2020 ENTAC
XVIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
Futuro da Tecnologia do Ambiente Construído e os Desafios Globais
Porto Alegre, 4 a 6 de novembro de 2020

PROJETO E MONTAGEM DE UMA BANCADA PARA VERIFICAÇÃO DA REFLETÂNCIA SOLAR DE SUPERFÍCIES OPACAS ATRAVÉS MEDIÇÕES EM CAMPO[1]

AUTORES

Ana Kelly Marinoski (1); Fabricio Pereira (2), Deivis Luis Marinoski (3); Saulo Guths (4);
(1) Professora do Departamento de Design e Expressão Gráfica, ana.k.marinoski@ufsc.br,
(2) Engenheiro Mecânico, fabriciosj@gmail.com
(3) Professor do Departamento de Design e Expressão Gráfica, deivis.marinoski@ufsc.br,
(3) Professor do Departamento de Engenharia Mecânica, saulo.g@ufsc.br,
Universidade Federal de Santa Catarina, Cx. Postal 476, Florianópolis–SC, CEP 88040-900

RESUMO

O objetivo deste estudo é apresentar o projeto e a montagem de uma bancada de campo para verificação da refletância solar de superfícies opacas que atende a Norma ASTM 1918. Para o desenvolvimento do projeto da bancada foi utilizado o programa computacional SolidWorks. Foram utilizados dois sensores de radiação solar (piranômetros) para medição da radiação refletida, e as leituras do sinal dos sensores são realizadas com o auxílio de um multímetro digital. Duas medidas da refletância foram realizadas em uma superfície de teste de 4x4m de pavimento do tipo pedra "Petit Pavé" branca. Observou-se nos resultados da refletância uma variação de apenas 1% entre os valores medidos. Destaca-se por meio deste estudo a importância de desenvolvimento de métodos e a construção de aparatos de medição, bem como a aplicação de normas com procedimentos padronizados de avaliação. Além disso, a caracterização térmica de materiais de construção gera informações úteis para projetar e construir edificações e espaços públicos, contribuindo para a redução da ilha de calor urbano e melhorando o conforto térmico dos usuários.

Palavras-chave: *refletância solar, superfícies opacas, medições em campo.*

ABSTRACT

The aim of this paper is to present the design and assembly of a field bench to check the solar reflectance of opaque surfaces based on the standard method ASTM E1918. For the development of the bench design, the computer program Solidworks was used. Two solar radiation sensors (pyranometers) were used to measure the reflected radiation, and the sensor signal readings were performed with the aid of a digital multimeter. Two reflectance measurements were performed on a 4x4m test surface of white stone pavement "Petit Pavé". It was observed in the results of the reflectance measurements a variation of only 1% between the measured values. It was emphasized by this study the importance of developing methods and construction of measuring apparatuses as well as application standards standardized assessment procedure. In addition, the thermal characterization of construction materials generates useful information for designing and constructing buildings and public spaces, contributing to the reduction of the urban heat island and improving the thermal comfort of users.

Keywords: *solar reflectance, opaque surfaces, field measurements.*

MARINOSKI, A.K.; PEREIRA, F.; MARINOSKI, D.L.; GUTHS, S. Projeto e montagem de uma bancada para verificação da refletância solar de superfícies opacas através medições em campo. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18., 2020, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2020

1 INTRODUÇÃO

Os ganhos térmicos nas cidades são provenientes principalmente da radiação solar incidente nas superfícies de edificações e áreas pavimentadas. Maiores ou menores ganhos de calor dependem em grande parte de uma característica das superfícies que permite que esta absorva (ou reflita) um determinado percentual da energia solar.

Relacionado a isso, um fenômeno observado atualmente é a chamada "ilha de calor urbana", ou seja, o aumento da temperatura do ar dentro de algumas grandes cidades no mundo, causado especialmente pela expansão e a adensamento urbano devido à substituição de áreas naturais por áreas construídas. Este fenômeno este diretamente ligado a absorção de calor nas superfícies urbanas (MORINI et al., 2017; LBL, 2020).

Especialmente em climas quentes, uma edificação com menor absortância solar das superfícies externas de paredes e coberturas irá reduzir a sua temperatura superficial e consequentemente diminuir o fluxo de calor para o interior do prédio. Isso cria condições mais confortáveis para os usuários e diminui o consumo energético com o ar condicionado. Também, como reflexo disso, ocorre a redução da temperatura dos arredores da edificação, minimizando assim os efeitos da ilha de calor urbana (SYNNEFA et al., 2007).

No Brasil, algumas pesquisas têm destacado a importância de avaliar o comportamento dos materiais opacos frente à absorção/reflexão do calor solar. Dornelles (2008) divulgou dados de absortância e refletância solar de superfícies opacas, a partir de ensaios laboratoriais em espectrofotômetro para 78 amostras pintadas com diferentes cores e tipos de tintas imobiliárias. Em relação as cidades, Villena Del Carpio et al. (2016) verificaram a refletância solar e temperatura de vinte tipos de pavimentos utilizados no Brasil para estradas, estacionamentos, praças e calçadas. A diferença entre os valores de refletância da superfície para superfícies com aparência mais clara e mais escura foi de aproximadamente 48%, correspondente a 18,4 °C.

No entanto a medição de propriedades radiativas ou ópticas apresenta uma série de dificuldades, pois diferentes componentes e equipamentos são necessários, conforme a variável a ser medida. Algumas propriedades podem ser medidas de forma global, outras são medidas de forma espectral, fazendo-se a integração no espectro para se obter o valor global. A composição química do acabamento de uma superfície não é o único fator que deve ser levado em consideração para avaliar a quantidade de energia que esse material poderá absorver ou refletir. A rugosidade dessa superfície também tem significativo efeito sobre a quantidade de radiação solar absorvida ou refletida por uma superfície.

Deste modo, destaca-se a importância de desenvolvimento de métodos e a construção de aparatos de medição, bem como a aplicação de normas com procedimentos padronizados de avaliação.

2 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é apresentar o projeto e a montagem de uma bancada de campo para verificação da refletância solar de superfícies opacas baseada na norma ASTM 1918 (2006).

3 PROJETO E MONTAGEM DA BANCADA

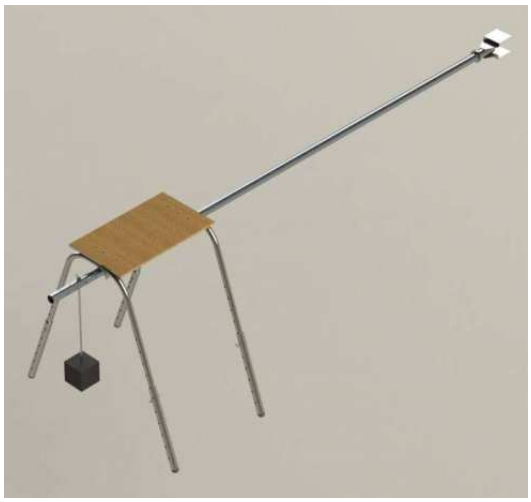
3.1 Projeto da bancada

O projeto foi desenvolvido utilizando ferramentas computacionais CAD (programa Solidworks®). Após discussões e levantamento de ideias baseadas nas recomendações da ASTM 1918 (2006), chegou-se a uma concepção definitiva. Buscou-se atender as necessidades de estabilidade, posição e fixação dos sensores, regulagens de altura e nível, suporte para sistema de aquisição e determinação do contrapeso.

Na Figura 1Figura é apresentada a vista geral da concepção desenvolvida computacionalmente. O detalhamento das peças constituintes da bancada está explicitado na Figura 2 e relacionado na Tabela 1.

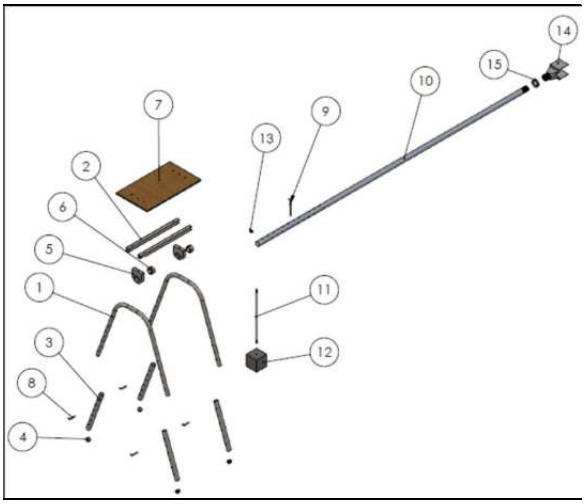
A norma ASTM 1918 prevê o uso de apenas um sensor, o qual pode ser movimentado (rotacionado) para ficar voltado para o céu e para a superfície em análise, efetuando leituras em sequência. Contudo, uma implementação importante deste projeto em relação ao especificado na norma ASTM 1918 é a utilização de dois sensores de radiação solar (piranômetros). Desta forma, as leituras de radiação podem ser realizadas simultaneamente sem a necessidade de intervenção do operador na posição (voltado para cima e para baixo) dos sensores, reduzindo a possibilidades de erros ou incertezas.

Figura 1 - Bancada (renderização, sem sensores).



Fonte: Autor.

Figura 2 - Vista explodida da bancada.



Fonte: Autor.

Dois sensores (piranômetros marca Kippzonen, modelo CMP21) serão aplicados na extremidade do tubo em um suporte exclusivo, como mostrado na Figura 3. Além do suporte dos sensores, é possível visualizar a rosca feita no tubo e a porca que será utilizada para o ajuste fino da posição do suporte, garantindo a correta posição dos sensores. Além disso, o braço de 2,5m de comprimento afasta os sensores da estrutura de suporte, minimizando o efeito da sombra na medição da radiação refletida.

Tabela 1 - Elementos constituintes da bancada.

Número Item	Nome da peça	Quantidade	Material
1	Suporte	2	Tubo de aço 1" x 2,77 mm
2	Travessa	2	Perfil quadrado de aço 1"x 1,7 mm
3	Pé regulável	4	Tubo de aço 1.1/4" x 2,65 mm
4	Base do pé regulável	4	Plástico
5	Suporte do mancal	2	Aço
6	Mancal	2	Plástico Poliéster
7	Mesa	1	Madeira
8	Trava do pé regulável	4	Aço
9	Trava do tubo	1	Aço
10	Tubo	1	Tubo de aço 1.1/2" x 1,58mm
11	Haste do contra-peso	1	Aço
12	Contrapeso	1	Aço
13	Porca borboleta M8x1,25	1	Aço
14	Suporte dos sensores	1	Aço
15	Porca de ajuste	1	Aço

Figura 3 - Suporte dos piranômetros na extremidade do tubo



Fonte: Autor.

3.2 Especificações técnicas dos sensores

Nesta pesquisa foram utilizados piranômetros de precisão tipo Secundary Standard, modelo CMP 21, da marca Kipp&Zonen. As especificações técnicas do próprio fabricante para este modelo estão apresentadas na Tabela 1.

As leituras do sinal (μV) dos sensores são realizadas com o auxílio de um multímetro digital (6 ½ dígitos – recomendado). Os valores de sensitividade (constantes) utilizados para calcular a irradiação solar recebida de cada piranômetro estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 2 - Especificações técnicas dos piranômetros (KIPPZONEN, 2020)

Especificações	**MODELO CMP 21**
Classificação ISO	Secundária
Tempo de resposta (95%)	5 s
Erro direcional (em 80° com 1000 W/m² feixes)	± 10W/m²
Dependência de temperatura da sensibilidade	± 0,5% (-20 até +50°C)
Erro de inclinação (1000 W/m²)	± 0,2%
Sensibilidade	7 a 14 pV/W/m²
Impedância	10 a 100Ω
Nível de precisão	0,1°
Temperatura operacional	-40 a +80°C
Alcance espectral (50% pontos)	310 a 2800 nm
Saída de sinal para aplicações atmosféricas	0 a 15 mV
Irradiancia máxima	4000 W/m²
Incerteza diária esperada	± 2%
Aplicações recomendadas	Redes meteorológicas, medições de referência em climas extremos, polares ou áridos

Fonte: KIPPZONEN (2020) - adaptado

Tabela 3 - Constantes dos piranômetros

Piranômetro	µV/W/m²	W/m² / µV
1 (CMP21 sn120959)	8,74	1144,16 x10-4
2 (CMP21 sn120960)	11,31	884,17 x10-4

3.3 Montagem da bancada

Os componentes da bancada (em aço inox, madeira e poliéster) foram fabricados por uma empresa especializada terceirizada, e posteriormente a montagem foi realizada na UFSC. Detalhes dos componentes e da bancada montada podem ser observados na Figura 4, Figura 5 e na Figura 6.

Figura 4 - Vista da bancada desmontada



Fonte: Autor.

Figura 5 - Detalhe da base de fixação dos piranômetros em chapas paralelas



Fonte: Autor.

Figura 6 -Vista da bancada montada (ainda sem os sensores)



Fonte: Autor.

4 RESULTADOS: APLICAÇÃO EM CAMPO

Um primeiro teste experimental de utilização da bancada foi realizado no dia 18 de fevereiro de 2013, entre às 11h e 12h, para avaliar o posicionamento da estrutura da bancada e o funcionamento do sistema de leitura do sinal dos piranômetros.

Duas medidas da refletância foram realizadas em uma superfície de teste de 4x4m de pavimento do tipo pedra "Petit Pavé" branca, construída pelo Laboratório de Pavimentação da UFSC. A Tabela 4 apresenta os resultados da refletância encontrados em cada medição. Observa-se uma variação de apenas 1% (ou 0,01 absoluto) entre as duas medidas. O resultado da refletância solar é dado pela razão (L2/L1) entre o valor da radiação solar (W/m²) medido em cada piranômetro, um voltado para a superfície do pavimento (L2) e outro para o céu (L1). Nesta medição, não foram considerados efeitos de superfícies verticais refletoras da vizinhança, uma vez que a superfície avaliada (pavimento) era plana e não estava próxima de nenhuma edificação.

Tabela 4. Resultados do teste preliminar (pedra Petit Pavé branca)

Medição 1	Leitura	L1	L2	Refletância Solar (%)
	Voltagem, µV	12588	4877	
	Radiação, W/m²	1112	558	50
Medição 2	Leitura	L1	L2	Refletância Solar(%)
	Voltagem, µV	13030	5105	
	Radiação, W/m²	1152	584	51

Posteriormente, Villena Del Carpio (2014) realizou testes utilizando a bancada para avaliar o pavimento "Petit Pavé" localizado no mesmo sítio, obtendo refletância de 49,9% (Figura 7 e Figura 8).

Destaca-se que a bancada de medição de refletância solar já vem sendo utilizada há sete anos em pesquisas desenvolvidas na Universidade Federal de

Santa Catarina. Maestri (2017) realizou medições de refletância solar em telhas de fibrocimentos pintadas de branco (três demãos), observando uma variação de até 4% entre os resultados da bancada e os valores de refletância para a telha com a mesma pintura avaliada em laboratório (uso de espectrofotômetro). Preve (2019) realizou a avaliação de refletância solar de peças pré-moldadas de concreto utilizadas em estacionamentos, observando nas peças de referência limpas uma variação de aproximadamente 5% entre o resultado de campo (bancada) e o resultado de laboratório (uso de refletômetro portátil).

Figura 7 - Colocação da bancada em campo



Fonte: Villena Del Carpio, (2014).

Figura 8 - Detalhe do posicionamento dos piranômetros



Fonte: Villena Del Carpio, (2014).

5 CONCLUSÕES

A medição de propriedades térmicas em materiais de construção representa muitas vezes um desafio, envolvendo testes em campo e laboratório, que necessitam da montagem de experimentos e o uso de equipamentos específicos, conforme a variável a ser medida.

A bancada de medição de refletância solar apresentada neste trabalho atende os requisitos da norma ASTM E1819 (2006) e tem se mostrado uma alternativa importante para pesquisas de caracterização térmica de materiais utilizados na construção civil. O método proposto pela ASTM E1819 é aplicado para grandes superfícies planas ou de baixa inclinação, as quais muitas vezes têm acabamento irregular, como é o caso de telhados, ruas e estacionamentos.

A avaliação da refletância solar é importante para identificar materiais com melhor desempenho térmico, especialmente em regiões de clima quente. A divulgação desta informação é útil para projetar e construir edificações e espaços públicos adequados a realidade atual, contribuindo para a redução da ilha de calor urbano e melhorando o conforto térmico dos usuários.

AGRADECIMENTOS

A CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) e ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pelos recursos financeiros aplicados no financiamento deste estudo.

REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). **E1918-06: standard test method for measuring solar reflectance of horizontal and low-slope surface in the field**, 2006.

DORNELLES, K. A. **Absortância solar de superfícies opacas: conceitos, métodos de determinação e base de dados para tintas imobiliárias**. 2008. 135 p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

KIPPZONEN. **Brochure -Pyranometers**. 2020. Disponível em: https://www.kippzonen.com/

LBL. Lawrence Berkeley National Laboratory**. Heat Island Group**. Disponível em: https://heatisland.lbl.gov/coolscience/urban-heat-islands 2020.

MAESTRI, A. **Avaliação da refletância solar em coberturas no campus da Universidade Federal de Santa Catarina**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Catarina, 2017.

MORINI, E., TOUCHAEI, A. G., ROSSI, F., COTANA, F., AKBARI, H. 2017 **Evaluation of albedo enhancement to mitigate impacts of urban heat island in Rome (Italy) using WRF meteorological model**. Urban Climate (2017). https://doi.org/10.1016/ j.uclim.2017.08.001.

PREVE, A. R. D. **Avaliação das propriedades radiantes em pavimentos de peças pré-moldadas de concreto com incorporação de vidro reciclado e dióxido de titânio submetidas à alteração superficial por colmatação e desgaste**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Catarina, 2019.

SYNNEFA, A., SANTAMOURIS, M., APOSTOLAKIS, K. **On the development, optical properties and thermal performance of cool colored coatings for the urban environment**, Solar Energy, Volume 81, Issue 4, Pages 488–497, April 2007a.

VILLENA DEL CARPIO, J. A. **Uso de pigmentos de óxidos de metais mistos na pavimentação para a mitigação da ilha de calor urbana**. Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Florianópolis, 2014.

VILLENA DEL CARPIO, J. A. ; MARINOSKI, D. L.; TRICHÊS, G. ; LAMBERTS, R. ; DE MELO, J. V. S. **Urban pavements used in Brazil: Characterization of solar reflectance and temperature verification in the field**. Solar Energy, v. 134, p. 72-81, 2016.