

# UMA REVISÃO SISTEMÁTICA SOBRE O USO DAS ZONAS CLIMÁTICAS LOCAIS PARA IDENTIFICAÇÃO DAS ILHAS DE CALOR URBANA DA SUPERFÍCIE

Rodrigo Passos Fernandes<sup>1</sup>, Victor Fernandez Nascimento<sup>2</sup>, Marcos Wellausen Dias de Freitas<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós-graduação em Sensoriamento Remoto (PPGSR) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), rodrigopassosufrgs@gmail.com; <sup>2</sup>Universidade Federal do ABC (UFABC) e PPGSR/UFRGS, victor.fernandez@ufabc.edu.br; <sup>3</sup>PPGSR/UFRGS, mfreitas@ufrgs.br;

## RESUMO

A ilha de calor urbana da superfície (SUHI) pode ser analisada usando a temperatura da superfície terrestre (LST), através de dados de sensoriamento remoto, porém isso não ocorre de forma homogênea nos diferentes tipos de áreas urbanas. Portanto, o objetivo deste trabalho é analisar as publicações na literatura com auxílio do método PRISMA e do software VosViewer para entender o estado da arte da utilização de mapas de classificação de uso e cobertura da terra chamado de zonas climáticas locais (LCZ) para estudar a LST e a SUHI. Um total de 51 artigos foram analisados após o processo de seleção na literatura. Os resultados demonstraram que esse ainda é um tema recente, começando a aparecer em 2016, porém, tem aumentado significativamente ao longo dos anos. Contudo, nenhuma publicação foi encontrada para o Brasil. Portanto, análises bibliográficas como esta, serve como estímulo para que estudos desta temática sejam realizados no país.

**Palavras-chave** — SUHI, LCZ, PRISMA, VosViewer.

## ABSTRACT

*The surface urban heat island (SUHI) can be analyzed using the Earth's surface temperature (LST), through remote sensing data, but this does not occur homogeneously in different types of urban areas. Therefore, the objective of this work is to analyze the publications in the literature with the aid of the PRISMA method and the VosViewer software to understand the state of the art of the use of land use and land cover classification maps called local climatic zones (LCZ) to study the LST and SUHI. A total of 51 articles were analyzed after the literature selection process. The results showed that this is still a recent topic, starting to appear in 2016, however, it has increased significantly over the years. However, no publications were found for Brazil. Therefore, bibliographic analyzes such as this one serve as a stimulus for studies on this topic to be carried out in the country.*

**Key words** — SUHI, LCZ, PRISMA, VosViewer.

## 1. INTRODUÇÃO

O aumento da urbanização e a falta de planejamento ocasiona diversos problemas para as cidades. Um dos mais conhecidos é o fenômeno da ilha de calor urbana (UHI), referido na literatura como o aumento da temperatura dos centros das cidades em relação aos seus arredores rurais. Segundo [1], três tipos de UHI são atualmente reconhecidos; i) a ilha de calor da camada de dossel (CUHI); ii) a ilha de calor da camada limite (BUHI); e iii) a ilha de calor urbana da superfície (SUHI), essa última é considerada nesta revisão bibliográfica. A temperatura da superfície (LST) é obtida através de dados de sensoriamento remoto e é usada como um indicador importante para mensurar a SUHI. Por sua vez, a LST, controla o balanço de energia próximo a superfície, a qual afeta o processo de distribuição de calor, alterando assim significativamente o clima urbano, pois as cidades possuem muitos materiais que retêm temperatura, diferente de coberturas naturais rurais que dissipam melhor o calor [2].

Em decorrência disso, um dos grandes desafios é entender os efeitos das diferentes classes de áreas urbanizadas na SUHI. Nesse contexto, um novo sistema de classificação de uso e cobertura da terra, chamado de zonas climáticas locais (LCZ) foi criado para identificar os diferentes usos das áreas urbanas, o qual por sua vez está sendo crescentemente utilizada em estudo de ilhas de calor urbanas [3]. O LCZ proposto por [4], em 2012, consiste em duas categorias principais, divididas entre áreas construídas e áreas não construídas, na qual as duas categorias juntas incluem 17 subcategorias, baseadas em densidade de construções, forma da geometria e características da superfície [4].

Portanto, essa revisão sistemática analisou os trabalhos publicados na literatura que utilizam os mapas de classificação dos LCZs para estudar a LST e o fenômeno da ilha de calor urbana da superfície. Para levantar e analisar o estado da arte desta temática, foi utilizado o método

PRISMA com o auxílio do software VosViewer para entender a relevância, contribuições regionais/globais, sensores e métodos mais utilizados, entre outras avaliações.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

A seguir, encontram-se descritas, as etapas desta revisão utilizando-se o método PRISMA, sintetizado no fluxograma abaixo (Figura 1).

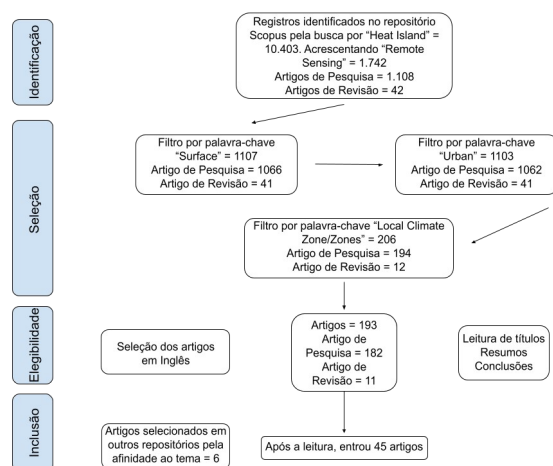


Figura 1. Fluxograma PRISMA das fases da metodologia de pesquisa.

### 2.1. Etapa 1: Identificação

Na fase de identificação do estudo, para consultar a literatura de uma forma que melhor adequasse a temática em questão, foram escolhidas palavras-chaves como “*Heat Island*” e “*Remote Sensing*”, sendo essas filtradas na biblioteca Scopus (www.scopus.com). Nesta primeira etapa, foram selecionados 1.174 documentos, sendo 1108 artigos de pesquisa e 42 artigos de revisão.

### 2.2. Etapa 2: Seleção

Os artigos selecionados na etapa de identificação foram posteriormente extraídos para a etapa de seleção. Através de uma ferramenta de filtragem, primeiramente usando as palavras-chaves “*Surface*” e “*Urban*”, o número total de artigos reduziu para 1103. Em seguida, foi aplicada o filtro usando a palavra-chave “*Local climate zone/zones*” e restaram 206 artigos ao final dessa etapa.

### 2.3. Etapa 3: Elegibilidade

Para a etapa da elegibilidade, como os documentos restantes estavam disponíveis apenas em diferentes idiomas, foram selecionados artigos somente em Português/Inglês. Além disso, títulos, resumos e conclusões foram lidos, com o

objetivo de selecionar somente os artigos cujo conteúdo fosse relacionado ao tema.

### 2.4. Etapa 4: Inclusão

Para a quarta e última etapa, a inclusão, foram selecionados 45 artigos da base de dados utilizadas. Além dos citados anteriormente, ao longo da pesquisa foram incluídos seis artigos de diferentes bases de dados na revisão sistemática. Portanto, 51 artigos foram incluídos para serem analisados mais profundamente neste estudo.

### 2.5. Análise dos dados

Todos os artigos selecionados na etapa de inclusão, tiveram suas informações catalogadas. Além disso, o software VosViewer foi utilizado na identificação da relevância dos artigos, e para entender as suas contribuições regionais e globais, assim como apontar as principais palavras-chaves utilizadas, os anos de publicação e as tendências entre autores.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Alguns dos resultados encontrados são brevemente discutidos aqui e uma versão mais completa desta revisão bibliográfica foi submetida em formato de artigo para uma revista científica.

### 3.1. Relevância da produção científica

Dos 10.403 artigos encontrados, durante as aplicações dos filtros demonstrados na Figura 01, restaram 51 artigos para serem analisados mais detalhadamente. Estes artigos foram publicados entre os anos de 2016 e 2022 (Figura 2), no qual para 2016 o artigo mais antigo data do mês de setembro, e para 2022 o mais recente foi analisado em junho, mês este no qual foi realizada a coleta dos dados.



Figura 2. Distribuição das publicações de setembro de 2016 a junho de 2021.

No entanto, nota-se uma tendência de crescimento nas publicações a partir de 2019. Os anos de maior destaque foram os mais recentes de 2020 e 2021, com 12 e 18 publicações, respectivamente. Muito possivelmente o último ano de análise que é 2022 pode facilmente ultrapassar os anos anteriores, já que na primeira metade do ano foram encontradas nove publicações nas literaturas relacionadas ao tema aqui estudado. Vale ressaltar, que as LCZ são provenientes de uma pesquisa recente, sendo trazida em 2012 por [4]. Além disso, sua abordagem era somente voltada para Ilhas de calor urbana da atmosfera, explicando o porquê das publicações sobre as zonas climáticas locais e as ilhas de calor urbana da superfície só começarem a aparecer em 2016.

### 3.2 Contribuição regional e global

Com o auxílio do VosViewer, os países de origem das instituições dos autores revisados (Quadro 1) e a sua rede de colaboração (Figura 3) foram analisadas.

Países	Documentos	Citações	Força
China	24	337	82
Estados Unidos	5	123	31
Reino Unido	4	71	45

Quadro 1. Países de origem das instituições dos autores dos artigos revisados (3 primeiros).

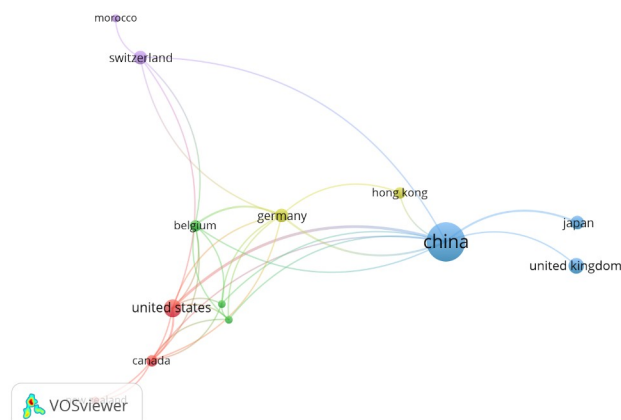


Figura 3. Análise da rede de clusters das principais conexões entre países dos artigos revisados.

Nota-se que a maior contribuição foi da China, com 48% dos artigos e aproximadamente 33% das citações, seguido pelos Estados Unidos, com 10% dos artigos e aproximadamente 12% das citações. Percebe-se que mesmo em terceiro lugar de artigos e citações, o Reino Unido, mesmo com um artigo a menos do que os Estados Unidos, obteve uma força maior. Esse fato pode ocorrer pelas conexões entre os autores dos respectivos países. Os

restantes dos países possuem menos do que quatro artigos, com forças inferiores aos países citados anteriormente.

### 3.3 Análise de satélite e sensores

Uma variedade de sensores e plataformas foram utilizadas em diferentes etapas para a identificação das LCZ ou do comportamento termal da superfície. Estão listadas informações dos satélites e sensores encontrados nos artigos (Quadro 2).

Satélites	Sensores	Artigos	Res. temporal	Res. espacial
Terra-Aqua	MODIS	18	1-2 dias	250m - 1km
Terra	ASTER	8	16 dias	15-90 m
Landsat 8	OLI/TIRS	43	16 dias	OLI: 15/30m TIRS: 100m
Landsat 7	ETM+	6	16 dias	15-30-90m
Landsat 5	TM	6	16 dias	30-120m
Sentinel 2 A-B	MSI	7	5 dias	10m
FY-2F	-	2	-	-
Outros	-	9	-	-

Quadro 2. Informações dos satélites e sensores encontrados na revisão.

Pode-se perceber que o satélite Landsat 8 OLI/TIRS foi o que apareceu em mais estudos, destacando-se em 43 publicações, ocorrendo, por exemplo, nos artigos de [5], [6]. O segundo satélite/sensor que mais aparece é o Terra-Aqua MODIS, aparecendo em 18 estudos, tais como os artigos de [7] e [8], por exemplo.

Nos artigos analisados, imagens do satélite Landsat e do sensor MODIS foram mais utilizadas por conta da longa série histórica que eles apresentam, além de os dados serem gratuitos. Entretanto, apesar do Landsat 8 fornecer os dados termais em uma resolução espacial média (100 metros), ele os fornece em um período de revisita relativamente longo (16 dias), enquanto o sensor MODIS fornece os seus dados em um período de revisita mais curto, apesar da resolução espacial dos dados térmicos ser mais grosseira (1 km).

### 3.4 Método de obtenção da LCZ

A obtenção do mapa das zonas climáticas locais (LCZ), pode ser realizada através de diferentes métodos (Figura 4).

Dentre eles, o método mais utilizado, é o da *World Urban Database and Access Portal Tools* (WUDAPT). Isto talvez aconteça porque este método provém instruções para a classificação do LCZ com dados e softwares de acesso aberto [9].

Em contrapartida, diversos estudos utilizam métodos que foram utilizados apenas uma vez, classificado como “outros” na figura anterior. Dentre eles podem se citar alguns como abordagens em softwares livres como o *plugin* do QGIS como foi o trabalho de [10], a ferramenta de gerar LCZ da Copernicus vista no trabalho de [11] e métodos retirados de outros autores como [12].

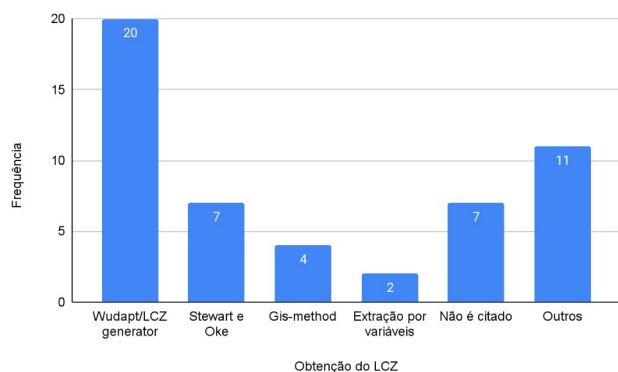


Figura 4. Métodos de cálculo da LCZ.

## 5. CONCLUSÕES

A revisão sistemática com o auxílio do método PRISMA realizada neste estudo identificou 10.406 artigos na literatura, os quais foram submetidos posteriormente a etapas de seleção, elegibilidade e, por fim, inclusão, resultando em 51 artigos, os quais suas informações foram analisadas e catalogadas com auxílio de tabelas, figuras e mapas de análises de *clusters*, com o principal objetivo de avaliar o estado da arte sobre o uso das zonas climáticas locais para identificação das ilhas de calor urbana da superfície, através de técnicas do sensoriamento remoto.

Além da proposta do artigo, na qual o mesmo é desenvolvido por pesquisadores brasileiros, é da vontade dos autores dessa revisão sistemática incentivar o estudo dessa temática no Brasil, pois conforme analisado neste trabalho, até o mês de junho de 2022, nenhum artigo teve como área de estudo o País. Vale salientar que o aumento das áreas urbanas principalmente sem planejamento, somada as atuais mudanças climáticas acabam afetando fenômenos como as ilhas de calor e que consequentemente podem impactar cada vez mais a população mais vulnerável, principalmente aquelas com capacidade de adaptação restritas. Portanto, análises bibliográficas como esta, servem como incentivo para outros pesquisadores realizarem estudos de identificação da SUHI com auxílio das LCZs em território brasileiro.

## 8. REFERÊNCIAS

- [1] DEWAN, A. et al. Diurnal and seasonal trends and associated determinants of surface urban heat islands in large Bangladesh cities. **Applied Geography**, v. 135, p. 102533, out. 2021.
- [2] YANG, J. et al. Optimizing local climate zones to mitigate urban heat island effect in human settlements. **Journal of Cleaner Production**, v. 275, p. 123767, dez. 2020.
- [3] ZHANG, Y. et al. Spatiotemporal Characteristics of the Surface Urban Heat Island and Its Driving Factors Based on Local Climate Zones and Population in Beijing, China. **Atmosphere**, v. 12, n. 10, p. 1271, 29 set. 2021.
- [4] STEWART, I. D. et al. Local Climate Zones for Urban Temperature Studies. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 93, n. 12, p. 1879–1900, 1 dez. 2012.
- [5] ZHAO, C. et al. Use of Local Climate Zones to investigate surface urban heat islands in Texas. **GIScience & Remote Sensing**, v. 57, n. 8, p. 1083–1101, 16 nov. 2020.
- [6] BECHTEL, B. et al. SUHI analysis using Local Climate Zones —A comparison of 50 cities. **Urban Climate**, v. 28, p. 100451, jun. 2019.
- [7] DIAN, C. et al. Annual and monthly analysis of surface urban heat island intensity with respect to the local climate zones in Budapest. **Urban Climate**, v. 31, p. 100573, mar. 2020.
- [8] BUDHIRAJA, B. et al. Seasonality of Surface Urban Heat Island in Delhi City Region Measured by Local Climate Zones and Conventional Indicators. **IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing**, v. 12, n. 12, p. 5223–5232, dez. 2019.
- [9] ZHANG, Y. et al. Spatiotemporal Characteristics of the Surface Urban Heat Island and Its Driving Factors Based on Local Climate Zones and Population in Beijing, China. **Atmosphere**, v. 12, n. 10, p. 1271, 29 set. 2021.
- [10] CILEK U. et al. Analyses of land surface temperature (LST) variability among local climate zones (LCZs) comparing Landsat-8 and ENVI-met model data. **Sustainable Cities and Society**, v. 69, p. 102877, jun. 2021.
- [11] OLIVEIRA, A. et al. An urban energy balance-guided machine learning approach for synthetic nocturnal surface Urban Heat Island prediction: A heatwave event in Naples. **Science of The Total Environment**, v. 805, p. 150130, jan. 2022.
- [12] SHI, L. et al. Seasonal SUHI Analysis Using Local Climate Zone Classification: a case study of wuhan, china. **International Journal Of Environmental Research And Public Health**, [S.L.], v. 18, n. 14, p. 7242, 6 jul. 2021. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/ijerph18147242>.