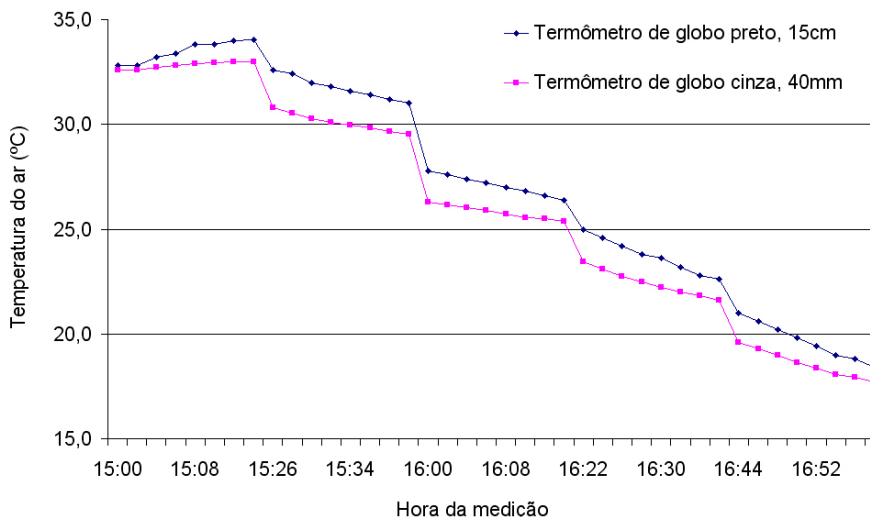


Figura 13 - Série temporal dos valores medidos de temperatura de globo (°C), durante o procedimento de aferição dos termômetros de globo na câmara bioclimática. A figura permite visualizar as seqüências medidas simultaneamente pelo termômetro de globo preto, de D = 150mm e pelo termômetro de globo cinza, de D = 40mm. Fonte: Hirashima (2010).

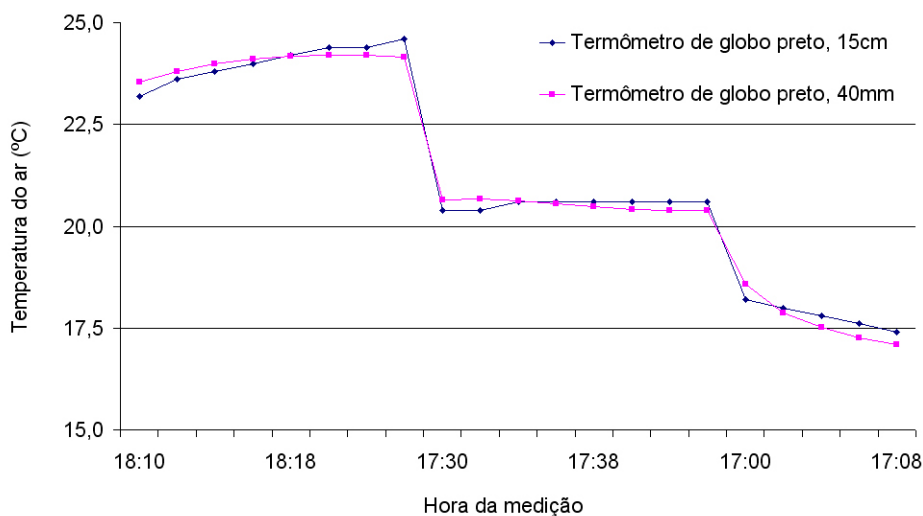


Figura 14 - Série temporal dos valores medidos de temperatura de globo (°C), durante o procedimento de aferição dos termômetros de globo na câmara bioclimática. A figura permite visualizar as seqüências medidas simultaneamente pelo termômetro de globo preto, de D = 150mm e pelo termômetro de globo de D = 40mm, também utilizando um globo preto. Fonte: Hirashima (2010).

4.3. Testes e aferição dos abrigos meteorológicos

A Figura 15 apresenta a comparação dos valores de temperatura do ar medidos ao longo do tempo pelos sensores de temperatura dos *dataloggers* HOBO com os medidos pelo termohigrógrafo do 5º DISME/INMET.

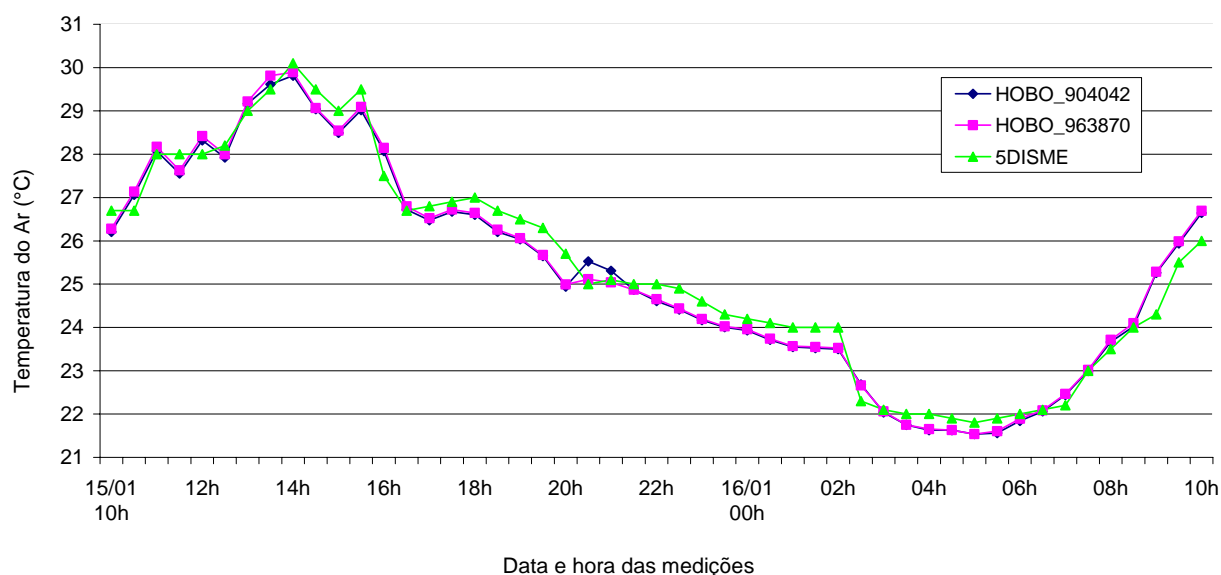


Figura 15 - Série temporal dos valores medidos de temperatura do ar (°C) durante a aferição dos *dataloggers* na estação meteorológica principal de Belo Horizonte, 5º DISME/INMET.

Os resultados demonstram que os valores medidos pelos sensores de temperatura dos *dataloggers* estão coerentes com os valores medidos pelo termohigrógrafo, considerando as imprecisões na leitura do termohigrograma e o erro dos equipamentos, e que, portanto, não precisam ser corrigidos.

5. CONCLUSÕES

A vantagem dos termômetros de globo e dos abrigos concebidos é que os mesmos são portáteis, leves, resistentes, duráveis e fáceis de montar e desmontar em trabalhos de campo. A confecção e a utilização desses instrumentos representa, portanto, uma alternativa técnica e economicamente viável para a realização de experimentos de curta duração em ambientes urbanos, uma vez que, conforme comprovado por meio de procedimentos de aferição, esses instrumentos fornecem dados com a qualidade requerida para o objetivo de calibração do índice de conforto adotado.

REFERÊNCIAS

- AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. **Handbook of fundamentals**: Physiological principles, comfort, health. New York, 1997.
- BARBOSA, M. J.; LAMBERTS, R.; GUTHS, S. Uso de barreiras de radiação para minimizar o erro no registro das temperaturas do ar em edificações. *Ambiente Cosnruído*, v. 8, n. 4, p. 117-136, 2008.
- HIRASHIMA, S. Q. S. **Calibração do índice de conforto térmico temperatura equivalente fisiológica (PET) para espaços abertos do município de Belo Horizonte, MG**. 225f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Arquitetura, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 7726**: Ergonomics of the thermal environment - Instruments for measuring physical quantities. Genève, 1998.
- NIKOLOPOULOU, M.; BAKER, N., STEEMERS K. Improvements to the globe thermometer for outdoor use. *Architectural Science Review*, v. 42, p. 27-34, 1999.

AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem ao Prof. Dr. Fábio Gonçalves Jota e aos alunos Hudson Dyele Pinheiro de Oliveira e Hugo Leonardo Mendes, do Laboratório de Controle de Processos Industriais, Departamento de Engenharia Eletrônica da UFMG, pela orientação na confecção do termômetro de globo de D= 40mm e pelo desenvolvimento do seu sistema de integração ao canal externo do *datalogger* HOBO; à arquiteta M.Sc. Jussara Grosch Ludgero Ramos, pela colaboração nas etapas de confecção e aferição dos termômetros de globo e ao arquiteto Hayato Hirashima, pela adaptação da bateria ao termômetro de globo, o que possibilitou seu uso em medições móveis e pelo apoio no desenvolvimento e na montagem dos abrigos meteorológicos.