ENTAC 2024
XX ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO
Maceió, Brasil, 9 a 11 de outubro de 2024

Efeito do substrato e número de demãos na medição de emitância térmica de tintas

Effect of substrate and number of coats on thermal emittance measurement of inks

João Victor Brochier Gonçalves
UFSC | Florianópolis | Brasil | joao.brochiergoncalves@gmail.com
Deivis Luis Marinoski
UFSC | Florianópolis | Brasil | deivis.marinoski@ufsc.br
Saulo Guths
UFSC | Florianópolis | Brasil | Saulo.guths@gmail.com

Resumo

A emitância térmica é uma propriedade importante para a caracterização de materiais para edificações. Esta pesquisa avalia a influência de alguns substratos e número de demãos de tintas na emitância térmica da superfície. Para realizar os ensaios foram selecionadas três tintas comerciais tipo spray (de cor branca, prata e verde), aplicadas sobre quatro tipos de substrato (cerâmica, fibrocimento, alumínio e lixa). O método foi organizado em três etapas principais: preparação e pintura das amostras, medição da emitância térmica e análise dos resultados. A verificação da emitância térmica foi determinada com base na norma técnica ASTM C1371 e uso de um emissômetro portátil. As amostras foram avaliadas na condição de superfície natural (sem pintura) e com aplicação de tinta (uma demão, duas demãos e três demãos). Para os substratos de cerâmica, fibrocimento e lixa nas cores branca e verde a maioria das amostras apresentou uma variação pequena em relação a referência, entre 0.01 e 0.03 (absoluto). As análises no substrato de alumínio e com a tinta prata apresentaram variações significativas no valor da emitância (até 0.72).

Palavras-chave: Emitância Térmica. Medição. Substratos. Tintas.

Abstract

Thermal emittance is an important property for characterising materials in buildings. This research evaluates the influence of some substrates and number of paint coats on the thermal emittance of the surface. To carry out the tests, three commercial spray colours were selected (white, silver and green), applied to four types of substrate (ceramic, fibre cement, aluminium and sandpaper). The method was organised into three main stages: preparation and painting of samples, measurement of thermal emittance and analysis of results. The thermal emittance verification was determined based on the ASTM C1371 technical standard and the use of a portable emissometer. The samples were evaluated in the natural surface condition (unpainted) and with paint application (one coat, two coats and three coats). For ceramic, fibre cement and sandpaper substrates in white and green, most samples showed a small variation in relation to the reference, between 0.01 and 0.03 (absolute). Analyses on the aluminium substrate and with silver ink showed significant variations in the emittance value (up to 0.72).

Keywords: Thermal Emittance. Measurements. Substrates. Inks.

GONÇALVES, J.V.B; MARINOSKI, D.L.; GUTHS, S. Efeito do substrato e número de demãos na medição de emitância térmica de tintas. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20., 2024, Maceió. **Anais**... Maceió: ANTAC, 2024.

INTRODUÇÃO

No século XXI, a busca do uso eficiente e a redução do consumo de energia tem se tornado cada vez mais relevante nos diversos setores da sociedade.

O Balanço Energético Nacional indica que os setores residencial, comercial e público foram responsáveis por 51% do consumo de eletricidade no Brasil no ano de 2022 [1]. Uma grande parte desse consumo está relacionada à manutenção e controle das condições térmicas das edificações pertencentes a esses setores.

As propriedades das fachadas são muito importantes para o uso mais eficiente da energia, o que vem incentivando sua incorporação em normas técnicas e códigos de construção [2]. Portanto, a caracterização desses materiais contribui com a correta consideração das alternativas de acabamento da envoltória, favorecendo a aplicação de opções que contribuam com o melhor desempenho termo energético da edificação

A avaliação da emitância térmica é importante na caracterização de materiais, especialmente no âmbito da eficiência energética e conforto térmico em edificações. Todos os materiais emitem radiação térmica em temperaturas maiores que zero absoluto. A emitância térmica é uma propriedade de transmissão de calor por radiação dos materiais, definida nas primeiras camadas superficiais, mas também influenciada pela rugosidade [3].

Na última década, muitos estudos avaliaram a emitância térmica de materiais. Pesquisas teóricas e experimentais foram realizadas para avaliar os efeitos de ondulação e rugosidade nas propriedades de absortância e emitância em superfícies de materiais de construção [3]. Foram avaliadas também a influência da medição no resultado da emitância térmica em materiais usados em edificações, considerando o efeito de diferentes variantes, como o ângulo entre a amostra e o emissor e o tipo de apoio onde era colocada a amostra [4]. Além disso, foi realizada uma análise laboratorial de propriedades ópticas e térmicas, incluindo emitância, de diversas amostras de telhas disponíveis no mercado brasileiro [5]. Outros estudos avaliaram os efeitos do envelhecimento natural nas propriedades, dentre elas a refletância solar e a emitância térmica, de superfícies expostas em várias cidades brasileiras [6].

As tintas são um material de acabamento muito utilizado nas fachadas, pisos e coberturas das construções, com o objetivo de proteção às intempéries e proporcionar efeitos decorativos. Um dos segmentos mais importantes do mercado de tintas no Brasil são os produtos com aplicação arquitetônica [7]. As tintas estão disponíveis em uma grande variedade de cores e são produzidas com diferentes composições químicas, as quais podem alterar diretamente algumas de suas propriedades, como a emitância térmica e refletância solar.

O objetivo deste estudo é avaliar de que forma o substrato e o número de demãos impactam nos valores de emitância térmica, contribuindo para uma compreensão mais abrangente do desempenho térmico das tintas em diferentes contextos.

MATERIAIS E MÉTODOS

O desenvolvimento deste trabalho seguiu um método organizado em três fases principais: pintura das amostras, medição de propriedades de emitância térmica e análise dos resultados.

ESCOLHA DAS TINTAS E DOS SUBSTRATOS

Para realizar os ensaios foram selecionadas três tintas comerciais tipo spray de uso geral (nas cores branca, prata e verde) conforme ilustrado na Figura 1, aplicadas sobre quatro substratos (Tabela 1), totalizando 40 amostras.

Tabela 1 - Substratos analisados

Substrato	Material	Dimensões	Espessura
Cerâmica	Pastilha cerâmica	7x7 cm	6,0 mm
Alumínio	Chapa de alumínio	9x9 cm	0,7 mm
Fibrocimento	Pastilha de fibrocimento	9x9 cm	8,0 mm
Lixa ferro	Lixa gramatura 40	9x9 cm	1,4 mm

Fonte: os autores

Materiais como cerâmica e fibrocimento são comumente utilizados na construção civil com aplicações em coberturas, revestimentos, e elementos de vedação. O alumínio é um material metálico também largamente utilizado na construção civil com aplicações por exemplo, em esquadrias e revestimentos de fachada. Já no caso da lixa ferro, este material foi selecionado como substrato apenas com o objetivo de representar uma condição de acabamento de reboco em argamassa de paredes com maior rugosidade.

MÉTODO DE APLICAÇÃO DA TINTA

O método de aplicação da pintura envolveu movimentos em faixas paralelas, seguindo a ilustração fornecida na Figura 2, mantendo uma distância constante de 20 cm durante o processo. A pintura foi realizada para preparar amostras com uma demão (1D), duas demãos (2D) e três demãos (3D) para cada substrato analisado. A secagem das amostras entre demãos ocorreu através de processo natural ao longo de um intervalo mínimo de 24 horas.

MEDIÇÃO DE EMITÂNCIA

As medições foram realizadas nas amostras em suas condições iniciais, sem pintura, e após aplicação de cada demão, aguardando o intervalo de secagem entre cada camada de tinta.

A norma ASTM C1371 [8], recomenda o uso de um emissômetro portátil, e, nesse contexto, utilizamos o modelo AE1 D&S (com uso de adaptador) – Figura 3. Esse equipamento destaca-se pela facilidade de operação. Como dado de saída, apresenta um valor de tensão com relação linear com a emitância.

No procedimento de ensaio, são empregados dois padrões de calibração: um de alta emitância ($\varepsilon = 0,88$) e outro de baixa emitância ($\varepsilon = 0,06$). A avaliação da emitância

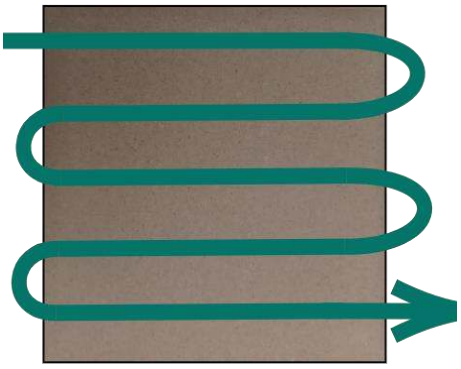
térmica tem início com o aquecimento do detector e, após a estabilização, a calibração é executada, utilizando os padrões de alta e baixa emitância mencionados anteriormente. A calibração compreende medições com duração de 90 segundos, alternando entre cada um dos padrões. Em cada medição é obtida uma equação de calibração específica.

Figura 1: Tintas spray utilizadas na pintura das amostras.



Fonte: os autores

Figura 2: Método de pintura empregado.



Fonte: os autores

Figura 3: Emissômetro portátil: 1) Detector; 2) Multímetro; 3) Padrões de calibração.



Fonte: os autores

RESULTADOS

A seguir serão apresentados os resultados encontrados para os valores da emitância térmica de cada amostra.

PINTURA DAS AMOSTRAS

No Quadro 1, são exibidas as amostras de referência dos substratos previamente selecionados (cerâmica, fibrocimento, alumínio e lixa) e no Quadro 2 temos as amostras dos quatro tipos de substrato após aplicação de cada demão para cada uma das três cores selecionadas.

Quadro 1 - Amostras de referência (sem pintura).

Amostra	Cerâmica	Fibrocimento	Alumínio	Lixa
Sem acabamento				

Quadro 2 – Amostras após aplicação de cada uma das demãos de tinta.

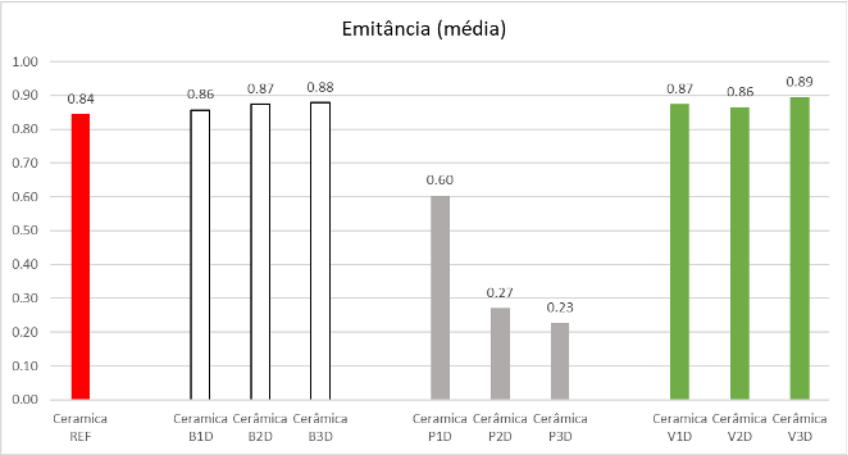
Cor \ Número de demãos		1D	2D	3D
Cerâmica	Branco (B)			
	Prata (P)			
	Verde (V)			
Fibrocimento	Branco (B)			
	Prata (P)			
	Verde (V)			
Alumínio	Branco (B)			
	Prata (P)			
	Verde (V)			
Lixa	Branco (B)			
	Prata (P)			
	Verde (V)			

RESULTADOS DA CERÂMICA

Nas tintas branca e verde, todos os valores superaram a referência (0.84) (Figura 4). Em todas as demãos destas duas tintas, o aumento da emitância ficou na faixa de 0.02 a 0.05, sendo que a maior variação ocorreu na tinta verde com 3 demãos. No caso da tinta prata, os valores de emitância apresentaram decréscimo em todas as demãos. A

redução da emitância devido a aplicação desta tinta ficou na faixa de 0.24 a 0.61. Sendo que a maior variação entre demãos ocorreu da primeira (0.60) para a segunda (0.27) demão de tinta (redução de 55%).

Figura 4 – Emitância média das amostras de cerâmica após cada demão.

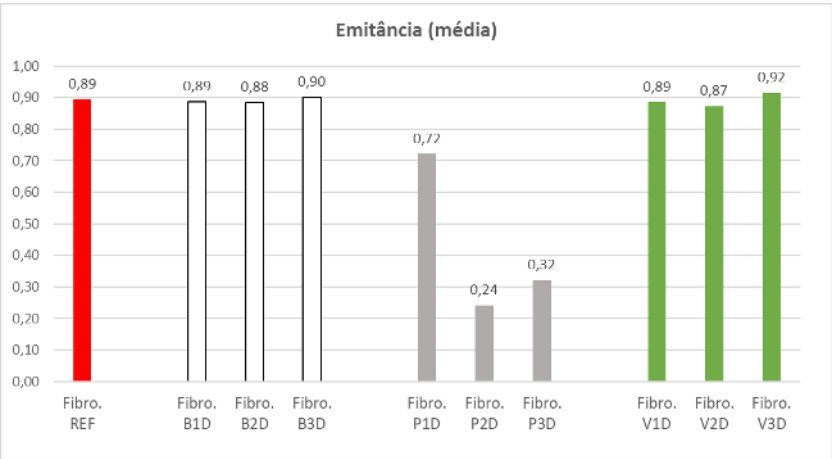


Fonte: o autor.

RESULTADOS DO FIBROCIMENTO

Nas tintas branca e verde, a maioria dos valores de emitância superaram a referência (0.89). A variação da emitância nas demãos dessas tintas ficou na faixa de -0.02 a 0.03, sendo que a maior variação ocorreu na tinta verde com 3 demãos (Figura 5). Na tinta prata, ocorreu a maior variação entre demãos, representando uma redução de 66% da emitância, da primeira demão (0.72) para a segunda demão (0.24). Em todas as cores analisadas, os valores médios de emitância apresentaram um decréscimo quando aplicada a segunda demão, seguidos por um aumento na terceira demão.

Figura 5 – Emitância média das amostras de fibrocimento após cada demão.



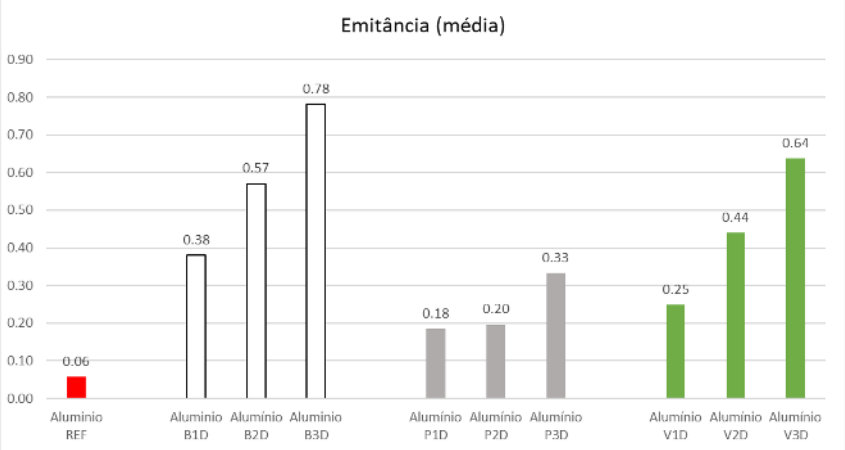
Fonte: o autor.

RESULTADOS DO ALUMÍNIO

No alumínio, todos os valores excederam a referência (0.06). O aumento da emitância ficou na faixa de 0.12 a 0.72, sendo que a maior variação com relação à referência ocorreu na tinta branca após 3 demãos (0.78). O aumento na emitância da referência

para a primeira demão de tinta branca (0.38) representou uma diferença de 533% do valor inicial. Com exceção da primeira (0.18) para a segunda (0.20) demão de tinta prata, todas as amostras representaram um acréscimo percentual entre demãos superior a 10 %. A Figura 6 apresenta os valores de emitância para as amostras de alumínio após cada uma das demãos de tinta.

Figura 6 – Emitância média das amostras de alumínio após cada demão.

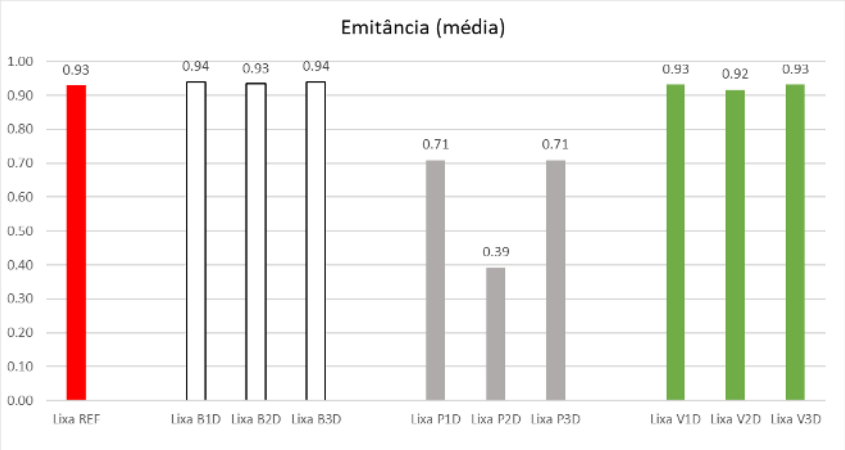


Fonte: os autores.

RESULTADOS DA LIXA

Assim como na cerâmica e no fibrocimento, os valores de emitância para as tintas branca e verde permaneceram muito próximos do padrão de referência (Figura 7). A variação da emitância para essas duas tintas em relação a referência (0.93) ficou na faixa de -0.01 a 0.01. Para a tinta prata, houveram variações altas na emitância após aplicação de cada uma das demãos, uma redução de 24% após aplicar a primeira demão (0.71), outra redução, desta vez de 45% da primeira para a segunda demão (0.39) e por fim um aumento de 82%, da segunda para a terceira demão (0.71). Em todas as cores, os valores médios de emitância apresentaram um decréscimo na segunda demão, seguidos por um aumento na terceira demão.

Figura 7 – Emitância média das amostras de lixa ferro após cada demão.



Fonte: os autores.

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Para uma análise do efeito do substrato na emitância, foram consideradas as amostras para uma mesma cor com três demãos (condição com melhor cobertura de tinta).

O substrato de alumínio se caracteriza como material metálico apresentando uma superfície originalmente lisa e polida de baixa emitância (0.06) na sua condição natural. Neste substrato observou-se após a pintura de três demãos na cor branca o menor valor de emitância (0.78) comparado aos outros substratos da mesma cor. Com relação aos resultados dos substratos não metálicos, a variação foi de no mínimo 0.10, o que pode ser considerada uma diferença significativa.

Nos substratos não metálicos (cerâmica, fibrocimento e lixa), observamos uma variação da emitância entre as amostras com três demãos de tinta branca de no máximo 0.06 (0.88 a 0.94). Os substratos de fibrocimento e cerâmica, os quais tem um acabamento superficial similar, apresentaram valores de emitância muito próximos (0.02) após a aplicação da terceira demão de tinta. A norma ASTM C1371 determina que para este método, a emitância hemisférica total apresenta faixa de incerteza de 0.02 unidades. Sendo assim não é possível afirmar que um número de demãos causa mudança significativa na emitância para esses substratos (cerâmica, lixa e fibrocimento) e essas cores (branca e verde) uma vez que a variação está dentro da faixa de incerteza.

A lixa-ferro foi utilizada como substrato para representar uma superfície de maior rugosidade. Essa superfície apresentou a menor variação da emitância em relação a sua referência, devido ao número crescente de demãos quando comparado aos outros substratos. Esta variação foi de apenas 0.01. Assim, não é possível afirmar que a variação de demãos desta tinta gerou uma alteração significativa no valor da emitância neste substrato.

Observando todos os casos, o substrato mostrou ter influência no resultado da emitância. Considerando a aplicação de três demãos de tinta branca, o substrato originalmente com baixa emitância (alumínio), proporcionou um valor de emitância mais baixo (0.78) para a tinta quando comparado a um substrato de emitância elevada, como foi o caso da lixa, onde a emitância com a aplicação da mesma tinta (branca) chegou a 0.93.

Para a aplicação da cor prata com três demãos, os substratos de alta emitância (cerâmica, fibrocimento e lixa) apresentaram reduções bastante significativas a partir dos valores de referência de cada substrato. A maior variação após três demãos de tinta prata ocorreu no substrato de cerâmica, uma redução de 0.61, representando 72% no valor inicial da emitância para este substrato. No substrato de alumínio após aplicação de três demãos de tinta, o comportamento diferiu dos demais, a emitância aumentou 0.27, indicando 4.5 vezes o valor inicial da emitância do substrato. Embora tenha havido uma redução no valor de emitância da referência para a terceira demão de tinta prata no substrato de lixa ferro, ocorreu um acréscimo de 0.32 da segunda para a terceira demão.

No caso da cor verde com aplicação de três demãos o efeito dos substratos na emitância foi muito similar ao já discutido para o branco. Apenas para o substrato de alumínio, observamos que a variação do resultado da emitância para os outros substratos foi significativamente maior. Para a tinta branca esta variação em relação aos substratos não metálicos havia sido de no mínimo 0.10, mas agora para o verde chegou a pelo menos 0.25 após três demãos. Essa diferença aumentou uma vez que o valor da emitância da tinta verde após três demãos foi menor (0.64) do que o valor da tinta branca (0.78). Provavelmente essa redução do valor da emitância da tinta verde (com três demãos) ocorreu devido a uma menor cobertura da superfície do alumínio, o que fez com que parte do substrato natural, que tem baixa emitância (0.06), ficasse mais exposto.

Em se tratando exclusivamente do substrato natural (sem pintura), embora não tenham sido realizados ensaios de caracterização, a lixa ferro visualmente apresenta maior rugosidade se comparada com os outros substratos avaliados (alumínio, cerâmica e fibrocimento). A lixa ferro na sua condição natural apresentou a maior emitância (0.93). Embora sua composição apresente óxido de alumínio, que é um material metálico, cabe ressaltar que esse material passa por um processo de anodização e também está aderido por uma resina que permite que os grãos permaneçam no costado, o que o torna um material de alta emitância na sua condição de produto final. Além disso, devido ao formato irregular gerado pelos grãos na superfície da lixa, ocorre o efeito de grande cavidade com pequena abertura, esse efeito aumenta a absorção de energia pela superfície e consequentemente (para o mesmo comprimento de onda) a elevação da emitância térmica conforme a Lei de Kirchhoff [9]. No entanto, também cabe lembrar que a própria tinta na sua condição líquida preenche parcialmente as cavidades, reduzindo sua profundidade e teoricamente gerando alguma alteração na emitância. Embora esses fenômenos superficiais aconteçam para todas as tintas, na prática somente a tinta prata gerou mudança significativa na emitância da superfície da lixa ao final da pintura, devido a presença de pigmentos metálicos em sua composição.

CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou a medição em laboratório da emitância térmica de quatro substratos após aplicação de cada uma das três demãos de tinta nas cores branca, prata e verde. As medições dessa propriedade foram realizadas com base na norma ASTM C1371, através de um emissômetro portátil.

Os resultados obtidos de emitância térmica para os substratos não metálicos (cerâmica, fibrocimento e lixa) para as cores branca e verde convergiram ao longo das três demãos de tinta, sendo que a variação absoluta máxima observada em relação a referência sem pintura de cada substrato foi de apenas 0,05.

Na cor prata foi notada a maior influência do número de demãos na emitância, sendo que a maior variação em relação à referência foi de 0.65, na segunda demão aplicada sobre o fibrocimento.

O substrato de alumínio apresentou uma maior influência sobre o valor de emitância medida. A cada demão aplicada houve um acréscimo em sua emitância

independentemente da cor utilizada. A maior variação ocorreu para a tinta branca após três demãos, um aumento de 0.72.

Embora a quantidade de substratos e de tintas empregadas nesta pesquisa tenha sido limitada, é possível notar que existe uma alteração sobre o valor final da emitância térmica de uma mesma tinta dependendo da combinação entre o tipo de substrato e a quantidade de demãos aplicadas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) e a CAPES (Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pelos recursos financeiros aplicados no financiamento dos projetos que proporcionaram o desenvolvimento deste trabalho.

REFERÊNCIAS

[1] EPE [Empresa de Pesquisa Energética] **Balanço Energético Nacional (BEN) 2023:** Ano base 2022, 2023. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2023>

[2] BARBOSA, M. M.; SCHLICHTING, I.; BRACHT, M.; LOESER, B.; MARINOSKI, D. L.; GUTHS, S. Revestimentos cerâmicos de fachada: análise e caracterização de propriedades térmicas e ópticas. In: Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 17., 2023, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2023.

[3] RORIZ, V. F. **Efeitos de ondulação e rugosidade de superfícies sobre suas absortâncias e emitâncias: modelo teórico e experimental**. Tese - Campinas, SP: [s.n.], 2011.

[4] PEREIRA, A. C. M. **EMISSIVIDADE DOS MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO – INFLUÊNCIA DA MEDIÇÃO EM DIFERENTES VARIANTES.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de engenharia da universidade do Porto. Porto, p. 181. 2015.

[5] KRELLING, A.F., SILVA, M.P., SOUZA, R.V., MARINOSKI, D.L., GÜTHS, S. Análise laboratorial de propriedades ópticas e térmicas de dezesseis amostras de telhas disponíveis no mercado brasileiro. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2018, Foz do Iguaçu. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2018.

[6] SHIRAKAWA, M.A., et al. **Effects of natural aging on the properties of a cool surface exposed in different Brazilian environments. Energy and Buildings.** Volume 221, 15 August 2020, 110031. DOI: https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.110031

[7] DORNELLES, K. A. **Absortância solar de superfícies opacas: métodos de determinação e base de dados para tintas látex acrílica e PVA.** Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, 2008.

[8] ASTM C1371 15: **Standard Test Method for Determination of Emittance of Materials Near Room Temperature Using Portable Emissometers.** 2015.

[9] ÇENGEL, Yunus; KANOGLU, Mehmet; GHAJAR, Afshin J. **Transferência de Calor e Massa: Uma Abordagem Prática.** 4a Edição. Nova York: McGraw Hill, 2012