A RELAÇÃO DA VEGETAÇÃO URBANA NO COMPORTAMENTO TÉRMICO MICROCLIMÁTICO: ESTUDO DE CASO EM BAIRRO LITORÂNEO EM MACEIÓ-ALAGOAS

Rhuan N. da S. Santos (1); Júlia M. V. Santos (2); Ricardo V. R. Barbosa (3); Jéssica D. S. Pereira (4)

(1) Arquiteto e Urbanista, Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, rhuannicolas92@gmail.com, Universidade Federal de Alagoas

(2) Graduanda em Arquitetura e Urbanismo, julia.santos@fau.ufal.br, Universidade Federal de Alagoas

(3) Doutor em Ciências da Engenharia Ambiental, Professor Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, rvictor@fau.ufal.br, Universidade Federal de Alagoas

(4) Arquiteta e Urbanista, Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, jessica.pereira@fau.ufal.br, Universidade Federal de Alagoas

RESUMO

A vegetação é um importante elemento da estrutura urbana, especialmente em cidades tropicais de baixa latitude, na qual a incidência de radiação solar é elevada em todos os períodos do ano. Desse modo, fez-se necessário entender a influência da vegetação urbana em cânions verticalizados. Os cânions urbanos são caracterizados pela presença de duas fachadas de edifícios paralelos tendo uma rua entre estes. Nesse sentido, variam conforme a altura dos edifícios e a largura da rua, podendo ser definidos como profundos ou rasos. Dessa forma, os cânions provocam transformações na temperatura, umidade e ventilação, a depender de sua geometria. O presente trabalho teve como objetivo analisar a influência da vegetação urbana na temperatura do ar em cânions verticalizados em cidade tropical litorânea de baixa latitude, por meio de análise comparativa da temperatura do ar em dois pontos amostrais localizados no bairro da Ponta Verde, em Maceió-AL, tomada como estudo de caso nesta investigação. A campanha de monitoramento foi realizada noperíodo de verão, perpassando o dia do solstício de verão, com o auxílio de medidores de temperatura e umidade relativa do ar, marca HOBO, instalados em postes de iluminação pública, a uma altura média de 3,5m em relação ao solo, com registros contínuos a cada 1h. Os resultados mostraram diferenças térmicas significativas entre os pontos, nos horários de maior aquecimento do ar. Portanto, a presença de vegetação arbórea em cânions, resultou em redução significativa da temperatura do ar, proporcionando condições microclimáticas mais favoráveis ao conforto térmico em ambientes externos.

Palavras-chave: Clima Urbano, Arborização Urbana, Clima Tropical, Cânion Urbano.

ABSTRACT

Vegetation is an important element of the urban structure, especially in low-latitude tropical cities, where the incidence of solar radiation is high at all times of the year. Thus, it was necessary to understand the influence of urban vegetation in vertical canyons. Urban canyons are characterized by the presence of two parallel building facades with a street between them. In this sense, they vary according to the buildings' height and the street's width and can be defined as deep or shallow. Thus, the canyons cause changes in temperature, humidity and ventilation, depending on their geometry. This study aimed to analyze the influence of urban vegetation on air temperature in vertical canyons in a low-latitude tropical coastal city, through comparative analysis of air temperature in two sample points located in the Ponta Verde neighborhood, in Maceió-AL, taken as a case study in this investigation. The monitoring campaign was carried out in the summer period, passing through the day of the summer solstice, with the aid of temperature and relative humidity meters, HOBO brand, installed on public lighting poles, at an average height of 3.5 m in relation to the soil, with continuous recordings every 1 h. The results appreciated thermal differences between the points, in the hours of greater heating of the air. Therefore, the presence of tree vegetation in canyons significantly reduced air temperature, providing more comfortable microclimatic conditions for thermal comfort in outdoor environments.

Keywords: Urban Climate, Urban Afforestation, Tropical Climate, Urban Canyon.

1. INTRODUÇÃO

O aumento da urbanização desordenada associado à elevação da temperatura global, em razão das mudanças climáticas, traz como consequência para as cidades a ocorrência de ilhas de calor (CHOW, 2012; BATTISTA et al., 2016; NERES, 2021). A ilha de calor urbana (ICU) é um fenômeno em que a temperatura do ar e da superfície de uma cidade é maior do que a de seus subúrbios (OKE, 1988). A ocorrência de ilhas de calor urbano tem sido registrada e estudada em várias cidades brasileiras, desde capitais, a exemplo de Fortaleza-CE (BARBOZA, 2022), até cidades de pequeno porte, como São Anastácio-SP (TEIXEIRA; AMORIM,2021).

De acordo com Arnfield (2013), o aumento da absorção de radiação de ondas curtas, do armazenamento de calor sensível, da produção antrópica de calor e das menores taxas de evapotranspiração são fatores da dinâmica urbana que contribuem para a formação das ilhas de calor – fenômeno especialmente preocupante em cidades de clima tropical. Assim, é necessário refletir sobre a aplicação de estratégias que possam mitigar este fenômeno com vistas a reduzir o estresse térmico e o desconforto por calor nas cidades tropicais.

Nesse contexto, diversos estudos têm apontado estratégias para mitigação do calor urbano, como a adoção de pavimentos frios e aumento das áreas verdes/vegetação para a mitigação da ICU e seus efeitos adversos (CHOW; BRAZEL, 2012; VOLLARO et al., 2016). Sabe-se que com uso de materiais de superfície de alto albedo e da vegetação, aumenta-se a refletividade da energia solar, reduzindo, consequentemente, a parcela de radiação absorvida, melhorando, consequentemente, a qualidade térmica no ambiente urbano (LEE, 2020).

Dessarte, a vegetação destaca-se como estratégia bioclimática para promover a redução da temperatura do ar em ambientes urbanos, haja vista que este elemento morfológico, especialmente as espécies de porte arbóreo, são capazes de alterar o microclima urbano por meio de mudanças na temperatura do ar e proporcionar benefícios físicos a partir da diminuição da incidência de radiação solar direta sobre as superfícies (MEILI et al., 2021; MARTELLI; SANTOS JÚNIOR, 2015). Assim, é possível afirmar que a arborização pode contribuir para o resfriamento nos cânions urbanos por meio do sombreamento e do processo de evapotranspiração.

O sombreamento é uma estratégia importante, sobretudo em regiões de clima tropicais de baixa latitude, onde a incidência de radiação solar é alta durante todo o ano (AYRES, 2004). Apesar das árvores não bloquearem toda a radiação solar direta, o sombreamento pode ser eficiente na redução da radiação térmica, reduzindo o nível de calor na área sombreada (LEE et al., 2020). Assim, a ocorrência de sombreamento contribui para a melhoria das condições térmicas ambientais, por meio da atenuação das temperaturas elevadas (AYRES, 2004; MAYER et al., 2007; TAN et al., 2021). Nesse sentido, a vegetação arbórea assume papel de destaque, tornando-se elemento estratégico para o planejamento das cidades. Além do efeito de sombreamento, a arborização pode contribuir para o efeito de canalização dos ventos, atuando no resfriamento das superfícies e na moderação da velocidade do ar nos microclimas urbanos, proporcionando brisas locais ao nível do solo (COSTA FILHO, 2017).

Face do exposto, o presente artigo analisou a influência da vegetação urbana na temperatura do ar em cânions verticalizados em cidade tropical litorânea de baixa latitude, no bairro da Ponta Verde, em Maceió-AL, tomada como estudo de caso nesta investigação.

2. OBJETIVO

O objetivo deste artigo é apresentar a analisar a influência da vegetação urbana em cidade tropical litorânea de baixa latitude, por meio de análise comparativa da temperatura do ar em dois pontos amostrais localizada na cidade de Maceió, a partir da comparação entre valores de temperatura do ar obtidos por meio de coleta de dados.

3. MATERIAIS E MÉTODO

3.1. Caracterização Local e Pontos Amostrais

A cidade de Maceió (9° 39’ 59” S, 35° 44’ 6” O), capital do estado de Alagoas, localiza-se na Costa Leste do Brasil, situada na região litorânea do Nordeste brasileiro, às margens do Oceano Atlântico. De acordo com a NBR 15.220-3, Maceió está inserida na Zona Bioclimática 8 e, nesse ínterim, segundo Silva (2019), as estratégias bioclimáticas indicadas para o município, durante todo o ano, são: ventilação e sombreamento. O estudo foi realizado no bairro Ponta Verde, localizado na planície litorânea. O bairro apresenta verticalização consolidada, com macrozoneamento urbano em área de adensamento controlado.

Foram monitorados dois pontos amostrais no bairro de Ponta Verde, ambos localizados nas primeiras quadras próximas a orla marítima, com incidência solar ao longo do dia, de duas importantes avenidas, com orientação Leste-Oeste e presença de edifícios verticalizados, residenciais e de uso misto, com alto tráfego de

veículos leve e pesados, entretanto com diferença significativa quanto à presença de vegetação arbórea (Figura1).

A parcela amostral da Avenida Sandoval Arroxelas se caracteriza por prédios de até 9 pavimentos, a contar com o pilotis. As edificações são revestidas de material cerâmico em tons claros e escuros, com janelas estilo fita, tendo presença de vegetação em alguns pavimentos. Em relação às calçadas, estas não ultrapassam 2m de largura, sendo que o ponto de coleta dos dados está próximo a um cruzamento. A parcela amostral da Avenida Deputado José Lages caracteriza-se por prédios de até 10 pavimentos, a contar com o pilotis. As edificações são revestidas em pastilhas e cerâmicas em tons claros e escuros, com calçadas de mesmo padrão de largura da parcela amostral anterior (2m), além da presença de postes de iluminação pública (Figura 1).



Figura 1 – Localização no mapa das Av. Prof. Sandoval Arroxelas e Av. Dep. José Lages com diagrama solar.

A Avenida Prof. Sandoval Arroxelas foi selecionada como ponto com vegetação (CV) e é constituída de duas pistas de rolamento separadas por um canteiro central arborizado e equipamentos urbanos, como poste de iluminação pública e bancos (Figura 2); já a Avenida Deputado José Lages foi selecionada como ponto sem vegetação (SV) e é caracterizada por possuir uma larga pista de rolamento, com ausência de vegetação arbórea, incluindo as calçadas (Figura 3).

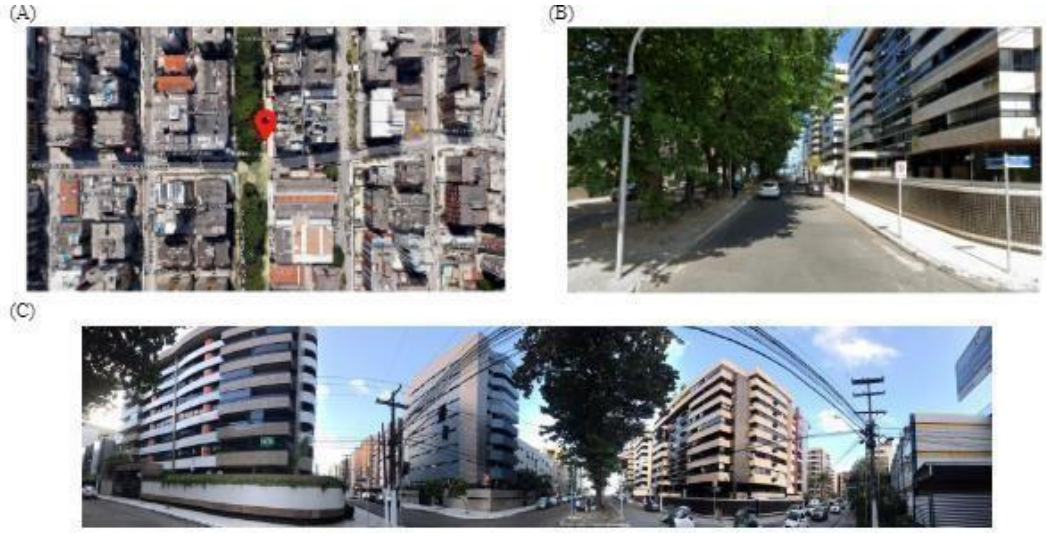

Figura 2 - (A) Localização do ponto vegetado localizado na Avenida Prof. Sandoval Arroxelas; (B) Vista do local de monitoramentona altura do pedestre e (C) Vista panorâmica do cânion urbano.



Figura 3 - (A) Localização do ponto sem vegetação localizado na Avenida Dep. José Lages;
(B) Vista do local de monitoramento a altura do pedestre e (C) Vista panorâmica do cânion urbano.

3.2. Campanha de Monitoramento

A campanha de monitoramento foi realizada no período de 12 de dezembro de 2021 a 15 de janeiro de 2022, totalizando 35 dias no período de verão, perpassando o dia do solstício de verão. A coleta de dados foi feita em um ponto de cada via, com o auxílio de medidores de temperatura e umidade relativa do ar, marca HOBO modelo U23-001 (Figura 4), instalados em postes de iluminação pública, a uma altura média de 3,5m em relação ao solo, com registros contínuos de dados a cada 1h. O sensor de temperatura apresenta intervalo de operação de -40 °C a 70 °C, com precisão de 0,02 °C a 25 °C, enquanto o sensor de umidade relativa do ar, um intervalo de operação de 0 a 100%, com precisão de +/- 2,5% de 10% para 90%. O sensor foi protegido da radiação solar direta com equipamento shield modelo RS1. Ademais, o equipameto não sofreu influência noturna da iluminação pública, uma vez que o poste projeta a lâmpada à frente do equipamento.



Figura 4 - Instalação do equipamento HOBO modelo U23-001; (A) em postes de iluminação pública na Av.Prof.Sandoval Arroxelas (B) na Av.Dep. José Lages e (C) dentro de shield contra radiação solar e chuva e (D) HOBO.

Além disso, foram levantados dados climáticos registrados pela estação automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2022), localizada no Campus da Universidade Federal de Alagoas, em Maceió, disponibilizados *online* pelo referido instituto. Esses dados foram usados para selecionar três dias representativos do período quente e úmido, com características de céu claro e ar calmo, entre os 35 dias com dados registrados na campanha de monitoramento.

Assim, foram analisadas conjuntamente três variáveis climáticas: (a) máxima radiação solar global, para identificação dos dias de céu claro; (b) média da velocidade do vento, para identificação de dias com ar calmo; e (c) pluviosidade, para identificação de dias sem ocorrência de chuvas. Quanto à máxima da radiaçãosolar global (Figura 5), os dias 29, 30 e 31 de dezembro mostraram índices elevados de radiação, com máxima de 3161,3 Kj/m², 3682,4 Kj/m² e 3698,4 Kj/m², respectivamente.

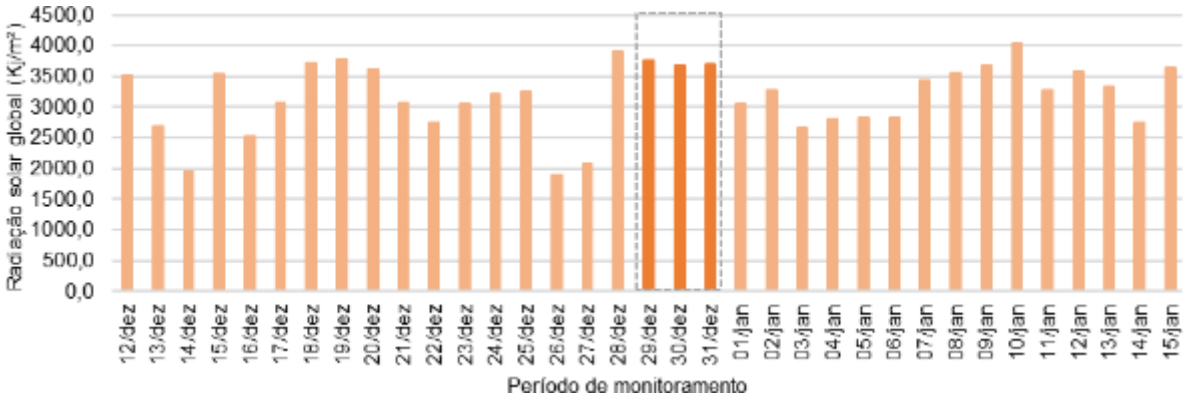

Figura 5 - Dados de radiação solar global (Kj/m²) registrados pela estação automática do INMET em Maceió no período de 12/12/2021 a 15/02/2022, com destaque para os dias selecionados.

A Figura 6 apresenta a média diária de velocidade dos ventos registrados pela estação do INMET no período de monitoramento. Considerando que para análise microclimática é recomendado dias de ar calmo, ou seja, com baixa velocidade de vento, foram selecionados os dias 29, 30 e 31 de dezembro, os quais apresentaram, 2,0 m/s; 2,6 m/s e 2,9 m/s, respectivamente.

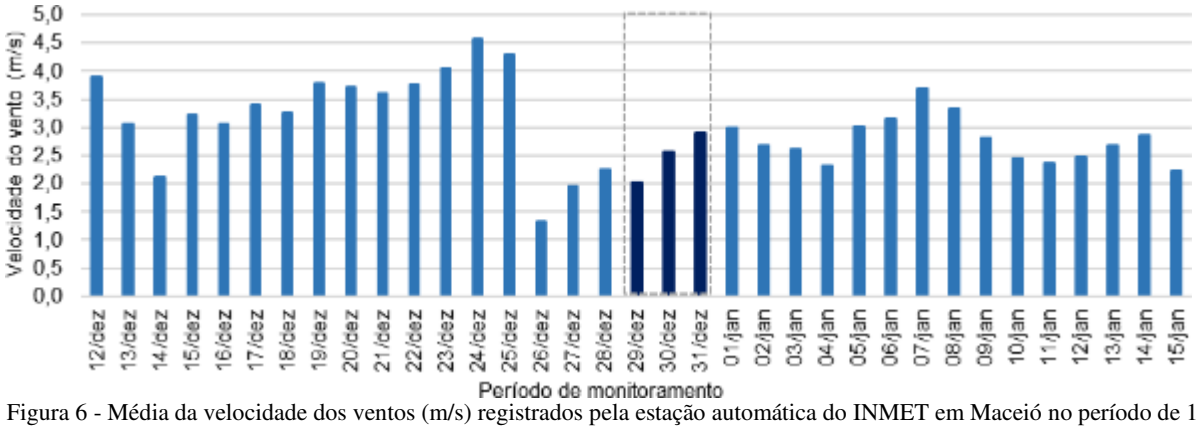

Figura 6 - Média da velocidade dos ventos (m/s) registrados pela estação automática do INMET em Maceió no período de 12/12/21 a 15/02/22, com destaque para os dias selecionados

Os dados de precipitação na cidade registrados pela estação do INMET são apresentados na Figura 7. Para a escolha dos dias a serem utilizados como referência na presente investigação, foi recomendado selecionar dias sem ocorrência de precipitação, uma vez que o objetivo é analisar a influência da vegetação em dias quentes, frente ao calor.

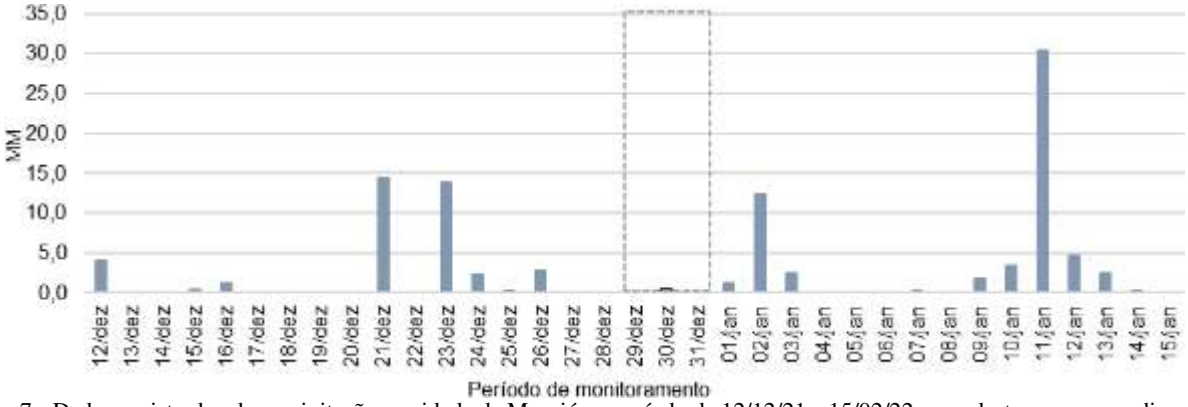

Figura 7 - Dados registrados de precipitação na cidade de Maceió no período de 12/12/21 a 15/02/22, com destaque para os dias selecionados.

Assim, considerando a combinação entre as três variáveis, os dias 29, 30 e 31 de dezembro foram selecionados, ainda que no dia 30 de dezembro tenha ocorrido leve precipitação (0,2 mm) às 7h da manhã.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 8 mostra o comportamento da temperatura do ar nos pontos com vegetação (CV) e sem vegetação (SV), além dos níveis de radiação solar ao longo do dia 29 de dezembro de 2021.

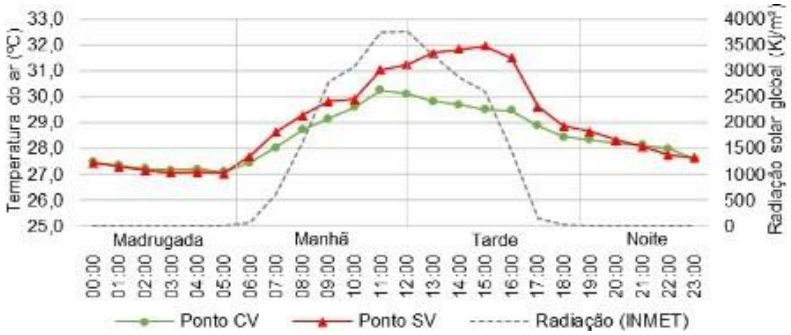

Figura 8 - Comportamento da temperatura do ar nos pontos CV e SV (à esquerda) e da radiação (à direita) no dia 29/12/2021.

Durante o período da madrugada, de 00:00h às 05:00h, os dois pontos apresentaram comportamentos semelhantes, registrando temperatura do ar em torno dos 27 ºC. Durante a manhã, compreendido entre 06:00h e 11:00h, foi possível verificar o processo de aquecimento nos dois pontos, com tendência de maior aquecimento no ponto SV, o que pode ser justificado pela contínua e intensa radiação solar. Entretanto, a partir das 11:00h, o ponto CV mostrou redução da temperatura do ar de modo contínuo até o período da madrugada, enquanto que no ponto SV o processo de aquecimento continuou até às 15:00h e apresentou lenta redução, e com maior acentuação ocorrendo apenas entre as 16:00h e 17:00h, o que pode ser justificadopelo processo de absorção e liberação gradual de calor pelas superfícies impermeabilizadas na área SV.

Nos horários noturnos, os registros da temperatura do ar apontaram resultados semelhantes entre os pontos analisados, com destaque aos registros às 22:00h, onde foi possível verificar que o ponto CV apresentou valores um pouco maiores que o ponto SV, o que pode ser explicado pela presença da vegetação arbórea.

No comparativo de valores da temperatura do ar no dia 30 de dezembro de 2021 (Figura 9), durante o período da madrugada, compreendido entre 00:00h e 05:00h, a temperatura do ar registrada nos pontos apresentou processo de redução, variando de 27,4 ºC para 25,8 ºC em ambos os pontos. Durante a manhã e início da tarde, das 6:00h às 14:00h, a temperatura do ar apresentaram processo contínuo de aquecimento nos dois pontos, com diferença de quase 2 ºC a menos no ponto CV, às 11:00h, sendo este o horário que foi registrada a máxima da radiação solar global diária. Assim, esse resultado sugere forte influência da presença da vegetação na redução do rigor térmico do ambiente urbano por meio do processo de sombreamento.

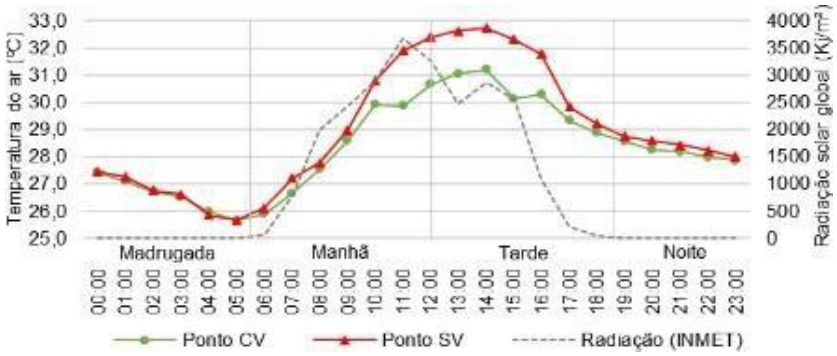

Figura 9 - Comportamento da temperatura do ar nos pontos CV e SV (à esquerda) e da radiação (à direita) no dia30/12/2021.

A partir das 15:00h, os valores da temperatura do ar apresentaram redução em ambos os pontos, sendo as diferenças entre os pontos mais acentuados até as 16:00h. Esse resultado justifica-se pela redução dos níveis de radiação solar no período. Após as 17:00h, os pontos mostraram valores semelhantes, com o ponto SV levemente mais aquecido devido ao processo de liberação do calor armazenado ao longo do dia, com esse comportamento se estendendo durante todo o período da noite.

Mesmo com níveis de radiação solar semelhantes ao primeiro dia, o dia 31 de dezembro de 2021 apresentou valores de temperatura do ar mais elevados (Figura 10). Na madrugada, os pontos registraram valores similares, com o ponto SV apresentando discreto aumento da temperatura do ar durante todo o turno, das 00:00h às 04:00h, e com redução mais acentuada em ambos os pontos às 05:00h. Esse fenômeno pode ser justificado pela mínima temperatura do ar diária que, geralmente, é registrada pouco antes do nascer do sol.

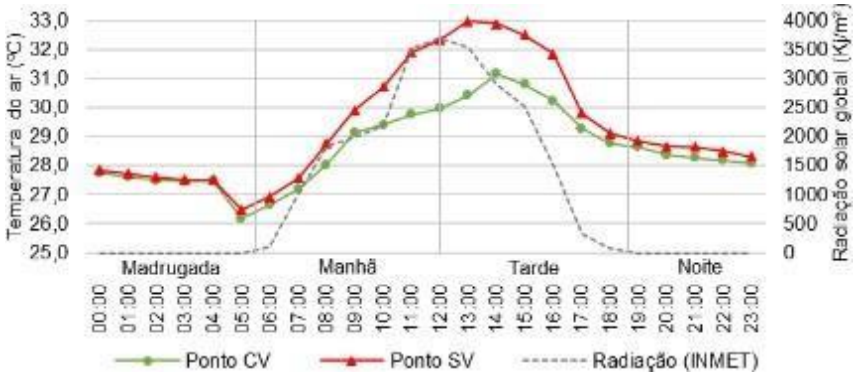

Figura 10 – Comportamento da temperatura do ar nos pontos CV e SV (à esquerda) e da radiação (à direita) no dia 31/12/2021.

Nos períodos da manhã e da tarde, os dois pontos registraram aumento da temperatura do ar, acompanhando o comportamento de aquecimento promovido pela presença da radiação solar, sendo que esse processo é registrado até às 13:00h no ponto SV e estendendo-se até às 14:00h no ponto CV. Apesar disso, é notório que a presença da vegetação mantém o processo de aquecimento menos acentuado nos horários de incidência de radiação solar, quando comparado com o ponto SV, que apresenta valores mais elevados, uma vez que não possuem o efeito de sombreamento proporcionado pela vegetação. Durante o período da noite, assim como nos dias anteriores, o ponto SV apresentou maiores valores da temperatura do ar, porém com pequenas diferenças em relação ao ponto CV, explicado pelo processo de liberação do calor absorvido durante o dia pelas superfícies impermeabilizadas e não sombreadas do ponto SV.

A Figura 11 apresenta comparação entre as diferenças da temperatura do ar entre os pontos CV e SV nos três dias analisados. Observou-se que os valores absolutos da variável são mais elevados no ponto SV, enquanto os valores da temperatura do ar no ponto CV são menores, uma vez que a presença da vegetação promove o processo de sombreamento, permitindo a amenização do rigor térmico no ambiente urbano analisado.



Figura 11 – Comparação da diferença da temperatura do ar entre os pontos CV e SV nos três dias selecionados.

Durante os períodos da noite e da madrugada nos três dias analisados, as diferenças entre os pontos são quase nulas, uma vez que não estão sob os efeitos da radiação solar. Entretanto, no período diurno, as diferenças entre os pontos se tornaram mais acentuada, como ponto CV registrando redução em torno de 2,5°C, com destaque para dois dias analisados: às 15:00h, do dia 29 de dezembro, e às 13:00h, no dia 31 de dezembro. Com resultados de comportamento parecidos, esse fato pode estar relacionado aos valores de radiação solar global ocorridos ao longo desses dias e/ou influência de outros fatores, como a baixa velocidade dos ventos, que também impactam nos valores da temperatura do ar registrados nos pontos analisados.

Desse modo, ao comparar os dados de medição nos dois pontos de monitoramento, os resultados mostraram que o efeito de aquecimento da temperatura do ar e das superfícies nos ambientes urbanos, que o ocorre principalmente nos períodos da manhã e tarde devido a presença da radiação solar, é amenizado com a presença de vegetação de porte arbóreo, uma vez que o efeito de sombreamento minimiza a radiação solar direta incidente sobre as superfícies urbanas (solo e pavimentação), reduzindo o processo de absorção de energia pelas superfícies no nível do usuário.

Os resultados dos dois pontos amostrais também foram comparados com dados do INMET (Figura 12). Na comparação com os dados registrados na estação do INMET, verificou-se que os valores marcados no ponto SV são em torno de 2 ºC maiores. Mesmo com a estação localizada em uma área desprotegida da

radiação solar, o entorno com materiais permeáveis pode justificar as diferenças nos valores da temperaturado ar. Na comparação entre os dados do INMET e no ponto CV, observou-se que os valores registrados em ambos são parecidos, principalmente nos horários diurnos quando a radiação solar é mais acentuada. Entretanto, o ponto CV apresentou temperatura do ar mais baixa em vários horários do período nos três dias analisados. Esse resultado pode estar relacionado não somente com os níveis de radiação registrados nos dias selecionados, mas também pela influência que a presença da vegetação exerce, reduzindo a temperatura do ar local por meio, principalmente, do processo de sombreamento.

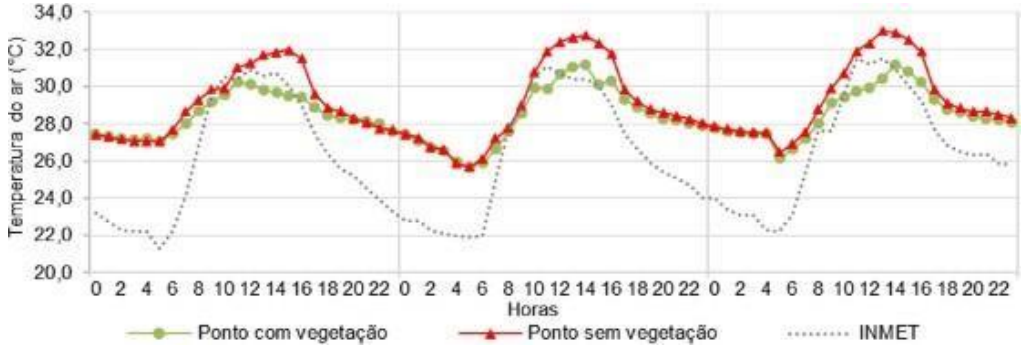

Figura 12 - Comportamento da temperatura do ar nos dois pontos analisados e na estação automática do INMET nos dias 29, 30 e 31 de dezembro de 2021.

Com base na análise dos dados coletados, as diferenças de temperatura do ar entre os pontos podem ser justificadas pela presença da vegetação proporcionar sombreamento e por ocorrer o processo de evapotranspiração, proporcionando ar e dução do rigor térmico no microclima urbano. O efeito de sombreamento da vegetação reduz a incidência de radiação solar no interior do cânion, reduzindo também temperatura média radiante, proporcionando efeito positivo no conforto térmico (WONG et al., 2013 *apud* TAN et al., 2021). Outro aspecto relevante está relacionado à influência da arborização urbana na efetividade do fluxo do vento, a depender de sua densidade e disposição nos cânions (SILVA FILHO, 2018; MEILI et al., 2021). Além disso, a vegetação pode atuar sinergicamente no efeito orientador do vento como elemento estratégico, limitando e regulando os fluxos de ar nos microclimas urbanos (COSTA FILHO, 2017).

5. CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos verificou-se que, de fato, a vegetação indicou uma redução significativa na temperatura do ar dos cânions urbanos analisados. As análises comprovaram que o sombreamento é uma estratégia eficaz para mitigar o estresse térmico em ambientes urbanos, sob condições de dias quentes de verão, período em que foi realizado o registro dos dados climáticos. Os resultados também evidenciaram como o sombreamento pode contribuir para condições microclimáticas mais favoráveis ao conforto térmico em ambientes urbanos.

Desse modo, considerando que a vegetação é um importante elemento da estrutura urbana por proporcionar influências à morfologia, ao planejamento e/ou conforto térmico (especialmente em cidades tropicais de baixa latitude sob incidência de radiação solar elevada em todos os meses do ano), a presença de arborização em cânions urbanos torna-se relevante e se prova necessária para a realidade climática analisada, uma vez que promove melhoria considerável no microclima urbano, atenuando o desconforto e estresse térmico.

Salienta-se, portanto, a importância da presença da vegetação na redução da temperatura do ar, principalmente em cidades tropicais de clima quente e úmido, e da relevância em considerar seu uso nas ações de planejamento urbano, propondo a criação de áreas verdes, arborização de ruas e avenidas por meio de canteiros centrais arborizados, parques e praças dispostas na malha da cidade, considerando a manutenção destas áreas como forma de garantir a eficácia das estratégias bioclimáticas. Ademais, a vegetação urbana apresenta-se como um método de redução do rigor térmico urbano que deve ser considerado, discutido, planejado e inserido na elaboração e na revisão de estratégias de planejamento urbano, como o Plano Diretor e leis de uso e ocupação do solo das cidades.

Por fim, destaca-se a importância do planejamento urbano incorporar estratégias bioclimáticas com vistas a atenuar as ações resultantes da forte incidência de radiação solar, especialmente na elaboração e na revisão de estratégias de planejamento urbano, como o Plano Diretor e leis de uso e ocupação do solo das cidades, sobre a temperaturado ar nos espaços externos, objetivando garantir melhores condições de conforto térmico e bem-estar nos ambientes urbanos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALI-TOUDERT, F., & MAYER, H. (2007). Effects of asymmetry, galleries, overhanging façades and vegetation on thermal comfort in urban street canyons. **Solar Energy**, 81(6), 742–754. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.solener.2006.10.007

ARNFIELD, A. J. (2013). Two decades of urban climate research: a review of turbulence, exchanges of energy and water, and the urban heat island. **International Journal of Climatology**, 23(1), 1–26. Disponível em: https://rmets-onlinelibrary-wiley.ez9.periodicos.capes.gov.br/doi/10.1002/joc.859

AYRES, Mário Carlos Rodrigues. **Influência do sombreamento natural de duas espécies arbóreas na temperatura de edificações.** 2004. xv, 115 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, 2004. Disponível em: http://hdl.handle.net/11449/101725. Acesso em: 17 jan. 2023.

BARBOZA, Eliezio Nascimento; PEREIRA, João Marcos Pereira de; SILVA, Maria Fernanda da Cruz; SILVA, Ana Millene dos Santos; SILVA, Eduarda Morais da; OLIVEIRA, Bruno Barbosa de; MARQUES, Agilio Tomaz; QUEIROZ, João Paulo Borges de; CAIANA, Clarice Ribeiro Alves; BEZERRA NETO, Francisco das Chagas. Ilhas de Calor Urbana por meio de imagens do Landsat-8 em Fortaleza, Ceará. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental.** Disponível em: https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RBGA/article/view/8200?articlesBySameAuthorPage=2. Acesso em:24 set. 2022.

BATTISTA, G.; CARNIELO, E.; VOLLARO Lieto de, R. (2016). Thermal impact of a redeveloped area on localized urban microclimate: A case study in Rome. **Energy and Buildings**, 133. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.10.004. Acesso em: 22 set. de 2022.

CHOW, W. T. L., & BRAZEL, A. J. (2012). Assessing xeriscaping as a sustainable heat island mitigation approach fora desert city. **Building and Environment**, 47(1), 170–181. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2011.07.027. Acesso em: 22 set. 2022.

COSTA FILHO, A. C. Rugosidade e Porosidade do tecido Urbano como Critérios de Análise Qualitativa da Ventilação Natural em Cidades Litorâneas. São Paulo, 2017.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia do Brasil. Página inicial. 2022. Disponível em: https://portal.inmet.gov.br/ LEE, Y. Y., MD DIN, M. F., IWAO, K., LEE, Y. H., & ANTING, N. (2020). Impact of thermal behaviour of different environmental conditions on ambient environment and thermal discomfort in Malaysia. **Indoor and BuiltEnvironment**, 1420326X1989795. Disponível em: https://doi- org.ez9.periodicos.capes.gov.br/10.1177/1420326X198979

MARTELLI, A.; SANTOS JUNIOR., A. R. dos. Arborização Urbana do município de Itapira – SP: perspectivas para educação ambiental e sua influência no conforto térmico. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, *[S. l.]*, v. 19, n. 2, p. 1018–1031, 2015. DOI: 10.5902/2236117015968. Disponível em: https://periodicos.ufsm.br/reget/article/view/15968. Acesso em: 2 ago. 2022.

MEILI, N.; ACERO, J. A.; PELEG, N.; MANOLI, G.; BURLANDO, P.; FATICHI, S. (2021). Vegetation cover and plant-trait effects on outdoor thermal comfort in a tropical city. **Building and Environment**, 195. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.107733. Acesso em: 28 jul. 2022.

NERES, D. L.; SILVA, L. R. C. da.; PEREIRA, M. A. B. Influence of vegetation on thermal and urban comfort in a municipality in the south of Tocantins. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 10, n. 6, p. e47810615999, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i6.15999. Disponível em:https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/15999. Acesso em: 2 ago. 2022.

OKE, T. R. (1988). Street Design and Urban Canopy Layer Climate. **Energy and Buildings** (Vol. 11). 103–113. Disponível em: https://doi.org/10.1016/0378-7788(88)90026-6. Acesso em: 27 jul. 2022.

SILVA, M. F. da. Estratégias bioclimáticas para seis cidades alagoanas: contribuições para a adequação da arquitetura aoclima local. (2019). Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2019.

TAN, X.; LIAO, J.; BEDRA, K. B.; LI, J. (2021). Evaluating the 3D cooling performances of different vegetation combinations in the urban area. **Journal of Asian Architecture and Building Engineering**. Disponível em: https://doi.org/10.1080/13467581.2021.1903905. Acesso em: 28 jul. 2022.

TEIXEIRA, D.; AMORIM, M. Mensuração e frequência da intensidade da ilha de calor urbana noturna de Santo Anastácio, São Paulo, Brasil. **Élisée - Revista de Geografia da UEG**, v. 10, n. 1, p. e101211, 12 jan. 2021.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Federal de Alagoas, a Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – FAU, e em especial ao Grupo de Estudos da Atmosfera Climática Urbana (GATU), por todo apoio e equipamento cedido.