



# INFRAESTRUTURA VERDE PARA MITIGAR OS EFEITOS DAS ILHAS DE CALOR EM PAÍSES DA AMÉRICA LATINA: UMA REVISÃO

**Palavras-Chave:** Ilhas de Calor Urbano; Infraestruturas Verdes; Arborização urbana; Soluções Baseadas na Natureza; América Latina

**Autores(as):**

**PÂMELA MARIA DIAS RONDELI, FT - UNICAMP**

**Prof. Dr. FELIPPE BENAVENTE CANTERAS (orientador), FT – UNICAMP**

**Prof. Dr. VITOR EDUARDO MOLINA JUNIOR (coorientador), FT - UNICAMP**

---

## INTRODUÇÃO:

O adensamento urbano está crescendo em todo o mundo. Muitas famílias procuram por locais com maiores oportunidades e maior qualidade de vida, justificando assim o alto crescimento em centros urbanos. O adensamento urbano promove, diretamente, diversos efeitos que impactam na vida dos moradores. Um dos impactos causados são as Ilhas de Calor Urbana (ICU), que são responsáveis por causar aumento na temperatura nos centros urbanos, ocasionando danos à saúde humana e ao meio ambiente.

Em cidades urbanizadas e com grande adensamento urbano as temperaturas são maiores do que as áreas circunvizinhas, formando um “oásis inverso” (Gartland, 2011), denominada de ICU. Além do desconforto conduzido pelas altas temperaturas, as ICU também contribuem com a poluição do ar e assim aumentam a demanda na saúde pública, outro ponto é o uso excessivo de energia para resfriar o local (Gartland, 2011). Em vista disso, soluções devem ser abordadas para eliminar ou minimizar os efeitos das ICU, destacando-se a implantação de estruturas verdes. Em vista disso, esse presente projeto propõe uma análise quantitativa e qualitativa de um levantamento bibliográfico sistemático de artigos que abordam o tema de Infraestruturas Verdes para mitigação dos efeitos das ICU em países Latino Americanos, uma vez que esses estudos vêm crescendo consideravelmente nestes países.

## METODOLOGIA:

A metodologia da revisão sistemática de literatura foi a partir de três bases de dados científicos: Electronic Library Online (SciELO), Scopus e Web of Science. As palavras-chaves utilizadas, em inglês, foram organizadas em forma de string de busca com termos referentes à Infraestrutura Verde ("green infrastructure", "urban greening", "urban vegetation", "ecosystem service", "blue infrastructure", "nature

based solution", "urban greenery", "urban green space", "forested"), à Ilhas de calor urbano ("urban heat island", "urban heat", "UHI", "heat waves", "thermal comfort", "urban climatology", "temperature", "mitigation strategy", "cooling effects"), e aos países da América Latina ("Latin America", "Belize", "Costa Rica", "El Salvador", "Guatemala", "Honduras", "Mexico", "Nicaragua", "Panama", "Argentina", "Bolivia", "Brazil", "Chile", "Colombia", "Ecuador", "French Guiana", "Guyana", "Paraguay", "Peru", "Suriname", "Uruguay", "Venezuela", "Cuba", "Dominican Republic", "Haiti", "Guadeloupe", "Martinique", "Puerto Rico", "Saint-Barthélemy", "Saint-Martin"). Para a formação das strings foram utilizados os campos de pesquisa Título e Resumo, além dos operadores Booleanos AND e OR. Para realizar a seleção e análise dos artigos foi utilizado o software Mendeley reference manager (Mendeley, 2020).

Para selecionar os artigos mais relacionados com o tema utilizou-se um modelo de fluxograma da metodologia PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), onde são consideradas as etapas: Identificação, Triagem, Elegibilidade e Inclusão. A Figura 1 ilustra o fluxograma com o processo de seleção.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO: ABORDAGEM QUANTITATIVA

A revisão sistemática resultou em 19 artigos, não foi determinado intervalo de tempo nas pesquisas, devido a isso os artigos analisados eram dos anos de 2011 a 2023. O ano que foi publicado o maior número de artigos relacionados ao tema foi em 2022, com 4 artigos publicados. Os países com maior quantidade de publicações foram Argentina e Brasil, ambos com 6 artigos publicados, logo em seguida o México com 4 publicações e empatados com 1 artigo cada, Chile, Porto Rico e Colômbia. Por fim, na Figura 2, é apresentada a porcentagem de cada Infraestrutura Verde encontrada no artigo analisado. Nitidamente, a arborização é a IV mais comentada e analisada quando se trata de mitigar os efeitos das ilhas de calor nos ambientes urbanos.

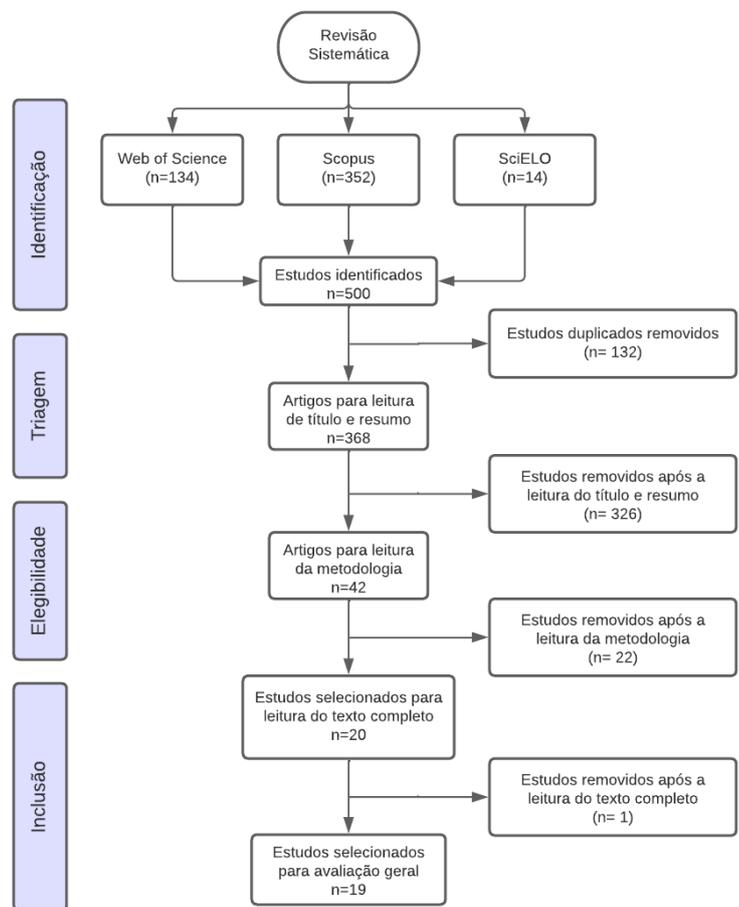


Figura 1 - Etapas de realização da Revisão Sistemática de Literatura (Fonte: Autoria própria)

## ABORDAGEM QUALITATIVA

Aos passar dos anos as Infraestruturas Verdes (IV) são cada vez mais consideradas para mitigar os efeitos das Ilhas de Calor. Devido a influencia positiva no conforto térmico. As IV citadas ao decorrer da revisão foram: Arborização, Parede Verde, Telhado Verde, Parques e Espaços Verdes, que serão descritas a seguir.

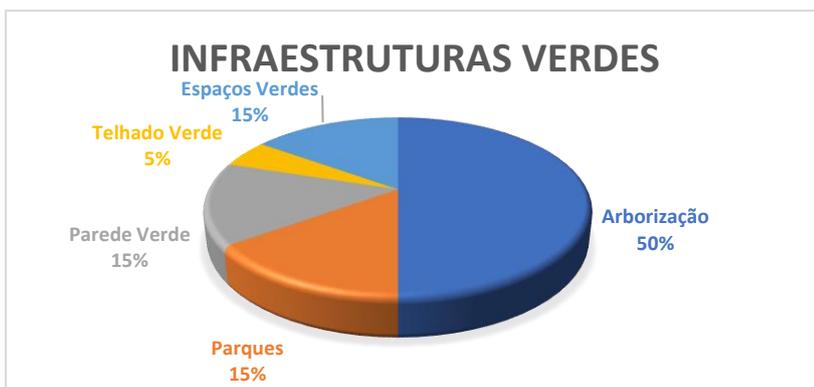


Figura 2 - Infraestruturas Verdes analisadas na Revisão (Fonte: Autoria própria)

É de sabedoria comum que as árvores possuem a capacidade de reduzir a temperatura e assim proporcionam um maior conforto térmico. A incidência direta da radiação solar é reduzida através do sombreamento proporcionada pelas copas das árvores, além de aumentar a umidade relativa por meio da evapotranspiração, onde as árvores liberam vapor para a atmosfera, reduzindo assim a temperatura e aumentando o conforto térmico. GIOIA et. al. (2014) comprovou que a arborização apresentou uma redução entre 1,5°C a 2,8°C ao redor da área estudada.

Estudos mostraram que o tamanho da mancha da vegetação influencia na temperatura da superfície terrestre (LST) (GIOIA et. al., 2014). Ou seja, quanto maior a quantidade de árvores presentes no local, maior será o efeito na redução das ICU (MIRANDA et. al., 2022). Outro ponto discutido nos artigos revisados era a abundância da copa da árvore, ou seja, o tamanho de suas copas. Espécies como *Platanus acerifolia* e *Parasenegalia visco* apresentaram maior conforto térmico, pois são consideradas árvores de grande porte e possuem copas semiabertas a fechadas e estendidas (DUVAL et. al., 2022). As espécies *Pitecellobium dulce*, *Capparis odoratissima*, *Bulnesia carrapo*, *Tecoma stands* e *Manguifera indicas*, também apresentaram um bom conforto térmico (DEVIA et. al, 2019). Duarte et. al. (2015) estudou quatro cenários diferentes afim de analisar qual deles reduziria mais a temperatura, ao final, o cenário que teve a maior redução foi o que apresenta árvores mais densas com uma mancha de vegetação maior, comprovando o que foi citada por outros autores.

Paredes verdes, são estruturas arquitetônicas e paisagística que possuem como objetivo principal integrar a natureza ao ambiente construído, fornecendo benefícios estéticos e ambientais. Também são chamadas de fachada verde, jardim vertical e parede viva (TOMAZELLI et. al., 2016). Considerando que os locais onde há presença de ilhas de calor são cidades com adensamento populacional muito alto, as paredes verdes é uma forma de mitigar os efeitos em espaços mais limitados. SUAREZ et. al. (2020), registrou uma redução de 3,1°C em ambientes internos onde há paredes verdes. Enquanto FENSTERSEIFER et. al., (2022), comprovou em seu estudo que a presença de paredes verdes contribui com uma redução de 9,1°C, comparado com a temperatura interna presente em uma residência sem a IV. No entanto, esse resultado excelente só foi possível devia a habitação ser

ecologicamente correta. Portanto, os mat6rias utilizados na constru77o s7o os mais indicados para esse caso, por isso que a redu77o foi discrepante comparado aos outros valores. As plantas utilizadas s7o trepadeiras perenes ou caducif6lias, sendo as esp6cies mais utilizadas *Sedum moranense*, *Pennisetum clandestinum*, *Sedum dendroideum*, *Aeonium subplanum*, *Agavecelsii*, *Sedum acre* e *Tradescantia Zebrina* (7VILA-HERN7NDES et. al., 2023). As paredes verdes mitigam os efeitos das ilhas de calor devido ao sombreamento, ou seja, a vegeta77o funciona com uma barreira f6sica que impede que a radia77o solar incide sobre a estrutura do edif6cio, deixando assim o local mais fresco. Outro ponto 6 a evapotranspira77o, onde ocorre o aumento da umidade relativa do ar, criando assim uma sensa77o de frescor.

Telhado verde tamb6m 6 conhecido como varanda ou terra77o com vegeta77o, telhados vivos e cobertura verde. 6 a implementa77o de vegeta77o no telhado do edif6cio, tornando a vegeta77o integrante da estrutura. 6 mais indicado implementar essa IV no in6cio do projeto, no entanto, tamb6m pode ser inserido em edif6cios j7 construidos, por6m 6 necess7rio a realiza77o de uma an7lise para refor7ar a estrutura (7VILA-HERN7NDES et. al., 2023). Para implementar essas IV etapas devem ser seguidas, sendo elas: vegeta77o, substrato, filtro com material geot6xtil, camada de drenagem e membrana imperme7vel (7VILA-HERN7NDES et. al., 2023).

Como a parede verde, o telhado verde funciona como uma barreira f6sica impedindo que os raios solares incidem diretamente na estrutura, dessa forma causando uma sensa77o de frescor. Al6m de mitigar os efeitos das ilhas de calor, essa IV tamb6m diminuem o escoamento, armazenam 7gua no substrato, e regulam a qualidade das 7guas pluviais (GONG et. al., 2020).

No entanto para um bom funcionamento, a escolha da vegeta77o deve ser adequada. 7VILA-HERN7NDES et. al. (2023), realizou uma revis7o sobre a implementa77o dos telhados verdes, eles destacaram que ocorreu uma redu77o de 1,3°C a 13,7°C quando instalados. J7 em rela77o as esp6cies mais utilizadas s7o seduns, kalanchoes e cactos. E por fim, al6m do uso adequado de vegeta77o, o substrato tamb6m 6 importante para um bom funcionamento, isso porque eles s7o respons7veis pela sa7de da planta e impedir que ocorra o lixiviamento dos nutrientes.

Como j7 mencionado um maior adensamento de 7rvores, causa um maior poder de reduzir da temperatura do ar. Considerando isso, os parques urbanos possuem um grande papel na mitiga77o dos efeitos das ilhas de calor. Um estudo realizado Mendoza Argentina mostrou que as temperaturas no parque em rela77o aos locais ao redor, tinha uma diferen7a de 3,6°C em 2007 – 2008 e de 1,6°C em 2016-2017, essa diferen7a na temperatura foi devido ao crescimento populacional ocorrido no local, aumentando assim a inercia t6rmica (RUIZ et. al., 2022). Outro estudo realizado em San Juan em Porto Rico, analisou que ocorreu uma diminui77o de 4,7°C (MURPHY et. al., 2011).

Por fim, os autores DE OLIVEIRA et. al. (2023), GOMEZ-MARTINEZ et. al. (2021) e COLUNGA et. al. (2015), descreveram a IV utilizada como Espa7os verdes e espa7os verdes urbanos (UGS). Que nada mais seria que algumas IV j7 citadas ao decorrer do trabalho, como arboriza77o e parques.

## CONCLUSÕES:

A implementação de IV é uma importante estratégia para mitigar os efeitos das ilhas de calor, portanto pesquisas nesta área são de suma importância para que a implementação das estratégias seja eficaz. Desta forma o foco principal dessa revisão era demonstrar as IV utilizadas na América latina, além de oferecer uma descrição de cada infraestrutura utilizada. Foi possível visualizar que a arborização foi a IV mais estudada, visto que as árvores fornecem uma capacidade de redução de temperatura. Além da arborização, também se destacou telhados verdes, paredes verdes e parques. No entanto é notório a falta de pesquisas relacionadas ao tema nos países da América latina, visto que são países que sofrem com as consequências das ilhas de calor urbana. Portanto, pode-se concluir que mais estudos devem ser realizados, uma vez que as IV auxiliam na mitigação dos efeitos das ilhas de calor.

---

## BIBLIOGRAFIA

- ÁVILA-HERNÁNDEZ, A.; SIMÁ, E.; CHÉ-PAN, M. Research and development of green roofs and green walls in Mexico: A review. *Science of The Total Environment*, v. 856, p. 158978, 2023.
- COLUNGA, Maria L. et al. The role of urban vegetation in temperature and heat island effects in Querétaro city, Mexico. *Atmósfera*, v. 28, n. 3, p. 205-218, 2015.
- DE MIRANDA, Vitor Fonseca Vieira Vasconcelos et al. Urbanization-induced impacts on heat-energy fluxes in tropical South America from 1984 to 2020: The Metropolitan Area of Rio de Janeiro/Brazil. *Building and Environment*, v. 216, p. 109008, 2022.
- DE OLIVEIRA, Carlos Magno Moreira et al. Spatiotemporal assessment of land surface temperature and vegetation in tropical urban areas. *Urban Ecosystems*, v. 26, n. 1, p. 45-65, 2023.
- DEVIA, Carlos; TORRES, Andrés. Atenuación de la temperatura y radiación UV de la vegetación en entornos urbanos de ciudades ribereñas y su demanda hídrica. *Revista Luna Azul*, n. 49, p. 200-219, 2019.
- DUARTE, Denise HS et al. The impact of vegetation on urban microclimate to counterbalance built density in a subtropical changing climate. *Urban Climate*, v. 14, p. 224-239, 2015.
- DUVAL, Valeria S.; BENEDETTI, Graciela M.; BAUDIS, Katherine. Confort térmico producido por la vegetación arbórea en el macrocentro de Bahía Blanca (Argentina). *Ecología Austral*, v. 32, n. 2, p. 502-515, 2022.
- FENSTERSEIFER, Paula et al. A year-assessment of the suitability of a green façade to improve thermal performance of an affordable housing. *Ecological Engineering*, v. 185, p. 106810, 2022.
- GARTLAND, Lisa. **Ilhas de calor: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas**. 1.ed. São Paulo: Oficina de textos, 2011.
- GIOIA, Antonela et al. Size matters: vegetation patch size and surface temperature relationship in foothills cities of northwestern Argentina. *Urban ecosystems*, v. 17, p. 1161-1174, 2014.
- GOMEZ-MARTINEZ, Filoteo et al. Multi-temporal land surface temperature and vegetation greenness in urban green spaces of Puebla, Mexico. *Land*, v. 10, n. 2, p. 155, 2021.
- GONG, Yongwei et al. Factors affecting the ability of extensive green roofs to reduce nutrient pollutants in rainfall runoff. *Science of the Total Environment*, v. 732, p. 139248, 2020.
- MURPHY, David J. et al. The relationship between land cover and the urban heat island in northeastern Puerto Rico. *International Journal of Climatology*, v. 31, n. 8, p. 1222-1239, 2011.
- RUIZ, Maria Angelica et al. Park cool island and built environment. A ten-year evaluation in Parque Central, Mendoza-Argentina. *Sustainable Cities and Society*, v. 79, p. 103681, 2022.
- SUAREZ, Pablo A. et al. Thermal performance of traditional east facing green facades in tract housing located in arid climates. *Hábitat Sustentable*, v10, n.2, p. 83-93, 2020.
- TOMAZELLI, J. G. et al., Vertical greening systems: overview and perception on the building's thermal performance. *Building and Environment*, v. 99, p. 202-209, 2016. DOI: 10.1016/j.buildenv. 2016.01.013.