

**ESTRATÉGIAS DE MITIGAÇÃO DE CALOR EM CLIMAS  
TROPICAIS**

*HEAT-MITIGATION STRATEGIES IN TROPICAL CLIMATES*

**Heloisa de Sousa Ferrarezi**

Aluna de graduação, UNICAMP, Brasil.  
h171233@dac.unicamp.br

**Marcela Noronha Pinto de Oliveira e Sousa**

Professora Doutora, UNICAMP, Brasil.  
noronhap@unicamp.br

**Evandro Ziggiatti Monteiro**

Professor Doutor, UNICAMP, Brasil.  
evanzigg@unicamp.br

## RESUMO

A adoção de estratégias de mitigação de calor em ambientes urbanos contribui para a melhoria do conforto térmico externo, além de promover a vitalidade do espaço público, a sustentabilidade das cidades e a saúde de seus habitantes. As cidades em clima tropical serão as mais impactadas pela mudança climática, no entanto, há poucos estudos sobre medidas aplicáveis especificamente a esse contexto. Através do mapeamento sistemático da literatura e da revisão sistematizada de artigos publicados em periódicos internacionais, foi avaliado o estado da pesquisa na área de mitigação de calor nos trópicos, com o objetivo de identificar estratégias de mitigação de calor em ambientes urbanos, visando a sua aplicação em áreas urbanas baseadas no conhecimento e na inovação. Apesar da grande extensão de países localizados no cinturão tropical, os resultados apontam colaboração incipiente entre os pesquisadores da área e a maior concentração de estudos conduzidos no Sudeste Asiático. As estratégias voltadas para a vegetação e para modificações na geometria urbana são as que têm as melhores evidências, com grande potencial de reduzir os impactos negativos do aumento das temperaturas. Com essa pesquisa, espera-se contribuir para preencher a lacuna de estudos sobre mitigação de calor em cidades de clima tropical, fornecendo também subsídio para um planejamento urbano mais consciente em relação ao conforto térmico externo dessas localidades.

**PALAVRAS-CHAVE:** Conforto Urbano. Mitigação de calor. Desenvolvimento Urbanos Baseados no Conhecimento.

## SUMMARY

*The adoption of heat mitigation strategies in urban environments contributes to improving external thermal comfort, in addition to promoting the vitality of public spaces, the sustainability of cities and the health of their inhabitants. Cities in tropical climates will be the most impacted by climate change, however, there are few studies on measures specifically applicable to this context. Through systematic literature mapping and a systematic review of articles published in international journals, the state of research in the area of heat mitigation in the tropics was assessed, with the aim of identifying heat mitigation strategies in urban environments, aiming for their application in urban areas based on knowledge and innovation. Despite the large number of countries located in the tropical belt, the results point to incipient collaboration between researchers in the area and the greater concentration of studies conducted in Southeast Asia. Strategies aimed at vegetation and changes in urban geometry are those with the best evidence, with great potential to reduce the negative impacts of rising temperatures. With this research, we hope to contribute to filling the gap in studies on heat mitigation in cities with tropical climates, also providing support for urban planning that is more aware of the external thermal comfort of these locations.*

**KEYWORDS:** Urban Comfort. Heat mitigation. Knowledge-Based Urban Development.

## 1 INTRODUÇÃO

Medidas para mitigação de calor são ações que buscam modificar o microclima urbano por meio de alterações no ambiente físico. Elas devem ser claramente definidas e implementadas em escala abrangente, envolvendo tanto órgãos governamentais quanto a população em geral (ALEKSANDROWICZ *et al.*, 2017). O aumento da temperatura média do planeta, as ondas de calor extremo e a intensificação das ilhas de calor urbanas são fenômenos que desafiam a manutenção das condições de conforto térmico externo. Estratégias voltadas para a vegetação, a água, o tratamento das superfícies da cidade e considerações quanto à geometria urbana podem ser implementadas através do desenho urbano, com grande potencial de reduzir os impactos negativos do aumento das temperaturas.

Cidades em climas tropicais são particularmente vulneráveis às mudanças provocadas pelo aquecimento global. Conforme as projeções para o século XXI do relatório do IPCC 2014 (PACHAURI *et al.*, 2014), o maior aquecimento será sentido nos trópicos. Além disso, o crescimento da população urbana nessas regiões e o aumento de cidades compactas e densas intensificam as ilhas de calor urbanas, que estão associadas às ondas de calor e ao aumento do consumo de energia elétrica para resfriamento (JAMEI *et al.*, 2020). Segundo o Relatório Mundial das Cidades de 2022 da ONU-Habitat, 56% da população mundial já vivia em cidades em 2021 e, até 2050, essa porcentagem corresponderá a 68%. Espera-se que as cidades localizadas em climas tropicais tenham a urbanização mais rápida até 2050 (BEDRA *et al.*, 2023).

A Ilha de calor urbana consiste no fenômeno climático de que as cidades apresentam temperaturas mais altas do que o seu entorno rural (OKE *et al.*, 2017). Enquanto a ilha de calor é quantificada a partir dessa diferença de temperatura, para determinar as condições de conforto térmico externo é necessário levar em consideração tanto a percepção subjetiva individual quanto as variáveis microclimáticas, como temperatura do ar, umidade relativa, temperatura média radiante e velocidade do vento (BANERJEE *et al.*, 2022). A combinação de altos valores das variáveis de temperatura do ar, umidade relativa e irradiação solar levam a condições de baixo conforto térmico externo, como constatado em muitas cidades tropicais (BANERJEE *et al.*, 2022).

Os baixos índices de conforto térmico externo prejudicam a vitalidade urbana ao reduzir o nível de interação social e o uso do espaço público. Além disso, as ondas de calor têm graves consequências na saúde pública. A agência das Nações Unidas reportou que 61 mil pessoas morreram em decorrência do calor na Europa no verão de 2022. Haddad *et al.* (2020) apontam em seu estudo conduzido em Darwin, na Austrália, que o melhor cenário de aplicação de estratégias para mitigação de calor poderia evitar 9,66 mortes em excesso por ano, para cada 100 mil habitantes do distrito.

Apesar dos desafios impostos pelas condições climáticas e pelo crescimento urbano nos trópicos, como apontam Kumar e Sharma (2020), a maioria dos estudos sobre conforto térmico externo têm sido realizados em zonas de clima temperado. Através do mapeamento sistemático da literatura e de revisão sistematizada de artigos publicados em periódicos internacionais, foi avaliado o estado da pesquisa na área de mitigação de calor em climas tropicais. Com essa pesquisa, espera-se contribuir para o preenchimento da lacuna de estudos direcionados a cidades de clima tropical, fornecendo subsídio para um planejamento urbano mais consciente em relação ao conforto urbano dessas cidades.

## 2 OBJETIVOS

Este estudo faz parte de uma pesquisa maior destinada a identificar estratégias para o desenvolvimento urbano sustentável de territórios urbanos baseados no conhecimento e na inovação. O seu objetivo foi identificar estratégias de mitigação de calor em cidades de clima tropical, que pudessem ser aplicadas a esses novos empreendimentos, geralmente localizados em franjas urbanas, e que demandam uma série de equipamentos e infraestruturas para sua implementação. O intuito é fornecer subsídios para um planejamento urbano mais consciente em relação ao conforto térmico externo dessas localidades.

## 3 MÉTODO

A metodologia se baseia no mapeamento sistemático da literatura e revisão sistematizada de artigos publicados em periódicos internacionais nas áreas de conforto térmico e clima urbano, buscando definir as estratégias mais adequadas para a mitigação de calor em climas tropicais (GRANT e BOOTH, 2009).

A revisão sistematizada da literatura foi realizada considerando artigos e revisões, escritos em inglês, contidos nas bases de dados *Web of Science*, *Scopus* e *ScienceDirect*. Foram utilizadas as palavras chave "*tropical*" e "*outdoor thermal comfort*" combinados com termos relativos ao manejo de calor como "*heat mitigation*", "*heat management*", "*cooling cities*" e "*cooling strategies*", presentes nos campos de resumo, título ou palavra chave. O fluxograma para seleção da amostra é ilustrado na Figura 1.

Figura 1 – Metodologia para seleção de artigos



Fonte: AUTORES, 2023.

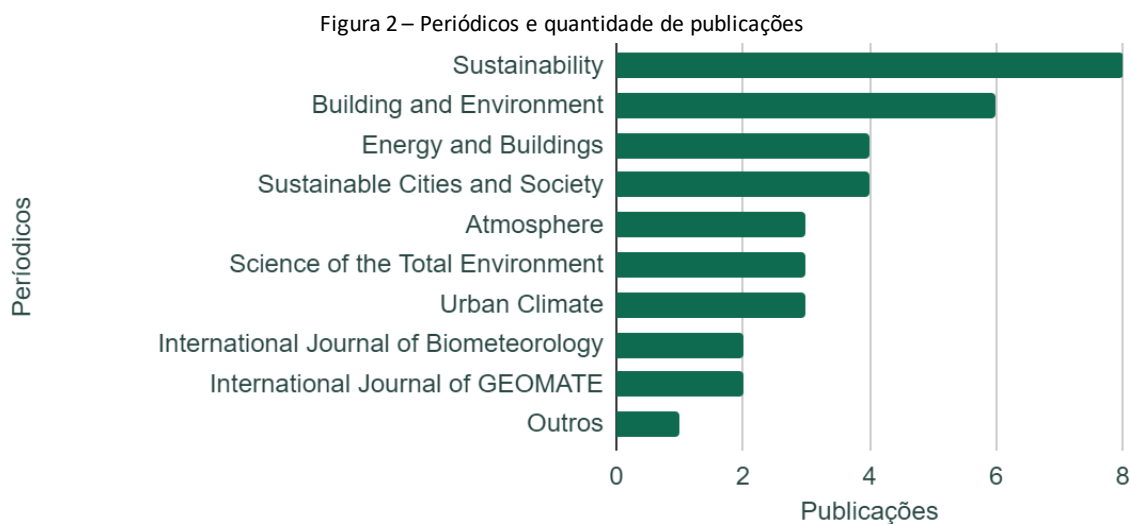
A combinação das buscas resultou em 82 artigos não duplicados. Após a leitura dos resumos, foram excluídos textos que tratavam de casos muito específicos, como tecnologias de refrigeração ou metabolismo humano. Foram mantidos os textos que abordam diretamente estratégias de mitigação de calor aplicáveis no desenho urbano ou que forneceram subsídio essencial para a compreensão dos fenômenos relacionados ao tema. A seleção final foi de 57 artigos, que foram analisados mais profundamente.

## 4 RESULTADOS

A partir da seleção da amostra de 57 artigos, foi conduzido um mapeamento sistemático e uma revisão sistematizada da literatura. No mapeamento, foram analisados os periódicos que mais publicaram, os anos de publicação, a localização dos estudos e as metodologias utilizadas. Na revisão sistematizada foram identificados subtemas de pesquisa e as principais categorias das estratégias de mitigação encontradas. Com a ferramenta VOSViewer, foi realizada a análise bibliométrica de co-autoria e de palavras chaves.

### 4.1 Mapeamento sistemático da literatura

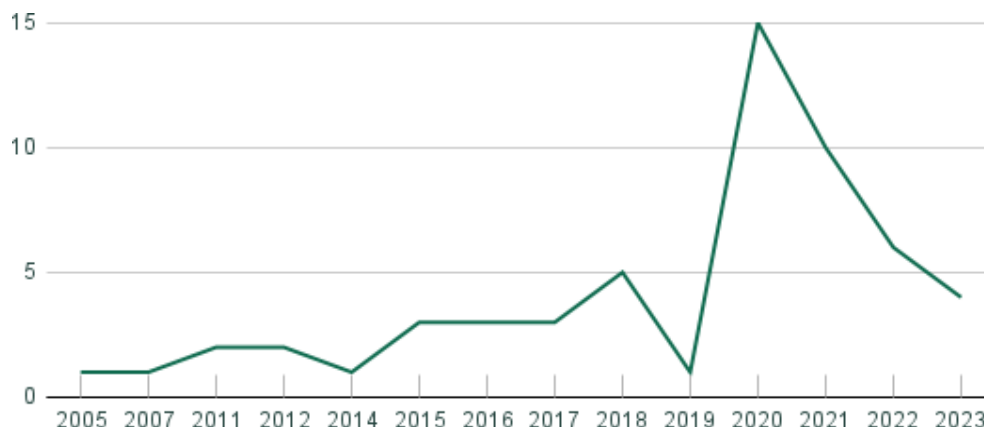
O periódico que mais publicou estudos no tema foi o *Sustainability* (8 publicações), seguido do *Building and Environment* (6 publicações) e do *Energy and Buildings* e *Sustainable Cities and Society*, ambos com 4 publicações, totalizando cerca de 61,4% dos textos (35 artigos). Os periódicos denotados por “outros” na Figura 2 publicaram apenas um artigo na área e correspondem a aproximadamente 38,6% dos resultados.



Fonte: AUTORES, 2023.

Ao relacionar a quantidade de publicações com o ano, verifica-se um pico em 2020, quando 15 artigos são publicados, como ilustrado na Figura 3. Há um decréscimo nos anos seguintes, porém, ainda há mais publicações nesse período do que os anos anteriores a 2020. Foram publicados 4 artigos em 2023, até o momento da revisão.

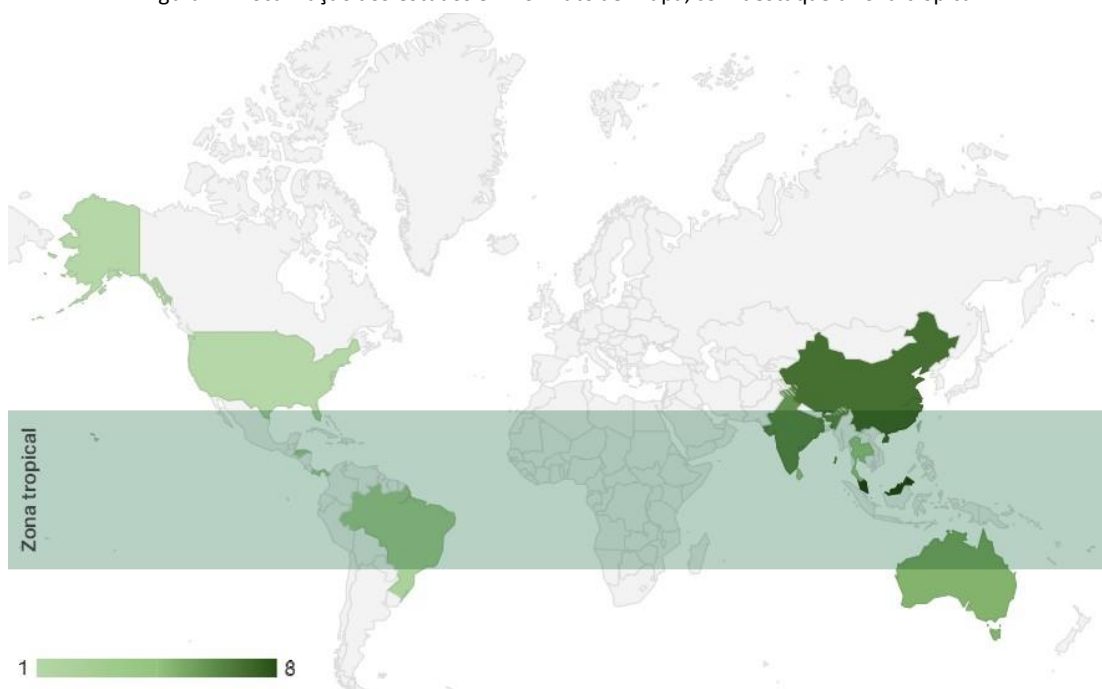
Figura 3 – Quantidade de publicações por ano



Fonte: AUTORES, 2023.

Dos 57 artigos, 13 não localizaram seus estudos, sendo 9 deles revisões. Na figura 4 é possível verificar a localização dos estudos conduzidos em mapa esquemático, com a zona tropical destacada. Dos estudos aplicados a uma localidade, os quatro países com maior número de publicações foram: Malásia (16,7%), Cingapura (15,2%), China (15,2%) e Índia (13%), que juntos correspondem a 60,1% dessas publicações. Na figura 5 estão relacionadas as cidades e os países dos estudos analisados, com a quantidade de vezes que determinada cidade foi estudada. Aplicando a classificação climática de Köppen-Geiger (ARNFIELD, 2023) às cidades identificadas, verificou-se que alguns estudos estão em zonas subtropicais, áridas, semi áridas, ou desérticas. Ainda assim, cerca de 66% dos estudos foram conduzidos em climas *Af* (Clima equatorial) e *Aw* (Clima de savana), considerados tropicais na classificação de Köppen.

Figura 4 – Localização dos estudos em formato de mapa, com destaque à zona tropical.



Fonte: AUTORES, 2023.

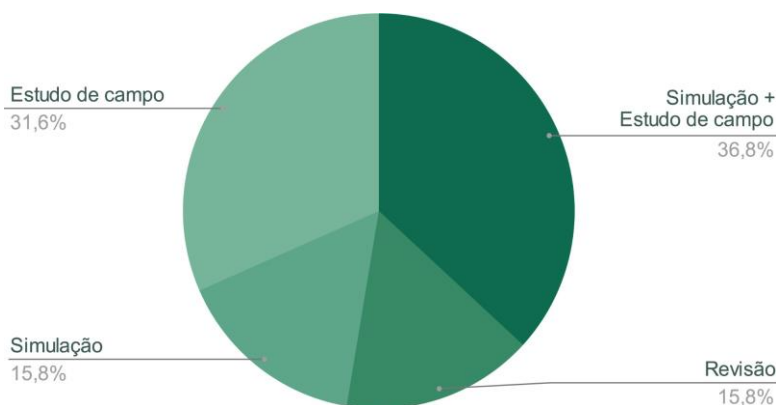
Figura 5 – Relação de países e cidades estudadas nos artigos seleccionados.



Fonte: AUTORES, 2023.

A metodologia mais empregada pelos estudos foi uma combinação de estudo de campo e simulações computacionais (21 estudos, 36,8%), seguido de estudo de campo (18 estudos, 31,6%), como demonstrado na Figura 6. As simulações se mostram mais vantajosas em relação ao estudo de campo tradicional na medida em que economizam tempo e mão de obra, além de possibilitarem a definição de cenários futuros (TEOH *et al.*, 2021). Destacaram-se os softwares de simulação microclimática *ENVI-met* e *Rayman*, utilizados, respectivamente, em 16 e 12 artigos. Estudos que utilizavam apenas simulações ou que conduziam revisões da literatura corresponderam ambos a 15,8% (9 revisões e 9 simulações).

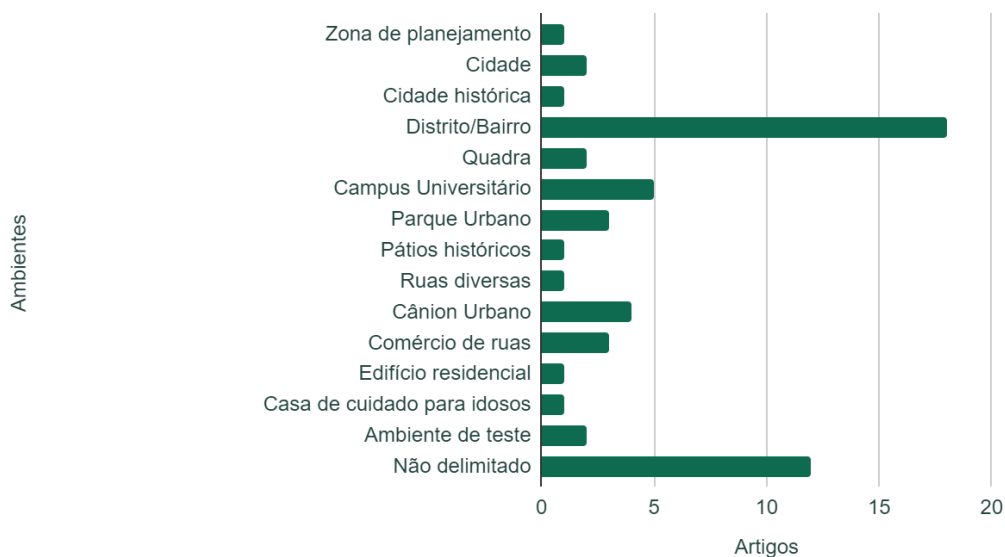
Figura 6 – Metodologia utilizada nos artigos analisados



Fonte: AUTORES, 2023.

Os estudos delimitaram escalas e ambientes com níveis de especificidade e abrangência diversos, abarcando desde a escala da zona de planejamento até um ambiente de teste controlado, como mostra a Figura 7. A maioria dos artigos conduziram análises na escala do distrito ou bairro (18 estudos). Outros estudos trabalharam especificamente em campi universitários (5), cânions urbanos (4), entre outros. Uma vez que o fenômeno de ilha de calor é intensificado em cidades compactas e densas, os estudos se concentram nesse contexto.

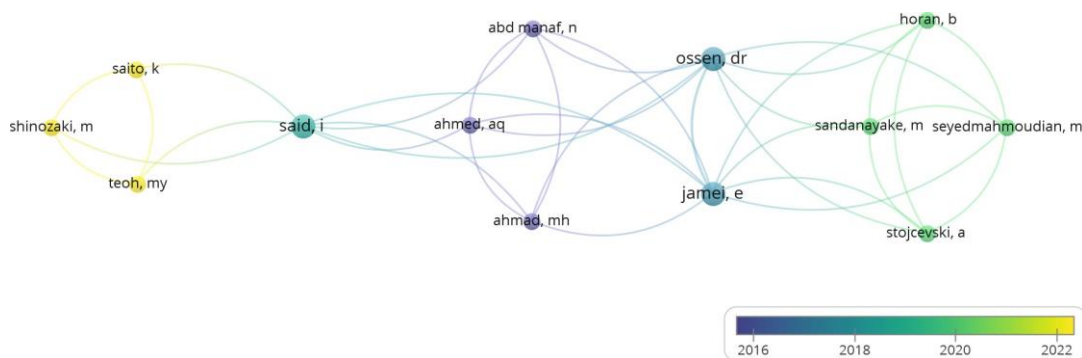
Figura 7 – Delimitação de ambiente de estudo, da escala mais abrangente



Fonte: AUTORES, 2023.

Foram também realizados estudos bibliométricos com o software *VOSViewer*. Através da análise de co-autoria, apresentada na Figura 8, verifica-se que há pouca colaboração entre os pesquisadores da área: a maior rede colaborativa entre os 201 autores foi composta por apenas 13 deles. A Figura 9 mostra a análise das palavras chaves presentes na seleção final de artigos: foi possível identificar a preponderância de estratégias relacionadas à vegetação (pelas palavras “*vegetation*”, “*green infrastructure*”) e à morfologia urbana (pelos termos “*urban planning*” e “*urban design*”), antes mesmo da leitura dos artigos.

Figura 8 – Análise bibliométrica de co-autoria feita com o *VOSViewer*.



Fonte: AUTORES, 2023.



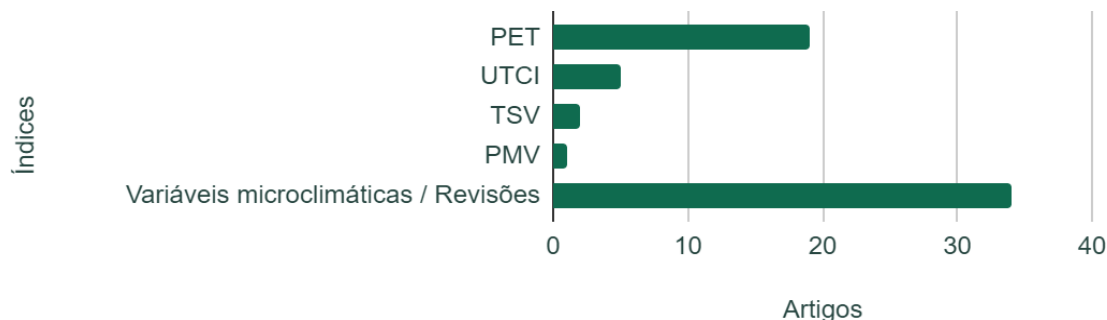
Figura 10 – Quantidade de artigos por subtemas identificados



Fonte: AUTORES, 2023.

O índice de conforto mais utilizado foi o *Physiological Equivalent Temperature* (PET), presente em 19 dos artigos revisados, o que é observado na Figura 11. O *Universal Thermal Climate Index* (UTCI) foi utilizado em 5 estudos, o *Thermal Sensation Vote* (TSV) em 2 e o *Predicted Mean Vote* (PMV) em 1. Outros estudos utilizaram apenas variáveis microclimáticas ou se tratavam de revisões. Contudo, o PET tem maior confiabilidade para prever a sensação de conforto térmico ao ar livre do que variáveis do ambiente individuais (BANERJEE; MIDDEL; CHATTOPADHYAY, 2020), uma vez que elas não são capazes de esclarecer as mudanças na percepção de conforto térmico externo (BANERJEE; MIDDEL; CHATTOPADHYAY, 2022).

Figura 11 – Índices de conforto e quantidade de artigos.

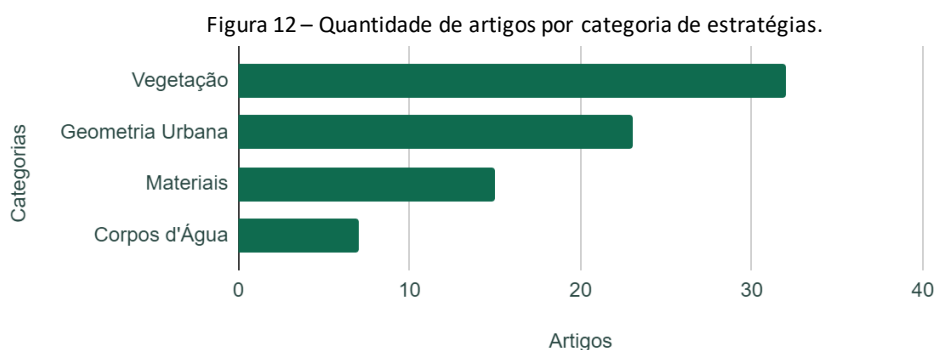


Fonte: AUTORES, 2023.

#### 4.2.1 Estratégias para mitigação de calor

Como apontam Aleksandrowicz *et al.* (2017), não há um sistema oficial de classificação das estratégias para mitigação de calor. Dessa forma, o processo de análise dos artigos revisados incluiu uma busca geral por estratégias e a sua efetividade, classificando-as em quatro categorias: geometria urbana, vegetação, materiais, e corpos d'água. As categorias de vegetação e geometria urbana foram as mais abordadas nos artigos, como mostra a Figura 12. Dos estudos analisados, 32 propuseram estratégias relacionadas à vegetação, 23 à geometria urbana, 15 aos materiais e 7 aos corpos d'água (ou utilização de água no geral). Os melhores resultados, contudo, são verificados através da combinação de diferentes estratégias

(JAMEI *et al.*, 2020), sendo essencial a adoção de medidas de adaptação mais holísticas no planejamento urbano (NASROLLAH *et al.*, 2020).



Fonte: AUTORES, 2023.

Apesar das evidências em relação à efetividade de diversas estratégias, a implementação real das medidas recomendadas pelos estudos ainda é um grande desafio. Questões como o custo de implementação e manutenção, o grau de intervenção no espaço e a escala necessária se sobrepõem à urgência climática. Muitas estratégias só podem ser aplicadas a novos empreendimentos urbanos e só se mostram efetivas se aplicadas em larga escala: alterações substanciais na geometria de cidades já consolidadas, por exemplo, dificilmente poderiam ocorrer, da mesma forma que é muito complexa a implementação de telhados verdes ou reflexivos em uma quantidade suficiente de edifícios para que a economia de energia seja impactante. A seguir, estão alguns resultados gerais em relação às categorias analisadas.

#### 4.2.2.1 Vegetação

A vegetação tem potencial para modificar o microclima urbano através de alterações nas variáveis de temperatura do ar, temperatura radiante média, velocidade do vento e umidade relativa do ar (MEILI *et al.*, 2021). É essencial que estratégias como a arborização estejam previstas em um plano climático de cidades tropicais, dado que o sombreamento é considerado o principal determinante no conforto térmico externo (TEOH *et al.*, 2021). Além de reduzir o ganho solar, as árvores capturam as perdas de ondas longas à noite (JAMEI *et al.*, 2020), contribuindo para mitigar os efeitos da ilha de calor noturna.

A arborização ao longo das vias foi bastante estudada. O efeito de resfriamento das árvores plantadas ao longo das ruas é positivo independente da orientação das vias (ZAKI *et al.*, 2020), mas é maior quando estão plantadas de forma agrupada ao invés de espalhadas e isoladas (AHMED *et al.*, 2015). Além disso, o sombreamento promovido por uma aglomeração de árvores de copa densa é mais eficaz no resfriamento que estruturas de sombreamento artificial (JAREEMIT e SRIVANIT, 2022). Os efeitos de resfriamentos ligados a parques urbanos não foram suficientemente analisados na seleção de artigos, o que não era esperado.

Para além da arborização de ruas e de parques, a vegetação foi também utilizada em fachadas e telhados. Especialmente em cidades de alta densidade e com pouco espaço livre, telhados e fachadas verdes são uma solução interessante (ZHENG, KEEFFE e MARIOTTI, 2023), contribuindo para a melhoria do conforto térmico tanto interno quanto externo, já que

reduzem a transferência de calor entre o ambiente e o envelope do edifício (SUNAKORN e YIMPRAYOON, 2011).

Entretanto, fatores como a localização das árvores e as espécies escolhidas interferem no potencial de mitigação de calor da vegetação (MORAKINYO *et al.*, 2020). Quanto às espécies, o tamanho da copa e propriedade ópticas de suas folhas afetam a capacidade de resfriamento e sombreamento (LIN e TSAI, 2017). A possibilidade de queda das folhas de cada espécie também deve ser considerada, uma vez que a redução do índice de área foliar no inverno diminui o efeito do sombreamento das árvores (TONG *et al.*, 2017).

Já em relação à localização, é preciso considerar a elevação no nível de umidade do ar e a queda da velocidade do vento proporcionada pela vegetação, particularmente por maciços vegetais, o que pode comprometer os níveis de conforto (AKTAS *et al.*, 2020). A vegetação, então, deve ser bem integrada com a morfologia da cidade. Alguns estudos utilizam o conceito de Local Climate Zones (LCZs) de Stewart e Oke (2012), analisando o desempenho da vegetação em diferentes contextos. Por exemplo, Kotharkar, Bagade e Singh (2020) concluíram que, para os cenários analisados, a vegetação tinha melhor efeito de mitigação de calor em assentamentos esparsamente construídos (LCZ 9) e planejados com espaços abertos (LCZ 3F).

#### 4.2.2.2 Geometria Urbana

As modificações na geometria urbana visando a ventilação e o sombreamento foram consideradas mais impactantes do que outras medidas de mitigação de calor, como a vegetação, os corpos d'água, as técnicas com água, ou o uso de materiais frios (JAMEI *et al.*, 2020; BEDRA *et al.*, 2023). Contudo, o desempenho varia conforme a densidade urbana e às características construídas de um contexto, sendo preciso considerar também o perfil de crescimento do local (KOTHARKAR, BAGADE e SINGH, 2020).

Muitos estudos analisaram a orientação das vias e as proporções do cânion urbano. Pensando na ventilação, a orientação das vias mais indicada seria paralelamente à direção do vento, mas é necessário considerar os efeitos da radiação solar: a recomendação é que às ruas principais estejam construídas à 30° da direção do vento prevalecente ou paralelamente quando a radiação permitir (JAMEI *et al.*, 2020). Quanto à proporção das ruas, Jamei *et al.* (2020) indicam uma relação H/W (altura/largura) maior que 2.

As Local Climate Zones (LCZ) de Stewart e Oke (2012) foram amplamente aplicadas para estudar os efeitos da morfologia urbana no conforto térmico. Segundo Perera e Emmanuel (2018), as LCZ podem ser utilizadas como um método mais simples de análise do contexto de diferentes cidades, e é especialmente vantajoso quando não há dados disponíveis para simulações mais detalhadas. Os resultados em relação ao desempenho das LCZ são diversos e precisam ser mais profundamente analisados. No geral, como apontam Ghosh, Kotharkar R e Kotharkar V (2021), áreas escassamente construídas (LCZ 9) recebem muita radiação solar e sofrem especialmente com estresse térmico diurno, enquanto zonas mais compactas (LCZ 3 e LCZ 3\_2) são mais atingidas pelo estresse térmico durante a noite, por conta das emissão de ondas longas.

#### 4.2.2.3 Materiais e Corpos d'água

As estratégias voltadas para a utilização de materiais e de corpos d'água foram as menos estudadas. A utilização de materiais de alto albedo deve ser feita com cuidado, não sendo recomendada em cânions urbanos para evitar efeitos de ofuscamento (NASROLLAHI *et al.*, 2020). Além disso, o efeito do uso desses materiais é insignificante para o resfriamento na escala do pedestre (JAMEI *et al.*, 2020). No entanto, o uso de telhados frios pode contribuir para aumentar o conforto em edifícios sem ar condicionado e reduzir o consumo de energia elétrica para os edifícios com ar condicionado (AKBARI e MATTHEWS, 2012).

Como apontam (JAMEI *et al.*, 2020), o efeito de resfriamento de corpos d'água em climas tropicais não é bem definido, apesar da redução da carga térmica pela transpiração e pelo alto calor específico da água. Isso é refletido na revisão aqui conduzida, em que não houve resultados consideráveis e conclusivos sobre esse tema.

## 5 CONCLUSÃO

Manter condições de conforto térmico externo em cidades tropicais é desafiador. A ilha de calor urbana será intensificada com o crescimento urbano nos trópicos, ao passo que, com as mudanças climáticas, haverá um aquecimento ainda maior nessas cidades. Através do mapeamento sistemático da literatura, foi identificada a importância de mais estudos específicos para o clima tropical e de maior colaboração entre os pesquisadores da área: apesar da grande variedade de países localizados nos trópicos, as pesquisas se concentram no Sudeste Asiático. Mesmo com uma quantidade reduzida de estudos direcionados a cidades tropicais, a produção científica existente já é suficiente para confirmar os impactos positivos e a urgência da adoção de medidas de mitigação de calor. A revisão sistematizada da literatura apontou para a existência de mais evidências para estratégias relacionadas à integração da vegetação ao ambiente urbano e à alterações na geometria das cidades. Devido à complexidade da implementação de muitas estratégias, recomenda-se que estudos de aplicabilidade sejam conduzidos, considerando a efetividade das estratégias, custo e seu grau de modificação no ambiente construído. Por fim, faz-se necessário maior aprofundamento nas questões relacionadas às políticas públicas e à comunicação entre os cientistas e os tomadores de decisão nas cidades, pois a real implementação das medidas aqui estudadas ainda é incipiente.

## 6 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

AHMED, Adeb Qaid; OSSEN, Dilshan Remaz; JAMEI, Elmira; MANAF, Norhashima Abd; SAID, Ismail; AHMAD, Mohd Hamdan. Urban surface temperature behaviour and heat island effect in a tropical planned city. **Theoretical And Applied Climatology**, [S.L.], v. 119, n. 3-4, p. 493-514, 4 mar. 2014. Springer Science and Business Media LLC.

AKBARI, Hashem; MATTHEWS, H. Damon. Global cooling updates: reflective roofs and pavements. **Energy And Buildings**, [S.L.], v. 55, p. 2-6, dez. 2012. Elsevier BV.

AKTAS, Yasemin D.; WANG, Kai; ZHOU, Yu; OTHMAN, Murnira; STOCKER, Jenny; JACKSON, Mark; HOOD, Christina; CARRUTHERS, David; LATIF, Mohd Talib; D'AYALA, Dina. Outdoor Thermal Comfort and Building Energy Use Potential in Different Land-Use Areas in Tropical Cities: case of kuala lumpur. **Atmosphere**, [S.L.], v. 11, n. 6, p. 652, 19 jun. 2020. MDPI AG.

ALEKSANDROWICZ, Or; VUCKOVIC, Milena; KIESEL, Kristina; MAHDAVI, Ardeshir. Current trends in urban heat island mitigation research: observations based on a comprehensive research repository. **Urban Climate**, [S.L.], v. 21, p. 1-26, set. 2017. Elsevier BV.

ARNFIELD, A. John. **Köppen climate classification**. 2023. Disponível em: <https://www.britannica.com/science/Koppen-climate-classification>. Acesso em: 07 ago. 2023.

BANERJEE, Shreya; Y, Graces Ching N.; YIK, Sin Kang; DZYUBAN, Yuliya; CRANK, Peter J.; YI, Rachel Pek Xin; CHOW, Winston T.L.. Analysing impacts of urban morphological variables and density on outdoor microclimate for tropical cities: a review and a framework proposal for future research directions. **Building And Environment**, [S.L.], v. 225, p. 109646, nov. 2022. Elsevier BV.

BANERJEE, Shreya; MIDDEL, Ariane; CHATTOPADHYAY, Subrata. Outdoor thermal comfort in various microentrepreneurial settings in hot humid tropical Kolkata: human biometeorological assessment of objective and subjective parameters. **Science Of The Total Environment**, [S.L.], v. 721, p. 137741, jun. 2020. Elsevier BV.

BANERJEE, Shreya; MIDDEL, Ariane; CHATTOPADHYAY, Subrata. A regression-based three-phase approach to assess outdoor thermal comfort in informal micro-entrepreneurial settings in tropical Mumbai. **International Journal Of Biometeorology**, [S.L.], v. 66, n. 2, p. 313-329, 30 abr. 2021. Springer Science and Business Media LLC.

BEDRA, Komi Bernard; ZHENG, Bohong; LI, Jiayu; LUO, XI. A Parametric-Simulation Method to Study the Interconnections between Urban-Street-Morphology Indicators and Their Effects on Pedestrian Thermal Comfort in Tropical Summer. **Sustainability**, [S.L.], v. 15, n. 11, p. 8902, 31 maio 2023. MDPI AG.

DUANY, Andrés; TALEN, Emily. Transect Planning. **Journal Of The American Planning Association**, [S.L.], v. 68, n. 3, p. 245-266, 30 set. 2002. Informa UK Limited.

GHAFFARIANHOSEINI, Amirhosein; BERARDI, Umberto; GHAFFARIANHOSEINI, Ali; AL-OBAIDI, Karam. Analyzing the thermal comfort conditions of outdoor spaces in a university campus in Kuala Lumpur, Malaysia. **Science Of The Total Environment**, [S.L.], v. 666, p. 1327-1345, maio 2019. Elsevier BV.

GRANT, Maria J.; BOOTH, Andrew. A typology of reviews: an analysis of 14 review types and associated methodologies. **Health Information & Libraries Journal**, [S.L.], v. 26, n. 2, p. 91-108, 27 maio 2009. Wiley.

HADDAD, Shamila; PAOLINI, Riccardo; ULIANI, Giulia; SYNNEFA, Afroditi; HATVANI-KOVACS, Gertrud; GARSHASBI, Samira; FOX, Jonathan; VASILAKOPOULOU, Konstantina; NIELD, Lawrence; SANTAMOURIS, Mattheos. Holistic approach to assess co-benefits of local climate mitigation in a hot humid region of Australia. **Scientific Reports**, [S.L.], v. 10, n. 1, p. 1-16, 26 ago. 2020. Springer Science and Business Media LLC.

**HEALTH risks on the rise as heatwave intensifies across Europe: WMO**. 2023. Disponível em: <https://news.un.org/en/story/2023/07/1138802>. Acesso em: 23 ago. 2023.

JAMEI, E.; OSSEN, D.R.; SEYEDMAHMOUDIAN, M.; SANDANAYAKE, M.; STOJCEVSKI, A.; HORAN, B.. Urban design parameters for heat mitigation in tropics. **Renewable And Sustainable Energy Reviews**, [S.L.], v. 134, p. 110362, dez. 2020. Elsevier BV.

JAREEMIT, Daranee; SRIVANIT, Manat. A Comparative Study of Cooling Performance and Thermal Comfort under Street Market Shades and Tree Canopies in Tropical Savanna Climate. **Sustainability**, [S.L.], v. 14, n. 8, p. 4653, 13 abr. 2022. MDPI AG.

KOTHARKAR, Rajashree; BAGADE, Anurag; SINGH, Pranjal Raj. A systematic approach for urban heat island mitigation strategies in critical local climate zones of an Indian city. **Urban Climate**, [S.L.], v. 34, p. 100701, dez. 2020. Elsevier BV.

KOTHARKAR, Rajashree; GHOSH, Aweek; KOTHARKAR, Varun. Estimating summertime heat stress in a tropical Indian city using Local Climate Zone (LCZ) framework. **Urban Climate**, [S.L.], v. 36, p. 100784, mar. 2021. Elsevier BV.

KUMAR, Pardeep; SHARMA, Amit. Study on importance, procedure, and scope of outdoor thermal comfort –A review. **Sustainable Cities And Society**, [S.L.], v. 61, p. 102297, out. 2020. Elsevier BV.

LAU, Kevin Ka-Lun; REN, Chao; HO, Justin; NG, Edward. Numerical modelling of mean radiant temperature in high-density sub-tropical urban environment. **Energy And Buildings**, [S.L.], v. 114, p. 80-86, fev. 2016. Elsevier BV.

LIN, Yu-Hao; TSAI, Kang-Ting. Screening of Tree Species for Improving Outdoor Human Thermal Comfort in a Taiwanese City. **Sustainability**, [S.L.], v. 9, n. 3, p. 340, 24 fev. 2017. MDPI AG.

MEILI, Naika; ACERO, Juan Angel; PELEG, Nadav; MANOLI, Gabriele; BURLANDO, Paolo; FATICHI, Simone. Vegetation cover and plant-trait effects on outdoor thermal comfort in a tropical city. **Building And Environment**, [S.L.], v. 195, p. 107733, maio 2021. Elsevier BV.

MORAKINYO, Tobi Eniolu; OUYANG, Wanlu; LAU, Kevin Ka-Lun; REN, Chao; NG, Edward. Right tree, right place (urban canyon): tree species selection approach for optimum urban heat mitigation - development and evaluation. **Science Of The Total Environment**, [S.L.], v. 719, p. 137461, jun. 2020. Elsevier BV.

NASROLLAHI, Nazanin; GHOSOURI, Amir; KHODAKARAMI, Jamal; TALEGHANI, Mohammad. Heat-Mitigation Strategies to Improve Pedestrian Thermal Comfort in Urban Environments: a review. **Sustainability**, [S.L.], v. 12, n. 23, p. 10000, 30 nov. 2020. MDPI AG.

OKE, T., Mills, G., Christen, A., & Voogt, J. (2017). **Urban Climates**. In *Urban Climates* (p. I). Cambridge: Cambridge University Press.

PACHAURI, R. K., Allen, M. R., Barros, V. R., Broome, J., Cramer, W., Christ, R., ... & van Ypserle, J. P. (2014). **Climate change 2014: synthesis report**. Contribution of Working Groups I, II and III to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Ipcc.

PERERA, N.G.R; EMMANUEL, R.. A “Local Climate Zone” based approach to urban planning in Colombo, Sri Lanka. **Urban Climate**, [S.L.], v. 23, p. 188-203, mar. 2018. Elsevier BV.

SARAIVA, Alexia. **ONU-Habitat: população mundial será 68% urbana até 2050**. 2022. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/188520-onu-habitat-populacao-mundial-sera-68-urbana-at%C3%A9-2050>. Acesso em: 23 ago. 2023.

STEWART, I. D.; OKE, T. R.. Local Climate Zones for Urban Temperature Studies. **Bulletin Of The American Meteorological Society**, [S.L.], v. 93, n. 12, p. 1879-1900, 1 dez. 2012. American Meteorological Society.

SUNAKORN, Pasinee; YIMPRAYOON, Chanikarn. Thermal Performance of Biofacade with Natural Ventilation in the Tropical Climate. **Procedia Engineering**, [S.L.], v. 21, p. 34-41, 2011. Elsevier BV.

TEOH, Mei-Yee; SHINOZAKI, Michihiko; SAITO, Kei; SAID, Ismail. Developing climate-led landscapes and greenery in urban design: a case study at ipoh, malaysia. **Journal Of Asian Architecture And Building Engineering**, [S.L.], v. 21, n. 4, p. 1640-1656, 1 jul. 2021. Informa UK Limited.

TONG, Shanshan; WONG, Nyuk Hien; TAN, Chun Liang; JUSUF, Steve Kardinal; IGNATIUS, Marcel; TAN, Erna. Impact of urban morphology on microclimate and thermal comfort in northern China. **Solar Energy**, [S.L.], v. 155, p. 212-223, out. 2017. Elsevier BV.

ZAKI, Sheikh Ahmad; TOH, Hai Jian; YAKUB, Fitri; SAUDI, Ahmad Shakir Mohd; ARDILA-REY, Jorge Alfredo; MUHAMMAD-SUKKI, Firdaus. Effects of Roadside Trees and Road Orientation on Thermal Environment in a Tropical City. **Sustainability**, [S.L.], v. 12, n. 3, p. 1053, 2 fev. 2020. MDPI AG.

ZHENG, Ying; KEEFFE, Greg; MARIOTTI, Jasna. Nature-Based Solutions for Cooling in High-Density Neighbourhoods in Shenzhen: a case study of baishizhou. **Sustainability**, [S.L.], v. 15, n. 6, p. 5509, 21 mar. 2023. MDPI AG.