XIX Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
ENTAC 2022

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

Influência da refletância solar das superfícies urbanas na temperatura do ar – estudo de caso em Balneário Camboriú

Influence of urban surfaces' solar reflectance on air temperatures – Balneário Camboriú as a case study

Natasha H. G. Pereira
Universidade Federal de Santa Catarina | Florianópolis | Brasil | natasha.gapski@gmail.com
Deivis L. Marinoski
Universidade Federal de Santa Catarina | Florianópolis | Brasil | deivis.marinoski@ufsc.br

Resumo

O objetivo deste estudo é avaliar as relações entre o efeito da refletância solar das superfícies urbanas na temperatura do ar. Foram simulados 12 cenários paramétricos com diferentes níveis de refletância solar das superfícies de fachada, pavimentação e cobertura com um modelo ENVI-met validado de Balneário Camboriú-SC. Os resultados mostram que as superfícies de alta refletância solar contribuem para reduzir a temperatura do ar. Nas áreas mais adensadas, a refletância solar das fachadas exerce maior variação de temperatura. As superfícies de cobertura e pavimentação são mais relevantes em espaços urbanos com maior fator de visão do céu.

Palavras-chave: Clima urbano. Geometria urbana. Refletância solar. Simulação computacional.

Abstract

This study aims to evaluate the relationship between the urban surfaces' solar reflectance effect on the air temperature. Twelve parametric scenarios with different solar reflectance levels on the façades, pavements, and roofs were simulated through a validated ENVI-met model in Balneário Camboriú, Brazil. The results show that high solar reflectance surfaces provide an air temperature reduction. In denser areas, the solar reflectance of the facades exerts more significant temperature variation. The roofing and paving surfaces are more relevant in urban spaces with a higher sky view factor.

Keywords: Urban climate. Urban geometry. Solar reflectance. Computer simulation.

Como citar:
PEREIRA, N. H. G.; MARINOSKI, D. L. Influência da refletância solar das superfícies urbanas na temperatura do ar – estudo de caso em Balneário Camboriú. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 19., 2022, Canela. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2022. p. 1-12.

INTRODUÇÃO

A interação das cidades e as atividades humanas com a atmosfera sobrejacente conceitua o clima urbano [1]. O uso e a ocupação do solo alteram o balanço energético e de radiação, de modo que são responsáveis pela diferenciação climática entre espaços com diferentes níveis de urbanização. Neste contexto, o fenômeno da ilha de calor urbano caracteriza-se pelo aumento da temperatura do ar nas cidades em relação ao seu entorno rural [2]. Este aquecimento urbano afeta o consumo de energia das cidades [3] e tem implicações na saúde de seus habitantes, aumentando a concentração de poluição [4] e relacionando-se com o aumento da morbidade e mortalidade [5].

A morfologia urbana tem influência na intensidade do aquecimento urbano. A geometria urbana está relacionada com o aprisionamento de radiação e a uma redução da perda de calor por radiação de ondas longas, devido ao menor fator de visão do céu. O fator de visão do céu (FVC) é uma propriedade geométrica referente à relação do céu disponível para dispersar energia térmica [6], que varia de 0 a 1, sendo menos obstruído à medida em que se aproxima do valor 1.

Além da geometria, as propriedades térmicas e óticas das edificações também afetam o balanço de energia, pois definem a absorção e o armazenamento de calor nas estruturas urbanas. O aumento da refletância solar das superfícies urbanas caracteriza uma das estratégias sugeridas para reduzir o aquecimento urbano [7]. A utilização de materiais frios, que possuem alta refletância solar e alta emitância térmica, tem a finalidade de manter as temperaturas superficiais baixas, reduzindo a liberação de calor sensível no ambiente [8].

Neste cenário, o objetivo deste estudo é avaliar a influência do nível de refletância solar das superfícies urbanas (coberturas, pavimentação e fachadas) na temperatura do ar em diferentes geometrias, conforme o FVC, em Balneário Camboriú, Santa Catarina. A cidade, localizada na região sul do Brasil, possui clima subtropical úmido (classificação “Cfa” [9]), e se destaca pela construção de arranha-céus, responsáveis por sombrear grandes áreas.

MÉTODO

O método deste trabalho parte do modelo ENVI-met validado em duas áreas representativas da região central de Balneário Camboriú – SC, nas estações do ano de inverno e primavera. Após a validação, foram simulados cenários paramétricos, com diferentes combinações de refletância solar das superfícies de cobertura, pavimentação e fachadas.

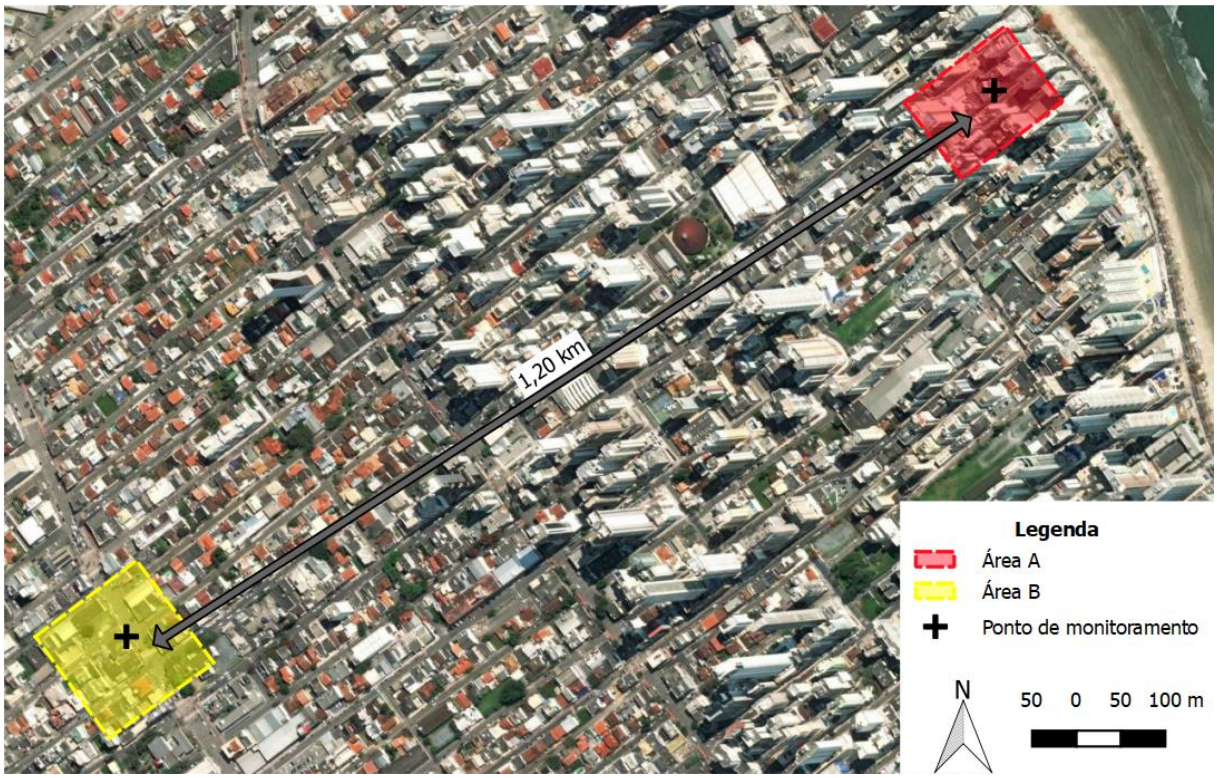
SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

O programa ENVI-met versão 4.4.6 foi utilizado nas simulações do presente trabalho. A modelagem tridimensional de duas áreas da cidade de Balneário Camboriú foi baseada no arquivo georreferenciado das áreas construídas [10] com atribuição das

alturas em relação ao solo estimadas de modo observacional, considerando cada pavimento com 3 metros de altura.

A área A localiza-se em uma região com maior densidade horizontal e vertical, sendo a região de principal centro de comércio e serviços [11]. A área B, por sua vez, representa uma região menos adensada e com edificações de menor altura, com uso residencial e, na avenida que a atravessa (Quarta avenida), serviços pesados. A Figura 1 apresenta a localização geográfica das áreas delimitadas para as simulações.

Figura 1: Áreas A e B delimitadas para simulação computacional com o ENVI-met v.4.4.6



Fonte: os autores.

A Tabela 1 mostra alguns índices morfológicos calculados para as áreas A e B. A taxa de ocupação representa a porcentagem da área total que é ocupada pela projeção da edificação. A relação fachada-local é expressa pela razão entre a área de fachada, calculada por meio da multiplicação entre perímetro e altura das edificações, e a área total do terreno. A altura média provém da média da altura das edificações ponderada pela área ocupada. Observa-se que os índices de A são maiores do que os de B nas três métricas morfológicas.

Tabela 1: Métricas morfológicas das áreas A e B

	Área A	Área B
Taxa de ocupação (adimensional)	0,51	0,32
Relação fachada-local (adimensional)	3,67	0,52
Altura média (metros)	31,06	6,30

Fonte: os autores.

A modelagem tridimensional das áreas A e B foi realizada pela importação do arquivo vetorial georreferenciado (*shapefile*) de cada área para o programa ENVI-met. A exportação da geometria para o modelo tridimensional compatível com o ENVI-met é realizada automaticamente pelo programa conforme o dimensionamento das células. A resolução horizontal das células (x, y) foi definida em 2 metros, enquanto a resolução vertical (z) foi de 3 metros de altura.

As simulações foram realizadas em dias representativos dos períodos de monitoramento em campo nas estações de inverno e primavera de 2021. A seleção dos dias simulados foi baseada nos critérios de baixa nebulosidade, uniformidade da direção do vento e menor velocidade do vento. Segundo estes critérios, os dias 30 de junho e 22 de novembro de 2021 foram selecionados para simulação de inverno e primavera, respectivamente. O Quadro 1 apresenta um resumo das configurações das simulações nos dois dias.

Quadro 1: Parâmetros de inicialização para simulações de inverno e primavera pelo ENVI-met 4.4.6

	INVERNO	PRIMAVERA
Data e horário inicial (local)	2021.06.29 - 04:00	2021.11.21 - 04:00
Duração	44 h	44 h
Velocidade do vento (m/s)	2,2	2,2
Direção do vento (°)	260	0
Simple forcing	Sim	Sim
Temperatura do ar	Porto de Itajaí [12]- dia 29/06/2021	Porto de Itajaí [12]- dia 22/11/2021
Umidade relativa do ar (máx/hora - mín/hora)	60%/07:00 - 45%/15:00	78%/05:00 - 55%/09:00
Nebulosidade (octas)	0	2 (*low clouds*) 0 (*medium clouds*) 0 (*high clouds*)
Fator de ajuste solar	0,9	1,2
Modo IVS	Sim	Sim

Fonte: os autores.

Tabela 2: Métricas de desempenho da validação do ENVI-met nos pontos A e B

		Tamanho da amostra	Indicador de desempenho				
			RMSE	**MBE**	**MAE**	**d**	**R^2**
Inverno	**A**	24	1,05 °C	-0,65 °C	0,83 °C	0,94	0,99
	B	16	1,37 °C	-0,24 °C	1,08 °C	0,94	0,98
Primavera	**A**	18	0,63 °C	-0,28 °C	0,57 °C	0,87	0,87
	B	18	0,33 °C	-0,10 °C	0,30 °C	0,99	0,96

Fonte: os autores.

O monitoramento em campo ocorreu em um ponto em cada área (Figura 1) pelo registro de temperatura do ar e umidade relativa do ar com termo-higrômetros HOBO Data Loggers da fabricante Onset, modelo MX1101. Os termo-higrômetros foram instalados a aproximadamente 4,5 metros de altura em relação ao solo durante duas semanas em cada estação do ano e possibilitaram a validação das simulações com o ENVI-met. A validação ocorreu por meio da avaliação dos índices de desempenho: raiz quadrada do erro-médio (RMSE - *Root Mean Square Error*), MAE (*Mean Absolute*

Error), MBE (*Mean Bias Error*), índice de Willmott (*d*) e coeficiente de determinação (R^2). Os resultados, apresentados na Tabela 2, foram condizentes com outras validações da literatura científica [13, 14].

CENÁRIOS PARAMÉTRICOS

A partir das configurações validadas, foram simulados 12 cenários paramétricos em cada área (A e B) e período (inverno e primavera). Os cenários foram criados com base em uma combinação do nível de refletância solar das superfícies de fachada, cobertura e pavimentação. Ressalta-se que os cenários só se diferem pela combinação de refletância solar das superfícies, que foram modificadas em todas as edificações que compõem as áreas A e B, e na pavimentação, que representa as ruas do modelo tridimensional.

Nas paredes das fachadas, modeladas com as propriedades de uma parede de alvenaria com revestimento de argamassa interna e externa conforme a Biblioteca de Materiais [15], foram considerados três níveis de refletância solar (0,2; 0,5 e 0,8). As coberturas foram modeladas nos níveis de média refletância solar (0,4), representando uma cobertura comum de fibrocimento, e de alta refletância solar (0,7), representando uma cobertura de fibrocimento com revestimento branco. As pavimentações foram modeladas em concreto e em asfalto com os perfis de solo padrão da biblioteca de materiais do ENVI-met, com refletância solar de 0,3 e 0,2, respectivamente. O Quadro 2 apresenta a refletância solar de cada tipo de superfície em cada cenário simulado.

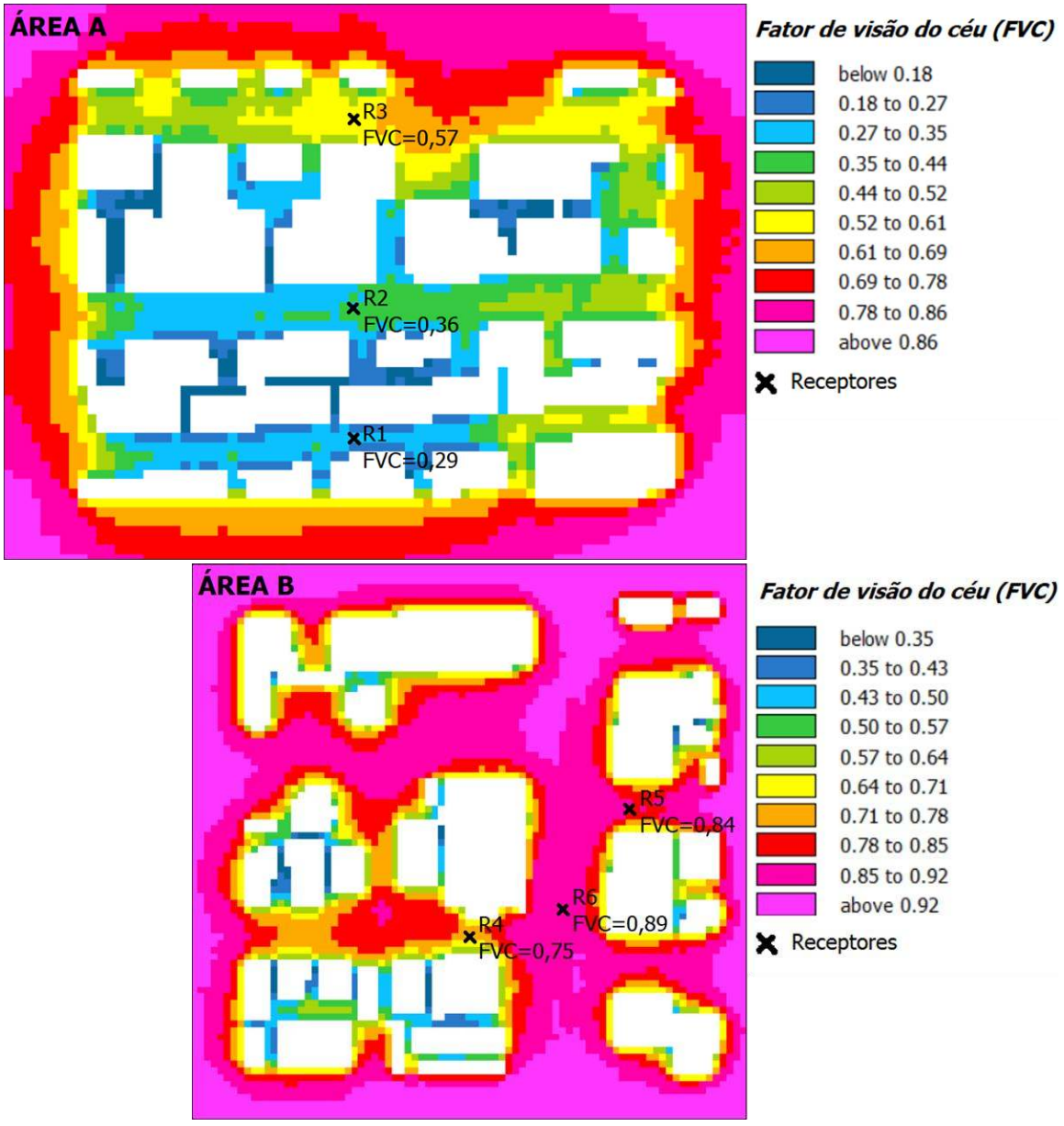
Quadro 2: Refletância solar das superfícies de fachada, cobertura e pavimentação dos cenários paramétricos (1-12)

Cenário	Refletância solar		
	Fachada	Cobertura	Pavimentação
1	0,8	0,7	0,2
2	0,8	0,7	0,3
3	0,8	0,4	0,2
4	0,8	0,4	0,3
5	0,5	0,7	0,2
6	0,5	0,7	0,3
7	0,5	0,4	0,2
8	0,5	0,4	0,3
9	0,2	0,7	0,2
10	0,2	0,7	0,3
11	0,2	0,4	0,2
12	0,2	0,4	0,3

Nota: Células em azul, verde e laranja indicam alta, média e baixa refletância solar, respectivamente.
Fonte: os autores.

Com o objetivo de avaliar o efeito da refletância solar das superfícies urbanas associado ao efeito da geometria, foram selecionados três pontos em cada área (A e B). Os pontos foram definidos a uma altura de 1,5 metros em relação ao solo, no centro de cânions urbanos com diferentes geometrias. Os pontos foram nomeados de R1 a R6 em ordem crescente de fator de visão do céu. As Figuras 2 e 3 mostram a localização de cada ponto nas áreas A e B e o respectivo valor de FVC estimado pelo ENVI-met.

Figura 2: Mapa de fatores de visão do céu (FVC) em z=1,5 m e identificação da localização dos pontos (R1 a R6) das áreas A e B utilizados para análise dos resultados dos cenários paramétricos (sem escala)



Fonte: os autores.

Os resultados das simulações dos cenários paramétricos foram avaliados conforme a média da temperatura do ar dos cenários agrupados segundo o nível de refletância solar das superfícies de fachada, pavimentações e coberturas (Quadro 1). A refletância

solar das fachadas foi dividida em três níveis, o de alta refletância incluiu os cenários de 1 a 4, o de média refletância solar, os cenários de 5 a 8, e os cenários de 9 a 12 pertencem ao grupo de fachadas de baixa refletância. Quanto a pavimentação, os cenários ímpares são de asfalto, e os de números pares apresentam pavimentação de concreto. As coberturas dos cenários 1, 2, 5, 6, 9 e 10 se referem às coberturas frias, alta refletância solar, enquanto os cenários 3, 4, 7, 8, 11 e 12 pertencem ao grupo das coberturas comuns de fibrocimento, de média refletância solar.

Com o objetivo de verificar a diferença estatística entre as médias de cada grupo de superfície e nível de refletância, fez-se a análise de variância (ANOVA). A ANOVA de fator único com nível de confiança (valor-p) de 0,05 foi utilizada, testando apenas uma variável independente, a refletância solar. A análise de variância permite verificar se as diferenças entre as médias da temperatura do ar medidas nos cenários com pavimentação de concreto são estatisticamente diferentes das dos cenários com asfalto, por exemplo.

As análises da temperatura do ar nas áreas A e B foram realizadas em 6 horários dos dias de inverno e primavera, com intervalo de 4 horas, a fim de avaliar a influência conforme a variação da incidência solar e o impacto nas temperaturas noturnas. O horário das 16h foi selecionado para apresentar graficamente as temperaturas médias em cada ponto segundo os grupos de refletância solar, devido a maior variação de temperaturas entre cenários neste horário durante o dia.

RESULTADOS E ANÁLISES

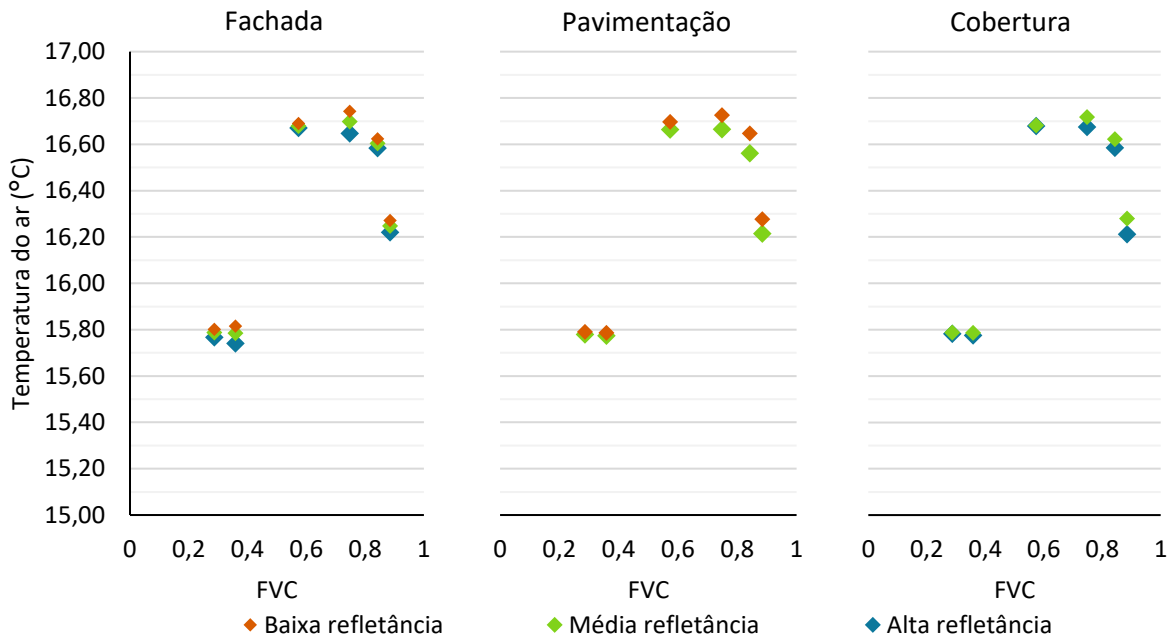
A representação gráfica das temperaturas do ar médias conforme o agrupamento de nível de refletância solar das fachadas, pavimentação e coberturas às 16h dos dias de inverno e primavera, são apresentadas nas Figuras 4 e 5, respectivamente. A Figura 4 mostra que as fachadas associadas com menor temperatura do ar média em todos os pontos avaliados são as com alta refletância solar. Entretanto a variação entre os grupos de nível de refletância solar é baixa, até 0,1 °C em R4 (FVC=0,75).

Na pavimentação, nota-se que os pontos com maior FVC (R4, R5 e R6), localizados na área B, exibem maior variação entre as temperaturas médias do grupo de concreto e asfalto do que os pontos da área A (R1, R2 e R3) (Figura 4). Também neste tipo de superfície, a refletância mais elevada do concreto em relação à do asfalto, contribuiu para que o primeiro grupo apresentasse temperaturas do ar mais baixas. A diferença entre o nível de refletância da cobertura foi nula nos pontos da área mais adensada (área A), devido à distância entre as coberturas e o nível do pedestre.

Na primavera (Figura 5), a variação entre as médias de temperatura do ar entre os diferentes níveis de refletância solar das superfícies é maior, devido à intensidade solar deste período (primavera). Nota-se que, nas fachadas, a variação de temperatura do ar é mais elevada nos pontos da área A, com menores FVC (R1, R2 e R3). Além disso, a baixa refletância solar está novamente associada às temperaturas do ar mais elevadas. Em R3, o comportamento contrário sugere que a geometria irregular deste ponto, com

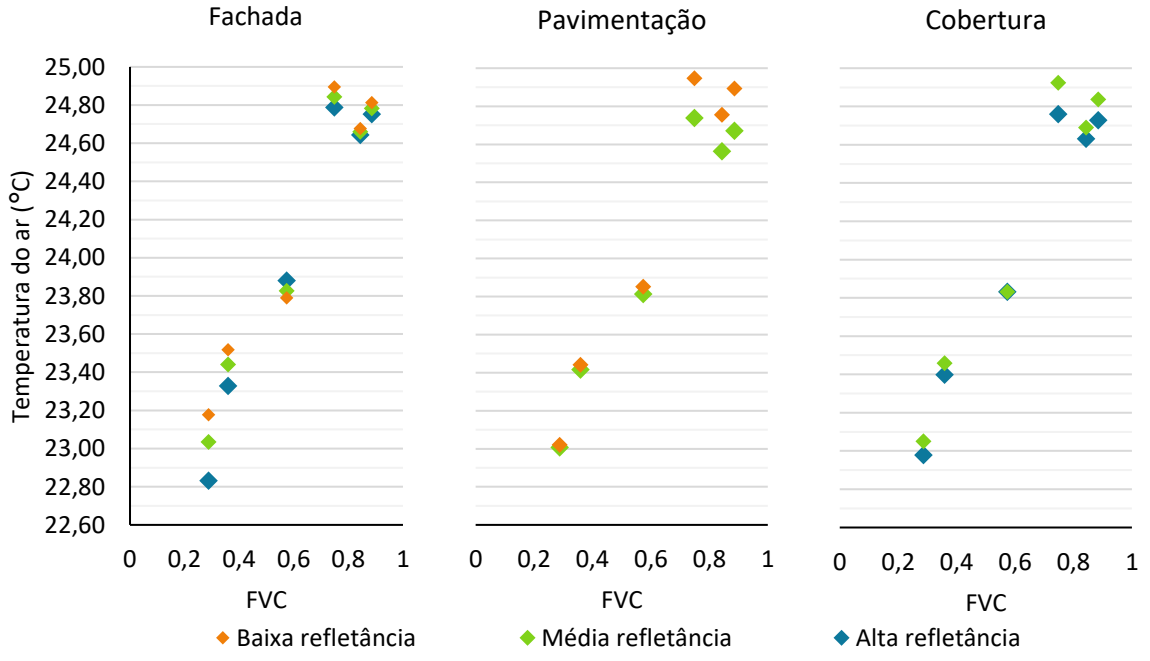
edificações de diferentes alturas no entorno, e a proximidade com a borda do modelo contribuíram com que os cenários com fachadas de alta refletância apresentassem temperatura mais elevada.

Figura 4: Relação entre o FVC e a temperatura do ar média dos cenários agrupados conforme o nível de refletância solar das fachadas, pavimentação e cobertura às 16h do dia de inverno (30/06/2021)



Nota: os pontos - R1, R2, R3, R4, R5 e R6 - possuem ordem crescente de FVC. Fonte: os autores.

Figura 5: Relação entre o FVC e a temperatura do ar média dos cenários agrupados conforme o nível de refletância solar das fachadas, pavimentação e cobertura às 16h do dia de primavera (22/11/2021)



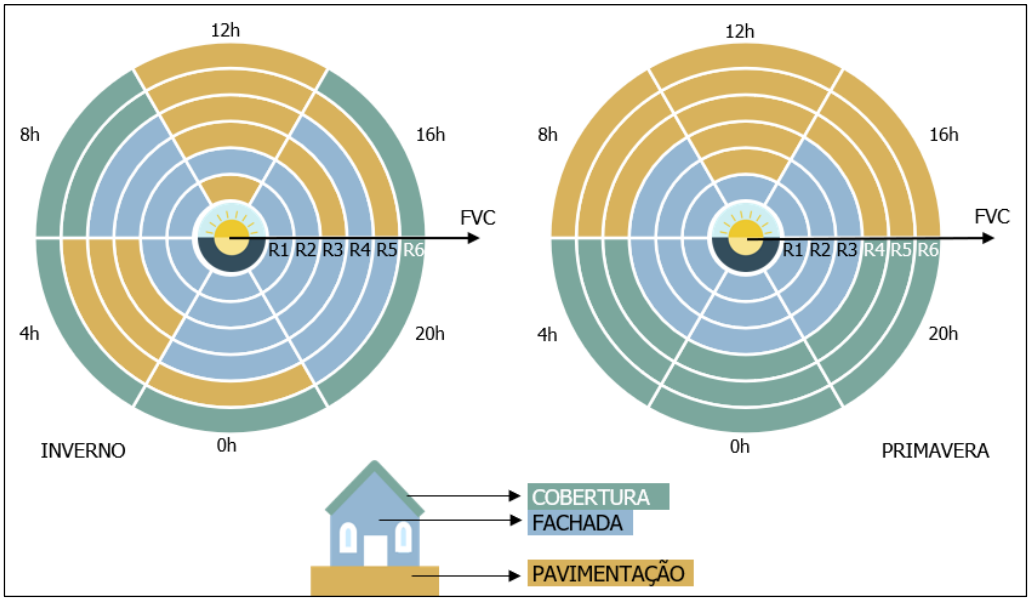
Nota: os pontos - R1, R2, R3, R4, R5 e R6 - possuem ordem crescente de FVC. Fonte: os autores.

Quanto às superfícies de pavimentação e cobertura, nota-se que os pontos da área B (R4, R5 e R6), com maior FVC, apresentam maior diferença entre as temperaturas do ar médias segundo o nível de refletância solar (Figura 5). Nestes tipos de superfície, as refletâncias mais baixas também estão associadas às temperaturas mais elevadas. Tanto a pavimentação quanto a cobertura apresentaram pouca influência na determinação da temperatura do ar dos pontos da área A (R1, R2 e R3). Isto se deve à baixa incidência solar na pavimentação nesta área, causada pelo sombreamento das edificações, e à distância das coberturas no nível do pedestre avaliado.

A avaliação de diferentes pontos da área urbana de Balneário Camboriú mostrou que os locais com maior FVC, de modo geral, estão associados às maiores temperaturas do ar no período diurno. Entretanto, não é possível identificar uma relação linear entre o FVC e a temperatura do ar dos pontos selecionados nas áreas A e B. Aponta-se que outros fatores, como a irregularidade da geometria e o modo com que esta afeta o fluxo de ar no cânion urbano, também têm influência sobre a temperatura.

Pela análise de variância (ANOVA), observou-se que nos dois períodos (inverno e primavera), em todos os horários e pontos avaliados, o nível de refletância foi significativo em pelo menos um tipo de superfície. Verificou-se que a relevância de cada superfície na temperatura do ar é maior ou menor segundo a geometria do local, o horário e o período do ano. A Figura 6 mostra graficamente o tipo de superfície urbana que apresentou maior diferença estatística quando se alterou a refletância solar.

Figura 6: Tipo de superfície com maior diferença estatística da temperatura do ar entre os níveis de refletância solar nos pontos R1-R6 pelas simulações dos cenários paramétricos



Fonte: os autores.

No inverno, nota-se que a refletância solar das fachadas e da pavimentação tem maior influência na temperatura do ar nos pontos de R1 a R4 (Figura 6). No horário de 12h no inverno, a refletância da pavimentação mostrou maior relevância entre as demais superfícies em todos os pontos, exceto em R2. Nos pontos R5 e R6, localizados na área

B e que apresentam os maiores fatores de visão do céu, houve influência da refletância das coberturas na temperatura do ar.

O tipo de superfície que tem maior influência em cada ponto revelou um padrão mais uniforme segundo o FVC na primavera. A Figura 6 mostra que na área A (R1, R2 e R3) o nível de refletância solar da fachada é notável em todo o dia 22/11/2021, exceto às 12h em R2 e R3. Assim como no inverno, a pavimentação apresentou maior influência na definição da temperatura do ar às 12h. Na área B (pontos R4, R5 e R6), observa-se que a modificação da refletância solar das superfícies de cobertura e pavimentação foi responsável pelas diferenças mais significativas (Figura 6). Os três pontos (R4, R5 e R6) apresentaram a pavimentação como superfície mais relevante durante o período diurno (8h, 12h e 16h). No período noturno (0h, 4h e 20h), a refletância solar das coberturas mostrou maior diferença estatística entre as temperaturas do ar.

A influência da refletância solar das coberturas é observada apenas nos pontos da área B. Na área A, a distância entre o nível das coberturas e o nível da rua reduz a relevância destas superfícies no interior de cânions profundos. A influência do nível de refletância das pavimentações também é maior nos pontos da área B, devido ao maior FVC desta região, que permite maior incidência solar neste tipo de superfície. Por este mesmo motivo, a pavimentação também foi relevante na área A no horário das 12h, momento de maior altura solar.

Em relação às fachadas, é evidente a maior influência destas superfícies nos pontos em que há maior densidade urbana, expressa pelos baixos valores de FVC. Os pontos da área B (R4, R5 e R6) foram os que menos apresentaram diferenças estatísticas de temperatura do ar entre os cenários com diferentes níveis de refletância solar nas fachadas. Isto pode ser explicado pela baixa incidência de radiação solar nas superfícies verticais em relação às horizontais. Os pontos da área A (R1, R2 e R3), por sua vez, apresentam maior área de fachada, fator que intensifica as múltiplas reflexões, contribuindo para afetar mais a temperatura do ar.

CONCLUSÕES

De maneira geral, o aumento da refletância solar de uma superfície reduz a temperatura do ar urbana. Entretanto, a variação entre a temperatura dos diferentes cenários de refletância solar não foi tão significativa em valores absolutos. No horário das 16h, a variação máxima entre as médias dos grupos de superfícies foi de 0,35 °C entre as fachadas de baixa e alta refletância solar, na primavera. No dia representativo de inverno, as variações da temperatura do ar média conforme a refletância solar das superfícies foram menores do que no dia de primavera, pois a intensidade solar neste período também é mais baixa.

O quanto a refletância solar de cada tipo de superfície afeta a temperatura do ar depende da intensidade solar incidente, por sua vez relacionada com geometria. A influência da refletância solar das fachadas na temperatura do ar, por exemplo, foi maior nos pontos mais adensados (área A). Ainda, notou-se que a refletância solar das

coberturas tem efeito desprezível no nível da rua à medida que a altura das edificações aumenta. Em áreas urbanas pouco adensadas verticalmente, as áreas de fachada têm menor relevância, pois a incidência solar nessas superfícies é baixa comparada às coberturas e pavimentações. Esta relação foi confirmada pelas análises de pontos na área B, em que a refletância solar das coberturas e da pavimentação foram mais significativas na definição da temperatura do ar.

Apesar do aparente benefício da incorporação de superfícies frias nas fachadas e pavimentações urbanas para a mitigação das ilhas de calor (redução da temperatura do ar), as consequências do aprisionamento da radiação solar nos cânions devem ser melhor exploradas no âmbito do conforto do pedestre e no desempenho térmico de edificações.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelos recursos financeiros concedidos.

REFERÊNCIAS

[1] OKE, T. R., MILLS, G., CHRISTEN, A., VOOGT, J. A., Energy Balance. In: OKE, T. R. et al., **Urban Climates**. Cambridge, Cambridge University Press, 2017. p. 156–196. DOI: 10.1017/9781139016476.007.

[2] SANTAMOURIS, M., CARTALIS, C., SYNNEFA, A., et al. On the impact of urban heat island and global warming on the power demand and electricity consumption of buildings—A review, **Energy and Buildings**, Renewable Energy Sources and Healthy Buildings. v. 98, p. 119–124, 1 jul. 2015. DOI: 10.1016/j.enbuild.2014.09.052.

[3] SARRAT, C., LEMONSU, A., MASSON, V., et al. Impact of urban heat island on regional atmospheric pollution, **Atmospheric Environment**, v. 40, n. 10, p. 1743–1758, mar. 2006. DOI: 10.1016/j.atmosenv.2005.11.037.

[4] PATZ, J. A., CAMPBELL-LENDRUM, D., HOLLOWAY, T., et al. Impact of regional climate change on human health, **Nature**, v. 438, n. 7066, p. 310–317, 17 nov. 2005. DOI: 10.1038/nature04188.

[5] SANTAMOURIS, Mat. **Environmental Design of Urban Buildings**: An Integrated Approach. 1. ed. London, Routledge, 2006.

[6] MINELLA, F. C. O., ROSSI, F. A., KRÜGER, E. Análise do efeito diurno do fator de visão do céu no microclima e nos níveis de conforto térmico em ruas de pedestres em Curitiba, **Ambiente Construído**, v. 11, n. 1, p. 123–143, 2 nov. 2010.

[7] AKBARI, H., KOLOKOTSA, D. "Three decades of urban heat islands and mitigation technologies research", **Energy and Buildings**, v. 133, p. 834–842, 1 dez. 2016. DOI: 10.1016/j.enbuild.2016.09.067.

[8] SANTAMOURIS, M., YUN, G. Y. Recent development and research priorities on cool and super cool materials to mitigate urban heat island, **Renewable Energy**, v. 161, p. 792–807, 1 dez. 2020. DOI: 10.1016/j.renene.2020.07.109.

[9] KOTTEK, M., GRIESER, J., BECK, C., et al. World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. **Meteorologische Zeitschrift**, p. 259–263, 10 jul. 2006. DOI: 10.1127/0941-2948/2006/0130.

[10] BALNEÁRIO CAMBORIÚ, Prefeitura de. **DWG - Mapa Geral e Zoneamento**. 2010. Prefeitura de Balneário Camboriú. Disponível em: https://www.bc.sc.gov.br/arquivos/conteudo_downloads/RS2HV7KS.zip. Acesso em: 10 fev. 2021.

[11] SKALEE, M. **Construção e apropriação do espaço público: estudo do traçado urbano do Centro de Balneário Camboriú.** 2008. 110 f. Dissertação (Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

[12] LABCLIMA, Laboratório do Clima. **Dados meteorológicos - Estação do Porto de Itajaí**. Universidade do Vale do Itajaí. Mensagem recebida por <labclima@outlook.com> em 29 nov. 2021.

[13] GUSSON, C. S., DUARTE, D. H. S. Effects of Built Density and Urban Morphology on Urban Microclimate - Calibration of the Model ENVI-met V4 for the Subtropical Sao Paulo, Brazil, **Procedia Engineering**, Fourth International Conference on Countermeasures to Urban Heat Island, 30-31 May and 1 June 2016. v. 169, p. 2–10, 1 jan. 2016. DOI: 10.1016/j.proeng.2016.10.001.

[14] TSOKA, S., TSIKALOUDAKI, A., THEODOSIOU, T. Analyzing the ENVI-met microclimate model's performance and assessing cool materials and urban vegetation applications–A review, **Sustainable Cities and Society**, v. 43, p. 55–76, 1 nov. 2018. DOI: 10.1016/j.scs.2018.08.009.

[15] WEBER, F. da S., MELO, A. P., MARINOSKI, D. L., et al. **Desenvolvimento de um modelo equivalente de avaliação de propriedades térmicas para a elaboração de uma biblioteca de componentes construtivos brasileiros para o uso no programa EnergyPlus.** Florianópolis, LabEEE, ago. 2017.