XIX Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
ENTAC 2022

Ambiente Construído: Resiliente e Sustentável
Canela, Brasil, 9 a 11 novembro de 2022

Efeitos da degradação de coberturas convencionais no desempenho térmico

Effects of degradation of conventional roofs on thermal performance

Gleidson Martins da Costa
Universidade Federal de Pernambuco | Recife| Brasil | gmc4@poli.br
Eduardo Siqueira Cadete
Universidade Federal de Alagoas | Maceió | Brasil | eduardo.cadete@arapiraca.ufal.br
Bruna Martins da Silva Nascimento
Universidade Federal de Alagoas | Maceió | Brasil | bruna.nascimento@fau.ufal.br
Ricardo Victor Rodrigues Barbosa
Universidade Federal de Alagoas | Maceió | Brasil | rvictor@fau.ufal.br
Juliana Oliveira Batista
Universidade Federal de Alagoas | Maceió | Brasil | juliana.batista@fau.ufal.br

Resumo

Este artigo objetivou avaliar o desempenho térmico de telhas de fibrocimento e cerâmica submetidas ao processo de envelhecimento natural em células-teste instaladas no Campus da Universidade Federal de Alagoas, em Arapiraca, no semiárido alagoano. A pesquisa experimental foi realizada a partir de registro de temperaturas superficiais das telhas e temperatura do ar no interior das células-teste. As imagens termográficas evidenciaram transformações no comportamento térmico das telhas, a partir da alteração no valor das absortâncias. Verificou-se que os processos de degradação natural das superfícies impactam no comportamento térmico das telhas, influenciando consequentemente no desempenho térmico das edificações.

Palavras-chave: Células teste. Envelhecimento. Semiárido. Telha de fibrocimento. Telha cerâmica.

Abstract

This study aimed to evaluate the thermal performance of fiber cement and ceramic tiles submitted to the natural aging process in test cells installed at the Campus of the Federal University of Alagoas, in the semiarid region. Surface temperatures of the tiles and air

Como citar:
COSTA, G. M. *et al*. Efeitos da degradação de coberturas convencionais no desempenho térmico. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO,19, 2022, Canela. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2022. p. XXX-XXX.

temperature inside the test cells were recorded for experimental research. The thermographic images showed transformations in the thermal behavior of the tiles, from the change in the value of the absorbances. The surfaces' natural degradation impacted the tiles' thermal behavior, influencing the buildings' thermal performance.

Keywords: Test cells. Aging. Semi-arid. Cement roof tile. Ceramic roof tile.

INTRODUÇÃO

A correta especificação de materiais para a envoltória dos edifícios pode contribuir para questões relacionadas ao desempenho térmico da edificação, à obtenção de condições de conforto térmico dos usuários e maior eficiência energética do edifício. Dentre os sistemas que compõem a envoltória, o sistema de cobertura é responsável por até 70% das trocas térmicas com o entorno [1], destacando a relevância desse sistema no desempenho térmico da edificação.

Sabe-se que radiação solar é a principal fonte de energia para o planeta [2] e, consequentemente, a maior contribuinte para ganhos térmicos em edifícios. Logo, em climas quentes, reduzir a absorção da radiação solar, sobretudo pelas coberturas, é uma estratégia desejável para melhoria do desempenho térmico e da eficiência energética de edificações, sobretudo em habitações térreas.

Contudo, sabe-se que os materiais de construção estão sujeitos ao envelhecimento natural provocado pela exposição a agentes ambientais, como chuva, poluição, poeira, radiação solar e outros, que podem afetar as características térmicas e alterar o desempenho térmico do material. Em telhas de fibrocimento, especificamente, os principais processos de deterioração são: (1) carbonatação, processo físico e químico natural causado pela exposição do material ao dióxido de carbono (CO_2) presente na atmosfera; (2) eflorescência, que consiste na diluição de sais presentes na composição do material por meio da penetração de líquidos em seus poros; e (3) deposição de fungos que, apesar de não promover a degradação física da telha, dá origem à camadas escuras que modificam a coloração inicial do material [3].

A partir dessa constatação, a NBR 15.575-1 [4], que estabelece o desempenho térmico como um dos requisitos de habitabilidade para edificações habitacionais, apresenta requisitos mínimos a serem atendidos pelas vedações verticais e coberturas, referentes às suas propriedades térmicas. Revisada em 2021, passou a incorporar um método de estimação para o valor da absortância à radiação solar dos materiais após um período de três anos, com vistas a considerar a influência da degradação sobre as propriedades térmicas dos materiais, de modo a “refletir o comportamento térmico da unidade habitacional no período de ocorrência de intervenções de manutenção, previstas no manual de uso, operação e manutenção” [4].

OBJETIVO

O objetivo deste trabalho consiste em analisar o desempenho térmico de telhas de fibrocimento e telhas cerâmicas submetidas ao processo de envelhecimento natural, por meio de estudo experimental, com vistas a verificar os efeitos da degradação das telhas sobre o desempenho térmico da cobertura.

MÉTODO

O trabalho foi construído a partir de uma pesquisa experimental, com realização dos cálculos de transferência de calor e a consequente comparação dos dados obtidos.

A realização da pesquisa experimental consistiu no monitoramento de variáveis ambientais em células-teste construídas em alvenaria com dois tipos de cobertura: telha cerâmica e telha de fibrocimento. Tomou-se como base os métodos de medição de Silva, Vieira e Barbosa [5].

Posteriormente à coleta dos dados, foram realizados cálculos simplificados de fluxo de calor dos materiais a fim de relacionar esses valores com as temperaturas superficiais das coberturas, bem como a realização da tabulação dos dados a fim de comparar o desempenho térmico de ambas as coberturas após o processo de envelhecimento natural.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A pesquisa experimental foi realizada na cidade de Arapiraca, localizada na parte central do Estado de Alagoas, na região do semiárido nordestino. De acordo com a classificação de Koppen-Geiger, Arapiraca é caracterizado como clima tropical seco durante o verão com chuvas frequentes durante o outono/inverno. A temperatura média mensal do ar fica entre 22,1 °C e 26,5 °C e a umidade relativa varia de 70% a 80% [6]. Segundo a NBR15.220-3 [7], o município encontra-se na Zona Bioclimática 8, caracterizada pelo clima quente e úmido.

Figura 1: Mapa de Alagoas (à esquerda); Localização da UFAL e vista superior do campus (à direita)



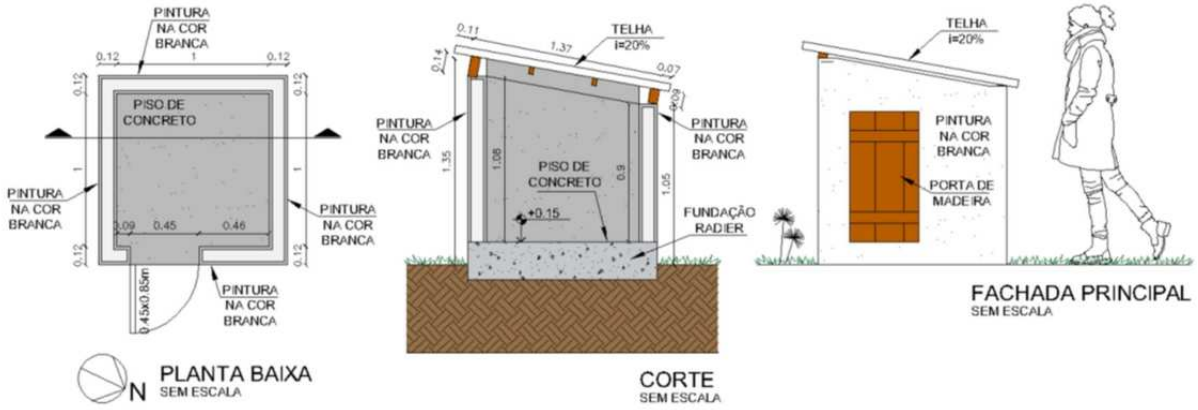
Fonte: Adaptado de ibge.cidades.gov.br e Cadete [9].

CARACTERÍSTICAS DAS CÉLULAS-TESTE

A pesquisa experimental foi realizada em células-teste construídas no canteiro experimental do Campus Arapiraca da Universidade Federal de Alagoas, situada na mesorregião do Agreste alagoano, especificamente na região central do estado (Figura 1). O canteiro é composto por oito células-teste distanciadas umas das outras por, aproximadamente 3,75 m, de modo a evitar projeção de sombra entre as unidades (Figura 1).

As células-teste foram construídas em alvenaria de tijolo cerâmico de 6 furos, rebocadas (1,5 cm) com chapisco e emboço em ambos os lados (interno e externo), pintada com cal nas faces externas, e com fundação tipo radier e piso de concreto. Possuem dimensões, aberturas, elementos construtivos e orientação solar semelhantes (Figura 2).

Figura 2: Planta baixa da célula teste (à esquerda); Corte esquemático (ao centro) e fachada frontal (à direita)



Fonte: Cadete [9]

As células-teste possuem dimensões externas de 1,30m x 1,30m x 1,35m, contabilizando um volume interno de 1 m^3 (Figura 2), com diferença apenas no sistema de cobertura. Para esta pesquisa, foram utilizadas as células-teste sem forro e com cobertura de telha cerâmica e fibrocimento, ambas com inclinação de 20% e orientadas à Norte.

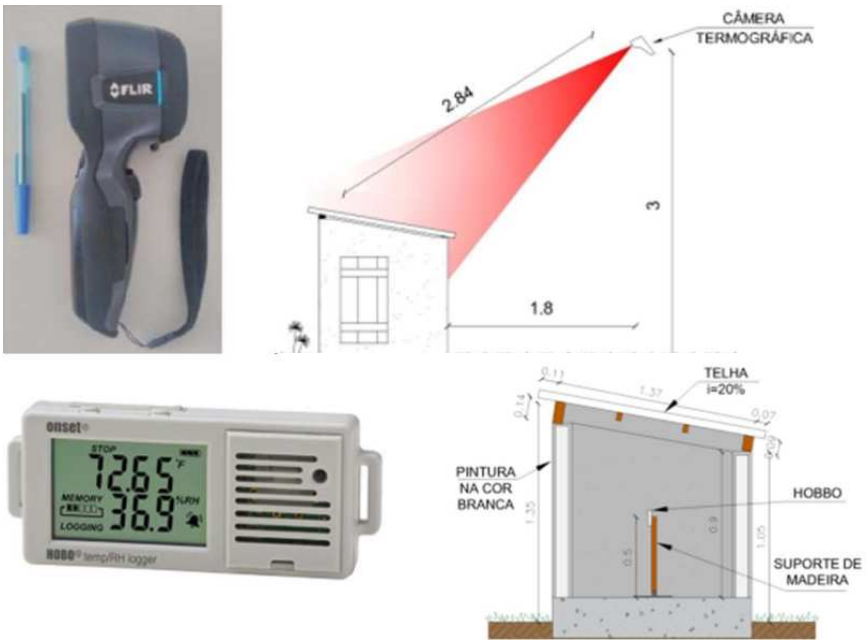
COLETA DOS DADOS

Dados climáticos horários da localidade referentes à temperatura do ar externo, umidade relativa do ar externo e radiação solar foram obtidos por meio da estação meteorológica instalada no *Campus*. Nas células-teste foram monitorados dados de temperaturas superficiais das telhas, com câmera termográfica da marca FLIR, modelo i7, com resolução 140 x 140 e lente FOL 7 mm (Figura 3, superior à esquerda). A câmera foi posicionada a 3 m do solo, com distância de 2,84 m do ponto central da cobertura, conforme (Figura 3, superior à direita).

O monitoramento da temperatura do ar no interior das células-teste foi feito com *dataloggers* da marca Hobo®, modelo UX100-003, com acurácia de ±0,21 °C de 0 °C a 50 °C e resolução de 0,024 °C à 25 °C (Figura 3, inferior à esquerda). Os equipamentos

foram programados para registrar dados contínuos em intervalos de 60 min e instalados no centro geométrico do espaço interno das células-teste, localizados a 50 cm do piso e fixados por suportes de madeira (Figura 3, inferior à direita).

Figura 3: Câmera termográfica FLIR i7 (superior à esquerda); Face externa da cobertura coletada pela câmera termográfica (superior à direita); Hobo® *datalogger* modelo UX100-003 (inferior à esquerda); e disposição do equipamento no interior da célula-teste (inferior à direita).



Fonte: Cadete [9]

Os dados foram coletados em dois períodos distintos. O primeiro período, nos dias 06 e 07 de dezembro de 2018 [5], quando as células-teste receberam as telhas novas. O segundo período de monitoramento foi realizado nos dias 10 e 11 de dezembro de 2020, após 2 anos de exposição do material às intempéries, com o objetivo de determinar a alteração do desempenho térmico dos materiais em função do envelhecimento. Na figura 4 é possível observar o estado físico da cobertura das telhas nos dois períodos de monitoramento.

Figura 4: Estado das coberturas em 2018 (acima) e 2020 (abaixo).



Fonte: Elaboração própria, 2022.

ANÁLISE DOS RESULTADOS

No primeiro período de monitoramento, em 2018, foram coletados dados de temperatura do ar pela estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), instalada no município de Arapiraca. No segundo período de monitoramento, em 2020, foram coletadas as mesmas variáveis por uma estação meteorológica instalada no *Campus* Arapiraca, da Universidade Federal de Alagoas. Não foi possível utilizar a estação do INMET em 2020, pois a mesma estava inoperante, possivelmente em período de manutenção.

No primeiro período de medição, observou-se que, no dia 06/12/2018, a temperatura do ar externo (Tar) chegou à máxima de 36,0 °C, às 13h, com umidade relativa do ar (UR) a 11%. No dia 07/12/2018, a temperatura do ar externo (Tar) alcançou a máxima de 34,9 °C e umidade relativa do ar (UR) de 17%, às 14h. Assim, ambos os dias podem ser caracterizados como quente e seco, representativo do período de verão no contexto climático analisado.

No segundo período de medição, observou-se que no dia 10/12/2020, a máxima da temperatura do ar externo (Tar) foi de 32,7°C, com UR de 38%, às 14h. Pode-se notar uma diferença de 3,3°C em relação à máxima do ano de 2018, dado que impacta nos resultados obtidos de temperatura superficial (Ts) e desempenho térmico dos materiais. No dia 11/12/2020 a temperatura do ar externo alcançou máxima de 31,7 °C, com UR de 33%, às 16h. Dessa forma, cabe destacar antecipadamente que os dias de 2020 foram um pouco menos quentes e mais úmidos que os dias analisados em 2018 (Gráfico 1).

Gráfico 1: Comportamento horário dos valores de temperatura do ar e umidade relativa do ar externos nos dias 06 e 07 de dezembro de 2018 [5] (à esquerda) e nos dias 09 e 10 de dezembro de 2020 (à direita)



	06/12/2018		07/12/2018	
	Temp. (°C)	UR (%)	Temp. (°C)	UR (%)
MÍNIMA	22,5	11	23,2	17
MÁXIMA	36,0	76	34,9	74
AMPLITUDE	13,5	-	11,7	-



	10/12/2020		11/12/2020	
	Temp. (°C)	UR (%)	Temp. (°C)	UR (%)
MÍNIMA	20,3	38	20,6	33
MÁXIMA	32,7	86	31,7	91
AMPLITUDE	12,4	-	11,1	-

Fonte: Elaboração própria, 2022.

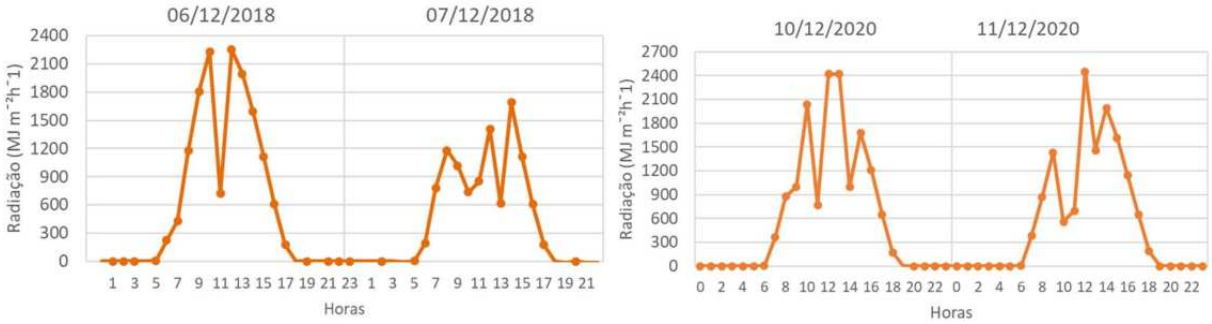
Desse modo, as diferenças identificadas nos dados climáticos entre os anos de 2018 e 2020 são também fatores de relevância no comportamento dos materiais analisados. As variáveis coletadas por pesquisa experimental em campo não podem ser manipuladas e padronizadas pelos pesquisadores, diferentemente de pesquisa em laboratório. Dessa forma, há de considerar este fato da não padronização das condições higrotérmicas externas como limitações da pesquisa. Ainda assim, os cálculos de fluxo de calor foram integrados ao trabalho na tentativa de amenizar essa diferença por meio da proporção dos valores de temperatura do ar e temperaturas superficiais.

Por meio da estação instalada no *Campus* também foi possível coletar dados da radiação solar. O Gráfico 2 mostra o comportamento da radiação solar durante os dias de coleta, o que auxiliou na compreensão da análise realizada por meio da câmera termográfica.

O Gráfico 2 (à esquerda) representa os valores de radiação encontrados nos dias 06 e 07/12/2018. Nele pode-se notar que a incidência de radiação solar começa a aumentar próximo às 6 h (nascer do sol) e continua aumentando de forma regular até aproximadamente 11 h, no dia 06/12/2018. Entre 11 h e 13 h, onde, de acordo com a trajetória solar, deveríamos identificar o pico, houve uma queda brusca nos valores de radiação (que chegaram a 720,2 MJ $m^{-2}h^{-1}$), pressupõe-se que o evento tenha ocorrido pela presença de nuvens passageiras, visto que em meados das 14 h a incidência de radiação atinge o pico e começa a diminuir até o pôr do sol.

No Gráfico 2 (à direita), a radiação mínima encontrada no dia 11/12/2020 foi de 558,5 MJ $m^{-2}h^{-1}$ às 10 h, durante dia. Enquanto que nesse mesmo dia a radiação máxima atingiu 2451 MJ $m^{-2}h^{-1}$, às 12 h.

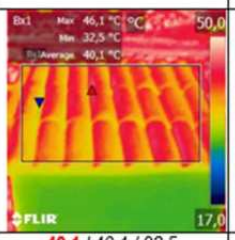
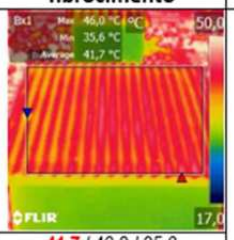
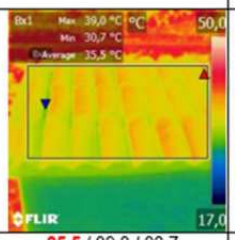
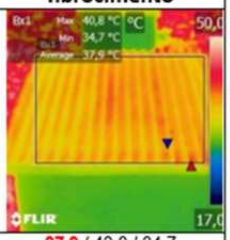
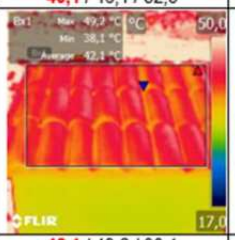
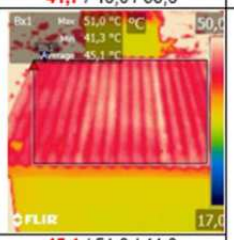
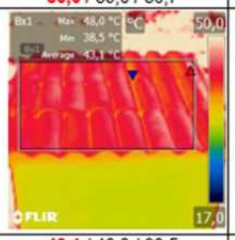
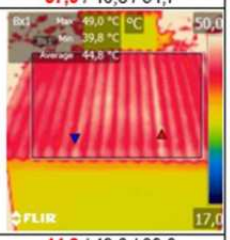
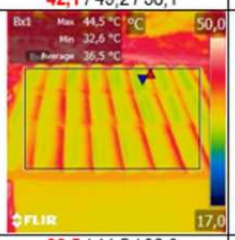
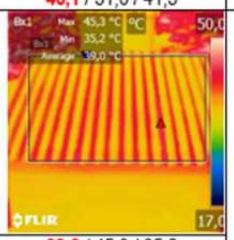
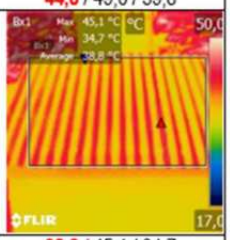
Gráfico 2: Comportamento da radiação solar nos dias 06 e 07 de dezembro de 2018 (à esquerda) e nos dias 09 e 10 de dezembro de 2020 (à direita)



Fonte: Elaboração própria, 2022.

As fotografias termográficas das faces externas das coberturas capturadas em 2018 estão ilustradas no Quadro 1, no qual é possível observar os resultados de temperaturas superficiais média, máxima e mínima, respectivamente, como apresentado nas imagens.

Quadro 1: Fotografias termográficas das coberturas de telhas cerâmicas e fibrocimento nos dias 06 e 07 de dezembro de 2018.

06/12/2018			07/12/2018		
H	Telha cerâmica	Telha de fibrocimento	H	Telha cerâmica	Telha de fibrocimento
9:00H			9:00H		
	40,1 / 46,1 / 32,5	**41,7** / 46,0 / 35,6		**35,5** / 39,0 / 30,7	**37,9** / 40,8 / 34,7
12:00H			12:00H		
	42,1 / 49,2 / 38,1	**45,1** / 51,0 / 41,3		**43,1** / 48,0 / 38,5	**44,8** / 49,0 / 39,8
15:00H			15:00H		
	36,5 / 44,5 / 32,6	**39,0** / 45,3 / 35,2		**37,1** / 43,8 / 32,7	**38,8** / 45,1 / 34,7

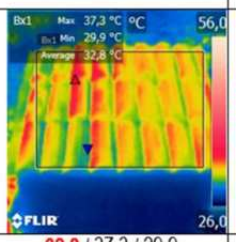
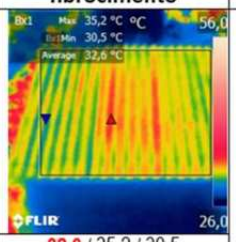
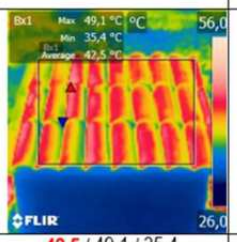
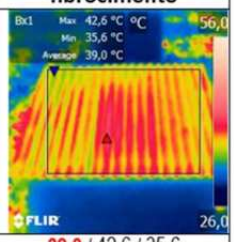
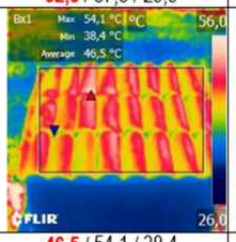
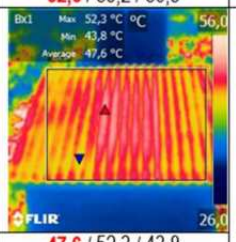
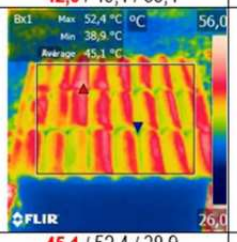
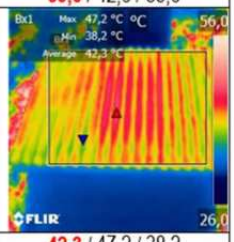
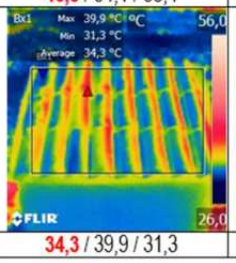
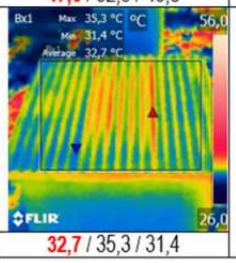
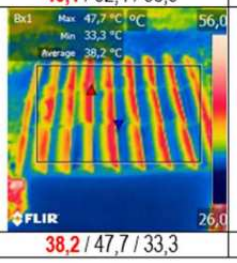
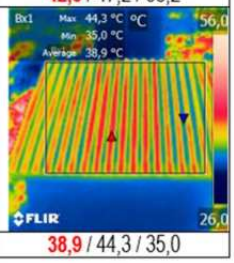
Fonte: Elaboração própria, 2022.

Comparando-se as temperaturas superficiais registradas em 2018, pode-se observar que na célula teste com a telha de fibrocimento, a Temperatura Superficial (Ts) alcançou 45,1°C no dia 06/12/2018, às 12h, enquanto a telha cerâmica chegou a Ts de 42,1 °C no mesmo dia e horário, sendo esta a maior diferença de temperatura observada no primeiro ano de análise.

No dia seguinte, as telhas apresentaram o mesmo comportamento, com a cobertura de fibrocimento atingindo temperaturas mais altas em relação a cobertura com telha cerâmica, contudo apresentaram uma diferença um pouco menor. Vale ressaltar que as telhas foram inseridas nas células teste durante a primeira etapa, possuindo as características de uma telha recém comprada, isto é, sem ter sido utilizada anteriormente em uma cobertura.

Por sua vez, na segunda etapa, observou-se que na maior parte dos registros das Ts das coberturas, a temperatura da telha cerâmica foi maior, com exceção do momento mais quente entre os dois dias analisados. Neste caso, no dia 10/12/2020, às 12 h, a face externa da telha de fibrocimento chegou a alcançar uma temperatura média de 47,6 °C, enquanto a telha cerâmica apresentou uma temperatura superficial média de 46,5 °C (Quadro 2).

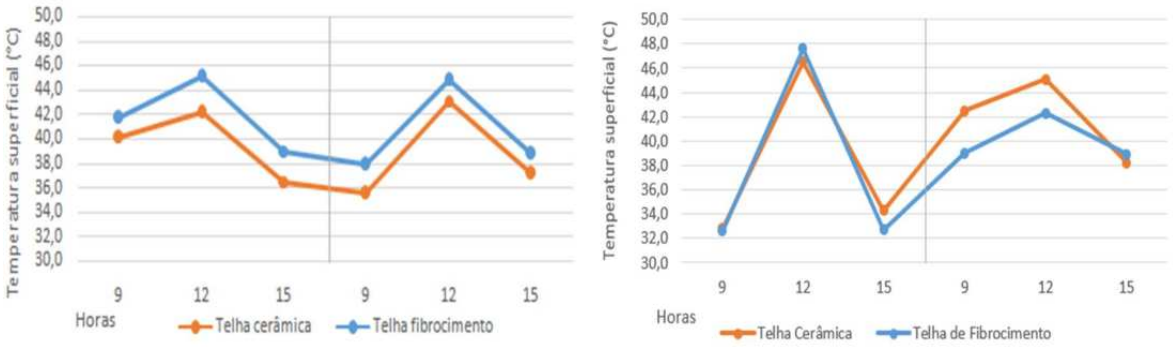
Quadro 2: Fotografias termográficas das coberturas de telhas cerâmicas e fibrocimento nos dias 10 e 11 de dezembro de 2020.

10/12/2020			11/12/2020		
H	Telha cerâmica	Telha de fibrocimento	H	Telha cerâmica	Telha de fibrocimento
9:00H			9:00H		
	32,8 / 37,3 / 29,9	32,6 / 35,2 / 30,5		42,5 / 49,1 / 35,4	39,0 / 42,6 / 35,6
12:00H			12:00H		
	46,5 / 54,1 / 38,4	47,6 / 52,3 / 43,8		45,1 / 52,4 / 38,9	42,3 / 47,2 / 38,2
15:00H			15:00H		
	34,3 / 39,9 / 31,3	32,7 / 35,3 / 31,4		38,2 / 47,7 / 33,3	38,9 / 44,3 / 35,0

Fonte: Elaboração própria, 2022.

Após essa análise, percebe-se o efeito do processo de envelhecimento natural das coberturas. Com o passar dos anos e a exposição às intempéries, a telha cerâmica, que no ano de 2018 apresentou Ts mais baixas que as das telhas de fibrocimento, em 2020 chegaram a apresentar valores muito próximos e, por vezes, até mais altos, conforme ilustrado também no Gráfico 3.

Gráfico 3: Comportamento da temperatura superficial das telhas cerâmicas e de fibrocimento 06 e 07 de dezembro de 2018 (à esquerda) e 10 e 11 de dezembro de 2020 (à direita)

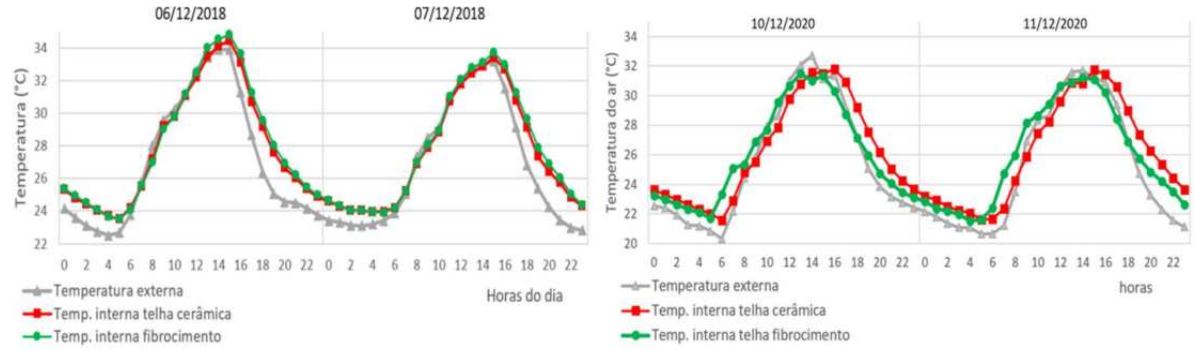


Fonte: Elaboração própria, 2022.

Essa mudança no comportamento térmico das telhas pode ser justificada pelo surgimento de patologias consequentes da exposição dos materiais às intempéries, o que caracteriza os processos de degradação e envelhecimento. Nesse sentido, observou-se que a deposição de poeira e a formação de fungos, especialmente nas telhas cerâmicas, que passaram a apresentar superfície mais escurecidas, causou o aumento na absortância. Já nas telhas de fibrocimento, além do aparecimento de pequenos pontos escuros, notou-se o surgimento de manchas mais claras que se assemelham aos processos de carbonatação e eflorescência, que são responsáveis pelo clareamento das telhas e, consequentemente, impactam no aumento da refletância do material.

Processo semelhante foi averiguado em outras pesquisas [8], que concluíram que os processos naturais de carbonatação e eflorescência, comumente observados nas telhas de fibrocimento, contribuem para redução da absortância bem como dos ganhos de calor solar pela edificação, conforme pode ser observado diante do comportamento das temperaturas internas registradas no interior das células-teste (Gráfico 4).

Gráfico 4: Comportamento da temperatura interna do ar na células-teste na primeira etapa (à esquerda) e na segunda etapa da pesquisa (à direita)



Fonte: Elaboração própria, 2022.

Ao comparar os gráficos referentes aos dois períodos, verifica-se que após dois anos ocorrem diferenças quanto ao atraso térmico das temperaturas internas. A telha cerâmica, após o envelhecimento, apresentou o pico de temperatura máxima interna

com um atraso de cerca de 2 horas. No caso da telha de fibrocimento, o atraso foi menor, aproximadamente 1h após a temperatura máxima externa.

A fim de quantificar essa mudança e na intenção de comparar as alterações no desempenho térmico desses materiais relacionando-as com os dados de temperatura, calculou-se o fluxo de calor dos quatro cenários apresentados através do método simplificado representado nas equações 1.

$$Q=U.\Delta t.A=U.(Text-Tint).A \qquad \text{equação 1}$$

Onde:

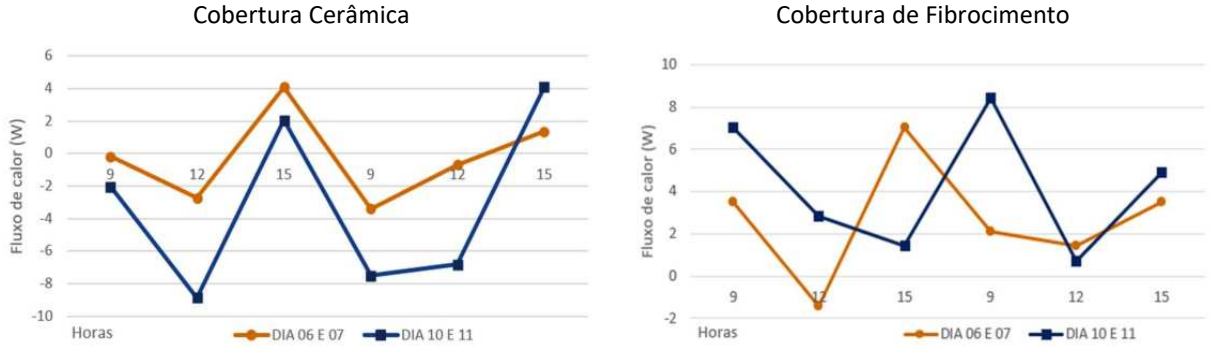
Q é o fluxo de calor

Text é a temperatura externa em Kelvin

Tint é a temperatura interna na célula-tese em Kelvin

A é área da superfíce onde ocorre a troca de calor

Gráfico 5: Fluxo de calor nas células-teste na cobertura cerâmica e na cobertura de fibrocimento.



Fonte: Elaboração própria, 2022.

Os resultados dos fluxos de calor possibilitaram considerar, na análise, as diferenças climáticas de temperatura do ar, uma vez que os dados foram coletados em diferentes datas. No que tange à comparação dos comportamentos dos gráficos de fluxo de calor (Gráfico 5) e de temperatura superficial (Gráfico 3), notou-se semelhanças, visto que, no caso da telha cerâmica os dois apresentaram aumentos proporcionais ao período de envelhecimento, enquanto na telha de fibrocimento constatou-se temperaturas e fluxos de calor com a mesma inconstância (altos e baixos). Na Figura 12, no gráfico da cobertura de fibrocimento, pode-se encontrar um fluxo de calor (Q) de 8,427W, enquanto que na cobertura cerâmica, 4,094W.

A Telha de fibrocimento apresentou melhora no desempenho, contrariando o que se esperava pelas previsões de absortância à radiação da nova emenda da NBR 15.575-1 [4]. Percebeu-se que, possivelmente devido aos processos físico-químicos de envelhecimento do fibrocimento, durante os dois anos analisados, foram minimizados as temperaturas superficiais e o fluxo de calor para o interior das células-teste.

Já a telha cerâmica apresentou prejuízo em seu desempenho térmico causado, possivelmente, pela deposição de fungos e poeira em sua superfície, que acarretaram o escurecimento da mesma e, consequentemente o aumento em sua absortância, posto que suas temperaturas superficiais aumentaram, bem como os fluxos de calor.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A primeira constatação em relação às telhas diz respeito a sua aparência visual. Com o passar do tempo, a exposição às intempéries contribuiu para o surgimento de patologias, ocasionando alterações nas cores originais das telhas. Neste sentido, as telhas cerâmicas apresentaram manchas escuras, provavelmente, causadas pelo surgimento de fungos. Na telha de fibrocimento, notou-se um clareamento. Este fenômeno, conforme observado na literatura, geralmente está relacionado aos processos de carbonatação e eflorescência.

Tais mudanças na coloração têm impacto na absortância dos materiais. Nesse contexto, o escurecimento aumenta o valor desta propriedade, ocasionando, por exemplo, mudanças nas temperaturas superfícies das coberturas das células-teste, ou seja, quando novas, as telhas cerâmicas apresentaram temperaturas médias menores que as de fibrocimento e, após 2 anos, com o seu escurecimento, esse comportamento é alterado notando-se valores de temperaturas superficiais médias maiores no exterior do telhado cerâmico.

Com relação às temperaturas internas, após o período de envelhecimento avaliado neste trabalho, percebeu-se que os picos na célula com telha de fibrocimento diminuíram não apenas em comparação ao telhado cerâmico, mas também em relação às temperaturas externas. Nesse sentido, há aumento também no ganho de calor pela superfície da cobertura cerâmica. Conclui-se que o comportamento oposto é verificado na telha de fibrocimento, ou seja, diminuição da absortância e ganhos de calor, consequência do seu clareamento. Diante disso, a telha de fibrocimento exposta ao envelhecimento natural, quando comparada à telha cerâmica, teve um melhor desempenho considerando que o ganho de calor não é uma estratégia adequada para as regiões de clima quente como Arapiraca.

REFERÊNCIAS

[1] VIJAYKUMAR, K.C.K.; SRINIVASAN, P.S.S.; DHANDAPANI, S. A performance of hollow clay tile (HCT) laid reinforced cement concrete (RCC) roof for tropical summer climates. **Energy and Buildings**, v.39, n. 8, p. 886-892, 2007. Disponível em:<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0378778806002507>. Acesso em: 06, dezembro, 2020.

[2] LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. Eficiência energética na arquitetura. ELETROBRAS/ PROCEL. Rio de Janeiro. 2014.

[3] COELHO, T. da C. C.; GOMES, C. E. M.; DORNELLES, K. A. Desempenho térmico e absortância solar de telhas de fibrocimento sem amianto submetidas a diferentes processos de envelhecimento natural. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 17, n. 1, p. 147-161, jan./mar. 2017. ISSN 1678-8621 Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212017000100129.

[4] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR-15575: Edificações Habitacionais - Desempenho. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

[5] SILVA, W.S.; VIEIRA, C.E.; BARBOSA, R. V. R. Desempenho térmico do teto verde na cidade de Arapiraca-AL. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO -

ENCAC, 2019, João Pessoa, Paraíba. **Anais...** João Pessoa, PB: IESP, 2019, p. 1532-1540. CD-ROOM.

[6] SILVA, W. S.; BARBOSA, R. V. R. Desempeño térmico de techos en la región semiárida del noreste de Brasil: investigación experimental en celdas de evaluación. **Cadernos do PROARQ**, v. 2, n. 37, p. 58-76, dez. 2021. DOI: https://doi.org/10.37180/2675-0392-n37v2-4

[7] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR-15220 Desempenho térmico de edificações - Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

[8] GOMES, C. DORNELLES, K. Influência do envelhecimento natural na refletância de telhas de fibrocimento sem amianto. In: Congresso Brasileiro de Patologia das Construções CBPAT 2016. Abril 2016. Belém, Pará. **Anais...** Belém: ALCONPAT Brasil, 2016, p.1351-1360.

[9] CADETE, E. S. **Análise do desempenho térmico de coberturas e subcoberturas com materiais alternativos no contexto climático do semiárido alagoano**. 2020. Monografia (Graduação em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal de Alagoas, Arapiraca, 2020.