DESEMPENHO TÉRMICO DE MATERIAIS PARA COBERTURAS E RESPECTIVAS INFLUÊNCIAS NAS ILHAS DE CALOR[1]

WENZEL, T., Universidade Federal de Minas Gerais, email: thaisewtosin@gmail.com; GUTIERREZ, G., Universidade Federal de Minas Gerais, email: gracegutierrez.arq@gmail.com

ABSTRACT

A current problem in big cities has been the heat island. This phenomenon causes the nocturnal temperatures to be higher, due to the way urban centers are built. The urban materials have a different thermal capacity and density than rural areas, causing the heat to be stored and released when the atmosphere is cooler – in the evening/night. Roofs play an important role in the heat islands, since they are exposed to large amount of radiation. Google Maps 2017 was used to define the most common roof tiles in Belo Horizonte, MG, and then these types of tiles were exposed to heating in a lab and in the sun and their surface temperatures measured with a camera FLIR T420. The white metallic tile showed better performance in terms of heat island mitigation, and the cement slab, the worse.

Keywords: *Heat island. Roofs. Thermal performance.*

1 INTRODUÇÃO

Com o crescimento das cidades e das construções, as ilhas de calor são um fenômeno de aumento das temperaturas urbanas cada vez mais presente. São provenientes do uso de materiais que absorvem e acumulam grande parte da radiação incidente, contribuindo para que o calor recebido seja liberado tardiamente na atmosfera e altere microclimas nas áreas de grande concentração urbana. As coberturas recebem grande carga térmica e são, portanto, elementos decisivos no fenômeno.

Esse artigo visa estudar o aporte de calor nos materiais construtivos utilizados nas coberturas de Belo Horizonte, MG. Para tanto, fez-se um levantamento das principais tipologias, e foram realizadas medições de temperaturas superficiais nas telhas identificadas. Este processo foi feito com uma câmera termográfica FLIR T420, primeiramente em ambiente controlado de laboratório e depois em campo, sob a radiação solar direta. Como conclusão, obtém-se a melhor telha para mitigação das ilhas de calor.

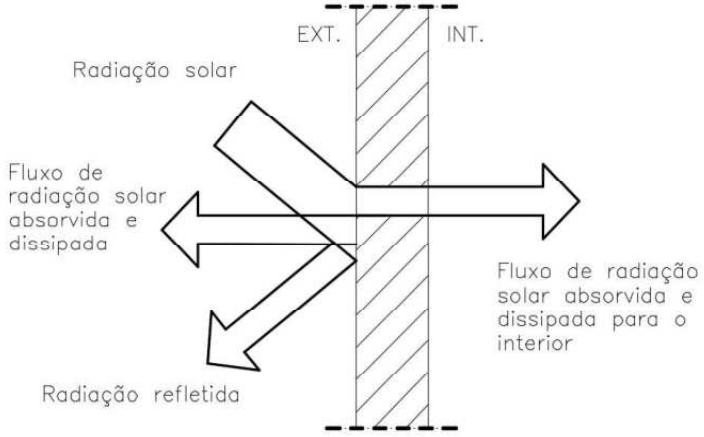
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O fenômeno da ilha de calor é próprio das cidades, sendo resultante do processo de urbanização e características peculiares deste meio. As superfícies ganham calor por radiação solar durante o dia e a perdem por ondas longas, num processo contínuo. Nas superfícies opacas, parte desta radiação é refletida, conforme seu albedo, e outra é absorvida (Figura 1),

[1] WENZEL, T. , GUTIERREZ, G. Desempenho térmico de materiais para coberturas e respectivas influências nas ilhas de calor. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2018, Foz do Iguaçu. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2018.

dependendo do material, da rugosidade da superfície e da presença de impurezas. (BARBIRATO, 2007).

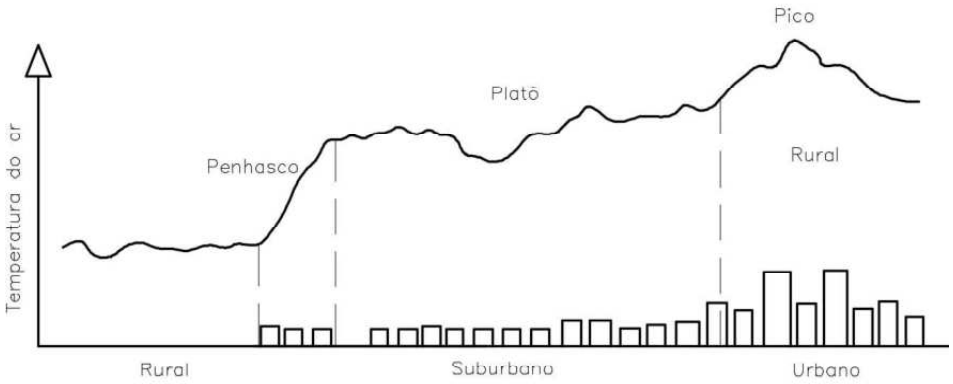
Figura 1 – Trocas de calor através de vedação opaca



Fonte: Frota e Schiffer (2001)

O fenômeno se caracteriza pelo acúmulo de calor nas superfícies urbanas e consequente elevação da temperatura do ar (Figura 2), especialmente em noites claras e sem ventos proeminentes, de 2 a 5 horas após o pôr do sol. Durante o dia, as ilhas de calor são menos intensas, devido ao efeito de atraso térmico em áreas com materiais de alta capacidade térmica (OKE, 1978).

Figura 2 – Seção transversal de uma ilha de calor urbana generalizada



Fonte: T. R. Oke (1978)

Segundo Givoni (1989), as principais causas da ilha de calor são:

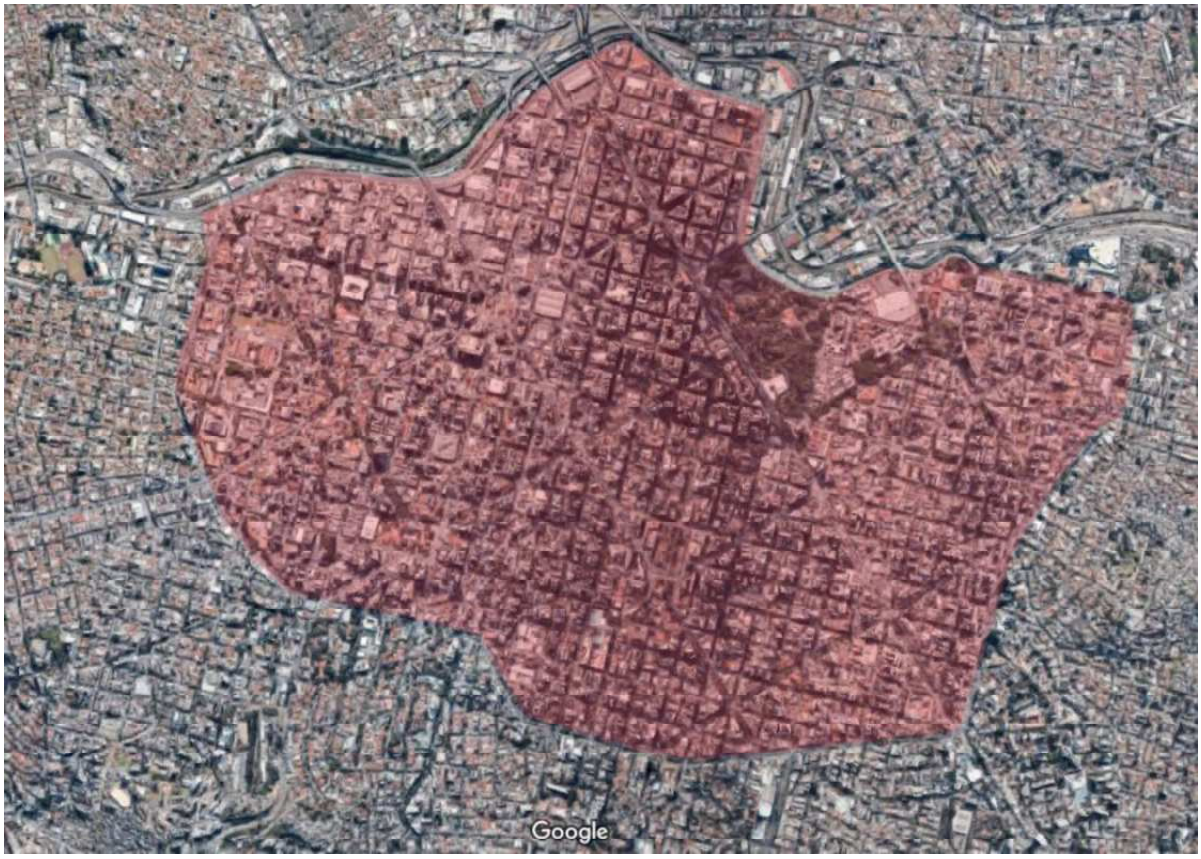
- diferença no balanço total de radiação entre a área urbana e a rural, em particular a baixa taxa de resfriamento durante a noite;
- armazenamento de energia solar nas edificações durante o dia e seu desprendimento durante a noite;
- produção concentrada de calor pelas atividades humanas;
- baixa evaporação do solo e da vegetação.

3 METODOLOGIA

3.1 Levantamento tipológico

Iniciou-se o estudo mapeando as coberturas da área central de Belo Horizonte, MG, latitude 19.8157 Sul e clima subtropical úmido (classificação climática de Köppen-Geiger). Escolheu-se a região de 8,75km² interna ao anel que circula a cidade (Figura 3), onde se situam algumas das principais edificações da região metropolitana.

Figura 3 – Vista aérea da região mapeada



Fonte: Google Maps 2017 modificado

Para o cálculo da área das tipologias, utilizou-se as plantas da PRODABEL disponibilizadas em 2008 em conjunto com a observação do Google Maps 2017 (Figura 4). As edificações identificadas eram hachuradas no AutoCAD a partir da base da PRODABEL, e ao final, calculou-se a área de cada tipologia e a área total.

Foi considerada apenas a tipologia de telha predominante em cada edificação, excluindo piscinas, telhas de plástico, vidro e asfalto, por terem pouca área significativa. Foram desconsideradas as áreas não identificadas (sombreadas por outros edifícios e telhados sem foco).

Figura 4 – Hachuras no AutoCAD segundo o Maps 2017



Fonte: Google Maps 2017

3.2 Termografia

A técnica termográfica se baseia na percepção do perfil de temperatura superficial pelo mecanismo de transferência de calor, uma vez que todo corpo com temperatura acima do zero absoluto emite radiação, devido à agitação térmica de seus átomos e moléculas (CORTIZO et al., 2008).

As amostras das telhas (Figuras 5 e 6 e descritas no Quadro 1) foram submetidas a aquecimento artificial e passivo sob o sol e fotografadas com a câmera termográfica FLIR T420. Foram monitoradas a hora, temperatura, umidade relativa e ventos, utilizando um termo-higro-anemômetro.

Figura 5 – Amostras: telha cerâmica clara, telha cerâmica vermelha e fibrocimento



Fonte: Os autores

Figura 6 – À esquerda: laje plana de concreto, telha metálica simples e telha metálica sanduíche



Fonte: Os autores

Quadro 1 – Dados das amostras

Tipologia	**Peso (kg)**	**Dimensões (cm)**
Cerâmica clara	2,45	48 x 18 x 16
Cerâmica escura	2,25	46 x 18 x 16
Fibrocimento	0,5	28 x 20
Laje de concreto	4,15	24 x 30
Metálica simples	0,05	26 x 14
Metálica sanduíche	0,111	19 x 14

Fonte: Os autores

Para ajuste da emissividade, cria-se sobre a telha estudada um corpo negro (ε = 1) com papel contact preto. Altera-se a emissividade do material nas configurações da câmera até que o valor de temperatura deste seja o mesmo que do corpo negro. Para evitar reflexão da luz no papel contact, desliga-se todas as fontes luminosas. A temperatura refletida (Tr) é, por convenção, a mesma temperatura do ar.

Desenvolvido em laboratório fechado, o aquecimento ativo das telhas se dá por uma lâmpada de 450W. As amostras são colocadas a 20 cm da lâmpada e aquecidas durante meia hora (Figura 7). Desliga-se a lâmpada, que deve ser afastada para não influenciar na troca de calor entre telha e ambiente. Quando a telha está próxima de 50°C [2], inicia-se as medições com a câmera termográfica, que são realizadas de 5 em 5 minutos. A Figura 8 exemplifica um ensaio. O experimento termina quando a amostra atinge o equilíbrio térmico com o ambiente.

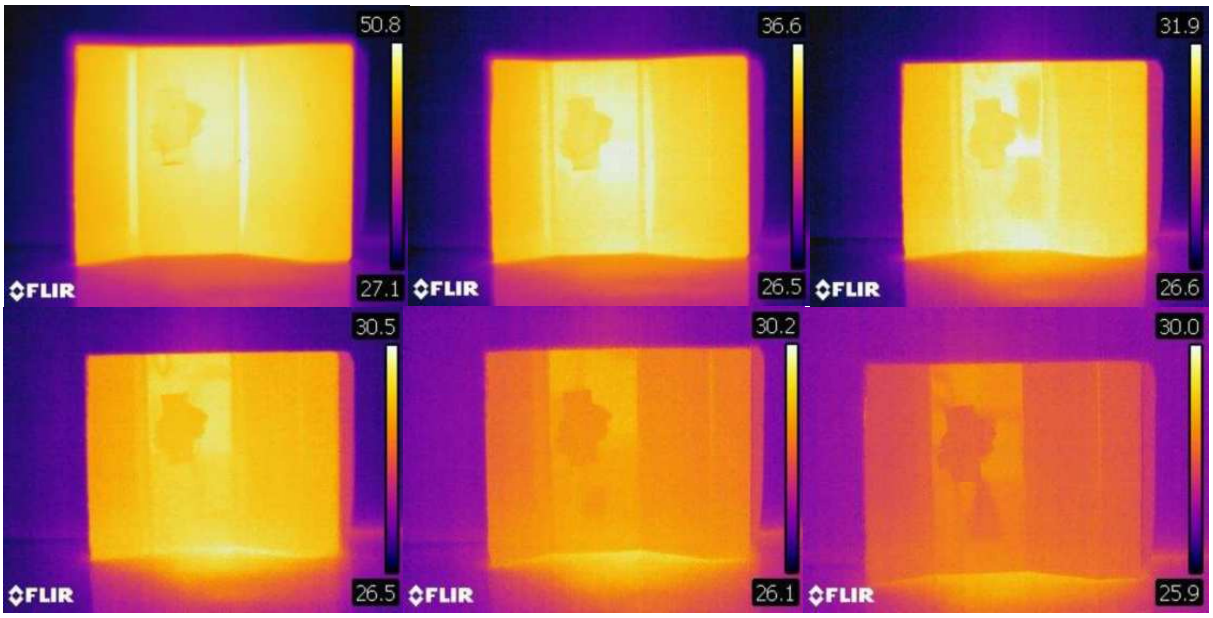
Figura 7 – Amostra sendo aquecida em laboratório

[2] O valor de 50°C corresponde à temperatura média dos telhados entre 2 e 5 horas após o pôr-do-sol, segundo revisão bibliográfica, num dia claro com características propícias para formação da ilha de calor.



Fonte: Os autores

Figura 8 – Decaimento registrado na telha metálica



Fonte: Os autores

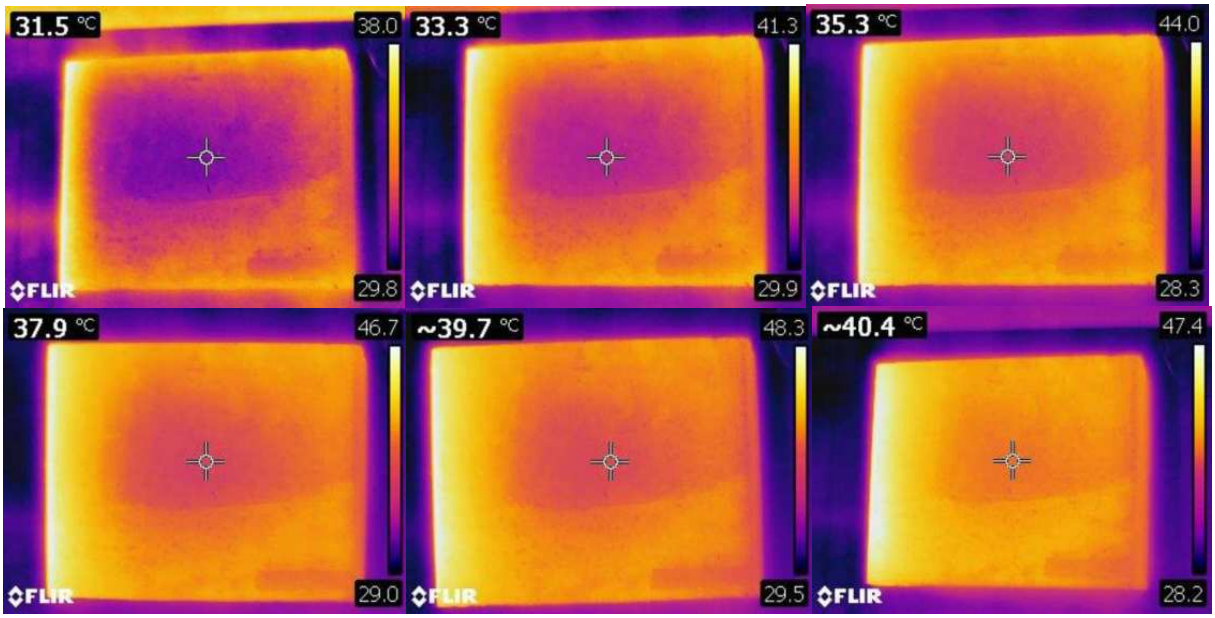
O ensaio passivo, sob o sol das 15h, desenvolveu-se na cobertura de um prédio, para evitar sombras. Nas tardes de dias claros, com menos de 50% de obstrução do céu (Figura 9) e pouco vento, as amostras foram levadas à uma cobertura e posicionadas lado a lado. Estando todas na temperatura ambiente, monitorou-se o ganho de calor de cada amostra. Também de 5 em 5 minutos, cada telha foi fotografada e registrada sua temperatura superficial. A Figura 10 exemplifica o experimento com a laje de concreto.

Figura 9 – carta solar (latitude 19°S) sobreposta à foto "olho de peixe"



Fonte: Os autores

Figura 10 – Aquecimento da amostra da laje



Fonte: Os autores

4 RESULTADOS

4.1 Levantamento tipológico

Os telhados de fibrocimento, de cor acinzentada e com marcação visível da calha central, são a maioria, caracterizando 29,99% das tipologias. As telhas metálicas (19,47%) estão presentes em hospitais, equipamentos públicos e esportivos. Podem ser identificadas pela aparência brilhante e homogênea.

As telhas cerâmicas, de cor alaranjada, representam a terceira maior proporção: 19,25%. As lajes de concreto também constituem porcentagem

significativa de 11,91%. Presentes em edifícios, são reconhecidas através das sombras planas nos telhados. Em poucos casos, identificou-se a utilização de painéis de energia solar (1,58%). Os telhados verdes são minoria absoluta, constituindo 0,37% das coberturas.

Deve-se ressaltar as limitações da pesquisa: 17,44% das coberturas não foram mapeadas, por impossibilidade de identificá-las. Os resultados seguem abaixo, no Quadro 2.

Quadro 2 – Porcentagens das tipologias

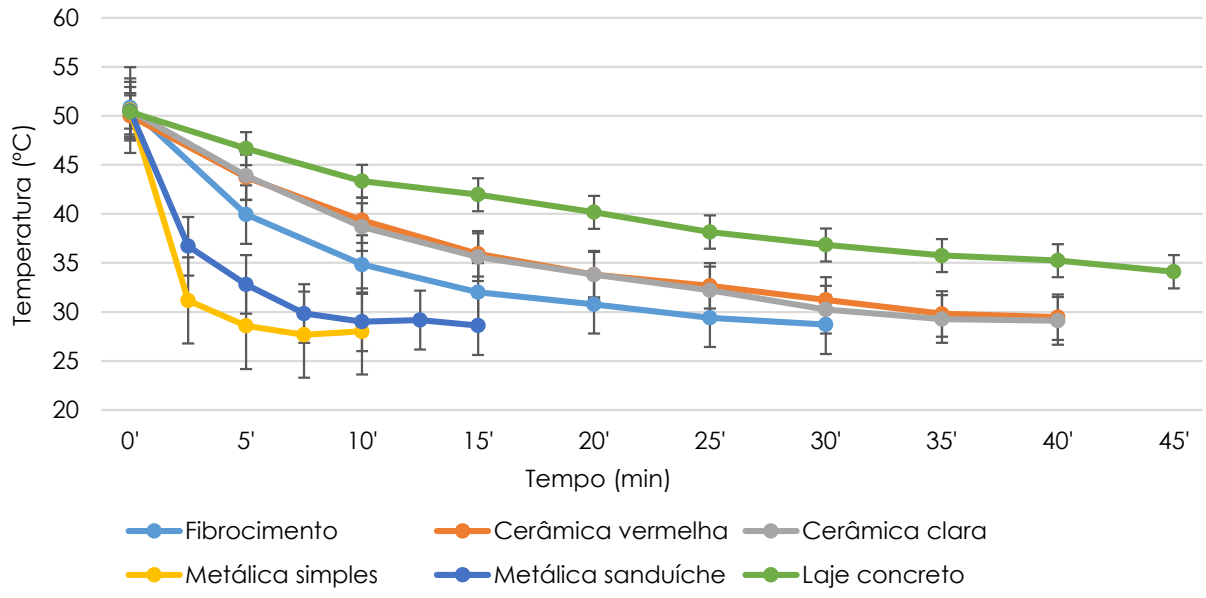
Tipologia	**Área (m²)**	**Porcentagem**
Fibrocimento	758414,83	29,99
Metálica	492249,16	19,47
Cerâmica	486830,51	19,25
Laje de concreto	301062,47	11,91
Placas solares	39853,45	1,58
Telhado verde	9344,38	0,37
Indefinido	441111,50	17,44

Fonte: Os autores

4.2 Termografia

Os dados de temperatura obtidos no laboratório figuram no Gráfico 1.

Gráfico 1 – Decaimento de temperatura



Fonte: Os autores

O gráfico 1 explicita que a telha metálica branca simples é a que perde calor mais rapidamente, seguida pela sanduíche; sendo a laje de concreto a amostra que mais conservou calor. A cor das telhas cerâmicas não influencia nesse quesito.

A partir do Gráfico 1, cria-se o Gráfico 2, calor dividido por unidade de área (m²), a título de comparação entre as telhas. Para cálculo do calor sensível:

$Q = m.c.\Delta\theta$

Aonde: Q = Quantidade de calor sensível (J);

m = Massa da substância (g);

c = Calor específico (J/g°C), Tabela 1;

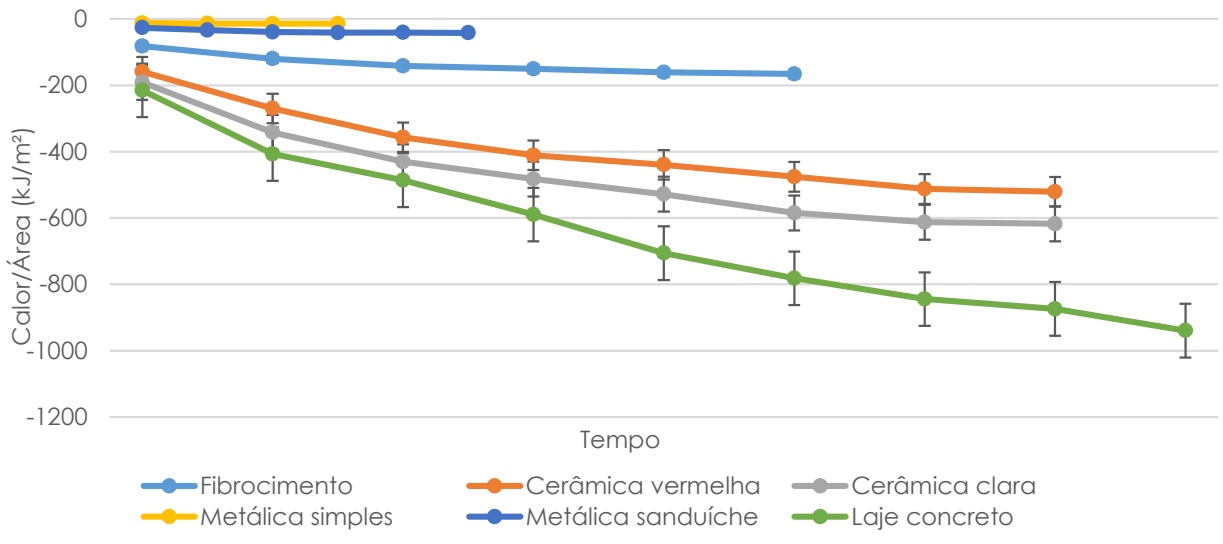
Δθ = Variação de temperatura (°C).

Tabela 1 – Propriedades térmicas dos materiais construtivos para coberturas

Material	Propriedade térmica		
	Densidade de massa aparente (ρ)	Condutividade térmica (λ)	Calor específico (c)
	[kg/m³]	[W/(m.K)]	[J/(kg.K)]
Argamassa de reboco	2000	1,15	1,00
Cerâmica	2000	1,05	0,92
Concreto (laje)	2200	1,75	1,00
Fibrocimento	1900	0,95	0,84
Gesso	750	0,35	0,84
Madeira	600	0,15	1,34
PVC	1300	0,20	0,96
Telha metálica de aço	7800	55	0,46

Fonte: ABNT (2005)

Gráfico 2 – Desempenho das telhas (ensaio ativo)

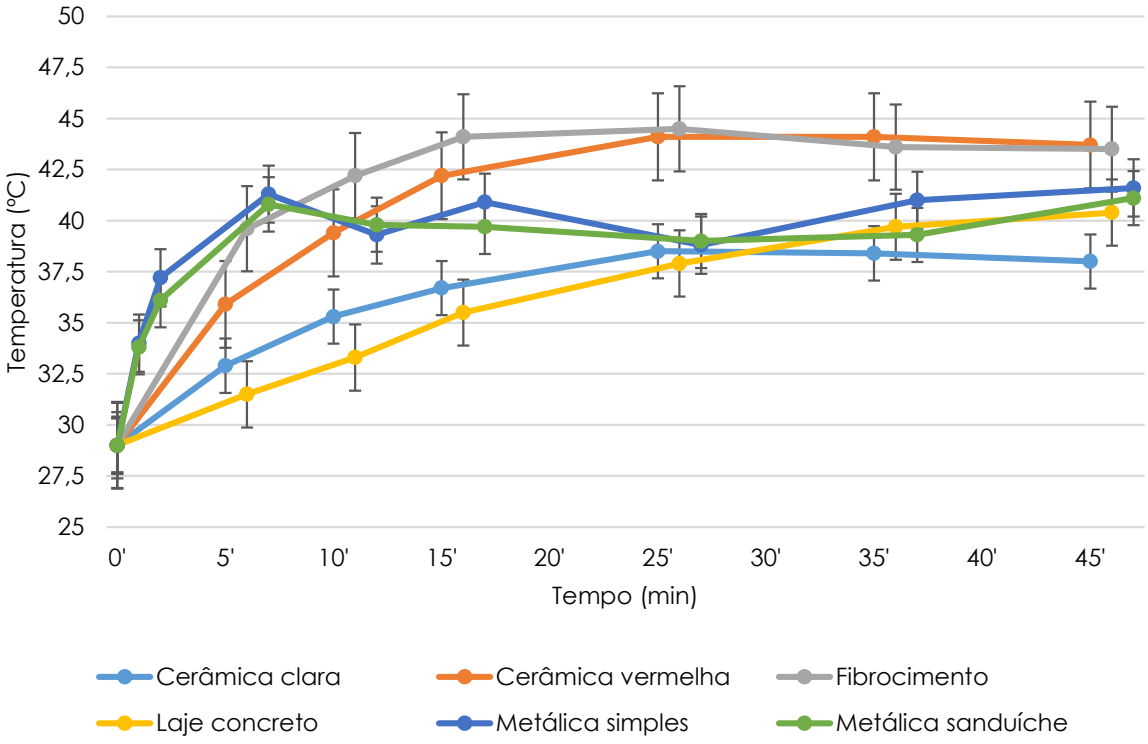


Fonte: Os autores

O segundo gráfico indica que a melhor telha em termos de mitigação da ilha de calor - não se trata aqui de conforto térmico - seria a metálica branca. Tal resultado condiz com os estudos do Green Building Council Brasil: a adoção de telhas metálicas pintadas de branco não só é eficiente para diminuição das ilhas de calor dos edifícios como também pode reduzir o custo de ar condicionado em cerca de 20% (TÉCHNE, 2010).

Os dados coletados sob a radiação solar estão reunidos no Gráfico 3.

Gráfico 3 – Aquecimento por radiação solar



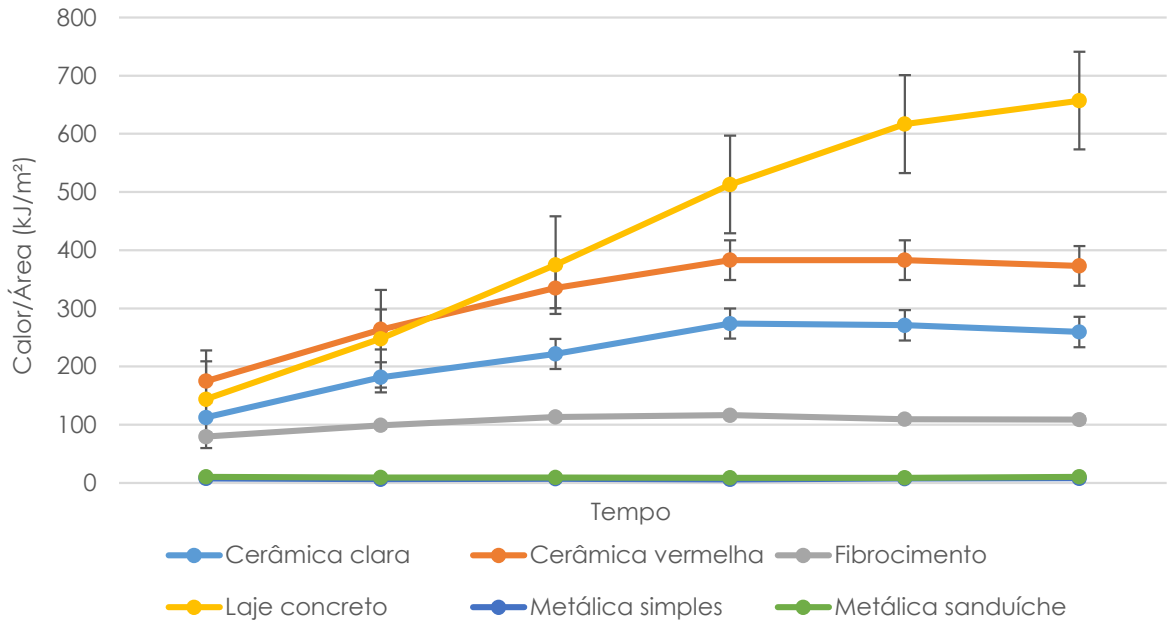
Fonte: Os autores

Nota-se que as telhas metálicas ganham calor muito mais rapidamente, atingindo em poucos minutos a temperatura de equilíbrio. A simples tem variação de temperatura mais pronunciada. As de fibrocimento e cerâmica vermelha possuem temperatura de equilíbrio próximo (~43°C), ambas acima da cerâmica clara (~38°C).

Segundo o mesmo procedimento para o ensaio ativo, o Gráfico 4 demonstra o calor por unidade de área.

Conclui-se que o calor absorvido pela metálica é o menor (entre 6 e 10kJ/m²), e o da laje plana, o maior (657 kJ/m²). A cor branca de revestimento das telhas metálicas contribui para maior reflexão da radiação. Neste caso, a diferença é bem pronunciada entre as cerâmicas clara e vermelha.

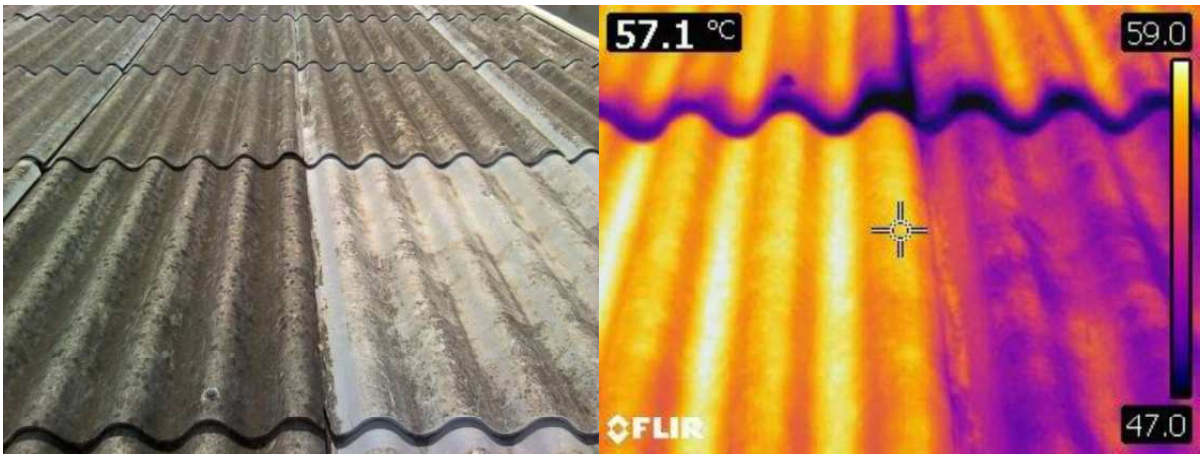
Gráfico 4 – Desempenho das telhas (ensaio passivo)



Fonte: Os autores

É importante observar que o desempenho da telha de fibrocimento é com base nos estudos feitos com a telha limpa e nova, de cor cinza claro. Uma vez que é facilmente recoberta com sujeira, esses valores podem ser alterados. Um exemplo é a cobertura onde foi realizada a segunda parte dos experimentos: uma telha suja de fibrocimento, às 15h de um dia claro, chega a 57,1°C, enquanto uma relativamente limpa ao lado estava até 10° mais fria (Figura 11).

Figura 11 – Imagem da cobertura de fibrocimento e sua respectiva termográfica



Fonte: Os autores

A Figura 12 reune o levantamento topográfico com os valores de calor/m² observados para cada telha. Conforme a tipologia mais presente nos quarteirões, estima-se se estes seriam mais quentes ou não. O vermelho mais intenso demonstra temperaturas mais elevadas.

Figura 12 – Manchas térmicas segundo as tipologias dominantes



Fonte: Google Maps 2017 modificado

5 CONCLUSÕES

O levantamento das tipologias de cobertura demonstra que o centro é majoritariamente recoberto por fibrocimento, material que, sujo, tende a conservar o calor proveniente da radiação solar. As telhas metálicas e cerâmicas, com desempenho superior, também tem porcentagem significativa.

As pesquisas de variação de temperatura indicam que a telha metálica branca seria uma alternativa para mitigar ilhas de calor. Uma possibilidade seria a utilização de tintas brancas para recobrimento dos telhados em geral. Por terem alta reflexão, as cores claras contribuem significativamente.

REFERÊNCIAS

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-2**: Desempenho Térmico de Edificações - parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro, 2005.

BARBIRATO, G. M. **Clima e cidade: a abordagem climática como subsídio para estudos urbanos**, 2007.

CORTIZO E. C.; BARBOSA, M. P.; SOUZA, L. A. C. **Estado da arte da termografia**. Fórum Patrimônio: Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável. v. 2, n. 2. Belo Horizonte, 2008. p. 158-193.

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. **Manual de conforto térmico.** 5. ed. São Paulo: Studio Nobel, 2001. 42 p.

GIVONI, B. **Urban design in different climates**, 1989.

OKE, Tim R. **Boundary Layer Climates**. Taylor & Francis **–** 2nd edition, 1978. 288 p.

TÉCHNE. Edição 154. **Além da estanqueidade**. Janeiro de 2010. Disponível em: <http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/154/cobertas-alem-da-estanqueidade-285475-1.aspx>. Acesso em: 04 abr. 2018.