XV ENCAC Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído
XI ELACAC Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído
JOÃO PESSOA | 18 a 21 de setembro de 2019

ABSORTÂNCIA SOLAR E TEMPERATURAS SUPERFICIAIS DE TELHAS CERÂMICAS NATURAIS E RESINADAS

Lorena Couto (1); Kelen Dornelles (2)
(1) Arquiteta, Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo do Instituto de Arquitetura e Urbanismo, lorenacouto@usp.br, Universidade de São Paulo.
(2) Pós-Doutora, Professora do Instituto de Arquitetura e Urbanismo, kelend@usp.br, Universidade de São Paulo, Av. Trabalhador São-Carlense, 400, São Carlos-SP, (16) 3373-9285.

RESUMO
Os materiais que compõem o envelope construtivo são importantes para o desempenho térmico das edificações, já que o calor por eles absorvido é aquele que será transmitido para o ambiente interno. Portanto, a absortância solar é uma característica termofísica da superfície externa importante, que deve ser conhecida, estudada e utilizada de forma a proporcionar melhores condições de conforto aos usuários do espaço, levando em consideração o clima em que a edificação está inserida. Neste contexto, este artigo objetiva avaliar o desempenho térmico de telhas cerâmicas em relação à absortância solar e suas temperaturas superficiais, considerando as diferenças entre os acabamentos natural e resinado sobre os valores de absortância solar de cada telha. Para a realização deste estudo, foram selecionadas 21 telhas cerâmicas e realizadas medições de suas temperaturas superficiais com termômetro de infravermelho, e medições da absortância solar utilizando espectrofotômetro com esfera integradora. Com a análise dos dados coletados, observou-se inicialmente que as telhas com acabamento natural possuem, de forma geral, absortância solar menor que as telhas com acabamento resinado, percebendo-se, portanto, que a resina aplicada traz interferência nestes valores. Comparando os dados de temperatura superficial e absortância solar, observou-se que as telhas que apresentaram maior variação entre as temperaturas inicial e final, são aquelas com maior valor de absortância solar. Os resultados indicam, ainda, que tanto a rugosidade quanto a porosidade da telha interferem diretamente nos valores finais de absortância da superfície, reforçando a premissa de que a absortância solar é uma característica das camadas superficiais dos revestimentos.
Palavras-chave: Absortância solar, Telha cerâmica, Cobertura.

ABSTRACT
Materials from the built envelope are important for the thermal performance of buildings, since the amount of heat absorbed by the surface will be transmitted to the indoor environment. Therefore, the solar absorptance is an important thermo-physical characteristic of the surface, that must be known, studied and used in order to provide better thermal comfort conditions to the users, considering the climate in which the building is located. In this context, this article aims to evaluate the thermal performance of ceramic tiles in relation to solar absorptance and their surface temperatures, considering the differences between natural and resin coats on solar absorptance values. For this, 21 ceramic tiles were selected and field and laboratory measurements were performed: surface temperatures with infrared thermometer and solar absorptance using a spectrophotometer with integrating sphere. With the analysis of the collected data, it was observed initially that tiles with natural coat have, in general, lower solar absorptance than tiles with resin coat, therefore the resin applied interferes in these values. Comparing data of surface temperature and solar absorptance, it was observed that tiles with higher variation between initial and final temperatures are those with higher solar absorptance. The results also indicated that both tile roughness and porosity interfere directly on the final values of surface absorptance, enhancing that the solar absorptance is a characteristic of the materials surface.
Keywords: Solar Absorptance, Ceramic tiles, Roof.

1. INTRODUÇÃO

O ambiente construído tem grande responsabilidade nas mudanças climáticas e na sensação de conforto dos usuários, seja em edifícios ou na escala urbana. Além disso, os materiais que compõem o envelope construtivo são de grande importância para o desempenho térmico das edificações, pois o calor por eles absorvido será transmitido tanto de volta para a atmosfera quanto para seu interior (SANTAMOURIS; SYNNEFA; KARLESSI, 2011).

Portanto, o tipo de material a ser aplicado no envelope construtivo deve ser escolhido de forma consciente e considerando as características climáticas do local, para que assim se possa tirar proveito das potencialidades e amenizar as sensações de desconforto tanto dentro dos edifícios quando nas cidades.

Dentre as características que devem ser levadas em consideração quando da especificação de algum tipo de revestimento, a absortância solar está entre as mais importantes, pois ela traduz a quantidade de radiação solar que será absorvida pela superfície quando exposta ao Sol. Esta radiação, quando absorvida, será transmitida para o espaço interno, portanto, quanto menos radiação solar for absorvida pela superfície, menor a quantidade de calor que entrará nos edifícios.

No Brasil, por ser um país tropical, com climas predominantemente quentes, o uso de superfícies com baixa absortância solar é uma estratégia eficaz, como confirmam Synnefa, Santamouris e Akbari (2007), quando afirmam que em países quentes, o impacto do uso de superfícies com baixa absortância solar é maior que em países frios. Apresentam ainda que diminuir a absortância solar reduz as horas de desconforto no interior das edificações, com melhorias de até 100% quando a absortância da cobertura for reduzida de 0,40 para 0,15.

Além do impacto positivo quanto ao conforto dos usuários das edificações, a utilização de superfícies pouco absorventes tem influência direta na mitigação de ilhas urbanas de calor (*urban heat island* – UHI), reduzindo assim seus impactos negativos, como aumento da temperatura ambiente e consequentemente na energia utilizada para resfriamento dos ambientes internos, além de reduzir a sensação de conforto dos usuários das edificações. Esta estratégia é bastante eficiente, pois tem um bom desempenho na diminuição das consequências negativas da UHI, e o custo da aplicação de revestimentos pouco absorventes é baixo. (SYNNEFA; SANTAMOURIS; LIVADA, 2006)

Diminuir a absortância solar das superfícies que compõem a envoltória dos edifícios reduz a energia utilizada para resfriamento tanto direta, quanto indiretamente, pois diminui o consumo energético das edificações devido a diminuição da sua temperatura interna. Além disso, materiais com menor absortância solar, contribuem para a redução da temperatura externa e diminuição das ilhas urbanas de calor, o que também impacta no consumo da energia elétrica pelas edificações (AKBARI et al, 1997).

Entre as superfícies que compõem a envoltória da edificação, a cobertura tem função importante em seu ganho térmico, pois recebem radiação solar durante todo o período do dia, do nascer ao pôr do Sol. Considerando que as fachadas de uma edificação não recebem radiação direta durante todo o dia, devido ao movimento aparente do Sol, em edificações térreas ou de poucos pavimentos, a radiação absorvida pela cobertura terá maior impacto no ganho de calor da edificação.

O tipo de material utilizado para a confecção das telhas e a pigmentação da sua camada superficial interferem diretamente na absortância solar, como apresenta Schabbach et al (2018) em seu trabalho em que mede os valores de absortância solar de algumas telhas e analisa como os pigmentos utilizados em cada uma interfere na quantidade de radiação absorvida por elas. As análises apresentaram que para alguns esmaltes aplicados na camada superior das telhas, havia alta absorção de radiação no infravermelho, sugerindo a utilização de pigmentos com propriedades frias (cool materials), que além de alta emitância, apresentam baixa absortância.

Em trabalho desenvolvido em 2006, Synnefa, Santamouris e Livada (2006) apresentam levantamento de telhas com acabamento natural e com aplicação de revestimento refletor, consequentemente pouco absorvente, e mostraram uma diminuição de 5ºC na temperatura superficial média das telhas com esse tipo de revestimento.

Em climas quentes, como a predominância do clima brasileiro, as temperaturas superficiais das coberturas podem ser até 50ºC maiores que a temperatura ambiente, e todo este calor será transmitido para o interior das edificações, o que aumenta a necessidade do uso de equipamentos de condicionamento de ar para resfriamento, aumentando o consumo de energia. Com o uso de materiais menos absorventes nas coberturas, este acréscimo na temperatura superficial pode ser reduzido para 10ºC, reduzindo imediatamente a temperatura interna, já que uma quantidade muito inferior de calor será transmitida para o interior da edificação (AKBARI; POMERANTZ; TAHA, 2001).

É importante salientar que os dados de absortância solar apresentados pelas normas brasileiras NBR 15220 (ABNT, 2005) e NBR 15575 (ABNT, 2013), são muito gerais, e não fazem jus à ampla variedade de tipos de materiais, acabamentos e revestimentos presentes no vasto mercado da construção civil brasileira.

Neste contexto, a pesquisa apresentada neste artigo pretende contribuir com a base de dados existente de absortâncias para telhas cerâmicas de alguns fabricantes, enriquecendo as informações disponíveis para pesquisadores e profissionais, além de apresentar comparações de desempenho térmico entre telhas cerâmicas com acabamentos distintos, em relação às suas absortâncias e temperaturas superficiais.

2. OBJETIVO

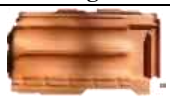
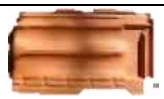
Este artigo tem por objetivo avaliar o desempenho térmico de telhas cerâmicas em relação à absortância solar e temperaturas superficiais, considerando-se as diferenças de acabamento, natural ou resinado, na quantidade de radiação solar absorvida.

3. MÉTODO

3.1. Amostras avaliadas

Para a realização deste artigo, foram selecionadas 21 telhas cerâmicas com diferentes tipos de acabamento, sendo onze naturais (TCN) e dez resinadas (TCR). De cada telha selecionada, uma amostra de aproximadamente 6 cm de comprimento foi retirada, para que assim pudesse ser encaixada no compartimento de um espectrofotômetro com esfera integradora, permitindo a obtenção da absortância de cada telha ao longo de todo o espectro solar. A tabela 1 mostra as imagens de cada telha e seus respectivos códigos.

Tabela 1 - Telhas selecionadas.

GRUPO 01		GRUPO 02					
Imagem	**Código**	**Imagem**	**Código**	**Imagem**	**Código**	**Imagem**	**Código**
	TCN09		TCN01		TCN07		TCR05
	TCN10		TCN02		TCN08		TCR06
	TCN11		TCN03		TCR01		TCR07
	TCR08		TCN04		TCR02		TCR06
	TCR09		TCN05		TCR03		
	TCR10		TCN06		TCR04		

3.2. Medição de absortância solar com espectrofotômetro

As amostras de cada telha devidamente cortadas foram, uma por vez, colocadas no espectrofotômetro com esfera integradora e suas refletâncias medidas conforme a norma ASTM E903 (ASTM, 2012a).

O espectrofotômetro considera a radiação incidente como uniforme e em sua totalidade, sendo direta, porém sabe-se que parte da radiação solar que chega às superfícies é difusa, pois precisa ultrapassar algumas barreiras naturais como as camadas que compõem a atmosfera, as nuvens, entre outras partículas suspensas que tornam uma parcela do total incidente, em radiação difusa. Portanto, foi feito o ajuste das refletâncias obtidas no espectrofotômetro ao espectro solar padrão, como indicado pela ASTM G173 (ASTM, 2012b).

Os valores obtidos com o espectrofotômetro são de refletância solar, para chegar aos de absortância solar é utilizada a equação 01.

$$\alpha = 1 - \rho \qquad \text{Equação 01}$$

Onde:
α =absortância solar (%)
ρ = refletância solar (%)

3.3. Medição de temperaturas superficiais

Para a medição das temperaturas superficiais, foi utilizada uma bancada com tampo em MDF, que recebeu uma lã de vidro com o objetivo de isolá-la das trocas térmicas por convecção que poderiam acontecer em sua parte inferior. Esta mesa foi posicionada no campus da Universidade de São Paulo (USP) em São Carlos em local aberto, com mínima, ou nenhuma, interferência de radiação refletida por edificações.

As 21 telhas foram posicionadas nesta mesa em dois grupos, que foram medidos em dias distintos. O primeiro grupo, formado por seis dessas telhas, foi exposto à radiação solar no dia 4 de junho de 2018, das 11h às 14h, com medições de temperatura superficial utilizando um termômetro de infravermelho, a cada 6 (seis) minutos. O segundo grupo, com as demais quinze telhas, foi exposto dia 5 de julho de 2018, mantendo o mesmo horário e períodos de medições que o anterior.

4. RESULTADOS

4.1. Absortância solar

A partir dos dados coletados no espectrofotômetro, observou-se inicialmente que há uma variação entre as absortâncias solares de cada telha cerâmica analisada, principalmente quando analisados diferentes fornecedores, com processos de produção e matéria prima distintos.

Tabela 2 - Absortância solar das telhas cerâmicas.

Fabricante	Telha	Absortância (%)	Fabricante	Telha	Absortância (%)
A	TCN01	48,35	A	TCR01	52,26
A	TCN02	50,62	A	TCR02	52,37
A	TCN03	51,73	A	TCR03	52,24
A	TCN04	51,07	A	TCR04	51,49
B	TCN05	47,09	C	TCR05	58,35
B	TCN06	46,90	C	TCR06	60,04
B	TCN07	46,29	A	TCR07	50,14
B	TCN08	45,44	A	TCR08	49,88
A	TCN09	48,67	A	TCR09	53,34
A	TCN10	48,38	A	TCR10	49,67
A	TCN11	47,23			

Entre as telhas com acabamento resinado, as variações são mais visíveis que aquelas com acabamento natural, sendo ainda mais perceptíveis conforme os comprimentos de onda aumentam e chegam até o infravermelho, como pode ser visto nas figuras 1 e 2. As variações apresentadas na absortância solar de cada uma das 21 telhas analisadas, conforme pode ser observado na tabela 2 e nas figuras 3 e 4, não são grandes, sendo a maior diferença entre a telha TCN08, do fabricante B e TCR06, do fabricante C.

Analisando estas telhas de maior e menor absortância solar, percebe-se que a aquelas do fabricante B são as de melhor acabamento superficial (mais homogêneas), com menor rugosidade e menos porosas. Já as do fabricante C, apesar de muito semelhantes e uniformes entre si, possuem alta rugosidade e são menos lisas, consequentemente, mais porosas. Salienta-se aqui que a rugosidade superficial das telhas foi analisada apenas visualmente, porém foi evidente a diferença entre as mesmas, permitindo-se fazer uma correlação entre a rugosidade e a absortância solar de forma indireta.

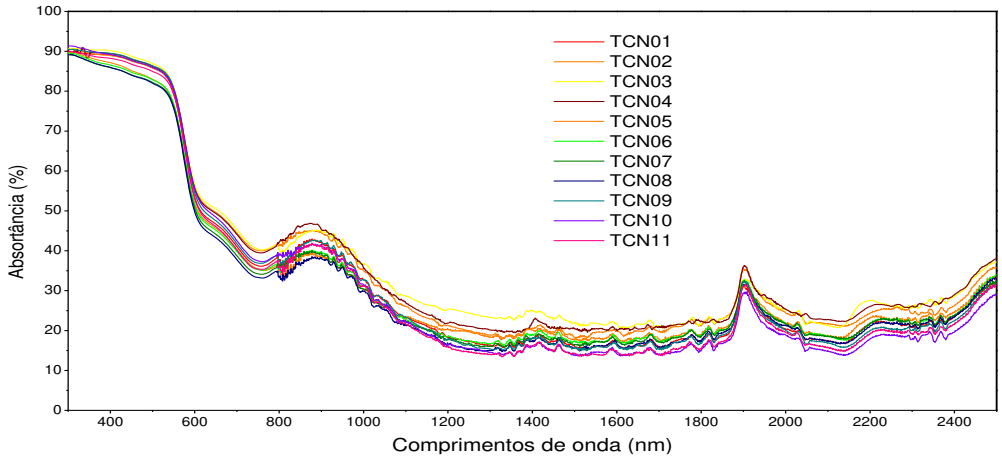


Figura 1 - Absortância das telhas naturais.

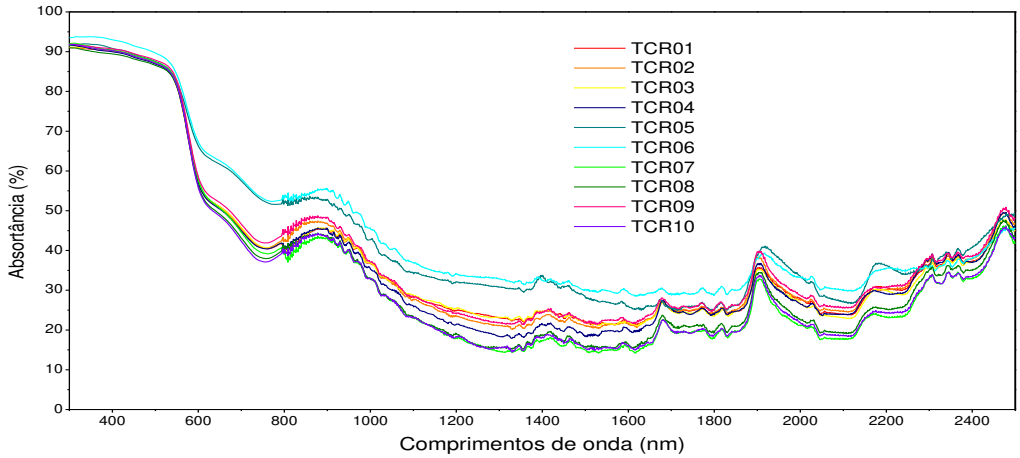


Figura 2 - Absortância das telhas resinadas.

Pode-se observar na figura 4 que as telhas resinadas possuem maior absortância ao longo de todo o espectro, quando comparadas às telhas com acabamento natural. Comparando as telhas de acabamento natural e resinado de mesmo, fabricante A, os valores totais são muito próximos, com no máximo 6% a mais na telha mais absorvente quando comparada à de menor absortância solar. Porém, quando analisado todo o espectro solar, nota-se que as telhas resinadas possuem absortâncias superiores as das de acabamento natural, principalmente na região do infravermelho, parte do espectro com maior concentração de calor e maior responsável pelo aquecimento das superfícies.

Comparando as telhas naturais às resinadas do fabricante C, observou-se que a absortância solar destas últimas chegam a ser aproximadamente 10% maiores com relação ao fabricante A e até 15% maiores com relação às telhas do fabricante B, como pode ser observado na tabela 2.

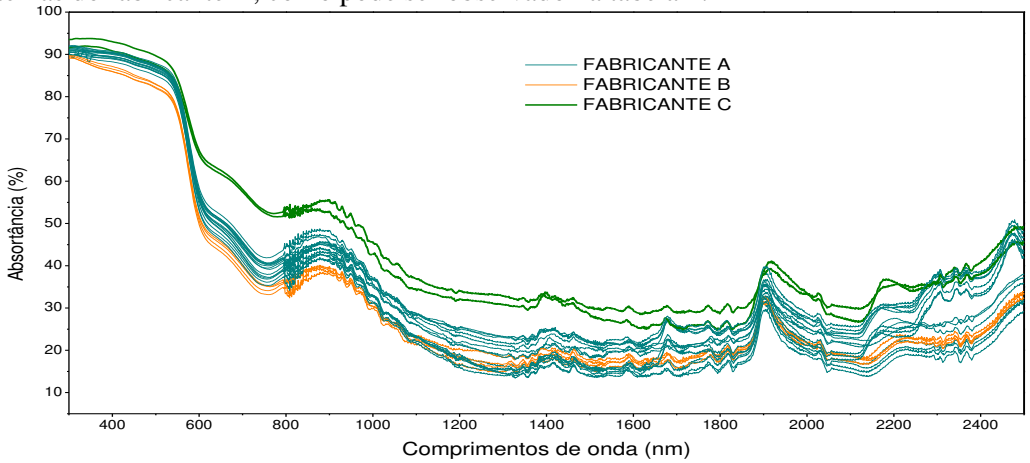


Figura 3 - Absortância das telhas por fabricante.

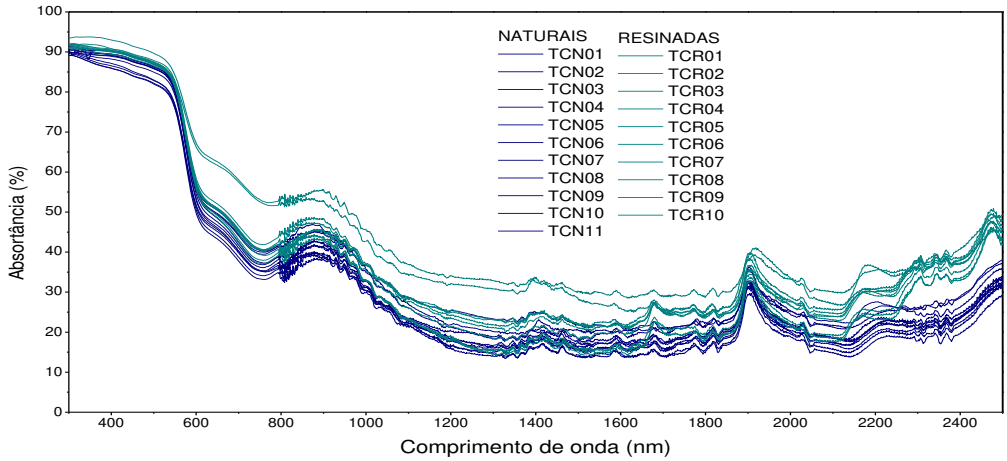


Figura 4 - Absortâncias telhas naturais e resinadas.

4.2. Absortância solar das telhas naturais

Observando separadamente as telhas naturais, percebe-se maior uniformidade entre os valores obtidos para as telhas do fabricante B, enquanto o fabricante A apresenta variações maiores quando analisado todo o espectro solar, principalmente quando analisados os comprimentos de onda referentes ao infravermelho (Figura 5). As telhas do fabricante B, são também, aquelas que possuem acabamento superficial mais uniforme, com as cores, porosidade e rugosidade mais semelhantes entre si, o que reflete nos valores quase iguais de absortância solar.

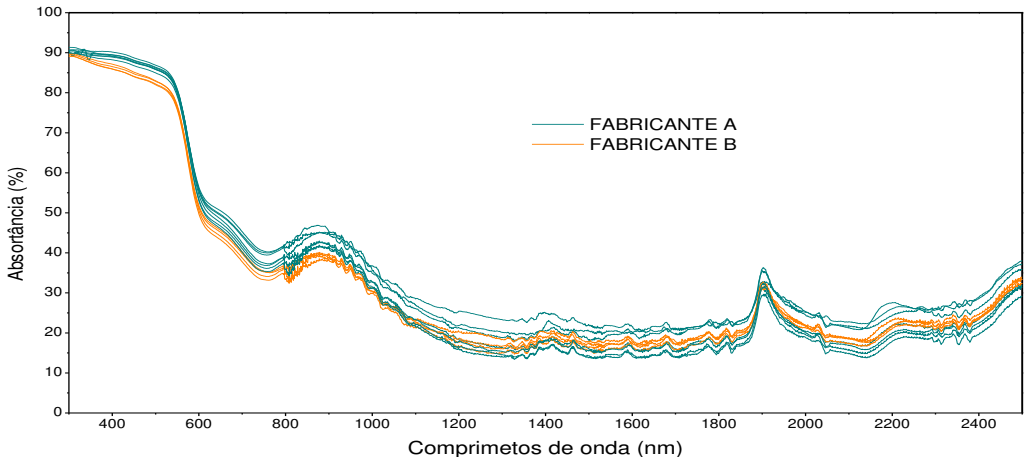


Figura 5 - Absortância telhas naturais por fabricante.

4.3. Absortância solar das telhas resinadas

Levando em consideração somente as telhas resinadas, e comparando-as, nota-se que entre aquelas produzidas pelo fabricante C, a variação da absortância ao logo do espectro solar, é muito pequena, e na absortância solar também se percebe uma variação pequena. Entre as telhas do fabricante A, a variação entre as absortâncias ao longo do espectro é maior e bastante perceptível, o que se dá pela variação do acabamento superficial das telhas, com distinção na sua coloração e uniformidade.

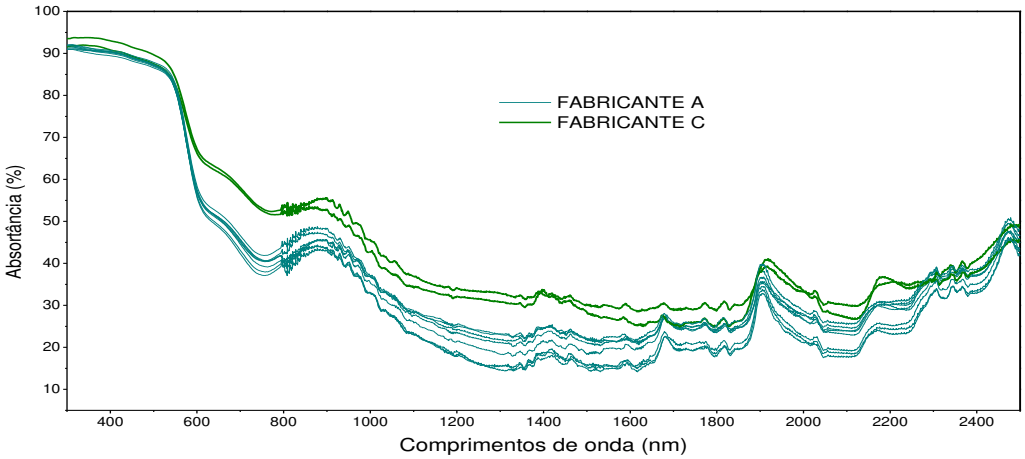


Figura 6 - Absortância telhas resinadas por fabricante.

Analisando as telhas dos dois fabricantes com telhas resinadas, as do fornecedor A possuem absortância solar bem menor que as do fornecedor C, com absortância solar aproximadamente 10% menor. Estas diferenças são dadas por conta dos acabamentos superficiais das telhas, aquelas do fabricante A possuem menor rugosidade e são menos porosas, enquanto as do fabricante C, são as mais rugosas e porosas entre todas as telhas analisadas nesta pesquisa, além de sua queima também não ser uniforme como a das demais.

O tipo de resina utilizada por cada um dos fabricantes (A e C) não interferiu nesta comparação, pois ambos utilizam o mesmo tipo de resina, composta por acrilato de butila, monômero de estireno, ácido acrílico, água, amoníaco e anti-espumante, segundo informações dos próprios fabricantes.

A figura 6 mostra como as telhas do fabricante A possuem menor absortância ao longo de todo o espectro solar quando comparadas às do fabricante C.

4.4. Temperaturas superficiais

As medições de temperaturas superficiais foram realizadas na cidade de São Carlos – SP, as características climáticas dos dias foram obtidas a partir da estação meteorológica existente no campus da USP estão descritas na tabela 3.

Tabela 3 - Dados meteorológicos dia 04.07.2018.

Tempo da medição (min)	Hora (h: min)	Temperatura (ºC)	UR média (%)	Radiação (W/m2)	Velocidade do Vento máxima (m/s)	Chuva (mm)
0	11:00	23,84	54,46	494,2	3,95	0
5	11:30	24,97	49,63	546,2	3,20	0
10	12:00	26,09	45,25	575,6	3,20	0
15	12:30	26,85	39,81	592,6	3,20	0
20	13:00	27,69	38,60	597,4	3,20	0
25	13:30	27,97	35,46	523,9	2,45	0
30	14:00	28,55	32,72	545,7	3,95	0

Fonte: Adaptado de USP, 2018.

Tabela 4 - Dados meteorológicos dia 05.07.2018.

Tempo da medição (min)	Hora (h: min)	Temperatura (ºC)	UR média (%)	Radiação (W/m2)	Velocidade do Vento máxima (m/s)	Chuva (mm)
0	11:00	24,01	48,06	503,1	3,20	0
5	11:30	25,15	46,36	550,6	3,20	0
10	12:00	25,93	43,98	578,5	3,20	0
15	12:30	26,55	40,24	600,1	3,95	0
20	13:00	27,19	38,70	602,6	3,95	0
25	13:30	27,59	36,60	596,3	3,20	0
30	14:00	28,51	33,32	611,1	3,20	0

Fonte: Adaptado de USP, 2018.

Com a exposição das telhas selecionadas à radiação solar direta, obteve-se a temperatura superficial de cada uma. Os valores de temperaturas médias, máximas e mínimas são apresentados na tabela 3, e nas Figuras 7 e 8 pode-se perceber a variação da temperatura de cada amostra. As figuras mostram ainda as variações de temperatura do ar durante os momentos em que as medições foram realizadas nos dois dias.

Tabela 5 - Temperaturas superficiais mínima, máxima e média das telhas.

Código	Temp. Mínima (ºC)	Temp. Máxima (ºC)	Temp. Média (ºC)	α_{SOLAR} (%)
Temperatura do Ar no dia 04/06/18	24,01	28,51	26,57	-
Temperatura do Ar no dia 05/06/18	23,84	28,55	26,42	-
TCN01	32,43	44,07	39,25	48,35
TCN02	33,27	43,90	39,57	50,62
TCN03	34,30	44,53	40,68	51,73
TCN04	32,87	42,57	38,84	51,07
TCN05	33,97	43,37	39,95	47,09
TCN06	34,50	44,67	41,11	46,90
TCN07	34,70	43,77	40,14	46,29
TCN08	34,53	44,27	40,47	45,44
TCN09	30,05	44,55	39,09	48,67
TCN10	30,55	43,95	39,16	48,38
TCN11	30,90	42,30	39,02	47,23
TCR01	35,53	47,03	42,33	52,26
TCR02	33,93	44,70	40,20	52,37
TCR03	32,67	45,13	40,30	52,24
TCR04	32,80	45,50	39,48	51,49
TCR05	37,10	48,57	44,62	58,35
TCR06	37,00	47,30	43,94	60,04
TCR07	31,75	44,20	39,70	50,14
TCR08	32,05	44,00	39,81	49,88
TCR09	32,05	44,30	40,32	53,34
TCR10	31,20	42,00	38,42	49,67

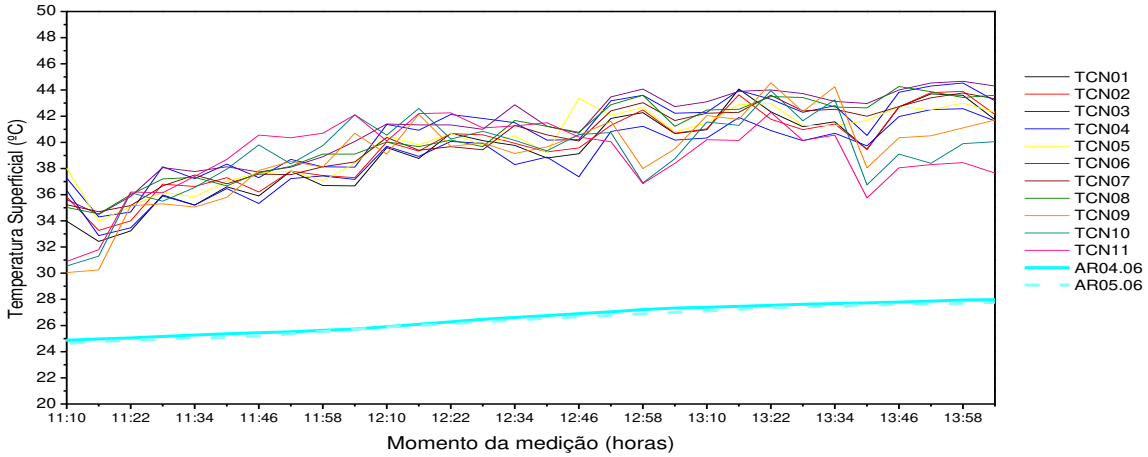


Figura 7 - Temperaturas superficiais telhas naturais.

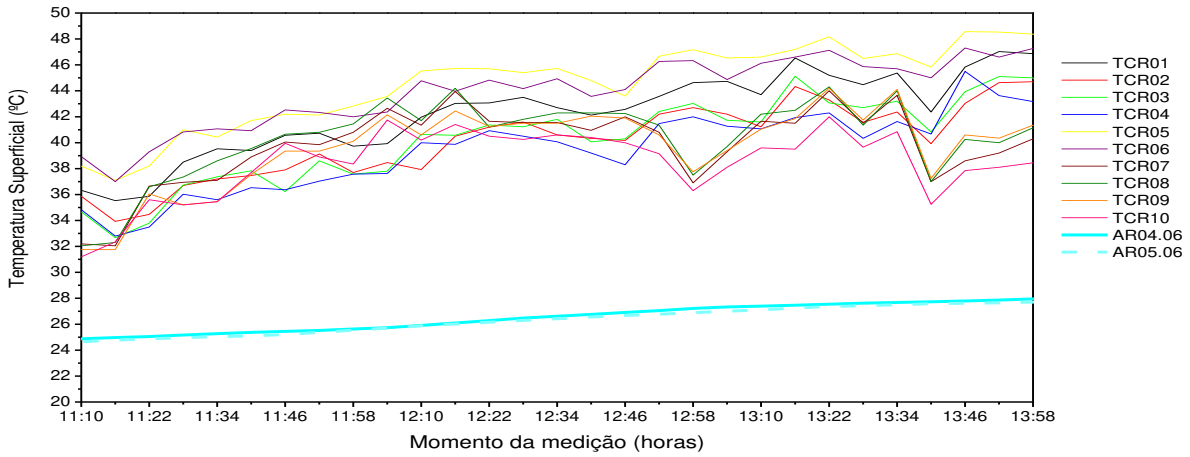


Figura 8 - Temperaturas superficiais telhas resinadas.

4.5. Relação entre temperaturas superficiais e absortância solar

A figura 9 apresenta a correlação entre as temperaturas superficiais médias das telhas, e suas absortâncias solares, com coeficiente de correlação R igual a 0,71, confirmando a relação direta entre a quantidade de radiação absorvida, ou seja, a absortância solar, e a temperatura superficial das telhas.

Fazendo uma correlação entre as temperaturas superficiais e a absortância solar das telhas analisadas, percebe-se que as telhas com maiores valores de absortância solar, são as que obtiveram, de maneira geral, maior aumento na temperatura superficial, quando comparada as suas temperaturas iniciais.

Também é importante salientar que as telhas com maior e menor variação de temperatura coincidem ainda com as de maior e menor absortância, respectivamente, sendo elas as telhas TCN08 e TCR06, comprovando que quanto maior a absortância solar, maior o ganho de calor da superfície.

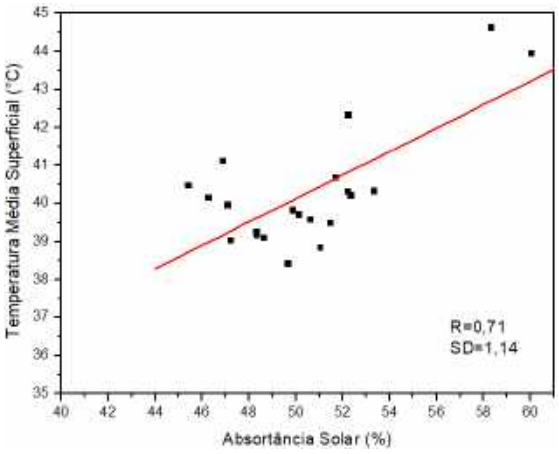


Figura 92 - Temperaturas superficiais telhas resinadas.

5. CONCLUSÕES

A partir dos resultados observados e discutidos, conclui-se que as telhas com acabamento natural possuem menor absortância solar que aquelas com acabamento resinado, diferente do que se pode pensar inicialmente, devido ao acabamento brilhoso dado às telhas resinadas, em função da resina aplicada sobre suas superfícies. Isto se deu mesmo quando comparadas telhas de mesmo fabricante, que utilizam a mesma matéria prima. As resinas aplicadas nas telhas atuam, portanto, como agentes absorventes da radiação solar. Isto se confirma ao observar-se as telhas com maior e menor absortância solar, respectivamente a natural TCN08 e a resinada TCR06.

Outro importante aspecto que deve ser salientado é que, entre as telhas de mesmo acabamento, é de suma importância que a rugosidade e a porosidade das telhas sejam as menores possíveis, pois estas desempenham papel primordial no comportamento das superfícies quanto à absorção da radiação solar incidente. Como pode ser constatado comparando as telhas resinadas dos fabricantes B e C, onde a mesma resina foi aplicada nas superfícies, porém as telhas do fabricante C são muito porosas e rugosas, o que refletiu diretamente nos altos valores de absortância solar com relação aos valores obtidos para as telhas do fabricante B, com maior uniformidade na superfície das telhas.

Analisando ainda as telhas com maiores e menores variações entre temperaturas máxima e mínima, percebe-se que estas também coincidem com as de maior e menor absortância, respectivamente, sendo elas as telhas TCN08 e TCR06. Comprovando que quanto maior a absortância solar, maior o ganho de calor da superfície.

Portanto, os resultados apresentados por esta pesquisa reforçam a premissa de que a absortância solar é uma característica das camadas mais superficiais dos materiais, e que a uniformidade no acabamento desta superfície exerce influência direta no valor final de absortância do objeto em análise, neste caso, das telhas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS – ASTM. **E903 – 12**: Standard test method for solar absorptance, reflectance and transmittance of materials using integrating spheres. ASTM International, 2012a.

_____. **G173-03** (Reaprovada 2012): Standards tables for reference solar spectral irradiances: Direct normal and hemispherical on 37º tilted surface. ASTM International, 2012b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 15220**: Desempenho térmico das edificações. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 15575**: Edificações habitacionais – Desempenho. Rio de Janeiro, 2013.

AKBARI, H.; BRETZ, S.; KURN, D. M.; HANFORD, J. Peak power and cooling energy savings of high-albedo roofs. Energy and Buildings, v. 25, p. 117–126, 1997.

AKBARI, H.; LEVINSON, R.; STERN, S. Procedure for measuring the solar reflectance of flat or curved roofing assemblies. Solar Energy, v. 82, p. 648–655, 2008.

AKBARI, H.; POMERANTZ, M.; TAHA, H. Cool surfaces and shade trees to redue energy use and improve air quality in urban areas. Solar Energy, v. 70, p. 295–310, 2001

SANTAMOURIS, M.; SYNNEFA, A.; KARLESSI, T. Using advanced cool materials in the urban built environment to mitigate heat islands and improve thermal comfort conditions. Solar Energy, v. 85, n. 12, p. 3085–3102, 2011.

SCHABBACH, L. M.; MARINOSKI, D. L.; GÜTHS, S.; BERNARDIN, A. M.; FREDEL, M. C.. Pigmented glazed ceramic roof tiles in Brazil : Thermal and optical properties related to solar re fl ectance index. Solar Energy, v. 159, p. 113–124, 2018.

SYNNEFA, A.; SANTAMOURIS, M.; AKBARI, H. Estimating the effect of using cool coatings on energy loads and thermal comfort in residential buildings in various climatic conditions. Energy and Buildings, v. 39, p. 1167–1174, 2007.

SYNNEFA, A.; SANTAMOURIS, M.; LIVADA, I. A study of the thermal performance of reflective coatings for the urban environment. Solar Energy, v. 80, p. 968–981, 2006.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO – USP. Planilha de dados meteorológicos. Disponível em: http://sistemas.iau.usp.br/eMeteorologica/. Acesso em 09 de jul de 2018.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) pelos recursos financeiros aplicados no financiamento do projeto.