



Métodos de medição de refletância solar e emitância térmica de onda longa e cálculo da absorptância solar e do índice de refletância solar (SRI)

Measurement methods of solar reflectance and thermal emittance and standard practice for calculating solar absorptance and solar reflectance index (SRI)

Prefácio Nacional

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é o Foro Nacional de Normalização. As Normas Brasileiras, cujo conteúdo é de responsabilidade dos Comitês Brasileiros (ABNT/CB), dos Organismos de Normalização Setorial (ABNT/ONS) e das Comissões de Estudo Especiais (ABNT/CEE), são elaboradas por Comissões de Estudo (CE), formadas pelas partes interessadas no tema objeto da normalização.

Os Documentos Técnicos ABNT são elaborados conforme as regras da ABNT Diretiva 3.

A ABNT chama a atenção para que, apesar de ter sido solicitada manifestação sobre eventuais direitos de patentes durante a Consulta Nacional, estes podem ocorrer e devem ser comunicados à ABNT a qualquer momento (Lei nº 9.279, de 14 de maio de 1996).

Os Documentos Técnicos ABNT, assim como as Normas Internacionais (ISO e IEC), são voluntários e não incluem requisitos contratuais, legais ou estatutários. Os Documentos Técnicos ABNT não substituem Leis, Decretos ou Regulamentos, aos quais os usuários devem atender, tendo precedência sobre qualquer Documento Técnico ABNT.

Ressalta-se que os Documentos Técnicos ABNT podem ser objeto de citação em Regulamentos Técnicos. Nestes casos, os órgãos responsáveis pelos Regulamentos Técnicos podem determinar as datas para exigência dos requisitos de quaisquer Documentos Técnicos ABNT.

A ABNT NBR XXX foi elaborada no Comitê Brasileiro da Construção Civil (ABNT/CB-002), pela Comissão de Estudo de Eficiência Energética e Desempenho Térmico nas Edificações (CE-002:135.007). O Projeto circulou em Consulta Nacional conforme Edital nº XX, de XX.XX.XXXX a XX.XX.XXXX.

A ABNT NBR XXX não se aplica aos projetos de construção que tenham sido protocolados para aprovação no órgão competente pelo licenciamento anteriormente à data de sua publicação como Norma Brasileira, vem como àqueles que venham a ser protocolados no prazo de 180 dias após esta data.



Introdução

A radiação solar é a energia emitida pelo sol, incluindo comprimentos de onda na faixa ultravioleta, visível e infravermelho. Quando incidente em superfícies opacas, como paredes, pisos e coberturas, parte dessa energia é absorvida, sendo representada por sua absorptância solar, enquanto a fração refletida é definida por sua refletância.

Por sua disponibilidade, no Brasil, a radiação solar é usualmente um dos grandes contribuintes para a carga térmica dos edifícios, e conseqüentemente, a absorptância solar das superfícies um elemento de grande influência em seu desempenho térmico e luminoso, com real impacto no conforto dos ocupantes e no consumo energético das construções, caracterizando, em conjunto com a emitância térmica, os fluxos de calor por radiação em uma superfície. Emitância térmica, absorptância e refletância solares são, portanto, variáveis avaliadas nas normas técnicas que tratam desses temas e, portanto, de extrema relevância sua correta caracterização.

Diante de tal importância, este documento reúne diferentes métodos consagrados, definidos pela ASTM International, e especifica os procedimentos para medição da refletância solar e emitância térmica para materiais e produtos de construção termicamente homogêneos. Os valores de refletância solar obtidos a partir de um dos três métodos apresentados nesta norma devem ser utilizados para o cálculo da absorptância solar das superfícies opacas. Os valores de absorptância solar e emitância térmica de onda longa são utilizados para o cálculo do Índice de Refletância Solar (SRI) das superfícies.

Para estudos de iluminação, esta norma apresenta também o método para determinação da refletância à luz visível de uma superfície, a qual pode ser obtida a partir das medições de refletância espectral com o uso do espectrofotômetro com esfera integradora, conforme descrito no item 5.2.

Os métodos para medição da refletância solar e emitância térmica de onda longa apresentados neste documento são definidos para aplicação em laboratório ou em campo, conforme especificidades do equipamento utilizado.



Métodos de medição de refletância solar e emitância térmica de onda longa e cálculo da absortância solar e do índice de refletância solar (SRI)

1 Escopo

Esta Norma especifica os métodos de medição da refletância solar e à luz visível, emitância térmica de onda longa e cálculo da absortância solar e do índice de refletância solar para superfícies opacas.

Os métodos de medição abordados nesta norma incluem:

- refletância espectral de superfícies utilizando espectrofotômetro com esfera integradora;
- refletância solar de superfícies utilizando refletômetro;
- refletância solar de superfícies com baixa inclinação, utilizando piranômetros;
- emitância térmica de onda longa de superfícies, utilizando emissômetro portátil.

2 Referências normativas

Os documentos a seguir são citados no texto de tal forma que seus conteúdos, totais ou parciais, constituem requisitos para este Documento.

ASTM C1371, *Standard Test Method for Determination of Emittance of Materials Near Room Temperature Using Portable Emissometers*

ASTM C1549, *Standard Test Method for Determination of Solar Reflectance Near Ambient Temperature Using a Portable Solar Reflectometer*

ASTM E903, *Standard Test Method for Solar Absorptance, Reflectance, and Transmittance of Materials Using Integrating Spheres*

ASTM E1918, *Standard Test Method for Measuring Solar Reflectance of Horizontal and Low-Sloped Surfaces in the Field*

ASTM E1980, *Standard Practice for Calculating Solar Reflectance Index of Horizontal and Low-Sloped Opaque Surfaces*

ASTM G173-03, *Standard Tables for Reference Solar Spectral Irradiances: Direct Normal and Hemispherical on 37° Tilted Surface*

ISO/CIE 10526. *CIE standard illuminants for colorimetry*

ISO/CIE 10527. *CIE standard colorimetric observers*

JIS A 1423. *Simplified test method for normal emissivity by infrared radiation thermometer*

3 Termos e definições



Para os efeitos deste documento, aplicam-se os seguintes termos e definições.

3.1

absortância à radiação solar

quociente da taxa de radiação solar absorvida por uma superfície pela taxa de radiação solar incidente sobre esta mesma superfície.

Nota A rugosidade do substrato pode alterar o valor desta propriedade.

3.2

absortância em ondas longas

quociente da taxa de radiação de ondas longas que é absorvida por uma superfície pela taxa de radiação de ondas longas incidente sobre esta mesma superfície.

Nota Fontes de baixa temperatura emitem radiação térmica de onda longa com comprimento de onda compreendido entre 300 nm e 100 000 nm.

3.3

condição solar e ambiental padrão

para efeitos desta norma, define-se como condição padrão: fluxo solar de 1000 W/m², temperatura do ar no ambiente de 310 Kelvin (K) e temperatura de céu de 300 K. E três coeficientes de convecção 5, 12 e 30 W/m²K, correspondendo às seguintes condições de velocidade do vento: baixa (0 a 2 m/s), média (2 a 6 m/s) e alta (6 a 10 m/s).

3.4

coeficiente de troca de calor por convecção

taxa de transferência de calor sensível entre a superfície e o meio fluido em movimento (no caso, o ar), por unidade de área e por unidade de diferença de temperatura entre a superfície e o meio.

3.5

esfera integradora

dispositivo óptico usado para coletar fluxo refletido ou transmitido de uma amostra para um hemisfério ou para fornecer a irradiação isotrópica de uma amostra de um hemisfério completo. Consiste em uma cavidade que é aproximadamente esférica com aberturas para a admissão e detecção do fluxo e geralmente tendo aberturas adicionais sobre as quais amostras e espécimes de referência são colocados.

3.6

emissividade

quociente da taxa de radiação emitida por uma superfície pela taxa de radiação emitida por um corpo negro, à mesma temperatura

Nota 1 Deve fazer referência ao comprimento de onda da radiação e à sua direção de incidência ou de reflexão ou de emissão. Quando estas informações forem omitidas, trata-se de propriedades totais hemisféricas.

Nota 2 A rugosidade do substrato pode alterar o valor desta propriedade.

3.7

emissômetro

instrumento utilizado para medir a emitância

3.8

emitância térmica (emissividade térmica)

quociente da taxa de radiação emitida por uma superfície pela taxa de radiação emitida por um corpo



negro, à mesma temperatura

Nota 1 Deve fazer referência ao comprimento de onda da radiação e à sua direção de incidência ou de reflexão ou de emissão. Quando estas informações forem omitidas, trata-se de propriedades totais hemisféricas.

Nota 2 Este texto assume que os termos emitância térmica e emissividade térmica se referem à mesma variável adimensional.

Nota 3 A rugosidade do substrato pode alterar o valor desta propriedade.

3.9

energia solar

energia radiante originada no sol. Aproximadamente 99% da energia solar está entre os comprimentos de onda de 300 nm a 3500 nm.

3.10

espectro

relativo ao comprimento de onda; radiação dentro de uma estreita faixa de comprimento de onda.

3.11

espectro solar

o espectro solar, ao nível do solo, compreende os comprimentos de onda de 300 nm a 3500 nm.

3.12

índice de refletância solar (SRI)

valor adimensional que representa a temperatura de superfície (T_s) relativa de uma superfície em relação ao branco padrão (SRI=100) e preto padrão (SRI=0), sob condições solares e ambientais padrão.

3.13

irradiância

taxa de radiação incidente sobre um corpo, por unidade de área.

Nota Deve fazer referência ao comprimento de onda da radiação e à sua direção de incidência ou de reflexão ou de emissão. Quando estas informações forem omitidas, trata-se de propriedades totais hemisféricas.

3.14

irradiação

taxa de radiação incidente sobre um corpo, por unidade de área e por comprimento de onda.

3.15

piranômetro

radiômetro, instrumento utilizado para medir a energia solar radiante total incidente sobre uma superfície, por unidade de tempo e área da superfície.

3.16

refletância à radiação solar

quociente da taxa de radiação solar refletida por uma superfície pela taxa de radiação solar incidente sobre esta mesma superfície.

3.17

refletância em ondas longas

quociente da taxa de radiação de ondas longas que é refletida por uma superfície pela taxa de radiação de ondas longas incidente sobre esta mesma superfície.



3.18

refletância à luz visível

quociente da taxa de radiação de luz visível que é refletida por uma superfície pela taxa de radiação de luz visível incidente sobre esta mesma superfície.

3.19

superfície com baixa inclinação

superfícies com inclinação menor que $9,5^\circ$ (ou 16,7%) em relação ao plano horizontal.

3.20

temperatura de superfície em estado estacionário

é a temperatura de uma superfície, em K, sob condições solares e ambientais padrão.

3.21

temperatura de superfície de referência branca

é a temperatura em estado estacionário de uma superfície branca com refletância solar de 0,80 e emitância térmica de 0,9, sob condições solar e ambientais padrão.

3.22

temperatura de superfície de referência preta

é a temperatura em estado estacionário de uma superfície preta com refletância solar de 0,05 e emitância térmica de 0,9, sob condições solar e ambientais padrão.

4 Símbolos e subscritos

4.1 Símbolos

Para os fins deste documento, aplicam-se os seguintes símbolos:

| Símbolo | Grandeza | Unidade |
|---------------|-----------------------------------|--------------------|
| I | Intensidade da irradiação solar | W/m ² |
| G | Irradiância solar | W/m ² |
| SRI | Índice de refletância solar | - |
| T | Temperatura | K |
| h | Coeficiente de convecção | W/m ² K |
| α | Absortância à radiação solar | - |
| ε | Emitância térmica em ondas longas | - |
| ρ | Refletância à radiação solar | - |

4.2 Subscritos

Para os fins deste documento, aplicam-se os subscritos abaixo.



| Subscrito | Termo |
|-----------|--------------------------|
| b | superfície padrão preta |
| s | superfície |
| vis | visível |
| w | superfície padrão branca |
| λ | espectro |

5 Métodos e condições de ensaios de refletância solar em superfícies opacas

5.1 Generalidades

Os valores medidos de refletâncias em superfícies opacas devem ser obtidos por um dos métodos a seguir, atendendo às condições de ensaio e características da amostra.

5.2 Espectrofotômetro com esfera integradora

5.2.1 Condições de ensaio

Método recomendado para superfícies planas opacas e homogêneas com medição realizada em laboratório. Os valores de refletância espectral devem ser obtidos de acordo com a ASTM E903.

A amostra deve apresentar tamanho suficiente para cobrir a abertura da esfera onde será posicionada para a medição, cujo tamanho máximo dependerá do equipamento.

As medições devem ser realizadas na faixa de comprimentos de onda de 300 nm a 2500 nm aproximadamente, com registro para cada um dos comprimentos de onda medidos. Considerando que as medições no espectrofotômetro são obtidas para energia constante ao longo de todo o espectro, é necessário realizar a correção de acordo com a intensidade da radiação solar para cada comprimento de onda, e integrados no intervalo medido, conforme indicado em 5.2.2.

Para estudos de iluminação, é possível determinar a refletância à luz visível (ρ_{vis}) de uma superfície (faixa de comprimentos de onda entre 380 nm e 780 nm) a partir de medições de refletância espectral segundo o mesmo procedimento. Nesse caso, o cálculo da refletância à luz visível deve ser realizado conforme descrito em 5.2.3.

5.2.2 Cálculo de refletância solar ajustada ao espectro solar padrão

Nos casos em que os equipamentos de medição de refletância espectral fornecem valores para cada comprimento de onda considerando uma energia constante ao longo de todo o espectro avaliado, o valor da refletância deve ser corrigido de acordo com a intensidade da radiação solar para cada comprimento de onda, a partir de um espectro solar padrão como o apresentado pela ASTM G173, e então integrados no intervalo medido.

O cálculo para ajuste das refletâncias espectrais medidas ao espectro solar padrão e cálculo da refletância solar deve seguir o procedimento abaixo:



- a) A refletância espectral da amostra, obtida na medição em porcentagem (%), é dividida por 100, resultando em um valor adimensional.
- b) Para cada comprimento de onda, a refletância espectral é multiplicada pela irradiação solar global espectral (obtida na ASTM G173), obtendo-se a irradiação do espectro solar padrão que seria refletida pela amostra, por comprimento de onda (Equação 1).

$$G_{(\lambda)refletida} = \rho_{(\lambda)} \times G_{(\lambda)} \quad (1)$$

onde

$G_{(\lambda)refletida}$ é a irradiação solar global espectral refletida pela amostra, expressa em Watts por metro quadrado por nanômetros ($W/m^2.nm$);

$\rho_{(\lambda)}$ a refletância espectral da amostra (adimensional);

$G_{(\lambda)}$ é a irradiação solar global espectral, expressa em Watts por metro quadrado por nanômetros ($W/m^2.nm$).

- c) A irradiação refletida pela amostra é integrada para um intervalo de comprimento de onda desejado (intervalo entre os dados medidos) por meio da Equação 2.

$$I_{(\lambda_x-y)refletida} = \left(\frac{G_{(\lambda_y)refletida} + G_{(\lambda_x)refletida}}{2} \right) \times (\lambda_y - \lambda_x) \quad (2)$$

onde

$I_{(\lambda_x-y)refletida}$ é a intensidade da irradiação solar global refletida pela amostra no intervalo, expressa em Watts por metro quadrado por nanômetro ($W/m^2.nm$);

$G_{(\lambda_x)refletida}$ é a irradiação solar global refletida pela amostra no comprimento de onda x, expressa em Watts por metro quadrado por nanômetro ($W/m^2.nm$);

$G_{(\lambda_y)refletida}$ é a irradiação solar global refletida pela amostra no comprimento de onda y, expressa em Watts por metro quadrado por nanômetro ($W/m^2.nm$);

$\lambda_{(x)}$ é o comprimento de onda x, expresso em nanômetro (nm);

$\lambda_{(y)}$ é o comprimento de onda y, sendo $y > x$, expresso em nanômetro (nm).

- d) A irradiação solar global é integrada para um intervalo de comprimento de onda desejado (intervalo entre os dados fornecidos pela ASTM G173) através da Equação 3.

$$I_{(\lambda_x-y)} = \left(\frac{G_{(\lambda_y)} + G_{(\lambda_x)}}{2} \right) \times (\lambda_y - \lambda_x) \quad (3)$$

onde

| | |
|-----------------------|---|
| $I_{(\lambda_{x-y})}$ | é a intensidade da irradiação solar global no intervalo, expressa em Watts por metro quadrado por nanômetro ($W/m^2.nm$); |
| $G_{(\lambda_x)}$ | é a irradiação solar global no comprimento de onda x, expressa em Watts por metro quadrado por nanômetro ($W/m^2.nm$); |
| $G_{(\lambda_y)}$ | é a irradiação solar global no comprimento de onda y, expressa em Watts por metro quadrado por nanômetro ($W/m^2.nm$); |
| $\lambda_{(x)}$ | é o comprimento de onda x, expresso em nanômetro (nm); |
| $\lambda_{(y)}$ | é o comprimento de onda y, sendo $y > x$, expresso em nanômetro (nm). |

- e) A refletância solar ajustada ao espectro solar padrão é obtida calculando-se o quociente da soma das intensidades de irradiação refletida pela soma das intensidades de irradiação solar global através da Equação 4.

$$\rho_{solar} = \left(\frac{\sum_{\lambda=300}^{\lambda=2500} I_{(\lambda_{x-y})refletida}}{\sum_{\lambda=300}^{\lambda=2500} I_{(\lambda_{x-y})}} \right) \quad (4)$$

onde

| | |
|--------------------------------|--|
| $\rho_{(solar)}$ | é a refletância solar ajustada, adimensional; |
| $I_{(\lambda_{x-y})refletida}$ | é a intensidade da irradiação solar global refletida pela amostra no intervalo, expressa em Watts por metro quadrado por nanômetro ($W/m^2.nm$); |
| $I_{(\lambda_{x-y})}$ | é a intensidade da irradiação solar global no intervalo, expressa em Watts por metro quadrado por nanômetro ($W/m^2.nm$). |

1.1.1 Cálculo de refletância à luz visível

A refletância à luz visível de uma superfície (ρ_{vis}) deve ser calculada pela equação 5:

$$\rho_{vis} = \left(\frac{\sum_{\lambda=380}^{\lambda=780} \rho_{\lambda} D_{\lambda} V_{\lambda} \Delta\lambda_{(y-x)}}{\sum_{\lambda=380}^{\lambda=780} D_{\lambda} V_{\lambda} \Delta\lambda_{(y-x)}} \right) \quad (5)$$

onde

ρ_{λ} é a refletância espectral medida na superfície;

D_{λ} é a distribuição espectral relativa do iluminante D65 (ref.: ISO/CIE 10526);

V_{λ} é a eficiência luminosa espectral para visão fotópica definindo o observador padrão para fotometria (ref.: ISO/CIE 10527);

$\Delta\lambda_{(y-x)}$ é o intervalo de comprimento (sendo $y > x$) expresso em nanômetro (nm).

5.3 Refletômetro solar

Método recomendado para superfícies opacas planas ou levemente curvas, podendo ser homogêneas ou heterogêneas. O método possibilita a medição de amostras grandes e medições *in loco*. Os valores de refletância solar devem ser obtidos de acordo com a ASTM C1549.

Esse método utiliza um refletômetro solar que realiza medições em comprimentos de onda específicos do espectro solar, seguida de uma extrapolação com base em uma calibração prévia. Em cada medição, o equipamento calcula um valor integrado da refletância solar, equivalente ao intervalo de comprimento de ondas do espectro solar.

Para casos em que seja necessário obter a curva de refletância espectral da superfície para o intervalo total do espectro solar (300 nm a 2500 nm), deve-se utilizar o método do espectrofotômetro com esfera integradora, conforme descrito em 5.2.

5.4 Piranômetro

Método recomendado para grandes superfícies opacas e com baixa inclinação com medições *in loco*, com superfície exposta ao sol. Os valores de refletância devem ser obtidos de acordo com a ASTM E1918.

A faixa de medição espectral recomendada para o piranômetro (do tipo PSP - *precision spectral pyranometer*) deve ser de 280 nm a 2800 nm.

O piranômetro deve ser montado na ponta de um suporte metálico, na forma de um “braço”. O suporte deve posicionar o sensor a uma altura mínima de 50 cm acima da superfície a ser analisada. O suporte deve ser fino e longo, a fim de lançar a menor sombra possível sobre a amostra. Ele ainda deve permitir o giro do piranômetro, para a medição da radiação incidente e da radiação refletida, conforme apresentado na figura 1.

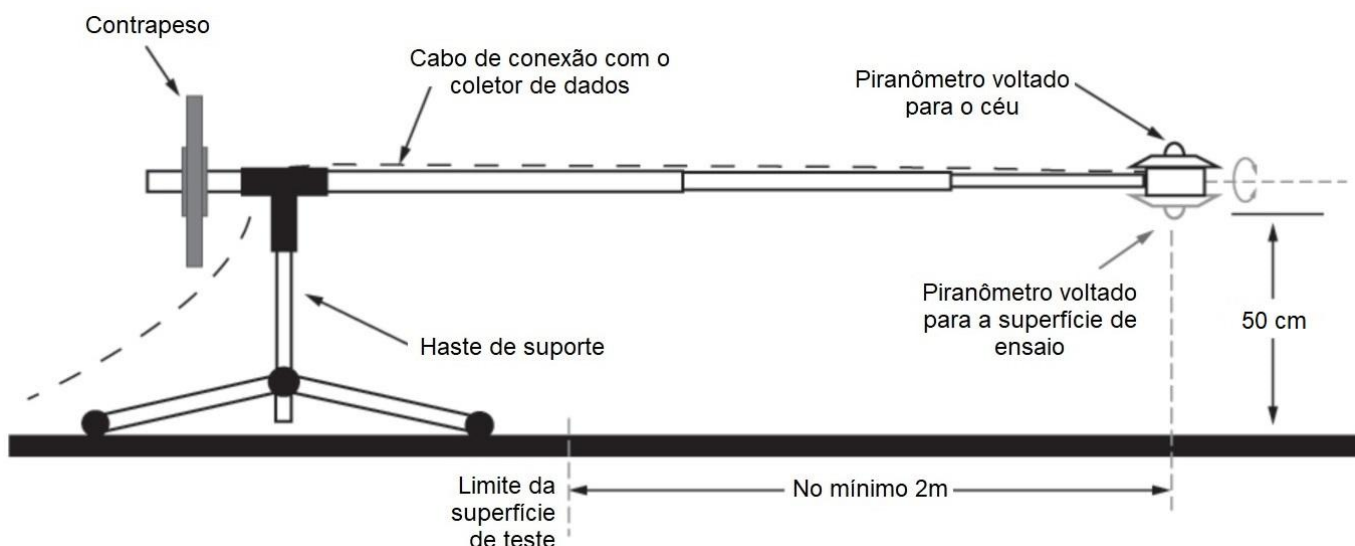


Figura 1. Esquema do piranômetro e seu suporte (adaptado de ASTM, 2021)

Os testes devem ser realizados em um dia claro e ensolarado, sem cobertura de nuvens ou nevoeiro durante as medições. O ensaio deve ser feito em condições que o ângulo de incidência solar com a normal, a partir da superfície de interesse, seja inferior a 45° para superfícies planas e de baixa inclinação.



OBS.: A realização de medição com piranômetros em outras condições de cobertura de céu é descrita e avaliada por Maestri *et al.* (2021).

Antes de realizar cada medição o suporte deve ser alinhado de tal forma que os pontos de apoio do braço fiquem direcionados ao lado oposto do ângulo de incidência, e o piranômetro paralelo à superfície em que a medição é conduzida. Com a face do piranômetro voltada para cima é feita a leitura da radiação solar incidente. Depois, girando a face do piranômetro para baixo, lê-se a radiação solar refletida. As duas leituras devem ser constantes durante pelo menos 10 s e precisam ocorrer em um intervalo de tempo inferior a 2 minutos.

A área mínima sob avaliação deve ser obtida através de uma superfície com formato quadrado de 4 metros de lado ou um círculo com 4 metros de diâmetro. Obs.: A utilização de uma área menor para medição é descrita e avaliada por Levinson *et al.* (2010).

6 Cálculo da absorvância solar

A soma das parcelas de radiação refletida e absorvida por superfícies opacas é igual ao total da radiação incidente. Sendo assim, a absorvância solar é calculada a partir da refletância solar, por meio da Equação 6.

$$\alpha = 1 - \rho \quad (6)$$

onde

α é a absorvância solar, adimensional;

ρ é a refletância solar, adimensional.

7 Métodos e condições de ensaios da emitância térmica de onda longa de superfícies opacas

As medições da emitância térmica de superfícies opacas, realizadas por emissômetros portáteis, devem seguir a ASTM C1371 ou conforme o procedimento descrito na norma JIS A 1423. Convém que a amostra seja coletada próximo ao momento do teste para controlar o condicionamento da mesma. Em medições *in loco* o emissômetro deve ser instalado tão próximo quanto possível do local da amostra.

8 Cálculo do índice de refletância solar (*Solar Reflectance Index – SRI*)

8.1 Generalidades

A determinação da refletância solar e da emitância térmica, e o subsequente cálculo da temperatura relativa das superfícies em relação às temperaturas de referência para o preto e o branco (definida como Índice de Refletância Solar, SRI), podem ajudar os projetistas e consumidores a escolher os materiais adequados para tornar seus edifícios eficientes em termos energéticos. O método aqui descrito fornece o SRI das superfícies com base nas refletâncias solares medidas e emitância térmica das superfícies, obtidas conforme esta norma. O cálculo do SRI deve ser realizado conforme a ASTM E1980.

8.2 Método de cálculo

Dada a refletância solar e a emitância térmica de uma superfície de teste, calcula-se o índice de refletância solar para três coeficientes de convecção: 5, 12 e 30 W/m²K, correspondendo às condições de ventilação baixa, média e alta, respectivamente. O SRI pode ser calculado a partir das temperaturas em estado estacionário, Equação 7, ou através da equação 9.

O índice de refletância solar é dado pela Equação 7.

$$SRI = 100 \frac{T_b - T_s}{T_b - T_w} \quad (7)$$

onde

T_b é a temperatura em estado estacionário para superfícies pretas, expressa em Kelvin (K)

T_w é a temperatura em estado estacionário para superfícies brancas, expressa em Kelvin (K)

T_s é a temperatura em estado estacionário da superfície avaliada, expressa em Kelvin (K), dada pela equação 8.

$$T_s = 309,07 + \frac{(1\,006,0\alpha - 31,98\varepsilon)}{(6,78\varepsilon + h_c)} - \frac{(890,94\alpha^2 - 2\,153,8\alpha\varepsilon)}{(6,78\varepsilon + h_c)^2} \quad (8)$$

onde

α é a absorptância solar, adimensional;

ε é a emitância térmica, adimensional;

h_c é o coeficiente de convecção, expresso em Watts por metro quadrado Kelvin (W/m²K)

Para condição solar e ambiental padrão o SRI pode ser dado pela equação (9).

$$SRI = 123,97 - 141,35\chi + 9,655\chi^2 \quad (9)$$

onde

$$\chi = \frac{(\alpha - 0,029\varepsilon)(8,797 + h_c)}{9,5205\varepsilon + h_c} \quad (10)$$



Bibliografia

MAESTRI, A.; MARINOSKI, D. L.; LAMBERTS, R.; GUTHS, S. Measurement of solar reflectance of roofs: Effect of paint aging and a discussion on ASTM E1918 standard. **Energy and Buildings**, v. 245, p. 111057, 2021.

LEVINSON, R.; AKBARI, H; BERDAHL, P. Measuring solar reflectance – Part II: Review of practical methods. **Solar Energy**, 84 (9) (2010), pp. 1745-1759