



## PROPOSTA DE PROTEÇÃO ALTERNATIVA PARA SENSORES HIGROTERMICOS UTILIZADOS EM MEDIÇÕES DE AMBIENTES EXTERNOS

**Rafael Ponce de Leon Amorim(01); Manuela Duarte (02); Solange Leder (03)**

(01) Mestrando em Engenharia Urbana e Ambiental – Centro de Tecnologia - Universidade Federal da Paraíba, Brasil – e-mail: rafael.ponce@ifpb.edu.br

(02) Mestranda em Arquitetura e Urbanismo – Centro de Tecnologia - Universidade Federal da Paraíba, Brasil, e-mail: manuelalfduarte@gmail.com

(03) Departamento de Arquitetura e Urbanismo – Centro de Tecnologia – Universidade Federal da Paraíba, Brasil – e-mail: solangeleder@yahoo.com.br

### RESUMO

O alto custo de equipamentos para estudos de variáveis climáticas pode se constituir em um obstáculo, pois muitos dos equipamentos utilizados são importados. Sendo assim, a utilização de soluções alternativas para a diminuição dos custos pode viabilizar maior número de experimentos e estudos. Por outro lado, a verificação da eficiência de tais soluções é um passo fundamental para garantir a confiabilidade necessária. Esse artigo relata o processo de construção e aferição da confiabilidade de uma proteção para sensores higrotérmicos, concebida a partir de bandejas de isopor e elaborada através de observações de proteções existentes no mercado e comumente utilizadas. A metodologia compreende um conjunto de testes em campo, simulando situações reais e com objetivo de aferir a eficiência das proteções no controle da radiação solar direta e indireta, na resistência às intempéries e durabilidade. Foram realizados ajustes até à confirmação da confiabilidade da proteção proposta. Ressalta-se principalmente, a rapidez de execução e a economia no custo de confecção da mesma, que representa cerca de 2% do valor de uma proteção original.

Palavras-chave: Sensores higrotérmicos, proteções, EPS, clima urbano.

## 1 INTRODUÇÃO

Estudos sobre o clima urbano iniciaram no começo do século XIX, na Europa. O trabalho de Howard, publicado pela primeira vez em 1818 e sobre o clima de Londres, foi um dos primeiros trabalhos a observar as diferenças de temperatura na cidade, comparadas com o meio rural. Durante a 2ª Grande Guerra, a América do Norte e Japão também iniciaram estudos sobre o clima. Após a Guerra os trabalhos foram intensificados. Nesse período, destacam-se o estudo de Landsberg, em 1956, e de Chandler, em 1965 (*apud* Monteiro e Mendonça, 2003). Na década de 1960 e início dos anos de 1970, os estudos climáticos focaram interesse na atmosfera urbana, sobretudo no problema da concentração de poluentes em cidades.

No Brasil pode-se constatar um grande desenvolvimento dos estudos sobre clima urbano na última década, principalmente devido ao interesse em analisar a qualidade do ambiente construído relacionando a mesma às condições climáticas do meio urbano. Porém, estudos descritivos, básicos para investigações mais aprofundadas, são prejudicados por uma rede meteorológica pouco densa e, além disso, os equipamentos para a pesquisa na escala urbana requerem uma instrumentação sofisticada e onerosa. (ASSIS, 2005)

Segundo Oke (2005), um dos grandes desafios, em estudos de clima urbano, refere-se à padronização de procedimentos de observação e análise de dados envolvidos nas observações. A partir da observação de uma série de estudos de clima urbano que se utilizaram da coleta de medições microclimáticas no meio urbano, percebeu-se que existem também divergências e diferenças entre as proteções utilizadas nos sensores higrotérmicos. Quando não utilizam abrigos originais, produzidos pelos fabricantes dos equipamentos, pesquisadores criam suas proteções, adaptadas a sua realidade ou necessidade.

Carvalho (2005) utiliza uma proteção alternativa para abrigar os equipamentos registradores utilizados em seu estudo. O autor confecciona uma proteção com caixas plásticas de sorvete na cor branca, nas quais foram inseridas aletas para favorecer a ventilação (ver Figura 1-a). Já Pezzuto (2005) confecciona um abrigo para sensores higrotérmicos munidos de *dataloggers*, a partir de uma caixa de isopor (E.P.S.) ventilada, com a finalidade proteger da radiação solar direta (Figura 1-b). Panet (2005) utiliza em seu estudo Estações Meteorológicas da marca *La Crosse/Tecnology* cujo console foi protegido pelo conhecido anteparo de Estevenson, feito de madeira, com venezianas nas laterais para propiciar a ventilação interna.



**Figura 01** – (a) Proteção Carvalho (2005), (b) Proteção Pezzuto (2005), (c) Anteparo de Estevenson.

## 2 OBJETIVO

O objetivo desse trabalho é relatar o processo de construção e aferição da interferência e confiabilidade de uma proteção alternativa para sensores higrotérmicos, concebida a partir de bandejas de isopor e elaborada através de observações de proteções existentes no mercado e comumente utilizadas.

### 3 METODOLOGIA

A proteção alternativa para sensores higrotérmicos, desenvolvida com este trabalho, foi concebida a partir da sobreposição de bandejas de EPS, sigla internacional do Poliestireno Expandido. No Brasil, este material é mais conhecido por uma de suas marcas comerciais, ISOPOR®. De acordo com a Associação Brasileira do Poliestireno Expandido, o EPS é um material plástico na forma de espuma com microcélulas fechadas, composto basicamente de 2% de poliestireno e 98% de vazios contendo ar.

A utilização deste material para confecção das proteções considerou, além das já conhecidas características isolante-térmicas, diversas vantagens atribuídas ao EPS, tais como: baixo peso, baixa absorção de água, facilidade de manuseio, resistência mecânica, resistência ao envelhecimento, e por fim, o baixo custo de aquisição. Adequando-se assim ao uso pretendido, que requer um elemento de baixa interferência nas medições (isolante), resistência às intempéries, durável e de baixo custo.

Esta pesquisa adotou para as medições de temperatura e umidade do ar um sensor com datalogger, do tipo HOBO-U10, marca ONSET, dimensões de 45 x 60 x 20 cm. Como também se verificou que a proteção desenvolvida adapta-se facilmente a outros tipos de sensores.

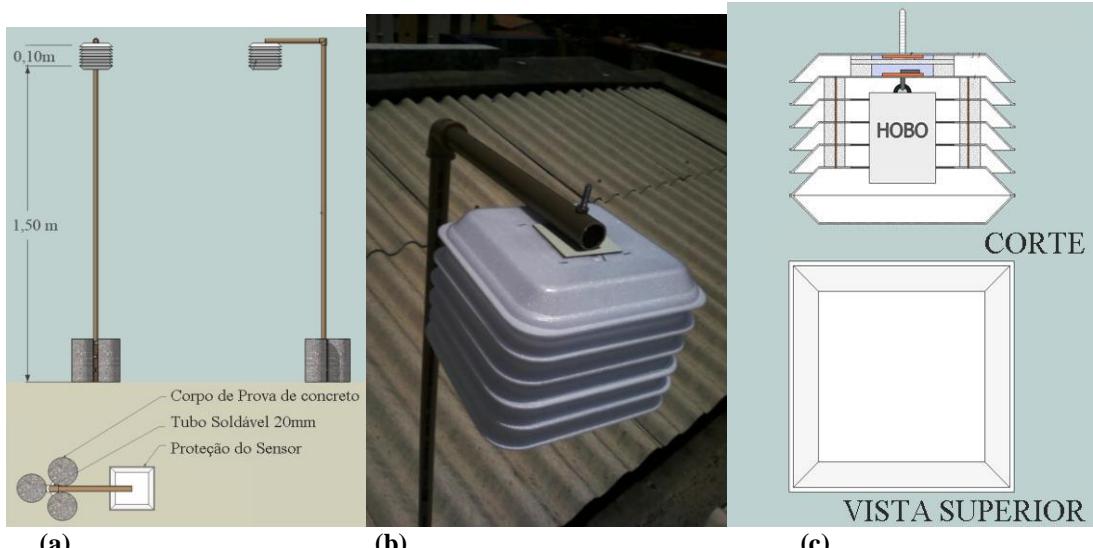
A montagem da proteção é bastante simples. Foram utilizados: bandejas de EPS de 15 x 15 cm, uma folha de EPS de 0,8 mm, palitos roliços de madeira 60x2mm, papel alumínio e cola de isopor. O Apoio pode ser feito de diversas formas, neste estudo foi adotado um tripé construído com tubos soldáveis de PVC de 20mm, e três corpos de prova de concreto com aproximadamente 4 kg cada (Figura 02 a). A fixação do protetor no tripé foi realizada através da bandeja superior com a utilização de parafuso, porcas e arruelas, complementados por pedaços de E.V.A. (Etil Vinil Acetato) e laminados de madeira na cor branca, promovendo rigidez ao conjunto e evitando os consequentes desgastes provocados pelas movimentações resultantes da ação de ventos e chuvas (Figura 02b e c).

Destaca-se a facilidade, rapidez e baixo custo do sistema proposto, já que sua composição demanda materiais de baixo valor e facilmente encontrados. O custo da proteção alternativa é em torno de R\$4,00 por peça, enquanto a proteção original, disponível no mercado e utilizado como comparação, apresenta um custo de aproximadamente R\$215,00.

A verificação da resistência da proteção à passagem da radiação solar direta e indireta foi através de uma seqüência de experimentos. Adotou-se como referência uma proteção adquirida no mercado, com o mesmo fabricante do termo-higrômetro HOBO e também, em alguns casos, uma estação meteorológica DAVIS, modelo Vantage Pro 2 Plus. Foram realizadas medições simultâneas com os dois sistemas: um sistema utilizando a proteção original (denominada de proteção original) e o outro utilizando a proteção alternativa, expostos às mesmas condições ambientais. Esses testes tiveram duração de 24 horas, possibilitando a observação, do comportamento do sensor em conjunto com a proteção, em condição de sombreamento e insolação.

Os testes de durabilidade e resistência a intempéries foram realizados no período de 31/03 a 30/04 de 2010. Duas estações foram montadas, a primeira foi instalada na cobertura de um edifício (6º andar) localizado a 300m do mar, com o objetivo de analisar a resistência da proteção à rajadas de vento, a segunda estação foi montada no jardim de uma residência térrea a 1,5m do piso e simulando uma condição próxima da condição na qual se pretende utilizar a proteção, em desenvolvimento com este trabalho.

Uma das características fundamentais de uma proteção para sensores higrotérmicos é a estanqueidade, pois grande parte dos registradores disponíveis no mercado não é resistente à água. Para verificar a eficiência da proteção à ação da água da chuva, foi confeccionada uma caixa de papel com as mesmas dimensões do HOBO U10, essa caixa foi revestida com papel sulfite com impressão do tipo jato de tinta e utilizada no experimento com a proteção E.P.S. Ainda com esse experimento foi observada a ação do sol sobre a proteção E.P.S.



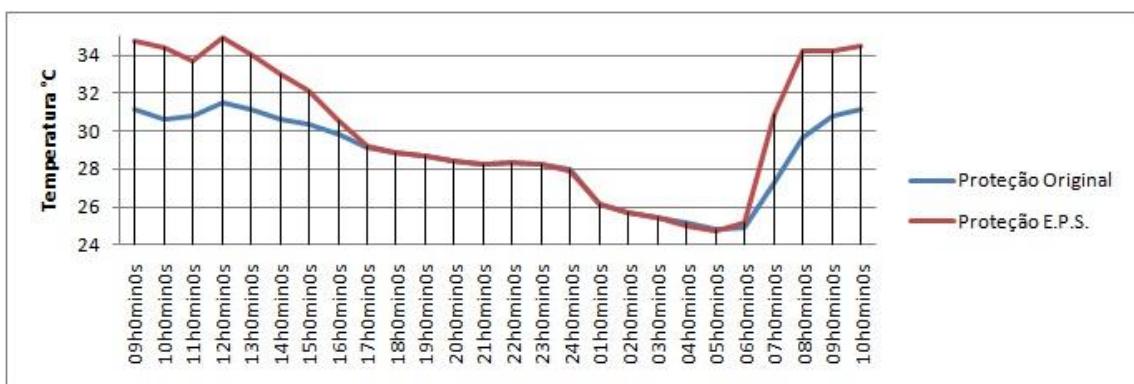
**Figura 02** – (a) Modelo de tripé com a proteção em EPS. (b) Proteção em EPS. (c) Vista superior e corte da proteção.

## 4 ANÁLISE DE RESULTADOS

### 4.1 Resistência à radiação direta e indireta

Foram realizados sucessivos testes para verificar a resistência da proteção à passagem da radiação solar direta e indireta. Melhorias e modificações foram propostas, executadas e testadas com o intuito de neutralizar o efeito da radiação.

O primeiro teste foi realizado apenas com bandejas de EPS 15x15cm. Teve início às 9:00h e foi concluído às 10:00h do dia seguinte. Os resultados podem ser visualizados no gráfico da figura 03. Entre os horários das 18:00h até às 06:00, onde não há radiação solar, os equipamentos apresentaram os mesmos resultados. A partir das 07:00h, com a presença do sol, a proteção de EPS sofre um aquecimento muito superior à proteção original, chegando a apresentar uma diferença de 4,6°C às 08:00h. Assumindo que a proteção original apresenta confiabilidade na resistência à passagem da radiação solar, a proteção EPS, no primeiro teste, apresentou baixa resistência à radiação solar.

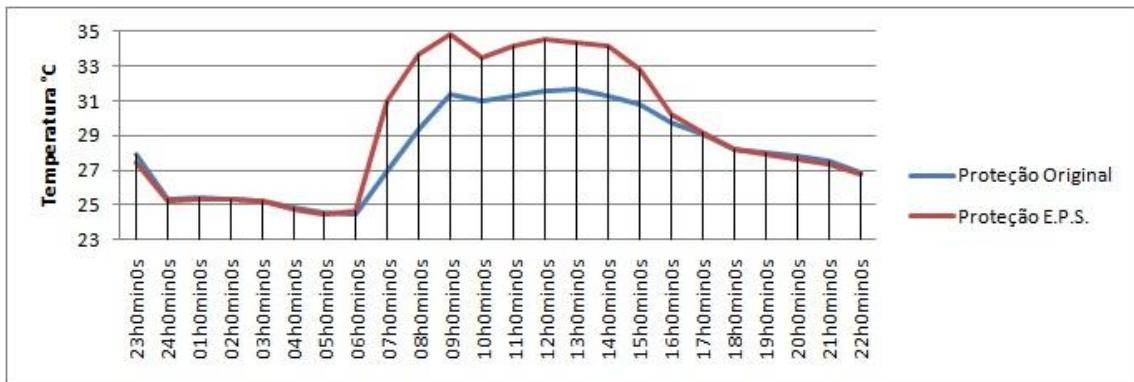


**Figura 03:** Teste 01 – Comparativo entre a proteção original e a proteção de EPS.

No segundo teste adotaram-se bandejas de EPS maiores, 18 x 23 cm, averiguando se as dimensões das bandejas teriam influência sobre os resultados encontrados com o Teste 1. Um curto período de tempo exposto ao sol foi suficiente para demonstrar que o novo experimento também não teria um resultado positivo, pois a variação entre proteções alcançou 3,8°C.

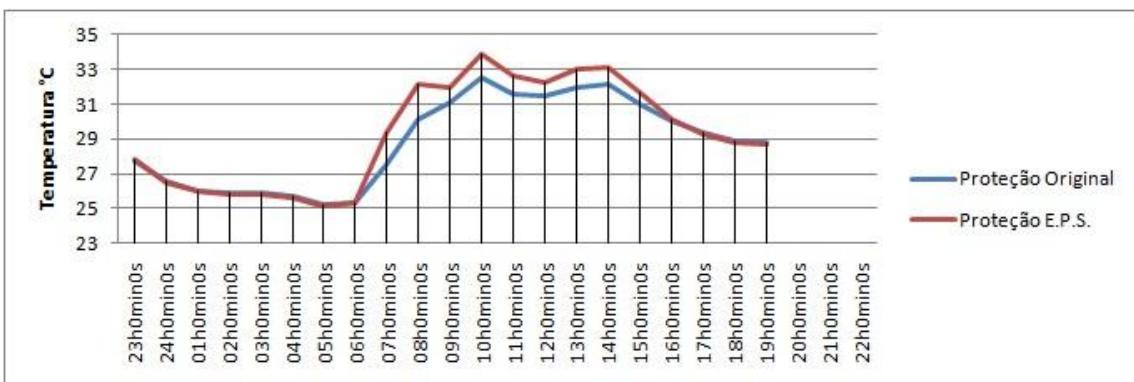
No terceiro teste, novamente com as bandejas de EPS 18x23 cm, as bandejas foram revestidas com

uma camada de papel alumínio na parte interna da bandeja superior e inferior, com objetivo de aumentar a resistência à passagem da radiação. Observa-se no gráfico da figura 04, que os valores de temperatura observados com o Hobo da proteção EPS continuam superior aos valores observados com o Hobo da proteção original, com diferenças de até 4,3°C.



**Figura 04:** Teste 03 – Comparativo entre a proteção original e a proteção de EPS.

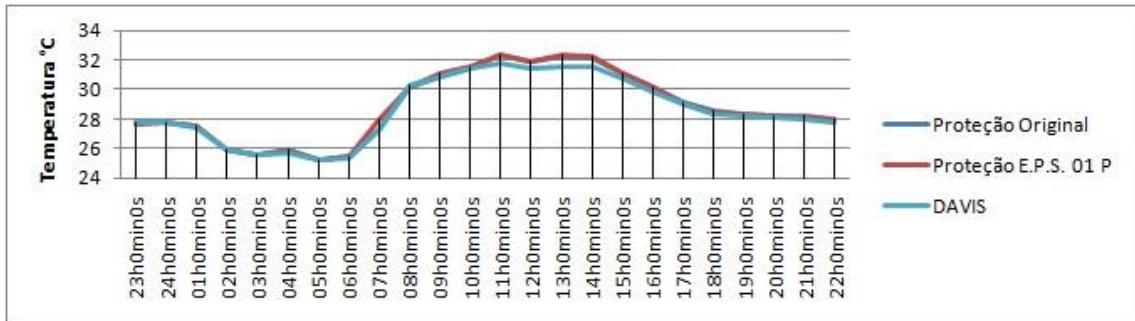
Com base nas observações realizadas nos testes 01 e 03, uma quarta proposta foi testada. Não apenas a parte superior e inferior da proteção receberia papel alumínio, mas também as abas laterais. Considerando que, para a localidade do experimento a incidência solar sobre planos verticais é significativa. Outra alteração foi à diminuição do espaçamento entre bandejas, que passou de 1,4cm para 0,8cm. Como resultado, obteve-se a redução do aquecimento da proteção de EPS, que passou a ter uma diferença máxima de 2°C em relação à proteção original (Figura 05).



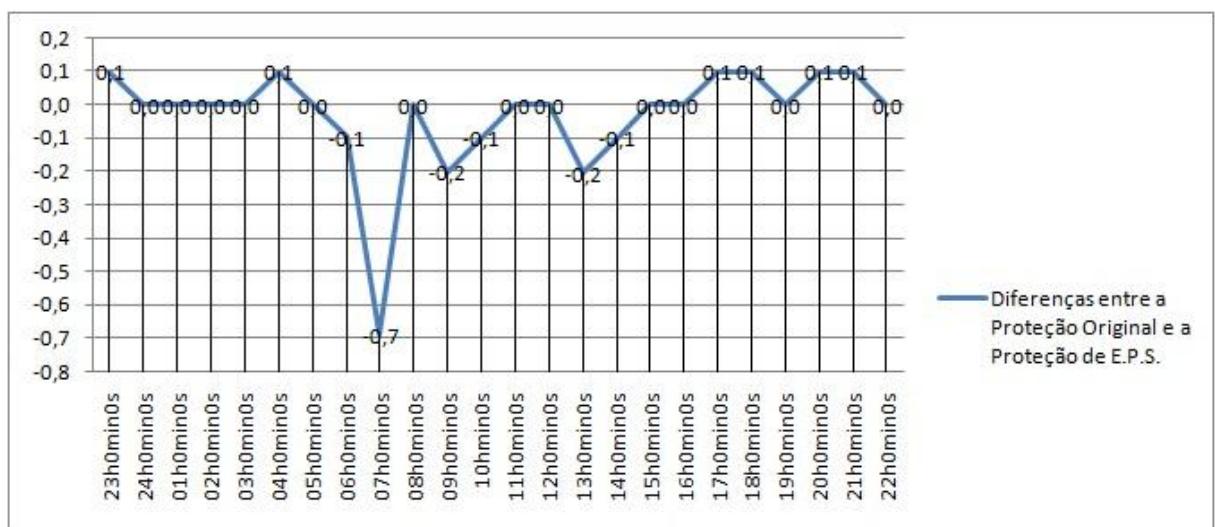
**Figura 05:** Teste 04 – Comparativo entre a proteção original e a proteção de EPS.

No quinto experimento as bandejas de E.P.S., com dimensões de 15x15 cm, recebem o revestimento de alumínio nas superfícies externas E.P.S. Neste experimento, foi inserido um terceiro conjunto de sensor e proteção: a estação Meteorológica DAVIS, modelo *Vantage Pro 2 Plus*, calibrada recentemente no INPE-RN.

Na figura 06, o gráfico demonstra os dados obtidos com o quinto experimento. Observa-se que a proteção de E.P.S. atingiu o objetivo esperado, apresentando variação de até 0,2°C em relação à proteção original, exceto às 7:00h quando a diferença atingiu 0,7°C, conforme figura 07. Acredita-se que essa diferença ocorra devido à altura do sol neste horário, resultando reflexões da radiação no interior da proteção e o consequente aquecimento do sensor. Os resultados obtidos com a Estação Meteorológica (Davis) apresentaram uma diferença de 0,4°C no período de 11:00h às 13:00h em relação à proteção original e à proteção de E.P.S.



**Figura 06:** Teste 05 – Comparativo entre a proteção original, a proteção de EPS e a estação meteorológica DAVIS.



**Figura 07:** Teste 05 – Comparativo da variação de temperatura apresentada entre a proteção original e a proteção de EPS.

#### 4.2 Resistência às intempéries e durabilidade

Como descrito no item métodos e procedimentos, a segunda etapa foi realizada durante um período de trinta dias, e objetivou averiguar o comportamento da proteção de EPS quanto à ação dos ventos, sol e chuva. Duas estações foram montadas, sendo a primeira na cobertura de um edifício e a segunda em um jardim residencial.

O primeiro experimento tinha como objetivo principal analisar a resistência da proteção à rajadas de vento, por esse motivo foi escolhida a cobertura de um edifício de seis pavimentos para sua implantação. Constatou-se que o sistema alternativo desenvolvido, composto da proteção de E.P.S. e apoio de barra de PVC com estrutura de concreto, apresenta grande resistência à ventilação intensa, ao término do período de análise não foi observado danos em sua estrutura.

Também se pretendia observar a durabilidade e resistência aos efeitos provocados pela incidência direta da radiação solar e água da chuva.

Sobre a ação do sol, verificou-se que os experimentos apresentaram um pequeno amarelamento das superfícies mais expostas: bandejas superior e laterais leste, norte e oeste. Averiguou-se, ao final do período de teste, que a caixa de papel revestida com papel sulfite e colocada no interior da proteção E.P.S., não apresentou sinais de contato com água.

Dessa forma, considerando-se os testes realizados com esse estudo, pode-se concluir que a proteção mostra-se eficaz e adequada a pesquisas com duração aproximada de até trinta dias.

## 5 CONCLUSÕES

No estudo do clima urbano frequentemente sistemas alternativos de proteção e apoio aos equipamentos de monitoramento são utilizados pelos pesquisadores, devido ao alto custo das proteções disponíveis no mercado. A verificação desses sistemas é fundamental para obtenção de dados confiáveis, evitando assim possíveis mascaramentos que podem conduzir a conclusões equivocadas. Sendo assim, o objetivo desse trabalho é relatar o processo de construção e aferição da interferência e confiabilidade de uma proteção alternativa para sensores higrotérmicos, concebida a partir de bandejas de isopor e elaborada através de observações de proteções existentes no mercado.

Os itens observados foram: durabilidade, resistência às intempéries – vento, sol e chuva, e eficiência no controle da radiação solar. Destaca-se a facilidade, rapidez e baixo custo do sistema proposto, já que sua composição demanda materiais de baixo valor e facilmente encontrados, como bandejas de E.P.S., palitos rólicos de madeira, papel alumínio e cola de isopor, representando um valor total de aproximadamente R\$4,00 por peça, enquanto a proteção original disponível no mercado custa R\$215,00. A proteção de E.P.S. proposta atingiu o objetivo esperado, apresentando variação de até 0,2°C em relação à proteção original, exceto às 7:00 h quando a diferença atingiu 0,7°C.

## 6 REFERÊNCIAS

ASSIS, Eleonora Sad de. **A abordagem do clima urbano e aplicações no planejamento da cidade: reflexões sobre uma trajetória.** In: ENCONTRO NACIONAL E IV ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 8, 2005, Maceió. Anais...Maceió: ANTAC, 2005, p. 92-101.

CARVALHO, Homero Jorge Matos de. **Metodologia para a análise das interações entre a forma urbana e o clima: Aplicação a uma cidade brasileira de clima litorâneo com baixa latitude.** Rio de Janeiro. UFRJ, 2006. (Tese de Doutorado em Urbanismo).

GARCÍA, Maria C. M. **Climatología Urbana.** Barcelona: Universitat de Barcelona, 1999. Textos Docents – 160.

GIVONI, Baruch; NOGUCHI, Mikiko. **Issues in outdoor comfort research.** Cambrigde: Anais PLEA, 2000. p. 562-564

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. Dados meteorológicos para a cidade de João Pessoa. Disponível em [www.inmet.gov.br](http://www.inmet.gov.br). Acesso em Dezembro de 2009.

KAIZER, Ilsa Machado; FARIA, João Roberto Gomes de. **Validation of transects for air temperature and moisture profiles measurements in urban areas under high diurnal air temperatures variation.** In: International Conference on Passive and low Energy Architecture (PLEA), 18º, 2001. Florianópolis – Brasil.

MONTEIRO, Carlos A. de F.; MENDONÇA, Francisco. **Clima Urbano.** São Paulo: Contexto, 2003.

OKE, T. R. Towards better scientific communication in urban climate. In: **Theoretical and Applied Climatology.** Austria: 2005.

PEZZUTO, Cláudia C.; LABAKI, Lucila C.; FRANCISCO FILHO, Lauro. **Distribuição horizontal da temperatura do ar em uma região central na cidade de campinas, SP** In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 7, 2005, Maceió. Anais... Maceió: UFAL - ANTAC, 2005. p.1499-1506.

**RUAS, A. C.; LABAKI, L. C. Contribuição à aplicação prática das normas internacionais na avaliação do conforto térmico.** In: V ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, Fortaleza, 1999. **Anais...** Fortaleza: ANTAC, 1999.