

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/369203787>

# Impacto do envelhecimento natural de telha cerâmica fria sobre o consumo energético de uma edificação

Conference Paper · March 2023

CITATIONS

0

READS

36

3 authors:



**Ana Carolina Hidalgo Araujo**  
University of São Paulo

6 PUBLICATIONS 9 CITATIONS

SEE PROFILE



**Lorena Couto**  
University of São Paulo

7 PUBLICATIONS 0 CITATIONS

SEE PROFILE



**Kelen Dornelles**  
University of São Paulo

52 PUBLICATIONS 293 CITATIONS

SEE PROFILE

## Impacto do envelhecimento natural de telha cerâmica fria sobre o consumo energético de uma edificação

Ana Carolina Hidalgo-Araujo<sup>1</sup>, Lorena Santos Couto Bezerra<sup>1</sup>, Kelen Almeida Dornelles<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Arquitetura e Urbanismo, IAU-USP, São Carlos, Brasil

### Resumo

A utilização de materiais com altas refletância solar e emitância térmica nas superfícies urbanas é uma estratégia conhecida e eficaz para mitigar a absorção indesejada de radiação solar por parte das edificações. No entanto, a ação das intempéries sobre estas superfícies altera suas propriedades refletivas iniciais, diminuindo sua eficiência termoenergética. Este artigo apresenta o impacto do envelhecimento natural de uma telha fria sobre o gasto energético despendido com climatização artificial para uma edificação modelo localizada na cidade de São Carlos-SP. Após 36 meses de exposição ao tempo, verificou-se, através de simulação computacional (*EnergyPlus*), que o consumo energético anual total da edificação aumentou em 54,82% em decorrência da diminuição da capacidade refletiva da telha adotada.

### Introdução

Em regiões tropicais, a absorção da radiação solar pelas edificações pode acarretar em alto gasto energético despendido com climatização artificial, a fim de se minimizar o desconforto térmico por calor no interior dos ambientes. Uma estratégia passiva e efetiva para se reduzir este efeito é a utilização de revestimentos refletivos no envelope construtivo. Estes são definidos a partir de duas características referentes às suas superfícies: a emitância térmica e a refletância solar. De forma conjunta, ambas formam parte das propriedades ópticas dos materiais.

O material refletivo, ou “frio”, é caracterizado por possuir altas emitância térmica e refletância solar. A primeira refere-se à facilidade que um material tem em emitir energia em onda longa. Já a segunda se refere à parcela refletida em relação à radiação solar total incidente sobre uma superfície.

Dentre os elementos construtivos que compõem a envoltória de uma edificação, as coberturas são aquelas mais expostas à insolação. Desta forma, principalmente para construções de poucos pavimentos, localizadas em baixas latitudes, os telhados podem ser considerados um dos maiores responsáveis pela transferência de energia térmica para o interior das edificações (PEREIRA, 2014). Neste sentido, os benefícios da utilização das coberturas refletivas a fim de se reduzir os gastos energéticos com climatização artificial, principalmente em regiões de clima quente, já foram intensamente pesquisados e

comprovados (AKBARI; ROSE, 2001; POMERANTZ, *et al.*, 1999; ROSENFELD, *et al.*, 1998; TAHA, 2001; TAHA, 2002).

No entanto, as propriedades ópticas que caracterizam os materiais refletivos podem se alterar ao longo do tempo em decorrência da degradação pela exposição ao intemperismo natural. Com isso, um material inicialmente “frio” pode perder sua capacidade refletiva (ALCHAPAR; CORREA; 2016). Especificamente em relação às coberturas, a exposição ao tempo pode ter um efeito ainda mais significativo em relação às demais faces da edificação, pois além da degradação pela incidência de raios ultravioleta, estas também estão mais expostas ao acúmulo de material particulado em decorrência de sua angulação mais horizontalizada em relação às paredes. Com isso, um efeito inverso ao desejado pode ser gerado, agravando o desconforto térmico por calor, e, consequentemente, aumentando o consumo energético com climatização artificial.

Nos centros urbanos, a deposição de material particulado, decorrente da poluição, e as altas temperaturas decorrentes das ilhas de calor, são alguns dos fatores que mais contribuem para a degradação das superfícies edificadas. Os períodos em que há maior alteração nas propriedades ópticas, principalmente em relação às coberturas, coincide com os meses mais secos, já que há menor incidência da água pluvial sobre estas superfícies, impedindo a limpeza natural da poeira depositada sobre elas (CHENG *et al.*, 2012; ALGARNI; NUTTER, 2015; DORNELLES *et al.*, 2015). Sendo assim, apesar da recomendação por parte dos pesquisadores do uso de coberturas “frias” para regiões tropicais, a fim de reduzir os gastos energéticos despendidos com climatização artificial, a degradação natural destas telhas acaba diminuindo seus benefícios a longo prazo, principalmente em climas quentes e secos (ALGARNI; NUTTER, 2015).

A análise da vida útil das coberturas “frias”, que aborda especificamente os impactos do envelhecimento natural sobre os valores de refletância solar dos materiais, foi recentemente adicionada na norma de desempenho brasileira, a NBR 15575-1 (ABNT, 2021). Além desta norma, há também outros documentos que recomendam e citam a importância de se conhecer e controlar os valores das refletâncias solares do envelope construtivo (Selo Procel Edificações e RTQ-R). Porém, nenhum deles aborda os impactos do intemperismo natural e a consequente alteração das propriedades ópticas das

superfícies urbanas ao longo do tempo. Este fato demonstra o quanto o cenário nacional está atrasado em relação às discussões internacionais, principalmente os EUA e a Europa, os quais já possuem normas e manuais consolidados e de referência discutindo este tema.

Neste contexto, este trabalho apresenta a alteração da refletância solar de uma telha cerâmica “fria”, após 36 meses de exposição ao tempo. A partir destes dados, coletados em laboratório e em campo, foi possível analisar os impactos do envelhecimento natural de uma telha inicialmente refletiva sobre o desempenho termoenergético de uma edificação, ao longo de um ano. Através da simulação computacional utilizando-se o software *EnergyPlus*, mensurou-se o quanto a degradação natural desta telha impactou no consumo energético despendido especificamente com climatização artificial, acionada a fim de se reduzir o desconforto térmico por calor no interior da edificação analisada.

### Exposição ao tempo

A telha refletiva analisada neste artigo foi exposta em uma estação de envelhecimento (Figura 1) desenvolvida por Araujo e Dornelles (2022), de julho de 2019 a julho de 2022. Como diferenciais desta estação, destaca-se sua capacidade de monitoramento constante das temperaturas superficiais das amostras, ao longo de todo o período de exposição, além de sua independência energética para coletar todos os dados apurados. Segundo as autoras, este equipamento apresentou resultados bastante confiáveis para a avaliação do efeito da degradação natural sobre a refletância solar inicial das amostras expostas na estação.

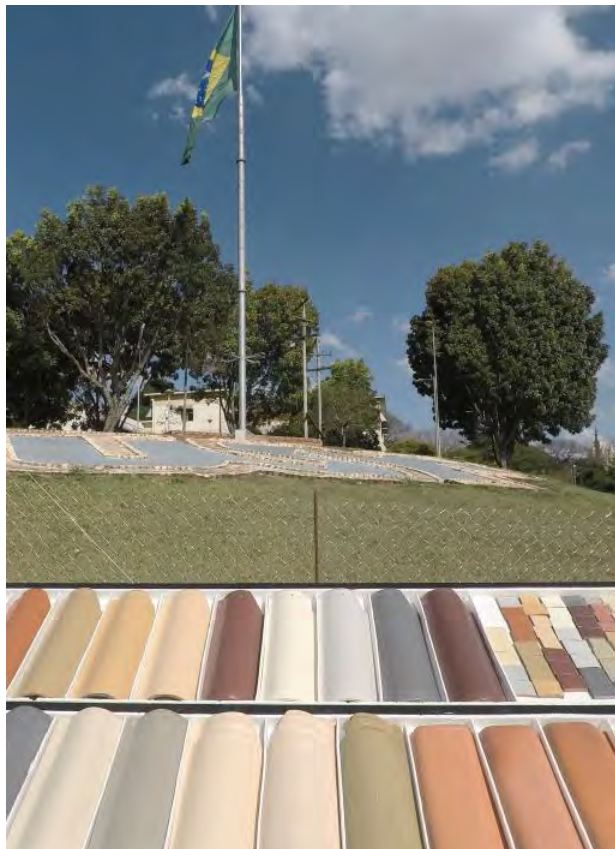


Figura 1: Estação de envelhecimento (ARAUJO, 2022).

### Medição da refletância solar

Para as medições de refletância solar utilizou-se o refletômetro portátil, modelo SSR-ER, versão 6.4 (*Devices and Services Company*, Dallas), pertencente ao Laboratório de Microestrutura e Ecoeficiência de Materiais (LME), da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Assim como nas pesquisas de Shirakawa *et al.* (2020, 2022), esta aferição foi realizada seguindo o método descrito na ASTM C1549-16 (ASTM, 2016). Conforme apresentado por Shirakawa *et al.* (2020), as medições utilizando o refletômetro portátil apresentam resultados tão confiáveis quanto os dados obtidos utilizando-se o espectrofotômetro com esfera integradora.

### Simulação

Conforme comentado anteriormente, a aquisição dos dados relativos à refletância solar da telha refletiva (cerâmica esmaltada na cor branca) foi obtida a partir do estudo realizado por Araujo (2022). Para a simulação computacional no software *EnergyPlus*, a metodologia foi dividida em 3 etapas: 1) modelagem 3D e inserção dos dados de entrada (*inputs*); 2) simulação no *EnergyPlus*; 3) tratamento dos arquivos de saída (*outputs*) e análise dos dados.

#### Etapa 1

A residência modelada (Figura 2, Tabela 1) possui dois dormitórios(Q), um banheiro (WC), e uma sala e cozinha integradas (S/C); está localizada na cidade de São Carlos, SP. O clima possui um período mais chuvoso, com menores amplitudes térmicas, e um período mais seco, com maiores amplitudes térmicas (EMBRAPA, 2022). Os dados relativos ao arquivo climático utilizado, referente à cidade de São Carlos, estão descritos na Tabela 2.

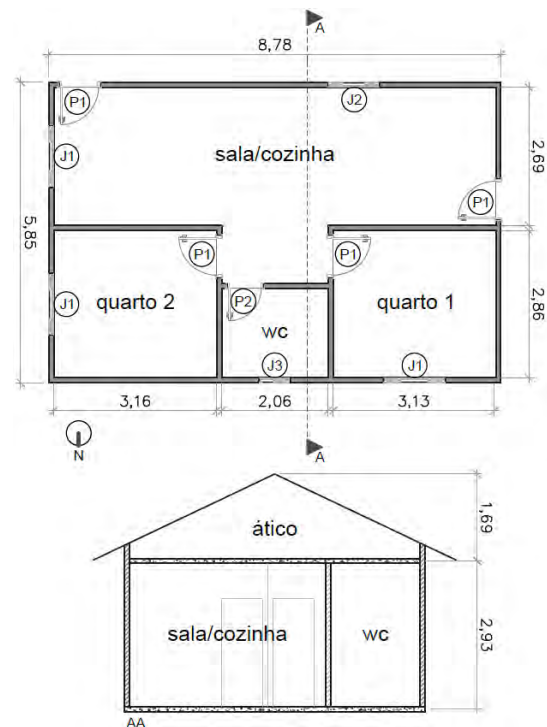


Figura 2: Planta utilizada para modelagem tridimensional, adaptado de ROSSI (2016).

Tabela 1: Esquadrias utilizadas para modelagem tridimensional, adaptado de ROSSI, 2016.

Aberturas	Dimensões (L x A x P)
<b>Portas</b>	<b>P1:</b> 0,8 x 2,1 m <b>P2:</b> 0,7 x 2,1 m
<b>Janelas</b>	<b>J1:</b> 1,2 x 1,0 x 1,1 m <b>J2:</b> 1,0 x 1,0 x 1,1 m <b>J3:</b> 0,6 x 0,6 x 1,5 m

Tabela 2: Dados referentes ao arquivo climático utilizado (EPW).

Variável climática	Média anual
<b>Irradiação global horizontal</b>	193,8912 Wh/m <sup>2</sup>
<b>T bulbo seco média</b>	20,287 °C
<b>T bulbo seco máxima</b>	34,6 °C
<b>T bulbo seco mínima</b>	4,9 °C
<b>Umidade relativa</b>	70,8301 %
<b>Temperatura do solo (°C)</b>	Jan: 22,66; Fev: 22,21; Mar: 21,33; Abr: 20,51; Mai: 18,96; Jun: 18,14; Jul: 17,93; Ago: 18,35; Set: 19,32; Out: 20,52; Nov: 21,69; Dez: 22,46.

Primeiramente, a volumetria da edificação foi modelada no software *Sketchup*, no qual foram inseridos os dados de entrada referentes à: planta e divisão de zonas térmicas; orientação (N); e, aberturas e definição dos elementos opacos e transparentes. Posteriormente, o *plug-in Euclid* foi utilizado para associar as informações do modelo tridimensional do *Sketchup* com o software de simulação termoenergética *EnergyPlus*, e inserir o arquivo relativo aos dados climáticos (EPW) da cidade de São Carlos, SP. Com isso, um arquivo dentro do *EnergyPlus* foi criado (IDF), no qual foram inseridos os demais dados de entrada necessários para a realização da simulação computacional relativa a um ano de consumo energético. A seguir, apresentam-se na Tabela 3 todos os dados de entrada definidos para a realização da simulação, e, na Figura 3 e Tabela 4, as propriedades físicas dos materiais escolhidos para comporem a edificação modelo adotada.

Tabela 3: Inputs para simulação computacional.

Inputs	Parâmetros
<b>Zonas térmicas</b>	5 zonas: Q 1; Q 2; WC; S/C; ático
<b>Implantação</b>	N conforme Figura 2, São Carlos, SP
<b>Aberturas</b>	Janelas com vidro com e = 4mm
<b>Estrutura</b>	Paredes cerâmicas revestidas com argamassa interna e externa; Piso: concreto maciço 10 cm; Laje: lajota concreto e cerâmica revestida com argamassa; Cobertura: telha refletiva
<b>Prop. físicas</b>	Figura 3 e Tabela 4
<b>Uso/ocupação</b>	Iluminação (Q): ON das 6h-8h e das 22h-24h.; Iluminação (S/C): ON das 16h-22h; Equipamentos (S/C): ON das 14h-22h; Pessoas dormindo (Q): 2 pessoas das 22h-8h; Pessoas sentadas (S/C): 1 pessoa das 14h-18h e 2 pessoas das 18h-22h.

<b>Ar-condicionado</b>	AC apenas nos quartos: Liga das 24h-7h quando Tar>25°C ou Tar<18°C.
<b>Refletância telha</b>	$\rho$ inicial (0): 0,83; $\rho$ final (36): 0,57
<b>Outputs</b>	Site Outdoor Air Drybulb Temperature; Zone Operative Temperature; Zone Ventilation Air Change Rate; Zone Ideal Loads Zone Total Cooling Rate; Zone Ideal Loads Zone Total Heating Rate; Zone Lights Electric Power; Electric Equipment Electric Power; Zone Mean Air Temperature.

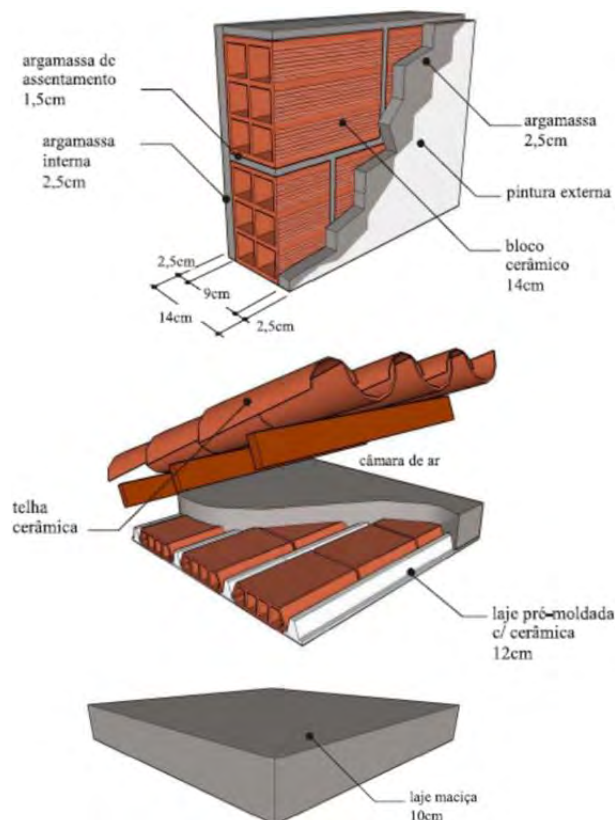


Figura 3: Esquema gráfico do sistema construtivo das paredes, cobertura e laje adotados (INMETRO, 2013).

Tabela 4: Propriedades físicas do sistema construtivo.

Inputs	ESPES-SURA	CONDUTIVIDADE	DENSIDADE	CALOR ESP.	REFLETÂNCIA
	(mm)	(W/m-K)	(Kg/m <sup>3</sup> )	(J/Kg-K)	$\rho$
Concreto	100	1,75	2200	1000	0,2
Argamas. parede interna e externa	2,5	1,15	2000	1000	Ext: 0,4 Int: 0,84
Bloco cerâmico	2,0	0,9	1400	920	-
Argamas. lajota	0,5	1,15	2000	1000	-
Concreto lajota	2,0	1,75	2200	1000	-
Cerâmica lajota	2,0	0,9	1400	920	-



Telha refletiva 0 meses	2,0	0,9	1400	920	0,83
Telha refletiva 36 meses	2,0	0,9	1400	920	0,57
Madeira	3,5	0,29	700	1340	-

## Etapa 2

A etapa 2 se refere ao ensaio realizado no software *EnergyPlus*. A simulação foi feita para dois cenários distintos, alterando-se apenas 1 variável: a refletância solar da telha “fria” analisada. Primeiro, foi simulado o consumo energético anual da edificação base utilizando-se o valor da refletância solar da telha nova, ( $\rho_0 = 0,83$ ); em seguida, o mesmo processo foi repetido substituindo apenas o valor da refletância solar ( $\rho_{36} = 0,57$ ).

Em ambos os casos se considerou um valor de refletância constante ao longo do ano simulado. A partir destes dois modelos simplificados, foram gerados os arquivos com todos os dados de saída de ambas as simulações. Estes foram exportados para o Excel e organizados de forma a transformar os dados quantitativos em qualitativos.

## Etapa 3

A última etapa se refere à sistematização dos dados obtidos a partir da simulação. Estes valores numéricos foram transformados em gráficos com o intuito de analisar de que forma a alteração da variável em questão (refletância solar) impacta no desempenho energético da edificação. As comparações realizadas neste trabalho se referem ao comportamento diário relativo às temperaturas do ar interno e externo (para os solstícios de verão e inverno e equinócio), e a variação no consumo energético entre as duas situações analisadas (KWh/ano).

## Discussão e análise dos resultados

Como o foco deste artigo é a análise do impacto do envelhecimento natural de uma telha refletiva sobre o consumo energético despendido com climatização artificial, os dados obtidos através da simulação computacional foram analisados apenas para os ambientes dotados de ar-condicionado (quartos 1 e 2).

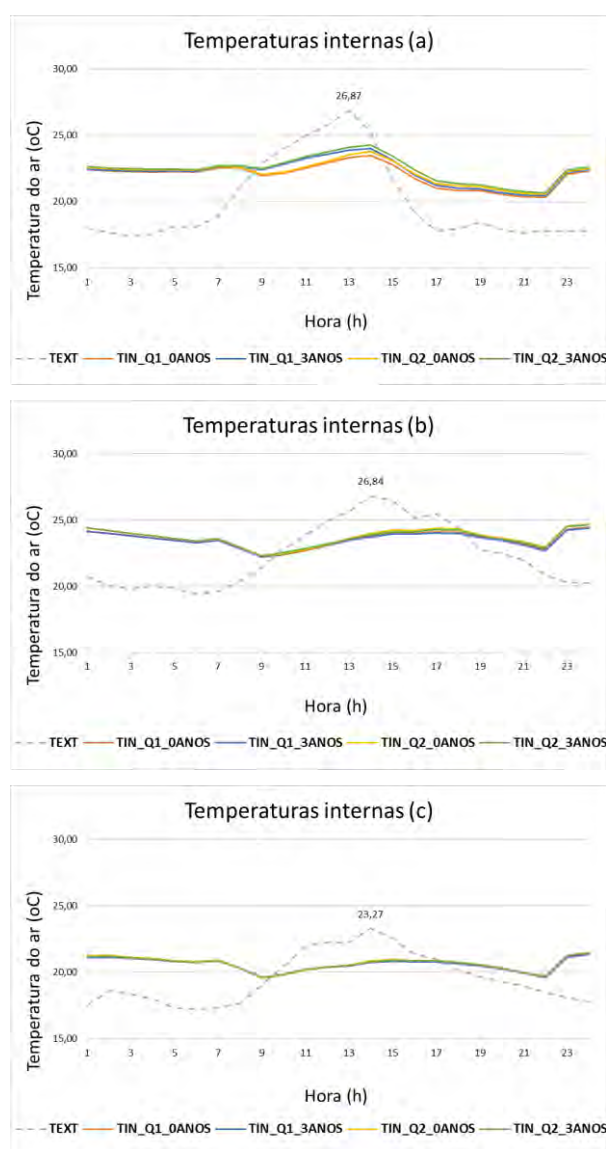
A primeira observação diz respeito ao comportamento diário relativo às temperaturas do ar, interna e externa. Para esta análise foram selecionados 3 dias específicos ao longo do ano: solstício de verão (Gráfico 1a), equinócio (Gráfico 1b) e solstício de inverno (Gráfico 1c).

O gráfico relativo ao solstício de verão apresenta as curvas que mais destacam o efeito da diminuição da refletância da telha “fria” em relação às temperaturas internas dos dormitórios (Q1 e Q2). Comparando-se as curvas do Gráfico 1(a), percebe-se que para ambos os quartos, a temperatura interna após os 36 meses de intemperismo aumentou 0,76 °C. Além da diminuição da refletividade da telha analisada, esta alteração pode ser explicada pelo comportamento da temperatura ( $T_{ar}$ ) externa durante o verão, que atinge um pico muito evidente no gráfico, diferentemente do que ocorre no

equinócio e no inverno (1b e 1c). Com isso, após atraso térmico, a  $T_{ar, interna}$  dos cômodos durante o verão também apresenta picos no gráfico analisado.

No equinócio, a  $T_{ar, interna}$  dos quartos não apresenta uma diferença significativa em relação aos impactos da degradação natural da telha refletiva, apresentando uma diferença de  $T_{ar, interna}$  para ambos estágios de envelhecimento, e para ambos dormitórios, de em média 0,02 °C. A mesma lógica se aplica ao analisarmos a  $T_{ar, interna}$  dos quartos durante o inverno, o qual possui a mesma diferença média entre as  $T_{ar, interna}$  em relação ao equinócio (0,02 °C) e, apresenta menor temperatura máxima do ar externo em relação aos 3 dias analisados.

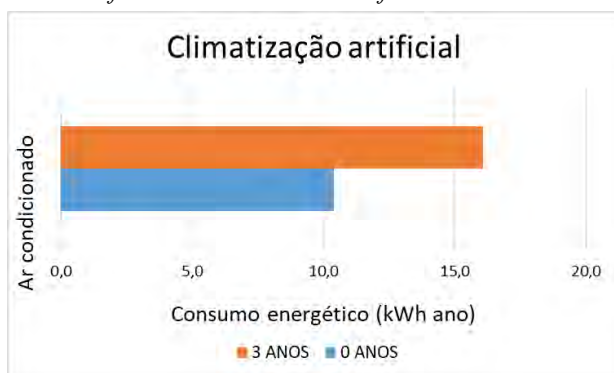
Gráfico 1: Temperaturas internas dos quartos 1 e 2 para o solstício de verão (a), equinócio (b) e solstício de inverno (c) para a telha refletiva nova (0 anos) e envelhecida (3 anos).



A segunda análise pode ser entendida como uma consequência das curvas apresentadas no Gráfico 1, afinal, se há aumento na temperatura interna dos cômodos, também haverá maior necessidade da utilização de climatização artificial para se manter condições de

conforto térmico adequado dentro dos dormitórios. Esta análise se apresenta como o resultado mais relevante deste artigo, já que a partir dela pode-se verificar que de fato há um impacto importante do envelhecimento natural, de uma telha inicialmente refletiva, sobre o consumo energético anual despendido com climatização artificial para uma edificação unifamiliar padrão (Gráfico 2).

*Gráfico 2: Variação no consumo de energia elétrica com ar-condicionado decorrente da diminuição da refletância solar da telha “fria” adotada.*



Conforme demonstrado na Tabela 5, o gasto energético despendido com iluminação e equipamentos elétricos se manteve constante para as situações inicial (0 meses de envelhecimento) e final (36 meses de envelhecimento) pois seus consumos e padrões de uso independem da sujidade da telha refletiva analisada. A única alteração relativa ao consumo de energia ocorreu nos quartos, afinal, conforme citado anteriormente, ambos possuem ar-condicionado. Desta forma, é possível analisar isoladamente o impacto da diminuição da refletância solar da telha fria adotada, sobre as temperaturas internas dos cômodos (Gráfico 1) e, conseqüentemente, o aumento da necessidade do funcionamento da climatização artificial durante o período especificado.

*Tabela 5: Variação no consumo de energia elétrica total decorrente da diminuição da refletância solar da telha “fria”.*

Situação	Iluminação	E. Elétricos	Q 1	Q 2
	kWh/ano			
Inicial $\rho = 0,83$	445	350,4	5,1	5,31
Final $\rho = 0,57$	445	350,4	7,92	8,16

Percebe-se que houve um aumento bastante significativo no consumo de ar-condicionado para ambos os quartos, em decorrência da diminuição da refletância solar da telha cerâmica esmaltada branca. Para ambos estágios analisados, o quarto 2 (Q2) apresentou demanda levemente superior de climatização artificial em comparação ao quarto 1 (Q1). Essa diferença de consumo pode estar relacionada ao posicionamento do Q2, o qual possui uma abertura voltada à Leste, recebendo maior incidência de radiação solar no período da manhã; enquanto a abertura do Q1 está voltada à Norte, a qual não recebe radiação de forma tão intensa, como ocorre nos eixos Leste-Oeste. Outro fator que pode influenciar essa diferença de consumo é o fato de que a janela do Q1 é sombreada pelo beiral existente no modelo adotado, o que

também reduz as cargas térmicas no interior deste cômodo.

Além da diminuição da capacidade refletiva da telha fria durante a noite, período programado para o funcionamento do ar-condicionado, os dormitórios estão sob o efeito do atraso térmico, além da emissão de calor por parte das pessoas dormindo. Estes fatores também contribuem para que a  $T_{ar, interno}$  dos quartos seja maior que a  $T_{ar, externo}$ . Com isso, a utilização da climatização artificial se faz necessária, a fim de se manter uma temperatura confortável (entre 18 °C e 25 °C) no interior dos quartos durante toda a noite.

Em termos percentuais, o aumento no gasto energético com ar condicionado, para ambos os quartos, é parecido. O Q1 apresentou aumento de 56,21% e o Q2 de 53,67%. No montante total, essas porcentagens individuais representam um aumento no consumo energético de 54,82%. Isto demonstra que o impacto da degradação da telha refletiva sobre o consumo energético específico com ar-condicionado teve um efeito homogêneo em ambos dormitórios.

## Conclusão

Conforme discutido anteriormente, a utilização de coberturas “frias” para se controlar os ganhos térmicos de edificações localizadas em clima quente é uma estratégia de projeto bastante conhecida, validada e estudada há muitos anos. Porém, o envelhecimento natural desses revestimentos, decorrente da deposição de material particulado sobre suas superfícies, pode alterar suas propriedades ópticas iniciais, afetando sua capacidade refletiva ao longo do tempo. Neste trabalho, a refletância solar de uma telha cerâmica esmaltada branca, nova e envelhecida após 36 meses de exposição natural, foi isolada como variável de comparação, a fim de se compreender os impactos do intemperismo sobre o consumo de energia anual com climatização artificial de uma edificação térrea, localizada na cidade de São Carlos, SP. Os principais efeitos observados foram:

1) o solstício de verão foi o período do ano que sofreu maior impacto em relação à degradação natural da telha adotada, apresentando aumento na temperatura interna dos quartos de 0,76 °C em relação à situação sem envelhecimento;

2) na simulação utilizando os dados de 36 meses de exposição ao tempo, foi possível observar um aumento de 54,82% no consumo energético anual total despendido com climatização artificial nos dois quartos analisados. A partir destas análises, conclui-se que há uma correlação relevante entre a degradação natural dos materiais inicialmente refletivos e os gastos energéticos despendidos com climatização artificial ao longo do tempo, principalmente para climas quente e seco. Desta forma, para que as características ópticas iniciais das telhas “frias” se mantenham eficientes durante suas vidas úteis, recomenda-se que manutenções e limpezas periódicas sejam realizadas nestas superfícies a fim de aumentar a sua eficiência à longo prazo.

## Agradecimentos

À CAPES pela bolsa concedida; aos funcionários do Instituto de Arquitetura e Urbanismo (IAU-USP) pelo suporte técnico necessário para a realização da pesquisa; e ao pesquisador Lucas Nascimento de Lima (LME, POLI-USP) pelas medições de refletância solar da telha analisada.

## Referências

- ABNT. **NBR 15575**: Edificações habitacionais - Desempenho. Rio de Janeiro. 2021.
- AKBARI, H.; ROSE, L. S. Characterizing the fabric of the urban environment: a case study of metropolitan Chicago, Illinois. LBNL- 49275. ed. Berkeley, CA: **Lawrence Berkeley National Laboratory Report**, 2001
- ALCHAPAR, N. L.; CORREA, E. N. Aging of Roof Coatings: solar reflectance stability according to their morphological characteristics. **Construction and Building Materials**, v. 102, p. 297–305, 2016.
- ALGARNI, S.; NUTTER, D. Influence of dust accumulation on building roof thermal performance and radiant heat gain in hot-dry climates. **Energy and Buildings**, v. 104, p. 181-190, 2015.
- ARAUJO, A. C. H. **Absortância solar e o envelhecimento natural de telhas expostas ao tempo**. 2022. Dissertação - IAU, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2022. DOI: <https://doi.org/10.11606/D.102.2022.tde-06062022-143613>.
- ARAUJO, A. C. H.; DORNELLES, K. A. Estação de envelhecimento natural para análise de degradação da absorvância de telhas e monitoramento de temperaturas superficiais. **Ambiente Construído [online]**. v. 22, n. 2 pp. 247-267, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/s1678-86212022000200603>.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM C1549-16** - Standard test method for determination of solar reflectance near ambient temperature using a portable solar reflectometer. American Society for Testing and Materials. [S.l.]. 2016.
- CHENG, M.-D.; MILLER, W.; NEW, J.; BERDAHL, P. Understanding the long-term effects of environmental exposure on roof reflectance in California. **Construction and Building Materials**, v. 26, p. 516-526, 2012.
- DORNELLES, K.; CARAM, R.; SICHIERI, E. Natural weathering of cool coatings and its effect on solar reflectance of roof surfaces. **Energy Procedia**, v. 78, p. 1587-1592, 2015.
- EMBRAPA. **Estação da Embrapa Pecuária Sudeste**. Disponível em: <http://www.cppse.embrapa.br/meteorologia/index.php?pg=inicio>>. Acesso em: 10 nov. 2022.
- INMETRO. **Comitê Brasileiro de Iluminação (CIE Brasil)**. INMETRO, 2020. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/ciebrasil/origem.asp>. Acesso em 10 de nov. 2022.
- PEREIRA, C. D. **Influência da refletância e da emitância de superfícies externas no desempenho térmico de edificações**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, 2014
- POMERANTZ, M.; AKBARI, H.; KONOPACKI, S. J.; TAHA, H.; ROSENFELD, A. H. Reflective surfaces for cooler buildings and cities. **Philosophical Mag B**, v. 79, n. 9, p. 1457–1476, 1999.
- ROSENFELD, A. H.; AKBARI, H.; ROMM, J. J.; POMERANTZ, M. Cool communities: strategies for heat islands mitigation and smog reduction. **Energy and Buildings**, v. v.28, n. n.1, p. p.51–62, 1998.
- ROSSI, M. M. **Regression models to assess the thermal performance of Brazilian low-cost houses: consideration of natural ventilation**. 2016. Dissertação - IAU, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2016. DOI: 10.11606/D.102.2016.tde-13102016-163056.
- SHIRAKAWA, M. A.; LIMA, L. N.; GAYLARDE, C. C.; SILVA JUNIOR, J. A.; LOZ, P. H.; JOHN, V. M. Effects of natural aging on the properties of a cool surface exposed in different Brazilian environments. **Energy and Buildings**, v. 221, p. 1-14, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.110031>.
- SHIRAKAWA, M. A.; LIMA, L. N.; GAYLARDE, C.; FERNANDES -HACHICH, V.; SILVA JUNIOR, J. A.; JOHN, V. M. The influence of environment and carbonation of fiber cement tiles on the reflectance of a cool surface exposed in four Brazilian cities. **Energy & Buildings**, v. 254, p. 1-20, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.111550>.
- TAHA, H. Meteorological and air quality impacts of increased urban surface albedo and vegetative cover in the Greater Toronto Area, Canada. LBNL- 49210. ed. Berkeley, CA: **Lawrence Berkeley National Laboratory Report**, 2002.
- TAHA, H. Potential impacts of climate change on tropospheric ozone in California: a preliminary episodic modeling assessment of the Los Angeles Basin and the Sacramento Valley. LBNL - 46695. ed. Berkeley, CA: **Lawrence Berkeley National Laboratory Report**, 2001.