

Análise da influência da vegetação urbana no microclima em bairro litorâneo em Maceió-Brasil

Análisis de la influencia de la vegetación urbana en el microclima de un barrio costero de Maceió-Brasil

Sessão Temática: Ambiente construído, tecnologia e sustentabilidade

SANTOS, Júlia Maria Vieira; Graduanda; Universidade Federal de Alagoas
julia.santos@fau.ufal.br

SANTOS, Rhuan Nicolas da Silva; Graduado; Universidade Federal de Alagoas
rhuannicolas92@gmail.com

BARBOSA, Ricardo Victor Rodrigues; Doutor; Universidade Federal de Alagoas
rvictor@fau.ufal.br

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. A presente pesquisa objetivou analisar a influência da vegetação urbana em cânions verticalizados, em microclimas de bairro litorâneo em cidade de clima tropical quente e úmido, em duas áreas amostrais com características distintas. A campanha de monitoramento foi realizada no período de verão, próximo ao equinócio. Os resultados mostraram diferenças térmicas significativas entre os pontos, nos horários de maior aquecimento do ar. Portanto, a presença de vegetação arbórea em cânions, resulta 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.

Abstract

Vegetation is an important element of urban structure, especially in tropical cities of low latitude, in which the incidence of solar radiation is high at all times of the year. The present research aimed to analyze the influence of urban vegetation in verticalized canyons, in microclimates of coastal neighborhood in a city of hot and humid tropical climate, in two sampling areas with distinct characteristics. The monitoring campaign was carried out in the

summer period, near the equinox. The results showed significant thermal differences between the points, at times of increased air heating. Therefore, the presence of tree vegetation in canyons results in a significant reduction of air temperature, providing microclimatic conditions more favorable to thermal comfort in outdoor environments.

Keywords: Urban Climate, Urban Afforestation, Tropical Climate.

1. Introdução

O aumento da urbanização desordenada associado à elevação da temperatura global – em razão das mudanças climáticas – trazem como consequência para as cidades a ocorrência de ilhas de calor (CHOW, 2006; BATTISTA et al., 2016; NERES, 2021, entre outros). 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).

De acordo com Arnfield (2013), o aumento da absorção de radiação de ondas curtas, do armazenamento de calor sensível, a produção antrópica de calor e as 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.

Estudos apontam estratégias como o uso de pavimentos frios e áreas verdes/vegetação para a mitigação da ICU e seus efeitos (GAGO et al., 2013; VOLLARO et al., 2016; CHOW e BRAZEL, 2012). Nesse contexto, a vegetação destaca-se como estratégia bioclimática para promover a redução da temperatura do ar em cânions urbanos, haja vista que a vegetação, especialmente a de porte arbóreo, é capaz 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 E JUNIOR, 2015). Dessa forma, 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. Assim, a ocorrência de sombreamento contribui para a melhoria das condições térmicas ambientais, por meio da atenuação das temperaturas elevadas (AYRES, 2004). Nesse sentido, a vegetação arbórea assume papel de destaque, tornando-se um elemento estratégico para o planejamento das cidades. Além do efeito de sombreamento, a arborização contribui para o efeito de canalização dos ventos, atuando no resfriamento das superfícies e na moderação da velocidade do ar nos microclimas urbanos (COSTA FILHO, 2017).

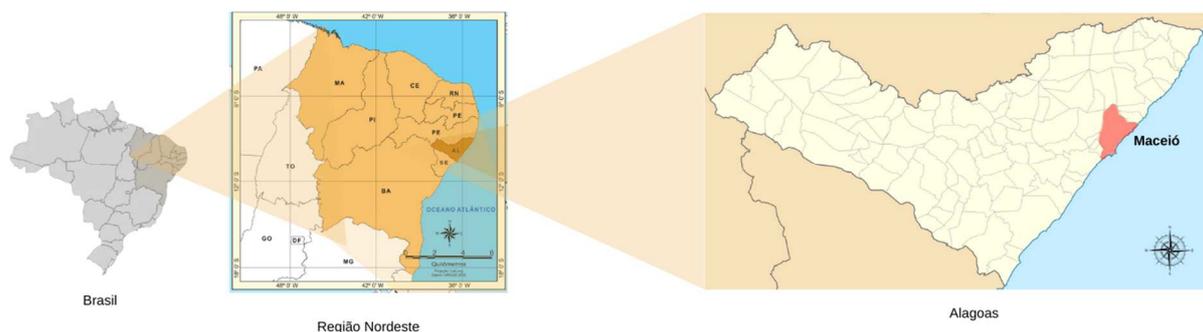
A partir do exposto, o presente trabalho teve como objetivo analisar a influência da vegetação urbana em cânions verticalizados em cidade tropical litorânea de baixa latitude, a partir de análise comparativa de temperatura do ar, tomando o bairro da Ponta Verde, em Maceió-AL (Brasil), como estudo de caso.

2. Materiais e método

2.1 Caracterização da área de estudo

A cidade de Maceió (9°39'59" S, 35°44'6" O), capital do estado de Alagoas, está situada na região litorânea do nordeste brasileiro, às margens do Oceano Atlântico. Considerando a classificação climática de Strahler, a cidade (Figura 1) possui clima tropical quente e úmido (NASCIMENTO et al., 2016), com ação direta da Massa Tropical Atlântica. De acordo com as Normais Climatológicas de 1981-2010 (INMET, 2022), apresenta temperatura do ar média anual de 25,1 °C e índice pluviométrico de 1867,4 mm/ano.

Figura 1:Localização de Maceió, no litoral do estado de Alagoas, na região nordeste do Brasil.

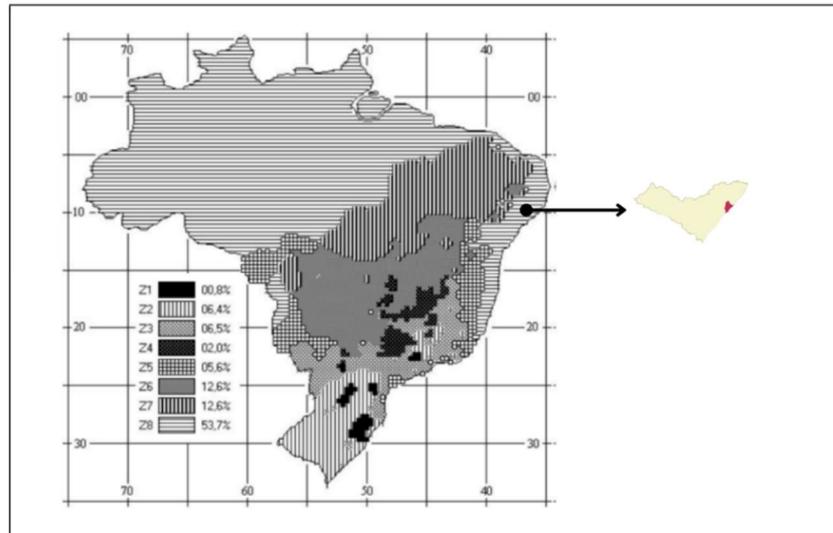


Fonte: SEPLAG/AL (2021). Adaptado pelos autores.

A localidade apresenta curtas variações térmicas, sejam diárias, estacionais e anuais, onde se compreende duas estações definidas: verão, com temperaturas elevadas e baixa pluviosidade, e inverno, com temperaturas amenas e uma alta pluviosidade. Conforme o Censo do IBGE (2010), a capital alagoana compreende 57,1% de arborização em vias públicas.

Segundo a Norma Brasileira 15220-3 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2005), Maceió está introduzida na Zona Bioclimática 8 (Figura 2). Nesse ínterim, segundo Silva (2019), as estratégias bioclimáticas mais indicadas para o município, durante todo o ano, são: ventilação e sombreamento.

Figura 2: Zoneamento bioclimático brasileiro. Em destaque, a cidade de Maceió, capital de Alagoas.



Fonte: NBR 15220-3 (ABNT 2005). Adaptado pelos autores.

O estudo foi realizado no bairro Ponta Verde (Figura 3), localizado na planície litorânea. O bairro apresenta verticalização consolidada, com macrozoneamento urbano em área de adensamento controlado (Plano Diretor de Maceió, 2006), sendo considerado um dos bairros mais valorizados de Maceió, pelos edifícios residenciais de alto padrão e forte presença dos setores hoteleiro e gastronômico.

Figura 3: O bairro Ponta Verde (área de estudo), localizado na cidade de Maceió.



Fonte: GIS Maps (2017), Cavalcante [s.d.], Ramos (2016). Adaptado pelos autores.

2.3 Pontos Amostrais

Foram monitorados dois pontos amostrais no bairro, ambos localizados nas primeiras quadras próximo a orla marítima, de duas importantes avenidas, com orientação Leste-Oeste e presença de edifícios verticalizados, entretanto com diferença significativa quanto à presença de vegetação arbórea.

A Avenida Sandoval Arroxelas (ponto com vegetação) é caracterizada por possuir duas pistas de rolamento separadas por um canteiro central bastante arborizado (Figura 4), ao passo que a Avenida Dep. José Lages (ponto sem vegetação) é caracterizada por possuir uma larga pista de rolamento, com ausência de vegetação arbórea, incluindo as calçadas (Figura 5).

Figura 4: (A) Localização do ponto no canteiro central vegetado localizado na Avenida Prof.Sandoval Arroxelas; (B) Vista do local de monitoramento a altura do pedestre (C); Vista panorâmica do cânion urbano.



Fonte: Google Earth Pro, 2022. Adaptado pelos autores.

Figura 5: (A) Localização do ponto sem vegetação localizado na Avenida Dep. José Lages; (B) Vista do local de monitoramento a altura do pedestre (C); Vista panorâmica do cânion urbano.



Fonte: Google Earth Pro, 2022. Adaptado pelos autores.

2.2 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 do período de verão, próximo ao equinócio. Entretanto, para o presente estudo, foram selecionados os dias 29, 30 e 31 de dezembro de 2021, por serem dias representativos com ar calmo (pouco vento), céu claro (pouca ou nenhuma nebulosidade), e ensolarado (radiação solar em torno de 3.500 KJ/m^2).

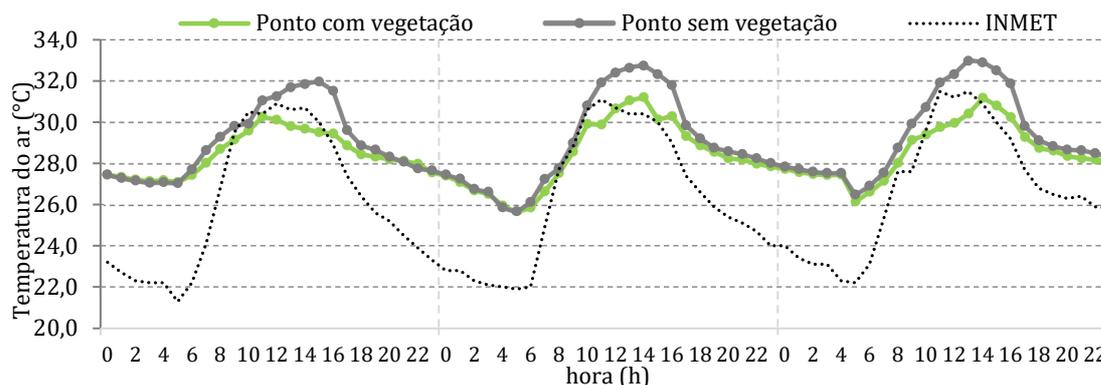
A coleta de dados foi feita com o auxílio de medidores de temperatura e umidade relativa do ar, marca HOBO modelo U23-001, instalados em postes de iluminação pública, a uma altura média de 3,5 m do solo, com registros contínuos de dados. O sensor de temperatura apresenta intervalo de operação de $-40 \text{ }^\circ\text{C}$ a $70 \text{ }^\circ\text{C}$, com precisão de $0,02 \text{ }^\circ\text{C}$ a $25 \text{ }^\circ\text{C}$, enquanto o sensor de umidade relativa, intervalo de operação de 0 a 100%, com precisão de $\pm 2,5\%$ de 10% para 90%. O sensor foi protegido da radiação solar direta com um shield modelo RS1.

3. Resultados e discussão

Ao comparar os dados de medição nos dois pontos de monitoramento, os resultados mostraram que o ponto com presença de vegetação reduz o efeito de aquecimento do ar nos

ambientes urbanos. Conforme apresentado no Gráfico 1, nos três dias de medições, as temperaturas do ar no ponto sem vegetação são mais elevadas, enquanto as temperaturas no ponto com vegetação são mais reduzidas, como esperado.

Gráfico 1: Comportamento da temperatura do ar nos dois pontos analisados e na estação automática do INMET.



Fonte: Elaboração dos autores.

No gráfico do ponto sem vegetação, os valores apresentam-se mais altos nos horários de maior incidência solar, entre 13 h e 15 h da tarde. Entre os dias 29 e 31 de dezembro de 2021, as maiores temperaturas são registradas às 15h (32,0 °C), às 14h (32,7 °C) e às 13h (33,0 °C), respectivamente. A partir das quatro horas da tarde, a temperatura começa a decrescer. No entanto, somente a partir das cinco horas da tarde, é que se tem queda significativa. Já no ponto com vegetação, os maiores registros são às 11h (30,3 °C), às 14h (31,2 °C) e às 13h (30,9 °C).

Comparando as temperaturas máximas, nos horários especificados, no dia 29 de dezembro, a diferença de temperatura foi de 1,7 °C; no dia 30 de dezembro, a diferença foi de 1,5 °C; e no dia 31 de dezembro, 2,6 °C. No entanto, é válido destacar que no dia 29, a diferença de temperatura no horário das três da tarde foi de 2,5 °C, apesar de não ter sido o horário de maior temperatura registrada no ponto com vegetação.

Na Tabela 1, são apresentados o comportamento das variáveis velocidade média do vento (m/s), radiação solar global máxima (Kj/m²) e temperatura do ar máxima e média (°C), nos respectivos dias. Os valores de umidade relativa do ar média (%) fornecidas pelo INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) não foram considerados, pois nas datas especificadas, não estavam disponíveis.

Tabela 1: O comportamento das variáveis no período de monitoramento.

Variáveis	29/12/2021	30/12/2021	31/12/2021
Vel. méd. vento (m/s)	2,0	2,6	2,9
Rad. solar global máx. (Kj/m ²)	3761,3	3682,4	3698,3
Temperatura do ar (°C) Máx.	32,0	32,7	33,0
Méd.	28,7	28,7	29,0
Diferença entre os pontos (°C)	2,5	2,2	2,6

Fonte: Elaboração dos autores.

Com base nos dados coletados, a diferença de temperatura entre os pontos é considerável, isso se dá pelo fato da vegetação proporcionar sombreamento e por ocorrer o processo de evapotranspiração, tornando o clima urbano confortável. O efeito de sombreamento da vegetação reduz a radiação solar incidente e impede que ela penetre no cânion, diminuindo assim a temperatura média radiante, o que tem um efeito positivo no conforto térmico (WONG et al., *apud* TAN et al., 2021).

Além disso, considera-se que a arborização urbana pode influenciar na efetividade do fluxo do vento, a depender de sua densidade e disposição nos cânions. Estudos anteriores comprovam isso (ZANLORENZI e SILVA FILHO, 2018; MEILI et al., 2021). A vegetação pode atuar sinergicamente no efeito orientador do vento como elemento estratégico atuando como limitador e regulador das superfícies e do ar, nos microclimas urbanos (COSTA FILHO, 2017).

4. Considerações finais

A partir dos resultados obtidos, verificou-se que de fato a vegetação indicou uma redução na temperatura do ar em cânions urbanos. As análises comprovaram que o sombreamento é uma estratégia para mitigar o estresse térmico em ambientes urbanos, sob condições quentes de verão. Os resultados evidenciaram como o sombreamento pode ser alcançado nas condições microclimáticas mais favoráveis ao conforto térmico em ambientes externos.

Portanto, considerando que a vegetação é um importante elemento da estrutura urbana, especialmente em cidades tropicais de baixa latitude, com incidência de radiação solar elevada em todos os períodos do ano, a presença de arborização em cânions urbanos é eficiente. Assim, há uma melhora considerável no microclima urbano, atenuando o desconforto e estresse térmico.

Por fim, salienta-se a importância da vegetação na redução da temperatura, principalmente em cidades tropicais de clima quente e úmido. Esta importância deve estar expressa nas ações de planejamento urbano, com a criação de áreas verdes em ruas e avenidas, por meio de canteiros centrais arborizados, e com a manutenção destas áreas como forma de garantir a eficácia da estratégia.

Ademais, deve ser um ponto a ser discutido e inserido na elaboração e na revisão do Plano Diretor de cidades litorâneas. Portanto, analisar as diferenças térmicas causadas pelo efeito de sombreamento, por meio da vegetação em cânions urbanos no clima externo, ajudará na diminuição do desconforto e estresse térmico, em relação ao verão, e durante todo ano.

Referências:

ARNFIELD, A. J. (2003). 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. doi:10.1002/joc.859.

AYRES, M. C. R. Influência do Sombreamento Natural de Duas Espécies Arbóreas na Temperatura de Edificações. Botucatu - SP, 2004

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

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

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

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 de Julho de 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.

SILVA, M. F. da. Estratégias bioclimáticas para seis cidades alagoanas: contribuições para a adequação da arquitetura ao clima 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 de julho de 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](https://doi.org/10.1016/0378-7788(88)90026-6)>. Acesso em: 27 de julho de 2022.