

# MODELO DE REGRESSÃO PARA IDENTIFICAÇÃO DE ILHA DE CALOR: UM MAPEAMENTO SISTEMÁTICO

REGRESSION MODEL FOR HEAT ISLAND IDENTIFICATION: A SYSTEMATIC MAPPING

 Estéfane da Silva Lopes<sup>1</sup>

 Karla Emmanuela Ribeiro Hora<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO, Brasil, [estefanelopes@discente.ufg.br](mailto:estefanelopes@discente.ufg.br)

<sup>2</sup> Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO, Brasil, [karla\\_hora@ufg.br](mailto:karla_hora@ufg.br)

## Resumo

A mudança climática é um grande fenômeno contemporâneo com múltiplas consequências. Nas cidades, agrava o fenômeno das ilhas de calor urbano, tendo impacto na saúde dos habitantes e na sensação de desconforto térmico sentido nas zonas urbanas. Assim, cada vez mais é necessária a compreensão da temperatura do ar para inserir modelos quantitativos relacionados a uma ampla gama de fatores que influenciam a formação de ilhas de calor. Desta forma, o objetivo deste estudo é descrever como tem sido realizado os estudos de modelos de regressão linear múltipla para ilhas de calor urbanas, identificando assim as tendências dos estudos atuais por meio de um mapeamento sistemático de literatura. A partir da definição da *string*, iniciou-se a busca em quatro bases de dados, Web of Science, Scopus, Engineering Village e Science Direct. As buscas partiram de publicações entre 1996 a 2021. Uma vez que os artigos foram selecionados (643 artigos), aplicou-se os critérios de inclusão e exclusão, resultando no total de 34 artigos aderentes, sendo, a partir deste momento, lidos todos de forma integral. Observou-se um aumento nas publicações sobre esse tema nos últimos anos e demonstrou-se que a viabilidade calculada do modelo é relevante. Vários estudos buscam incorporar novas variáveis à análise, entretanto, são poucas variáveis que dão aos modelos precisão nos valores calculados, sendo estas *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), áreas verdes, aspectos relacionados à geometria urbana, proporção de água e áreas construídas. Com essas análises, recomendações serão fornecidas para estudos futuros e uma visão geral da literatura atual.

**Palavras-chave:** regressão múltipla, ilha de calor urbana, mapeamento sistemático de literatura.

## Abstract

*Change is a significant contemporary phenomenon with consequences. In cities, this exacerbates the phenomenon of heat islands. They are impacting the health of the inhabitants and the thermal comfort zones in urban areas. Thus, it is increasingly necessary to identify the model of temperature inclusion related to a wide range of factors that allow the formation of heat islands. Therefore, this study aims to describe how studies of multiple linear regression models for urban heat islands have been carried out, thus identifying trends in current studies through a systematic literature mapping. From the definition of the string, the search was applied to four databases: Web of Science, Scopus, Engineering Village and Science Direct. Once the articles were selected (643 articles), the inclusion and exclusion criteria were applied, resulting in 34 adherent studies read in full. An increase in publications on this topic has been observed in recent years, and it has been demonstrated that the calculated feasibility of the model is relevant. Several studies seek to incorporate new variables into the analysis, however, there are few variables that give the models precision in the calculated values. Several studies seek to incorporate new variables into the analysis, however, there are few variables that give the models precision in the calculated values, these being Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), green areas, aspects related to urban geometry, proportion of water and built areas. These analyses will provide recommendations for future studies and an overview of the current literature.*

**Keywords:** multiple regression, urban heat island, systematic mapping of literature.

### Contribuição dos autores:

**ESL:** conceituação, curadoria de dados, análise formal, investigação, metodologia, administração do projeto, programas, visualização, escrita – rascunho original.  
**KERH:** supervisão, validação, escrita – revisão e edição.

**Fomento:** Não houve fomento

**Declaração de conflito:** nada foi declarado.

### Editor Responsável:

Sidney Piochi Bernardini 

How to cite this article:

LOPES, E. da S.; HORA, K. E. R. Modelo de regressão para identificação de ilha de calor: um mapeamento sistemático. **PARC Pesq. em Arquit. e Constr.**, Campinas, SP, v. 14, p. e023026, 2023. DOI: <https://doi.org/10.20396/parc.v14i00.8668386>

Submitted 30.05.2021 – Approved 09.10.2023 – Published 01.12.2023

e023026-1 | **PARC Pesq. em Arquit. e Constr.**, Campinas, SP, v. 14, p. e023026, 2023, ISSN 1980-6809



## Introdução

A cidade é uma organização muito antiga, que marca sua presença na história por meio dos elementos que assinalam o advento do que se considera civilização. Processos econômicos e sociais delinham-se, transformando as condições de existência: concentrações populacionais, migrações rurais, superpovoamento e transformação do espaço assinalam o crescimento e configuração das cidades (Pesavento, 1995).

Da formação das cidades ao crescimento dos aglomerados urbanos, viram-se inúmeros e distintos processos, cuja base de transformação econômica e tecnológica se ancora em desigualdades socioespaciais com reflexo sobre a natureza. Todavia, o modelo de desenvolvimento ocorreu de forma desordenada e, por vezes, essas desigualdades revelaram ausência de preocupações ambientais e de acesso universal à infraestrutura básica. Por consequência, a cidade como um todo e seus núcleos urbanos, em particular, passaram a conviver com problemas estruturais que prejudicam a qualidade de vida ambiental.

Assim, a urbanização transformou as cidades em áreas adensadas com menor quantidade de vegetação e maior quantidade de superfícies artificiais diversas. Consequentemente, a perda de vegetação aumenta o armazenamento de calor na camada de solo que, por sua vez, contribui para a elevação de temperatura do ar em áreas urbanas (Oke, 1987)

Ao se estimar que mais de 68% da população mundial deverá viver nas áreas urbanas até 2050 (ONU, 2018), há que se considerar que o padrão de urbanização em curso acentuará os problemas que já ocorrem nas cidades, impactando a maioria dos seres humanos. Dentre estes problemas, a alteração do clima urbano tem sido preocupação constante em diversos estudos (Chen; Zhao; Li; Yin, 2006; Nascimento, 2011). Nakata-Osaki; Souza e Rodrigues (2018) afirmam que o crescimento populacional em áreas urbanas impulsiona os estudos de clima urbano por dois importantes motivos: verificação dos efeitos da urbanização no clima e garantia de um ambiente agradável e saudável para a população urbana.

Esse aumento de temperatura pode acarretar uma série de impactos na saúde humana, principalmente nas ondas de calor, onde há aumento considerável da mortalidade em um curto espaço de tempo (Heaviside, Macyntire, Vardoulakis, 2017). Sendo assim, torna-se essencial que estes problemas sejam considerados nos planejadores urbanos, principalmente na influência da geometria urbana e materiais de superfície (Sera; Armstrong; Tobias; Vicedo-Cabrera *et al.*, 2019).

Uma vez que tem recebido maior atenção desde os últimos anos do século XX, o fenômeno de ilhas de calor urbanas (ICU ou UHI, em inglês Urban Heat Island), segundo Qui, Gong e Ni (2019), pode ser definido como a diferença observada na temperatura ambiente entre áreas urbanas centrais com relação às periféricas. Segundo os autores, esse fenômeno pode ser observado, analisado e avaliado a partir de duas perspectivas: de ilhas de calor urbanas a partir da atmosfera mais próxima ao solo ou da própria superfície. O primeiro refere-se aos fenômenos baseados na temperatura do ar, enquanto o segundo é determinado pela temperatura de superfície da terra. Ressalta-se que este estudo tem como enfoque as ilhas de calor urbanas de superfície e do ar, uma vez que o mapeamento será feito a partir de dados coletados por termômetros e derivados do processamento digital de imagens de satélite.

Para Oke (1987), as ilhas de calor urbanas se originam, principalmente, pelo modelo desenvolvimento urbano, não empenhado ao planejamento, que resulta em maior temperatura de superfície terrestre, uma vez que a característica dos materiais

construtivos e a geometria urbana levam à retenção de calor, além de poder ser observada usando dados de sensoriamento remoto e não apenas dados meteorológicos. Entretanto os estudos sobre ilhas de calor urbanas não ajudam apenas a perceber as alterações do meio urbano em longo prazo, mas também, a propor melhorias para a qualidade de vida de uma dada região (Chen; Hao; Zhang; Chen, 2020).

As ilhas de calor urbanas são influenciadas por diversos fatores, como: vegetação, impermeabilização do solo, asfalto, altitude do terreno, distância entre parques, tipos de telhados e corpos d'água. Estas são variáveis que se tornam imprescindíveis para o estudo da formação de ilhas de calor urbanas pelo fato de afetarem diretamente este fenômeno e serem imprevisíveis em relação aos estudos de mudanças climáticas. Compreender esta relação pode fornecer subsídios ao planejamento urbano e consequentemente, minimização dos efeitos adversos.

Diversas pesquisas, tais como as de Deng, Wang, Hong e Qi (2009); Hu e Brunsell, (2013); Budhiraja, Pathak e Agrawal, (2017); Dorigon e Amorim, (2019); Wang, Gong e Brian (2019), apresentam os efeitos causados pelas ilhas de calor urbanas ao redor do mundo. Nos Estados Unidos existe uma preocupação entre estados e municípios, onde muitos Governos locais estão cada vez mais interessados em proteger e preparar as pessoas do fenômeno ilhas de calor urbanas, aplicando os princípios de controle ambiental para mitigar ilhas de calor urbanas (EPA, 2020).

Métodos tradicionais de monitoramento de ilhas de calor urbanas, incluindo estações meteorológicas e observação de pontos fixos custam muita mão de obra e recursos materiais, além do problema com a instalação e segurança dos equipamentos. No entanto, o uso de dados de sensoriamento remoto que atuam no espectro eletromagnético do infravermelho termal vem sendo uma tecnologia vantajosa devido a sua eficácia em detectar, de forma dinâmica e abrangente, a configuração do ambiente térmico urbano de grandes áreas com maior agilidade. (Zha; Gao; Ni, 2003).

Assim, conhecer a magnitude e o impacto das ilhas de calor urbanas numa dada localidade é importante para definir diretrizes para um planejamento urbano eficiente e sustentável, trabalhando, desta forma, para o bem-estar da população residente na cidade.

Portanto, o modelo de regressão múltipla utilizado para calcular os fatores de influência deve ser capaz de considerar quantitativamente e qualitativamente cada fator de interferência na formação de ilhas de calor urbanas, incluindo os valores calculados no programa com a realidade condizente em campo.

Percebe-se que o número de utilizações desse modelo tem aumentado nas últimas décadas. As razões para isso variam de país para país, visto que a viabilidade financeira e o tempo gasto são os principais itens para a tomada de decisão na implantação de um modelo de regressão linear múltipla, especialmente em países em desenvolvimento onde os recursos econômicos podem ser escassos.

Assim, este artigo tem como objetivo descrever como tem sido realizado os estudos de regressão linear múltipla para previsão de ilhas de calor urbanas, identificando as tendências dos estudos sobre modelos de regressão múltipla, por meio de um mapeamento sistemático de literatura.

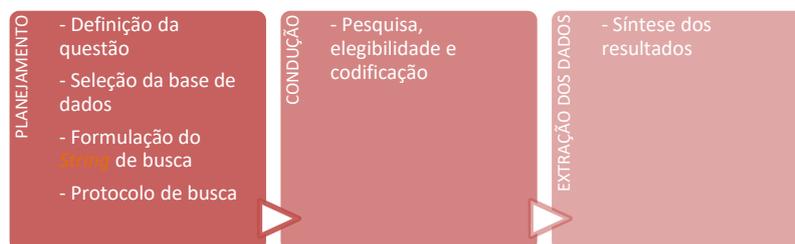
### ***Método de pesquisa***

O método adotado consiste no estabelecimento de critérios rigorosos para busca, seleção e análise de textos que compõe uma revisão bibliográfica.

Para tal, o mapeamento sistemático de literatura (MSL) é composto por três etapas: planejamento, condução e extração dos dados (Pedro, Nunes, Machado-Lima, 2013), conforme Figura 1. A etapa de planejamento consiste no estabelecimento do protocolo de pesquisa. A segunda etapa, de condução, compreende a seleção dos estudos aderentes e a última, extração, constitui-se na síntese e divulgação dos dados obtidos nos estudos primários que compõe a MSL.

No planejamento, a intenção inicial da pesquisa bibliográfica era conhecer as produções científicas que desenvolveram modelos matemáticos para estimativas da ilha de calor urbana (ICH). Para tal propósito, as questões são fundamentais foram: Quais técnicas são utilizadas para estimar as ICHs por modelos matemáticos? Qual a intensidade das ilhas de calor? Quais os tipos de regressão são utilizados? Quais variáveis interferem no modelo de regressão múltipla?

Figura 1– Método do Mapeamento Sistemático de Literatura adotado



Fonte: Lopes et al. (2022).

Partindo destas perguntas, foram consideradas as palavras-chave: *Urban heat Island*, *regression model*. Como a busca se limitou aos trabalhos publicados em periódicos encontrados nas bases de dados internacionais, as palavras-chave foram definidas em inglês. Para fazer a relação entre as palavras-chave com a utilização de um operador de lógica, a *string* de busca foi definida como ((*urban heat island*) OR UHI) AND (*regression model*).

O próximo passo foi definir as bases de dados para a realização da pesquisa. Tais bases foram escolhidas considerando sua representatividade na área de engenharia e arquitetura, com critério de qualidade para que os resultados fossem pertinentes para a realização do estudo. Deste modo, considerou-se as bases: Scopus, Engineering Village, Science Direct e Web of Science, que fornecem acesso a uma diversidade de fontes. Foi utilizada a mesma *string* de busca em todas as bases de dados internacionais mencionadas. A busca abrangeu palavras-chave, título e resumo.

Todos os trabalhos selecionados eram artigos de periódico, o que excluiu todos os artigos de congresso encontrados. Outros critérios de inclusão e exclusão foram tomados. Nos critérios de inclusão, restringiu-se os estudos que apresentaram dois destes critérios: o artigo deve analisar o fenômeno de ilha de calor; e o artigo deve apresentar um modelo de regressão para determinação de ilha de calor e/ou temperatura de superfície. Já os critérios de exclusão estabelecidos foram: ser trabalho em duplicidade, ou seja, encontrado em mais de uma base de dados; indisponibilidade de acesso para leitura integral; artigos que apenas quantifiquem ilha de calor sem utilizar métodos de regressão, como utilização de imagens de satélites para detecção e quantificação de ilha de calor; métodos de regressão que não quantifiquem o fenômeno de ilha de calor ou do *Land Surface Temperature* (LST).

A estratégia de seleção dos artigos consistiu, primeiramente, na exclusão dos trabalhos duplicados e, na sequência, na exclusão de títulos e resumos de trabalhos não

aderentes. Por fim, após a leitura dos artigos, se excluiu os artigos que não respondiam as perguntas.

Todo este processo de seleção foi realizado no programa computacional StArt (Silva; Zamboni; Hernandez; Thomazzo et al., 2021). Para a análise bibliométrica, foi utilizado o programa BIBLISHINY. Mesmo que os gráficos não tenham sido importados diretamente do programa, as informações foram concatenadas ao programa, que já gerava as planilhas consolidadas para uso em planilha eletrônica Excel®.

Do ponto de vista bibliométrico, as seguintes informações foram obtidas: autores, instituições, países das instituições, ano de publicação, periódico publicado, palavras-chave. Com esses dados, e procedendo a relação entre palavras-chave utilizadas e as intuições de pesquisas parceiras, determinou-se os *clusters* de palavras-chave e de pesquisadores.

Além das informações utilizadas para a análise bibliométrica, outras informações referentes à análise dos artigos foram necessárias: método de regressão utilizado, variáveis consideradas, local de pesquisa, modelos obtidos, variáveis mais sensíveis, trabalhos que utilizaram imagem de satélites e imagens de satélite utilizadas.

Destaca-se que não foi considerado um recorte temporal, visando-se identificar o quantitativo de estudos disponíveis nas bases de dados a partir dos critérios de busca, inclusão e exclusão. Para a finalização foi elaborada uma análise crítica dos resultados obtidos nos estudos aderentes, identificando padrões e lacunas do conhecimento.

## **Resultados**

### *Análise bibliométrica*

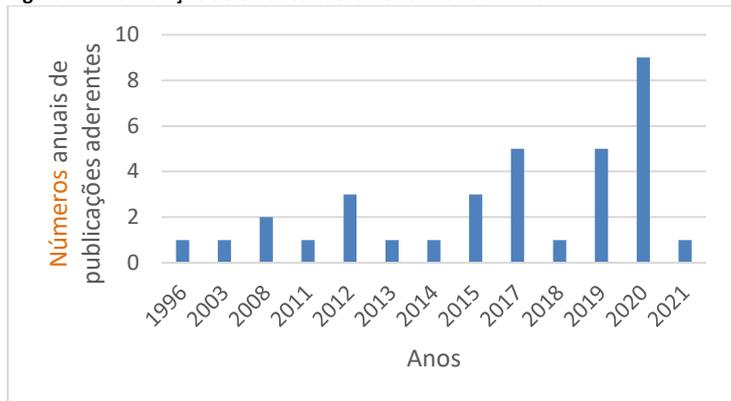
A busca preliminar nas bases retornou um total de 643 resultados que foram filtrados de acordo com o protocolo de busca adotado no método. A distribuição destes artigos por bases de dados identificou: 39% foram coletados da Web of Science, 33% coletados da Scopus, 17% coletados da Engineering Village e 11% da Science Direct.

Após a etapa de busca dos artigos, iniciou-se o processo de seleção dos artigos. Com a aplicação de todos os critérios, 34 artigos foram aderentes. A partir da seleção dos artigos aderentes, iniciou-se o processo de síntese dos resultados. Não se realizou a análise dos artigos aderentes por bases de dados.

A Figura 2 apresenta a distribuição dos artigos por ano de publicação. É possível observar que há publicações de 1996 a 2021. De modo geral vê-se uma tendência de aumento nos últimos anos, sendo o ano de 2020 o ano com maior número de publicações, representando quase 27% da amostra. Fato que pode ser associado à publicidade dos resultados do IPCC - Painel Intergovernamental sobre Mudanças do Clima, de 2020, onde as pessoas são estimuladas a estudar temáticas derivadas das mudanças climáticas globais.

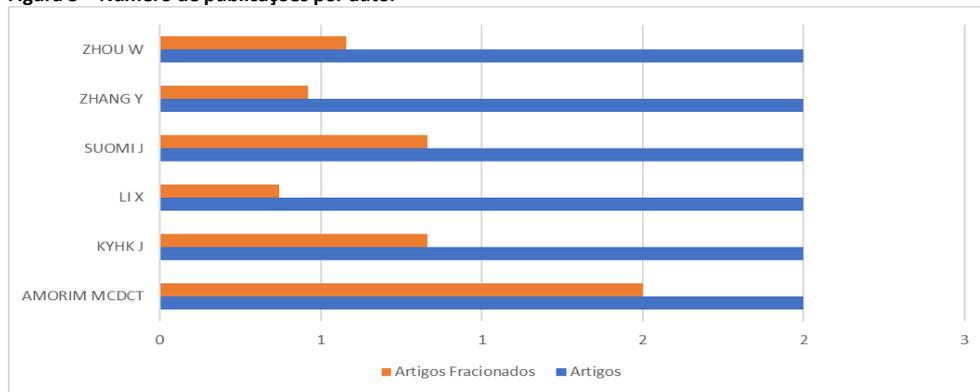
Analisou-se também os autores que publicaram sobre o tema. No total, 103 autores participaram das pesquisas aderentes. Entretanto, apenas 6 apresentaram mais de 1 artigo. A Figura apresenta os seis autores com o número de publicações (tanto o total quanto o número fracionado).

Figura 2 – Distribuição de estudos aderentes entre 1996 a 2021



Fonte: as autoras.

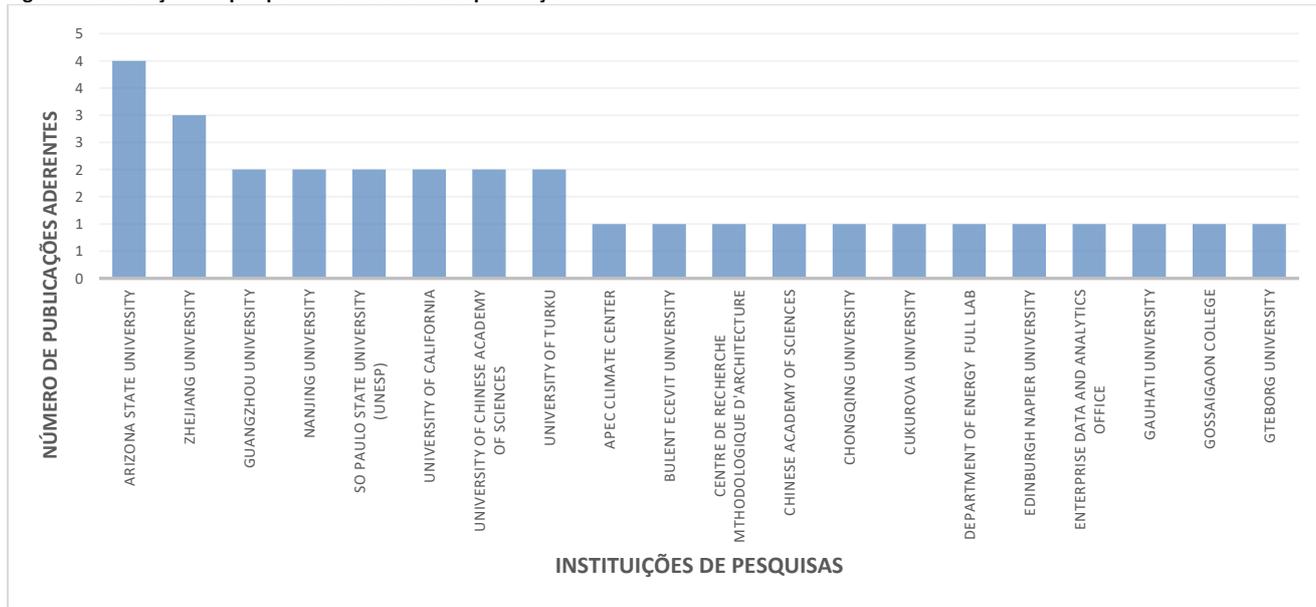
Figura 3 – Número de publicações por autor



Fonte: as autoras.

No que tange às instituições de pesquisa, 20 instituições diferentes se destacaram nos estudos sobre ilha de calor e modelo de regressão. Contudo, 8 instituições tiveram mais de 1 pesquisa creditada a elas. A *Erro! Fonte de referência não encontrada.* ilustra tais institutos que fizeram parte.

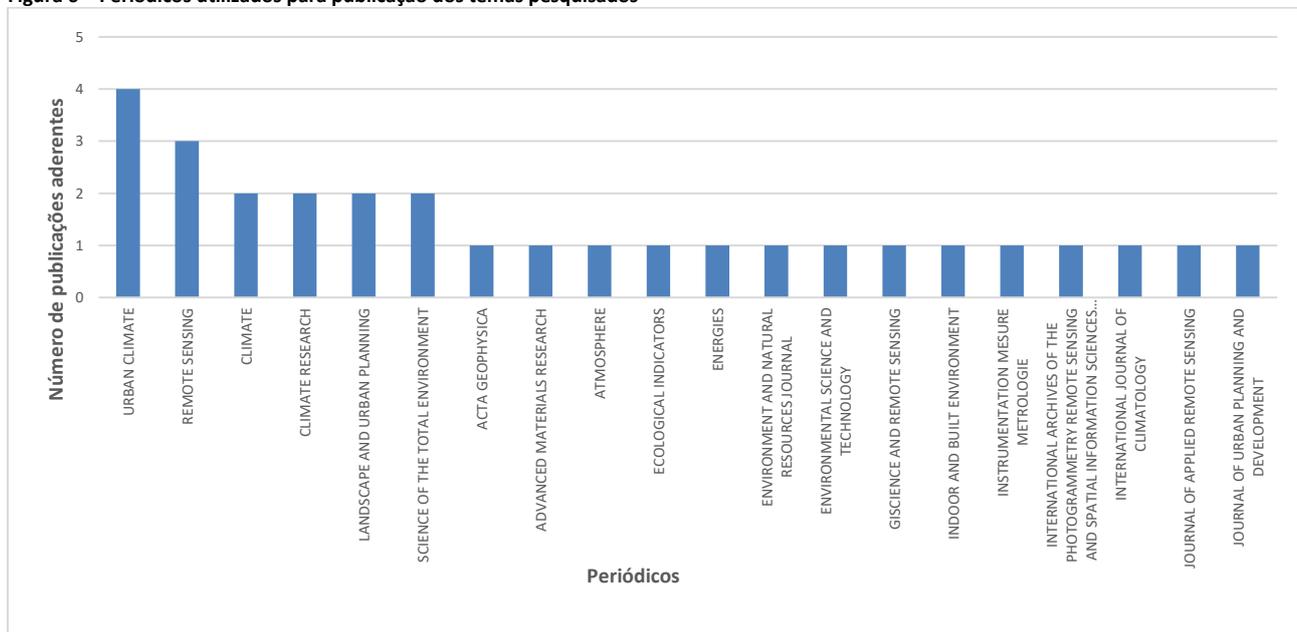
Figura 4 - Instituições de pesquisa com mais de uma publicação



Fonte: as autoras.

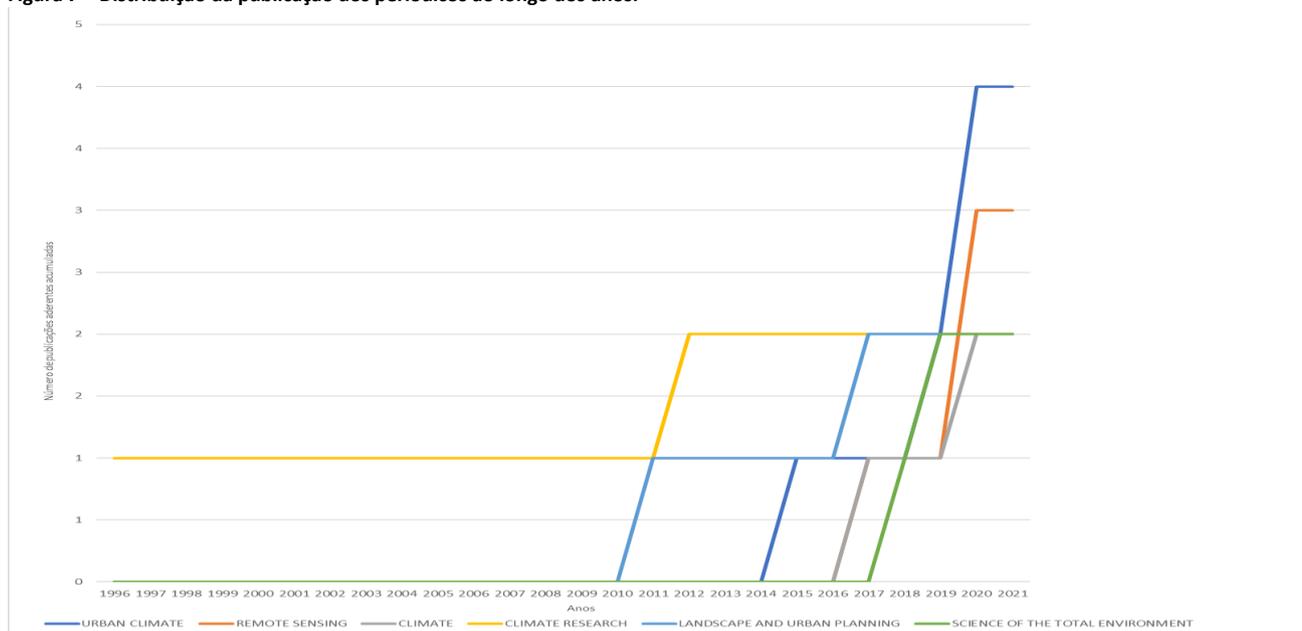
Em conjunto com o levantamento das instituições foi levantado os países que as mesmas pertenciam, demonstrada na *Erro! Fonte de referência não encontrada..* Nela destacam-se a produção acadêmica na China, seguida dos EUA.

Figura 6 – Periódicos utilizados para publicação dos temas pesquisados



Fonte: as autoras.

Figura 7 – Distribuição da publicação dos periódicos ao longo dos anos.



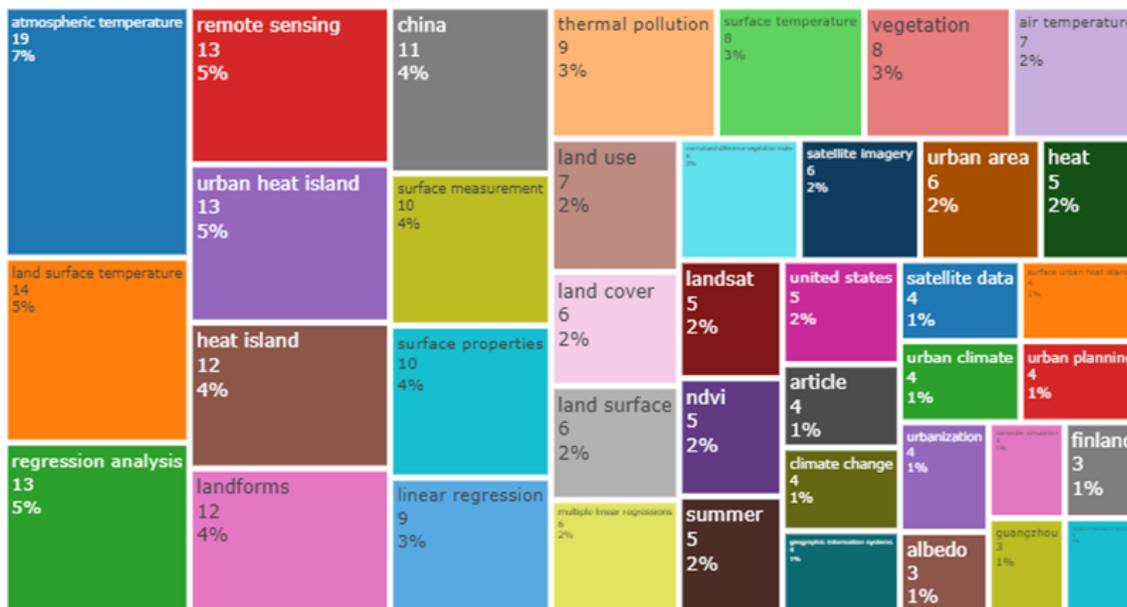
Fonte: as autoras.

É possível verificar a importância que o periódico Urban Climate possui nas publicações sobre o tema. Além de ter o maior número de artigos aderentes, nele se encontram os estudos mais recentes, com destaque a partir de 2014.

Para a análise das palavras-chave dos trabalhos aderentes, elaborou-se uma árvore de palavras para detectar aquelas que aparecem com maior frequência. Esta árvore encontra-se na Figura 8. Destacam-se, como esperado, expressões relacionadas com temperatura, seja atmosférica seja de superfície da terra. Além destas duas expressões,

chama a atenção a expressão “remote sensing” entre as mais frequentes. Embora não estivesse no critério de busca, ela apareceu em 13 artigos, o que aponta para um uso intenso desta forma de aquisição de dados.

Figura 8 – Árvore de palavras-chave



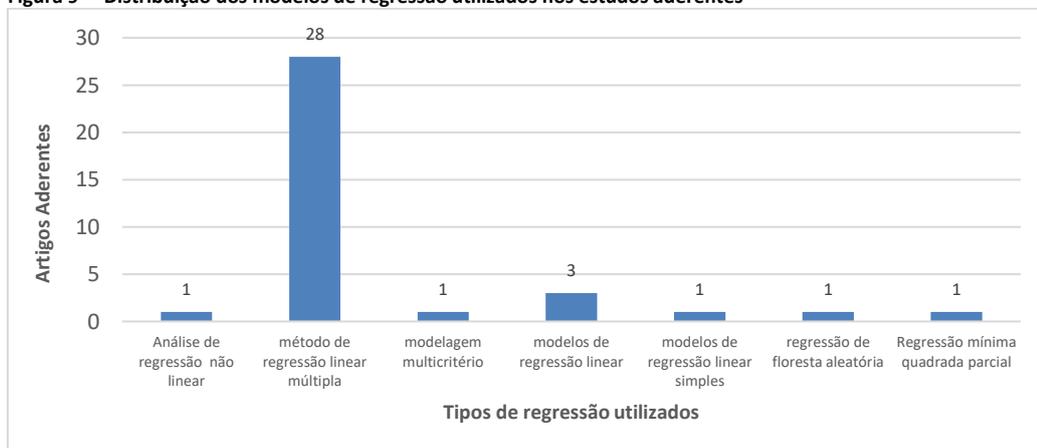
Fonte: as autoras.

Além da frequência de utilização verificou-se quando estas palavras-chave estão sendo utilizadas, realizando uma distribuição ao longo do tempo de usos das palavras-chave mais empregadas. É possível observar o aumento nos últimos anos do termo *atmospheric temperature*, embora já “liderasse” como a expressão utilizada desde 2012.

### Análise de conteúdo

Partindo do mapeamento, iniciou-se a análise dos dados coletados em cada um dos artigos. A primeira análise realizada foi o tipo de análise de regressão presente nos artigos aderentes. Observou-se, conforme apresentado na Figura 9, que a maioria dos trabalhos (aproximadamente 78%) apresentou um modelo de análise de regressão múltipla. Abaixo, o Quadro 1 mostra a revisão de periódicos sobre modelos de regressão de ilhas de calor.

Figura 9 – Distribuição dos modelos de regressão utilizados nos estudos aderentes



Fonte: as autoras.

**Quadro 1 – Revisão de periódicos sobre modelos de regressão de ilhas de calor**

Referência	Periódico	Ano	Cidade	País	N° de variáveis
Gago, Berrizbeitia, Torres, Muneer (2020)	Energies	1987, 2000 e 2017	Sevila	Espanha	7
Alonso, Renard (2020)	Remote Sensing	verão, julho, entre 2016 e 2019	Lion	França	36
Lu, Li, Wang, Chen (2011)	Advanced Materials Research	2009	Shapingba	China	6
Li et al. (2017)	Landscape and Urban Planning	2010	Phoenix, Arizona	Estados Unidos	2
Isa, Wan Mohd, Salleh (2017)	International Archives of The Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives	2016	Kuala Lumpur	Malásia	2
Zhang, Wang (2008)	Sensors	2003	10 cidades da província de Guangdong	China	5
Cao, Rosado, Lin, Levinson (2015)	Environmental Science and Technology	2004 e 2008	Guangzhou	China	14
Mutani, Todeschi, Matsuo (2019)	Instrumentation Measure Metrologie	2013	Hiroshima	Japão	10
Sekertekin, Zadbagher (2021)	Ecological Indicators	2006, 2011 e 2016	Zonguldak	Turquia	4
Huang, Li, Guo, Mansaray et al. (2017)	Remote Sensing	2000 a 2013	Shanghai	China	4
Pan (2015)	Journal of Applied Remote Sensing	1993, 2011 e 2001	Lanzhou	China	10
Amorim (2020)	Urban Climate	11/08/2015 e 17/12/2015	Presidente Prudente	Presidente Prudente	4
Agathangelidis, Cartalis; Santamouris (2020)	Climate	2017	Atenas	Grécia	2
Tien Nguyen (2020)	Environment and Natural Resources Journal	1996-2016	Hanoi	Vietnã	2
Luan, Yu, Zhang, Wei et al. (2020)	Periódico	Ano	Cidade	País	N° de variáveis
Dorigon, Amorim (2019)	Remote Sensing	2015 a 2017	32 cidades chinesas	China	4
Dai, Guldmann, HU (2018)	Urban Climate	2005	Paranavaí	Paraná	3
Hu; Zhou; Qian et al. (2017)	Science of the Total Environment	2015	Pequim	China	7
Suomi, Hjort, Käyhkö, (2012)	Landscape Ecology	1983 a 2011	Pequim	China	6
Zhou, Huang, Cadenasso (2011)	Climate Research	null	Finlândia	Turku	11
Bottyán, Unger (2003)	Landscape and Urban Planning	null	Baltimore	Estados Unidos	6
Sabrin, Karini, Fahad, Nazari (2020)	Theoretical and Applied Climatology	1999 A 2002	Szeged	Hungria	4
Equere, Mirzaei, Riffat (2020)	Urban Climate	2014	Camden, NJ	Estados Unidos	17
Chetia, Saikia, Basumatary, Sahariah (2020)	Sustainable Cities and Society	null	São Francisco	Estados Unidos	3
Cao, Wu, Liu, Chen (2019)	Acta Geophysica	1992–2015	Guwahati	Índia	4
Shi, Xiang, Zang (2019)	Science of the Total Environment	2011	Guangzhou	China	4
Zhen, Hong, Zhou (2019)	Sensors	2016	Guangzhou	China	9
Frage, Ibrahim et al. (2017)	Indoor and Built Environment	2019	Xi'an	China	7
Lima Alves; Lopes (2017)	Climate	1990, 2000 e 2016	Duhok City	Iraque	4
Bernabe, Bernard, Musy, andrieu (2015)	Atmosphere	2014	Iporá	Brasil	6
Rhee, Park, Lu (2014)	Periódico	Ano	Cidade	País	N° de variáveis
Suomi, Käyhkö (2012)	Urban Climate	null	null	null	3
Liang, Weng. (2008)	Giscience \& Remote Sensing	2008	Denver	Estados Unidos	2
Eliasson (1996)	International Journal of Climatology	2002-2007	Turku	Finlândia	3
Gago, Berrizbeitia, Torres, Muneer (2020)	Journal of Urban Planning and Development	2000	Indianapolis	Estados Unidos	5
Alonso, Renard (2020)	Climate Research	1988 até 1990	Gotemburgo	Suécia	5

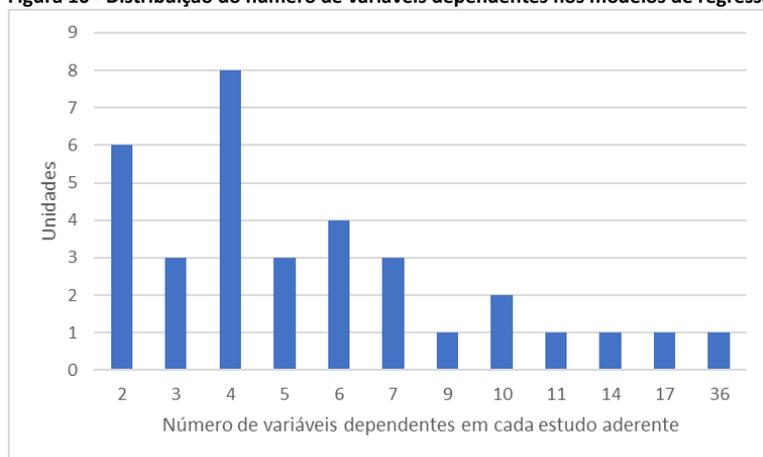
Fonte: as autoras.

Por meio da análise dos vários artigos que utilizam modelos de regressão múltipla, percebe-se que muitos estudos simplificam as análises, ignorando todos os fatores que realmente correspondem à realidade de cada bairro de estudo, e que realmente interferem na formação de ilhas de calor urbanas.

A escolha adequada desses fatores urbanos, juntamente com o uso de um método, é essencial para a obtenção de indicadores urbanos que estão mais próximos da realidade, afim de que se possa minimizar o fenômeno de ilhas de calor.

O fenômeno de ilha de calor é complexo, que pode ter sua intensidade intensificada por diversos fatores, sejam eles climáticos, antrópicos e de condições da cidade. Assim, apenas modelos de regressão múltiplas seriam capazes de contemplar essas variações, por isso a maioria dos estudos determinou o modelo por meio desta técnica. Por sua vez, o número de variáveis consideradas variou entre os diferentes trabalhos. Observou-se que, de um modo geral, ocorreu a avaliação entre duas variáveis dependentes (Li et al., 2017; Isa; Wan Mohd; Salleh, 2017; Agathangelidis; Cartalis; Santamouris, 2020; NGUYEN, 2020) e 36 (Alonso; Renard, 2020). A Figura 10 apresenta a distribuição do número de variáveis na amostra aderente.

Figura 10 - Distribuição do número de variáveis dependentes nos modelos de regressão apresentados nos artigos aderentes.



Fonte: as autoras.

É possível observar que a maioria dos estudos considera até 6 variáveis dependentes (71%), sendo o número de 4 variáveis o mais utilizado de todos os artigos aderentes (8 artigos).

Uma vez que se verificou o número de variáveis utilizadas, viu-se quais foram as mais utilizadas. A Figura 11 apresenta a frequência de uso das variáveis mais utilizadas.

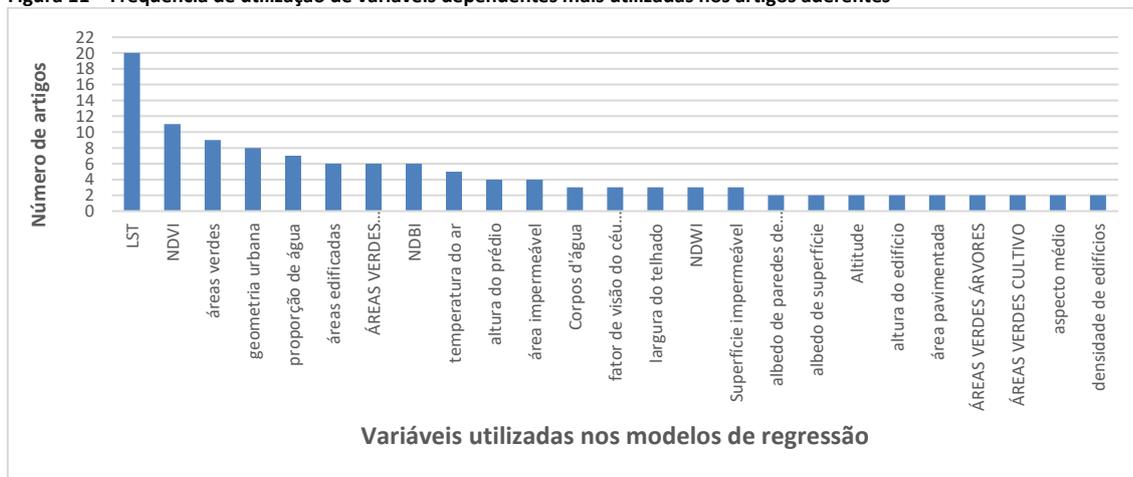
Os resultados indicaram que além do *Land Surface Temperature* (LST), as variáveis mais usualmente utilizadas estavam ligadas ao índice *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), às áreas verdes e áreas verdes de pastagem, à geometria urbana e às áreas construídas (áreas edificadas e *Normalized Difference Built-up Index* (NDBI)).

Outra questão investigada foi justamente a distribuição destes estudos pelos países. A Figura 12 apresenta a distribuição destas pesquisas por diversos países.

É possível observar que a China é o país que mais apresenta pesquisas (11 no total), sendo que as cidades de Guangzhou, Pequim e Turku foram as mais estudadas (2 estudos cada). Neste grupo de três cidades, destaca-se Pequim, uma cidade com mais de 20.000.000 de habitantes, enquanto a cidade de Turku, na Finlândia, tem aproximadamente 200.000 habitantes. Há cidades analisadas tanto no Hemisfério Norte quanto no Sul, e em diversas regiões climáticas. Isto enfatiza que o fenômeno de

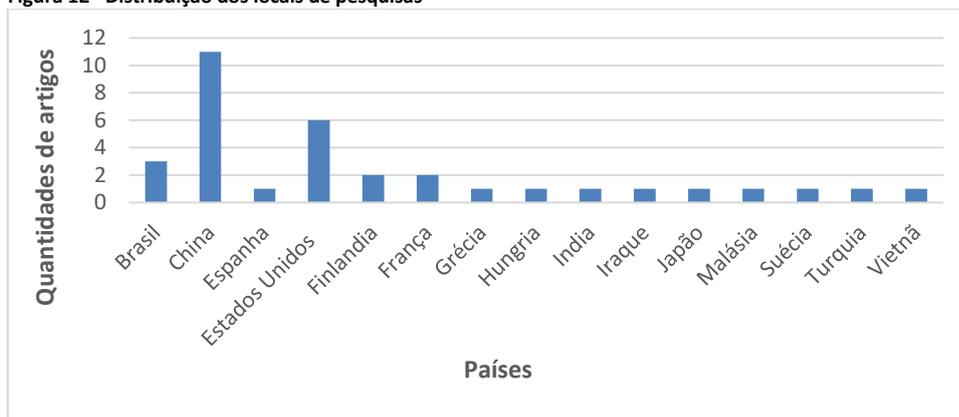
ilha de calor se forma em diferentes contextos bioclimáticos e traz impactos para cidades de tamanhos diversos e em diferentes localizações.

Figura 11 – Frequência de utilização de variáveis dependentes mais utilizadas nos artigos aderentes



Fonte: as autoras.

Figura 12– Distribuição dos locais de pesquisas



Fonte: as autoras.

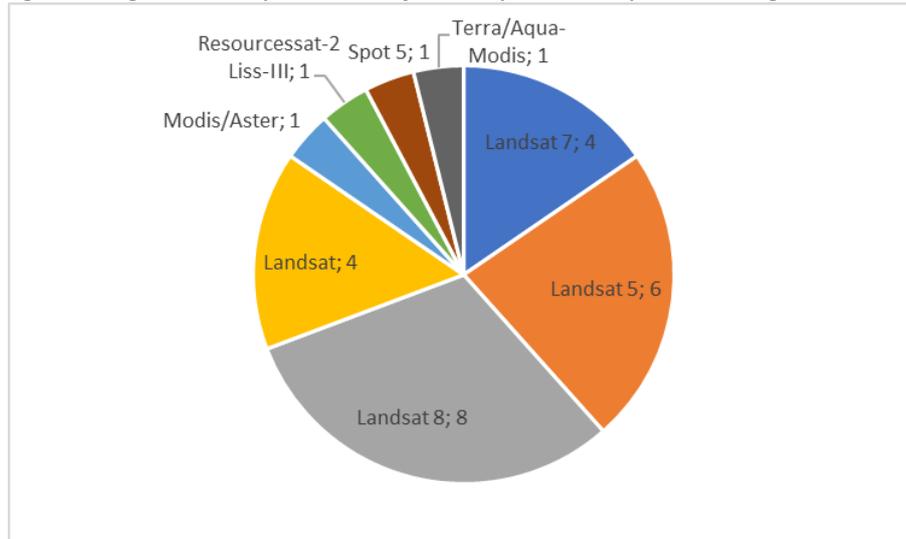
Outros trabalhos que merecem ser destacados são os três que ocorreram no Brasil. Cada um foi realizado em um estado diferente, sendo: Goiás, São Paulo e Paraná. Entretanto, os três estudos foram realizados em cidades pequenas (Iporá/GO com aproximadamente 30.000 pessoas, Paranavaí/PR com aproximadamente 80.000 pessoas) e média (Presidente Prudente com aproximadamente 220.000 pessoas).

Nestes artigos, é possível observar o uso de 3 e 6 variáveis dependentes, sendo que, nos três a NDVI foi uma das variáveis. Verificou-se também que dois consideraram a hipsometria (relevo). Como resultado, o maior valor de uma ilha de calor foi de intensidade de 7°C (Dorigon; Amorim, 2019).

No que tange ao uso de imagens de sensoriamento remoto, observou-se que há um equilíbrio dos trabalhos que utilizaram esta técnica e outros que utilizaram outra forma de aquisição de dados. No total, 18 trabalhos não utilizaram imagens de satélite contra 16 que utilizaram. A Figura 13 apresenta a distribuição das imagens utilizadas.

Dos que utilizaram imagens de satélite, a maioria utilizou imagens do grupo Landsat (5,6, 7 e principalmente o 8). Ressalta-se que há artigos que utilizaram mais de 1 fonte de imagem, como Agathangelidis, Cartalis e Santamouris (2020) que utilizou três imagens (Resourcesat-2 LISS-III, SPOT 5 e Landsat 8).

Figura 1– Imagens utilizadas para determinação da temperatura de superfície nos artigos aderentes



Fonte: as autoras.

## Conclusões

Partindo dos artigos aderentes nas condições estabelecidas para esse mapeamento bibliográfico, verificou-se alguns aspectos importantes para a realização de uma definição de modelo de regressão para estimativa de ilha de calor. De modo geral, foi possível observar que o modelo mais utilizado foi o de regressão linear múltipla, isto se deve aos inúmeros fatores que interferem na intensidade de ilha de calor. Por sua vez, mais de 100 variáveis foram utilizadas nos modelos de regressão analisados, principalmente variáveis relacionadas à vegetação, áreas construídas, morfologias urbanas e presença de água. As mais utilizadas foram: a *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), áreas verdes, aspectos relacionados à geometria urbana, proporção de água e áreas construídas.

Em relação ao número de variáveis utilizadas, embora alguns modelos apresentassem mais de 30 variáveis, normalmente usou-se entre 4 e 8 variáveis.

Por fim, identificou-se o baixo número de artigos nacionais e o foco em cidades com população menor que 200.000 habitantes. Embora se saiba da dificuldade nacional de se publicar em periódicos internacionais de relevância, e que há uma publicação sobre este tema em âmbito nacional, optou-se em analisar apenas periódicos de referência internacional e presentes em bases de dados relevantes. Considerando que muitos estudos destacaram cidades de maior porte populacional nas investigações, viu-se uma tendência de destaque para o estudo em lugares menores, indicando maior preocupação com a formação deste fenômeno em ambientes urbanos, antes não observados.

Por fim, identificou-se a recorrência do uso de imagens de satélites como forma de se obter informações relacionadas a temperaturas. Considerando que as medições *in loco* são dispendiosas, o uso destas imagens pode agilizar e permitir maior número de pontos de observação e maior uso de variáveis, obtendo-se modelos mais detalhados e precisos.

O efeito UHI é inevitável em uma cidade pois as cidades são o resultado de uma mistura de materiais permeáveis e impermeáveis. A questão é como reduzir o efeito. Nossa revisão identificou uma série de fatores que contribuem para aumentar ou mitigar o

efeito UHI. Esses fatores e suas relações, portanto, servem como um guia de política útil para planejadores de cidades e formuladores de políticas.

## Referências

AGATHANGELIDIS, Ilias; CARTALIS, Constantinos; SANTAMOURIS, Mat. Urban Morphological Controls on Surface Thermal Dynamics: A Comparative Assessment of Major European Cities with a Focus on Athens, Greece. **Climate**, v. 8, n. 11, p. 131, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/cli8110131>.

ALONSO, Lucille; RENARD, Florent. A New Approach for Understanding Urban Microclimate by Integrating Complementary Predictors at Different Scales in Regression and Machine Learning Models. **Remote Sensing**, v. 12, n. 15, p. 2434, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs12152434>.

AMORIM, M. C. D. C. T. Daily evolution of urban heat islands in a Brazilian tropical continental climate during dry and rainy periods. **Urban Climate**, v. 34, Dec. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2020.100715>.

BERNABE, Anne; BERNARD, Jérémy; MUSY, Marjorie; ANDRIEU, Hervé; BOCHER, Erwan; CALMET, Isabelle; KÉRAVEC, Pascal; ROSANT, Jean-Michel. Radiative and heat storage properties of the urban fabric derived from analysis of surface forms. **Urban climate**, v. 12, p. 205-218, June 2015. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2015.04.001>.

BOTTYÁ, N. Z.; UNGER, J. A multiple linear statistical model for estimating the mean maximum urban heat island. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 75, p. 233-243, Sept. 2003. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00704-003-0735-7>.

BUDHIRAJA, B.; PATHAK, P.; AGRAWAL, G. Spatio-temporal variability of urban heat islands in local climate zones of Delhi-NCR. **Proceedings of the SPIE**, v. 10431, Remote Sensing Technologies and Applications in Urban Environments II, Warsaw: SPIE, Oct. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1117/12.2280253>.

CAO, Meichun; ROSADO, Pablo; LIN, Zhaohui; LEVINSON, Ronnen; MILLSTEIN, Dev. Cool Roofs in Guangzhou, China: Outdoor Air Temperature Reductions during Heat Waves and Typical Summer Conditions. **Environmental Science & technology**, v. 49, n. 24, p. 14672-9, Dec. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.est.5b04886>.

CAO, Zheng; WU, Zhifeng; LIU, Lin; CHEN, Yinbiao; ZOU, Yuxuan. Assessing the relationship between anthropogenic heat release warming and building characteristics in Guangzhou: A sustainable development perspective. **Science of the Total Environment**, v. 695, p. 133759, Dec. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.133759>.

CHEN, X. L.; ZHAO, H. M.; Li, P.-X.; Yin, Z.-YY. Remote sensing image-based analysis of the relationship between urban heat island and land use/cover changes. **Remote Sensing of Environment**, v. 104, n. 2, p. 133-146, Sept. 2006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2005.11.016>.

CHEN, Z., HAO, X., ZHANG, X.; CHEN, F. Have traffic restrictions improved air quality? A shock from COVID-19. **Journal of Cleaner Production**, v. 279, p. 123622, Jan. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123622>.

CHETIA, Sourav; SAIKIA, Anup; BASUMATARY, Manjil; SAHARIAH, Dhruvajyoti. When the heat is on: urbanization and land surface temperature in Guwahati, India. **ACTA GEOPHYSICA**, v. 68, p. 891-901, Apr. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11600-020-00422-3>.

DAI, Z.; GULDMANN, J.-M.; HU, Y. Spatial regression models of park and land-use impacts on the urban heat island in central Beijing. **Science of the Total Environment**, v. 626, p. 1136-1147, June 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.01.165>.

DENG, J. S.; WANG, K.; HONG, Y.; QI, J. G. Spatio-temporal dynamics and evolution of land use change and landscape pattern in response to rapid urbanization. **Landscape and Urban Planning**, v. 92, n. 3-4, p. 187-198, Sept. 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2009.05.001>.

DORIGON, L. P.; AMORIM, M. C. C. T. Spatial modeling of an urban Brazilian heat island in a tropical continental climate. **Urban Climate**, v. 28, p. 100461, June 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2019.100461>.

ELIASSON, I. Intra-urban nocturnal temperature differences: a multivariate approach. **Climate Research**, v. 7, n. 1, p. 21-20, Aug. 1996

EQUERE, V.; MIRZAEI, P. A.; RIFFAT, S. Definition of a new morphological parameter to improve prediction of urban heat island. **Sustainable Cities and Society**, v. 56, p. 102021, May 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102021>.

EPA. UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Heat Islands and Equity**. 2020. Disponível em: <https://www.epa.gov/heat-islands/heat-islands-and-equity>. Acesso em 20 junho de 2020.

GAGO, Eulalia Jadraque; BERRIZBEITIA, Saioa Etxebarria; TORRES, Rosalia Pacheco; MUNEER, Tariq. Effect of Land Use/Cover Changes on Urban Cool Island Phenomenon in Seville, Spain. **ENERGIES**, v. 13, n. 12, June 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/en13123040>.

HEAVISIDE, Clare; MACINTYRE, Helen; VARDOULAKIS, Sotiris. The Urban Heat Island: Implications for Health in a Changing Environment. **Current Environmental Health Reports**, v. 4, n. 3, p. 296–305, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40572-017-0150-3>.

HU, X.; ZHOU, W.; QIAN, Y.; YU, W. Urban expansion and local land-cover change both significantly contribute to urban warming, but their relative importance changes over time. **Landscape Ecology**, v. 32, p. 763-780, Dec. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10980-016-0484-5>.

HU, L.; BRUNSELL, N. A. The impact of temporal aggregation of land surface temperature data for surface urban heat island (SUHI) monitoring. **Remote Sensing of Environment**, v. 134, p. 162–174, July 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2013.02.022>.

HUANG, Weijiao; LI, Jun; GUO, Qiaoying; MANSARAY, L. R.; LI, Xinxing; HUANG, Jingfeng. A Satellite-Derived Climatological Analysis of Urban Heat Island over Shanghai during 2000–2013. **Remote Sensing**, v. 9, n. 7, p. 641, June 2017. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs9070641>.

FAGE IBRAHIM, Gaylan Rasul. Urban Land Use Land Cover Changes and p. 13Their Effect on Land Surface Temperature: Case Study Using Dohuk City in the Kurdistan Region of Iraq. **Climate**, v. 5, n. 1, p. 13, Feb. 2017. DOI: <https://doi.org/10.3390/cli5010013>.

ISA, N. A.; WAN MOHD, W. M. N.; SALLEH, S. A. The effects of built-up and green areas on the land surface temperature of the Kuala Lumpur city. **The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, v. XLII-4/W5, p. 107–112, Oct. 2017. DOI: <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-4-W5-107-2017>.

LI, Xiaoxiao; KAMARIANAKIS, Yiannis; OUYANG, Yun; TURNER II, B. L.; BRAZEL, A. On the association between land system architecture and land surface temperatures: Evidence from a Desert Metropolis - Phoenix, Arizona, U.S.A. **Landscape and Urban Planning**, v. 163, p. 107–120, 2017. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2017.02.009>.

LIANG, B.; WENG, Q. Multiscale analysis of census-based land surface temperature variations and determinants in Indianapolis, United States. **Journal of Urban Planning and Development**. v. 134, n. 3, Sept. 2008. DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9488\(2008\)134:3\(129\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9488(2008)134:3(129)).

LIMA ALVES, Elis Dener; LOPES, Antonio. The Urban Heat Island Effect and the Role of Vegetation to Address the Negative Impacts of Local Climate Changes in a Small Brazilian City. **ATMOSPHERE**, v. 8, n. 2, p. 18, Feb. 2017. DOI: <https://doi.org/10.3390/atmos8020018>.

LOPES, Estefane da Silva; HORTA, Karla Emanuel Ribeiro; CAMPOS, Marcus andré Siqueira. Análise cienciométrica de estudos sobre ilhas de calor urbanas com uso de sensoriamento remoto de 2000 a 2020. **Paranoá**, v. 2, p. 1-20, jul./dez. 2022. DOI: <https://doi.org/10.18830/issn.1679-0944.n33.2022.10>.

Lu, J.; Li, C.D.; Wang, L.; Chen, Y.L.; Zhang, X.H. Analyzing the factors and variables of heat island effect in comprehensive high-rise residential quarter of mountain city. **Advanced Materials Research**. v. 356-360, p. 980-985, Oct. 2011. 2012. Disponível em: <https://www.scientific.net/AMR.356-360.980>. Acesso em: 10 June 2022.

LUAN, X.; YU, Z.; ZHANG, Y.; WEI, S.; MIAO, X.; HUANG, Z.Y.X; TENG, S. N.; XU, C. Remote Sensing and Social Sensing Data Reveal Scale-Dependent and System-Specific Strengths of Urban Heat Island Determinants, **Remote Sensing**, v. 12, n. 3, p. 391, Jan. 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs12030391>.

MUTANI, G.; TODESCHI, V.; MATSUO, K. Urban heat island mitigation: A GIS-based Model for Hiroshima. **Instrumentation Measure Métrologie**, v. 18, n. 4, p. 323-335, July 2019. DOI: <https://doi.org/10.18280/i2m.180401>.

NASCIMENTO, D. T. F. **Emprego de técnicas de sensoriamento remoto e de geoprocessamento na análise multitemporal do fenômeno de ilhas de calor no município de Goiânia-GO (1986/2010)**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Goiás, Instituto de Estudos Sócio-Ambientais, 2011 Disponível em: <http://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tde/1860>. Acesso em: 20 jun. 2021.

NAKATA-OSAKI, C. M.; SOUZA, L. C. L.; RODRIGUES, D. S. THIS – Tool for Heat Island Simulation: A GIS extension model to calculate urban heat island Intensity based on urban geometry. **Computers, Environment and Urban Systems**, v. 67, p. 157–168, Jan. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2017.09.007>.

OKE, T. R. **Boundary layer climates**. 2nd ed. London: Routledge. 1987. 435 p.

ONU. ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. ONU: População de São Paulo deve chegar a 22 milhões até 2050. ONU News. 2018. Disponível em: <https://news.un.org/pt/story/2018/05/1623352>. Acesso em: 20 junho de 2022.

PAN, Jinghu. Analysis of human factors on urban heat island and simulation of urban thermal environment in Lanzhou city, China. **Journal of Applied Remote Sensing**, v. 9, n. 1, Oct. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1117/1.JRS.9.095999>.

PEDRO, R. W. D.; NUNES, F. L. S.; MACHADO-LIMA, A. Using grammars for pattern recognition in Images: A systematic review. **ACM Computing Surveys**, v. 46, n. 2, p. 1–34, Nov. 2013. DOI: <https://doi.org/10.1145/2543581.2543593>.

PESAVENTO, Sandra Jatahy. Muito além do espaço: por uma história cultural do urbano. **Revista Estudos Históricos**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 16, p. 279-290, dez. 1995. Disponível em: <https://periodicos.fgv.br/reh/article/view/2008/1147>. Acesso em: 22 maio 2020.

QUI, Y. Y.; GONG, Y. X.; NI, H. G. Contribution of soil erosion to PAHs in surface water in China. **The Science of the total environment**, v. 686, p. 497-504, Oct. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.05.459>.

RHEE, J.; PARK, S.; LU, Z. Relationship between land cover patterns and surface temperature in urban areas. **GIScience & Remote Sensing**, v. 51, n. 5, Oct. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1080/15481603.2014.964455>.

SABRIN, S.; KARIMI, M.; FAHAD, M.G.R.; NAZARI, R. Quantifying environmental and social vulnerability: Role of urban Heat Island and air quality, a case study of Camden, NJ. **Urban Climate**, v. 34, p. 100699, Dec. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2020.100699>.

SHI, Yurong; XIANG, Yirui; ZHANG, Yufeng. Urban Design Factors Influencing Surface Urban Heat Island in the High-Density City of Guangzhou Based on the Local Climate Zone. **SENSORS**, v. 19, n. 6, p. 3459, Aug. 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/s19163459>.

SILVA, C.; ZAMBONI, A.; HERNANDES, E.; THOMAZZO, A.; BELGAMO, A.; FABBRIL, S.; State of the Art through Systematic review (START). 2021. Disponível em <https://www.lapes.ufscar.br/resources/tools-1/start-1>. Acesso em 21 de janeiro de 2021.

SERA, Francesco; ARMSTRONG, Ben; TOBIAS, Aurelio; VICEDO-CABRERA, Ana Maria; ÅSTROM, Christofer; BELL, Michele L.; CHEN, Bing-Yu; COELHO, Micheline de Souza Zanotti Stagliorio; CORREA, Patricia Matus; CRUZ, Julio Cesar; DANG, Tran Ngoc; HURTADO-DIAZ, Magali; DO VAN, Dung; FOSBERG, Bertil; GUI, Yue Guo; GUO, Yuming; HASHIZUME, Masahiro; HONDA, Yasushi; IÑIGUEZ, Carmen; JAAKKOLA, Jouni J. K.; KAN, Haidon; KIM, Ho; LAVIGNE, Eric; MICHELOZZI, Paola; VALDES ORTEGA, Nicolas; OSORIO, Samuel; PASCAL, Mathilde; RAGETTI, Martina S.; RYTI, Niilo R. I.; SALDIVA, Paulo Hilario Nascimento; SCHWARTZ, Joel; SORTICHINI, Matteo; SEPOSO,

Xerxes; TONG, Shilu; ZANOVETTI, Antonio Gasparrini. How urban characteristics affect vulnerability to heat and cold: a multi-country analysis. **International Journal of Epidemiology**, v. 48, n. 4, p. 1101–1112, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1093/ije/dyz008>.

SEKERTEKIN, A.; ZADBAGHER, E. Simulation of future land surface temperature distribution and evaluating surface urban heat island based on impervious surface area. **Ecological Indicators**, v. 122, p. 107230, Mar. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.107230>.

SUOMI, J.; HJORT, J.; KÄYHKÖ, J. Effects of scale on modelling the urban heat island in Turku, SW Finland. **Climate Research**, v. 55, n. 2, p. 105-118, Nov. 2012.

SUOMI, Juuso; KAYHKO, Jukka. The impact of environmental factors on urban temperature variability in the coastal city of Turku, SW Finland. *International Journal of Climatology*, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1002/joc.2277>.

TIEN NGUYEN, T. Landsat time-series images-based urban heat island analysis: The effects of changes in vegetation and built-up land on land surface temperature in summer in the Hanoi Metropolitan Area, Vietnam. **Environment and Natural Resources Journal**, v. 18, n. 2, p. 177-190, Apr-June 2020. Disponível em: <https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/ennrj/article/view/239886>. Acesso em: 20 nov. 2022.

WANG, Z. F.; GONG, C. C.; BIAN, Z. H. The Relationship Between Land Use, Land Cover Change, and The Heat Island Effect In Xi'an City, China. **Applied Ecology and Environmental Research**, v. 17, n. 4, p. 7795-7806, 2019. Disponível em: [https://www.aloki.hu/pdf/1704\\_77957806.pdf](https://www.aloki.hu/pdf/1704_77957806.pdf). Acesso em: 20 jan. 2021.

ZHA, Y.; GAO, J.; NI, S. Use of Normalized Difference Built-Up Index in Automatically Mapping Urban Areas from TM Imagery. **International Journal of Remote Sensing**, v. 24, n. 3, p. 583–594, Nov. 2003. DOI: <https://doi.org/10.1080/01431160304987>.

ZHANG, Jinqi; WANG, Yunpeng. Study of the relationships between the spatial extent of surface urban heat islands and urban characteristic factors based on Landsat ETM + data. **Sensors**, v. 8, n. 11, p. 7453-7468, Nov. 2008. DOI: <https://doi.org/10.3390/s8117453>.

ZHEN, M.; HONG, F.; ZHOU, D. The Relationship between spatial arrangement and environmental temperature of residential areas in Xi'an. **Indoor and Built Environment**, v. 28, n. 9, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1177/1420326X19860872>.

ZHOU, Weiqi; Huang, Ganlin; CADENASSO, Mary L. Does spatial configuration matter? Understanding the effects of land cover pattern on land surface temperature in urban landscapes. **Landscape and Urban Planning**, v. 201, n. 1, p. 54-63, July 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2011.03.009>.

---

### 1 Estéfane da Silva Lopes

Engenheira Civil. Mestre em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Goiás. Doutoranda em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Endereço postal: Praça Universitária, s/n, Bloco A, sala 12, St. Universitário, Goiânia, GO – Brasil. 74605220

### 2 Karla Emmanuela Ribeiro Hora

Arquiteta e Urbanista. Doutora em Meio Ambiente e Desenvolvimento pela Universidade Federal do Paraná. Professora Associado, lotada na Escola de Engenharia Civil e Ambiental, da Universidade Federal de Goiás. Endereço postal: Praça Universitária, s/n, Bloco A, sala 12, St. Universitário, Goiânia, GO – Brasil. 74605220