



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

ANAIS DO XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA TRABALHOS DO EIXO 1: CLIMATOLOGIA URBANA



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

INFLUÊNCIA DAS ZONAS CLIMÁTICAS LOCAIS NA INTENSIDADE E OCORRÊNCIA DAS ILHAS DE CALOR URBANAS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

VANESSA OLIVEIRA BORGES¹
GEAN CARLOS NASCIMENTO²
GRAZIELA TOSINI TEJAS³
JOÃO PAULO DE ASSIS GOBO⁴

RESUMO

O efeito de Ilha de Calor Urbana (ICU) é um problema cada vez mais observado e trabalhado nos estudos climáticos. Informações sobre as forças motrizes da variação da temperatura intraurbana são essenciais para a melhoria do ambiente térmico urbano, uma vez que a urbanização rápida geralmente leva à formação da Ilha de Calor Urbana, que se acredita estar ligada às características particulares de cada cidade. O gerenciamento adequado da ICU, portanto, exigiria o reconhecimento da possível faixa de aumento da carga (transporte) de calor. Dessa forma, identificar os principais contribuintes para a formação e intensidade das ICUs é de fundamental relevância para o planejamento urbano como o uso da ferramenta WUDAPT (*World Urban Database and Access Portal Tools*). A partir disso, a presente pesquisa buscou compreender a influência das Zonas Climáticas Locais (ZCL) na intensidade e ocorrência das ICUs a partir de uma revisão sistemática da literatura para o período 2012 a 2020. Foram avaliados mais de 160 trabalhos e selecionados apenas aqueles que de fato respondiam a questão central da pesquisa. Os resultados demonstraram uma correlação positiva entre as ZCL e a intensidade das ICUs, bem como para com suas ocorrências, porém, esses resultados estão condicionados a diferentes arranjos metodológicos empregados nas pesquisas analisadas.

Palavras-chave: Temperatura intraurbana; Zonas Climáticas Locais (ZCL); WUDAPT.

ABSTRACT

The effect of Urban Heat Island (UHI) is an problem increasingly observed and worked in climate studies. Informations about the governing forces of intraurban temperature variation is essential for improving the urban thermal environment, since accelerated urbanization generally conduct to the formation of the UHI, which is believed to be linked to the particular characteristics of each city. Proper management of the UHI would require recognition of the possible range of increased heat load (the transport). Around this, identifying the principal contributors to the formation and intensity of UHI is of fundamental relevance for urban planning such as the use of the World Urban Database and Access Portal Tools (WUDAPT). Based on that, the present research sought to understand the influence of Local Climate Zones

¹ Graduanda em Geografia, Universidade Federal de Rondônia (UNIR), oliveiraborgesv98@gmail.com

² Graduando em Geografia, Universidade Federal de Rondônia (UNIR), gean.carlos.nascimento5@gmail.com

³ Professora Doutora, Instituto Federal de Rondônia (IFRO), graziela.tejas@ifro.edu.br

⁴ Professor Doutor, Universidade Federal de Rondônia (UNIR), joao.gobo@unir.br



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

(LCZ) on the intensity and occurrence of UHI from a systematic review about the literature for the period 2012 to 2020. More than 160 studies were evaluated and selected only those who actually answered the central research question. The results showed a positive correlation between the LCZ and the intensity of UHI, as well with for their occurrences, however, these results are conditioned to different methodological arrangements used in those studies.

Keywords: Intraurban temperature; Local Climate Zones (LCZ); WUDAPT.

1. Introdução

O parâmetro mais importante que caracteriza a ilha de calor é sua intensidade ou magnitude, que geralmente evolui mediante a diferença máxima observada, em um momento determinado, entre a temperatura do ar de um ponto da cidade, densamente construído, e outro em seu entorno ou no ambiente rural (AMORIM, 2015).

A cidade, apesar de ocupar pequenas parcelas do território, constitui uma forma de transformação intensa da paisagem natural, pois seu impacto advém tanto da alteração da morfologia do terreno quanto das mudanças nas condições do meio ambiente e da atmosfera (GARCIA, 1995). A cidade constitui a forma mais evidente de transformação da paisagem natural. A modificação nos elementos do clima possui grande repercussão ecológica, pelo fato de afetar de maneira imediata os habitantes através do desconforto térmico e da concentração de poluentes (FIALHO, 2009; KANDYA; MOHANB, 2018).

Coberturas de superfícies artificiais, edifícios e atividades humanas concentradas em cidades modificam significativamente os componentes de radiação do balanço de energia e do vento próximo à superfície, criando assim o clima único das cidades (LITARDO, et al., 2020; TIAN, et al., 2021; YANG, et al., 2020). O clima urbano é determinado pela densidade construída, que depende principalmente da população e da estrutura urbana. O fenômeno do clima urbano mais mencionado é o efeito da Ilha de Calor Urbana (ICU) que se refere à diferença de temperatura do ar (°C) entre as áreas internas densamente povoadas da cidade e as vizinhanças fora da cidade (MUSHTAHA, et al., 2021; OKE, 1973).

Observa-se que mesmo com o progresso da climatologia urbana, sua aplicação ainda é prejudicada pela falta de informações que descrevam aspectos da forma e função das cidades em resolução espacial detalhada (BECHTEL, et al., 2015). Acrescenta-se que ainda são poucas as cidades no mundo que possuem um plano climático. Nesse aspecto, o portal *World Urban Database and Access Portal Tools* (WUDAPT) foi desenvolvido por uma iniciativa



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

da comunidade científica para reunir e disseminar informações com escala e resolução padronizadas sobre clima urbano.

A iniciativa fundamenta-se na teoria de *Local Climate Zones* (LCZ), de Stewart e Oke (2012) ou Zonas Climáticas Locais (ZCL), a qual tem como cerne a divisão da paisagem urbana em classes simplificadas de um contexto morfológico e de temperatura, onde são “locais na escala climática na natureza e zonal de representação” (STEWART e OKE, 2012).

O sistema de classificação das ZCL revela novas oportunidades para preencher essa lacuna, pois padroniza a forma e a função urbanas em relação ao clima local (STEWART e OKE, 2012). Ele permite uma compreensão espacial mais detalhada da variabilidade da temperatura do ar intraurbano, ao invés de uma simples descrição da diferença urbano-rural compreendendo parâmetros climáticos críticos que podem categorizar zonas em uma escala local.

Condições climáticas que diferem das áreas circunvizinhas e contribuem para o aquecimento urbano e a formação das ilhas de calor; a abordagem convencional do fenômeno ilhas de calor consiste em medir temperaturas na camada do dossel através de registros em pontos fixos e/ou a partir de transectos móveis. Os locais são tipicamente classificados como urbano ou rural, e suas diferenças de temperatura são tomadas para indicar a intensidade ou magnitude da ilha de calor (STEWART e OKE, 2012).

O conceito de ZCL foi introduzido por Stewart e Oke, (2012) para fornecer à ligação entre a urbanização e seus impactos térmicos correspondentes na paisagem e para padronizar a documentação e troca global de observações de temperatura urbana (STEWART e OKE, 2012). Cada região é identificada como uma classe particular apenas se os círculos de influência circundantes fossem uniformes em cobertura de superfície, geometria e atividade humana (BECHTEL et al., 2015; STEWART e OKE, 2012).

Dessa forma, partindo-se do que foi anteriormente exposto, a presente pesquisa tem por objetivo identificar a influência das ZCL na intensidade e ocorrência de ICU, por meio de uma revisão sistemática da literatura existente.

2. Metodologia

Para o desenvolvimento da pergunta norteadora da pesquisa: “Qual é a influência das Zonas Climáticas Locais (ZCL) na intensidade e ocorrência da Ilha de Calor Urbana?”



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

utilizou-se do diagrama PICOS, o qual possui a característica de auxiliar na identificação dos parâmetros da pergunta, para tanto foram utilizadas as seguintes plataformas de busca para a pesquisa:

Science Direct (<https://www.sciencedirect.com/>);

Google Scholar (<https://scholar.google.com.br/>);

Mdpi (<https://www.mdpi.com/>).

As três plataformas selecionadas para a pesquisa reúnem um grande número dos principais periódicos que publicam pesquisas no tema de estudo da presente revisão sistemática. Após a definição da pergunta de pesquisa foram definidas as palavras-chave usualmente empregadas e buscou-se dentro da página de busca pelas seguintes palavras-chave: "urban climate" *or* "microclimate" *and* "local climate zones" *and* "heat island" contidas em artigos entre o período de 2012 a 2020. Os termos conectores (*and* e *or*) de operação booleana são de combinação estratégica restritiva e aditiva do diagrama PICOS.

Salienta-se aqui que o período de buscas indicado se refere a todo período desde o lançamento da metodologia das ZCL por Stewart e Oke (2012) até agosto de 2020. Para seleção e exclusão dos trabalhos para a próxima fase do processo, optou-se pelos seguintes fatores:

- i. Pesquisas publicadas em periódicos avaliados por pares;
- ii. Pesquisas publicadas em português/inglês;
- iii. Pesquisas sobre ICU e ZCL;
- iv. Pesquisas publicadas na última década (2012 – 2020), até a data de busca (15 de agosto de 2020).

A busca foi feita no dia 15 de agosto de 2020 e localizou-se 167 trabalhos por meio das referidas palavras-chave e, a partir destes, fez-se a leitura de todos os títulos, com a finalidade de selecionar trabalhos para a próxima fase, seguindo os critérios anteriormente citados e a possível condição de responder à pergunta da pesquisa. Selecionou-se então, 65 títulos que pudessem responder à pergunta da Pesquisa. Selecionados estes 65 trabalhos a partir do título, foram feitas as leituras dos seus referidos resumos e após a leitura destes, fez-se a seleção/exclusão com base nos critérios já citados, restando 32 trabalhos para leitura



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

completa. Desses 32 trabalhos selecionados para leitura completa, foram excluídos 6, restando 26 para compilação de dados que compõem os resultados desta revisão.

Dos 26 trabalhos selecionados, coletou-se de cada estudo os seguintes dados: autores, ano de publicação, periódico, objetivo da pesquisa, local de estudo, zona climática (polar norte ou sul, temperada norte ou sul e tropical norte ou sul), continente (América do Norte, América Central, América do Sul, Europa, África, Ásia, Oceania, Antártica). Além disso, obteve-se das pesquisas a medição microclimática (sim ou não), qual a metodologia de classificação das ZCL empregada, qual a metodologia adotada para identificação e classificação dos episódios de ICU, qual metodologia empregada para definição da intensidade da ICU e, por fim, quais foram as principais contribuições do estudo.

Com base no tamanho da amostra aqui analisada (26 trabalhos selecionados) os dados coletados foram tabulados em planilha Microsoft Excel® e foi possível verificar a tendência de determinadas implicações das pesquisas por meio de meta-análise.

3. Resultados e discussão

3.1 Apresentação dos dados

A presente pesquisa objetivou compreender a influência das ZCL na intensidade e ocorrência da ICU, mediante critérios de pesquisa, conforme apresentados no método.

Buscou-se por compreender o padrão de publicações a partir de 2012 para os trabalhos selecionados por meio da leitura completa. Na tabela 01 refere-se ao ano da publicação, autores, periódicos e o local de estudo.

Tabela 1 - Base bibliográfica consultada no processo de revisão sistemática

Ano da publicação	Autores	Periódico	Local do Estudo
2020	Ochola et al.,	Urban Climate	Nairobi, Kênia
2020	Dian et al.,	Urban Climate	Budapeste
2018	Richard et al.,	Urban climate	Dijon (França)
2020	Maharroof; Eammuel; Thonsom	Urban climate	Glasgow
2018	Shi et al.,	Urban Climate	Hong Kong
2018	Perera; Emmanuel.	Urban Climate	Colombo
2017	Yang et al.,	Procedia Engineering	Nanjing, China
2020	Yang et al.,	Applied Energy	Nanjing



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

2019	Huang; Wang.	ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing	Wuhan, China Central
2018	Perera; Emmanuel.	Urban Climate	Sul da Ásia da Índia, Paquistão, Bangladesh, Sri Lanka e Nepal
2018	Geletic et al.,	Science Total Environmental	Brno, República Tcheca
2018	Wang et al.,	ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing	Phoenix, Arizona e Las Vegas, Nevada
2018	Kim; Gu; Kim.	Sustainable Cities and Society	Estados Unidos Houston, Texas.
2019	Huang; wang.	Journal of Environmental Management	Wuhan, localizada no centro da China
2020	Liu et al.,	Urban Climate	Harbin, Xi'na, Nanjing, Guangzhou, Kunming
2020	Zhou et al.,	Sustainable Cities and Society	Sendai, Japão
2019	Quan.	Environmental Science and Engineering	Pequim, China
2020	Yang et al.,	Applied Energy	Nanjing
2018	Quanz et al.,	Climate	Berlim, Alemanha
2019	Molnár; Gyonggyosi; Gal.	Theoretical and Applied Climatology	Szeged, Hungria
2019	Vandamme et al.,	Application of Remote Sensing in Urban Climatology	Kunming (China)
2020	Chen; Zheng; Hu.	Sustainability	Chenzhou, China
2019	Shi; Xiang; Zhang	Sensors	Guangzhou
2019	Pacific; Rama; Marin.	Urban Climate	Belenzinho, SP

Fonte: Organizado pelos autores.

Conforme podemos analisar na tabela 2 a contagem anual das publicações para o período (2012-2020), o qual aponta para a maioria destas publicações no ano de 2018, com um total de 35% dos trabalhos ($N=9$), 31% em 2019 ($N=8$), 31% ($N=8$) em 2020 e em 2017 o total de 4% ($N=1$).

Tabela 2 - Contagem anual de publicações

ANO DE PUBLICAÇÃO	N = 26	%
2020	8	31
2019	8	31
2018	9	35
2017	1	4

Fonte: Organizado pelos autores.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Em relação às ZCL dos estudos analisados (tropical hemisfério norte -HN, tropical hemisfério sul - HS, temperado hemisfério norte - HN), sendo que 4% deles localizam-se em zona tropical HN ($N=4$), os outros 8% ficam em zona tropical HS ($N=2$) e grande parte com mais intensidade corresponde a 77% na zona temperado HN ($N=20$).

O total representa a somatória dos resultados das três zonas climáticas em cada local de estudo, pois os resultados obtidos foram verificados estatisticamente significantes, indicando um número maior de pesquisas na zona climática temperada do hemisfério norte. A tabela 3 apresenta a síntese dos testes de independência utilizados.

Tabela 3 – Zona Climática

Tipo Climático	N = 26	%
Tropical Hemisfério Norte	4	4
Tropical Hemisférios Sul	2	8
Temperado Hemisfério Norte	20	77

Fonte: Organizado pelos autores.

Seguindo a linha de pesquisa no que diz respeito às medições climáticas em campo houve um total de 42% ($N=11$) (MAHAROOFF; EAMMNUEL; THONSOM. 2020; RICHARD, et al., 2018; KOTHAKAR e BAGADE, 2018; KIM; GU; KIM, 2018; LIU, et al. 2020; SHI, et al., 2018; ZHOU, et al, 2020; PACIFIC; RAMA; MARINS, 2019; QUANZ, et al., 2018; YANG, et al., 2017; YANG, et al., 2020) dos trabalhos realizaram medições por meio do uso de estações meteorológicas completas ou sensores portáteis. Enquanto que, 54% das pesquisas não utilizaram essa metodologia de coleta de dados em campo de ($N=14$) (CHEN; ZHENG; HU, 2020; DIAN, et al., 2020; GELETIC, et al., 2019; HUANG e WANG, 2019; MOLNÁR; GYONGGYOSI; GAL, 2019; OCHOLA, et al., 2020; PERERA e EMMANUEL, 2018; QUAN, 2019; VANDAMME, et al., 2019; SHI; XIANG; WANG, et al., 2018; ZHANG, 2019 como podemos observar na tabela 4.

Tabela 4 - Porcentagem de estudos que realizaram ou não medições microclimáticas

Medições microclimáticas	N = 26	%
Sim	11	42
Não	14	54

Fonte: Organizado pelos autores.

Este levantamento evidencia uma tendência de diminuição das medições microclimáticas realizadas em campo, devido a disponibilização de acesso cada vez maior



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

em relação as tecnologias e dados secundários provenientes de modelagem, estimativas e sensoriamento remoto cada vez mais precisos e que se aproximam dos resultados de medições em campo.

No que se refere à metodologia de classificação das ZCL (Tabela 5) 85% dos autores utilizaram o WUDAPT ($N=22$) (CHEN; ZHENG; HU, 2020; DIAN, et al., 2020; GELETIC, et al., 2019; HUANG; OUWANG, 2019; KOTHAKAR e BAGADE, 2018; LIU, et al., 2020; MAHAROOFF; EAMMNUEL; THONSOM, 2020; MOLNÁR; GYONGGYOSI; GAL, 2019; OCHOLA, et al., 2020; PACIFIC; RAMA; MARINS, 2019; PERERA; EMMANUEL, 2018; QUAN, 2019; RICHARD, et al., 2018; SHI; XIANG e ZHANG, 2019; VANDAMME, et al., 2019; SHI, et al., 2018; KIM; GU; KIM, 2018; WANG, et al., 2018; ZHOU, et al., 2020;). Já o ($N=4$) corresponde a 15% das pesquisas que utilizaram o mapeamento de cobertura do solo tradicional (GELETIC, et al., 2019; QUANZ, et al., 2018;

Tabela 5 - Metodologia de classificação das ZCL

Metodologia de classificação das ZCL	N = 26	%
WUDAPT	22	85
Uso e cobertura do solo (tradicional)	4	15

Fonte: Organizado pelos autores.

Por meio desta análise verifica-se um número significativo de pesquisas que fizeram uso do método WUDAPT, o que reafirma a tendência das pesquisas na utilização de novas metodologias apoiadas em tecnologias de sensoriamento remoto e dados secundários demonstrando eficiência destes métodos na obtenção dos resultados. O projeto WUDAPT concentra-se na criação de um banco de dados global sobre as cidades, adequado para estudos de clima urbano, e está em constante aprimoramento e desenvolvimento (CHING, et al., 2019).

Quanto a metodologia para identificação e classificação das ICU, 58% utilizaram o canal termal para identificar diferenças de temperatura em ambiente urbana e rural ($N=15$) (CHEN; ZHENG; HU, 2020; DIAN, et al., 2020; GELETIC, et al., 2019; HUANG e WAN, 2019; HUANG e OUWANG, 2019; MOLNÁR; GYONGGYOSI; GAL, 2019; OCHOLA, et al., 2020; PACIFIC; RAMA; MARIN, 2019; VANDAMME, et al., 2019; SHI; XIANG; ZHANG, 2019; WANG, et al., 2018; YANG, et al., 2017; ZHOU, et al., 2020), em relação a diferença da temperatura urbana e rural por meio de medições foram analisados que 12% ($N=3$) (GELETIC,



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

et al., 2018; LIU, et al., 2020; QUAN, 2019) dos trabalhos que utilizaram o canal termal para calcular e analisar a anomalia da temperatura obteve a porcentagem de 27% ($N=7$) KOTHAKAR e BAGADE, 2018; KOTHARKAR, et al., 2018; KIM; GU; KIM, 2018; QUANZ, et al., 2018; RICHARD, et al., 2018; YANG, et al., 2020) por fim, trabalhos que utilizaram-se transecto móvel para identificar e classificar as ICU foram 4% total de ($N=1$) (SHI, et al., 2018) expressamente demonstrado na tabela 6.

Tabela 6 - Metodologia para identificação e classificação das ICU

Metodologia para identificação e classificação das ICU	N = 26	%
Canal termal	15	58
Diferença da temperatura (medições urbano/rural)	3	12
Canal termal e anomalia da temperatura	7	27
Transecto móvel	1	4

Fonte: Organizado pelos autores.

Na análise da metodologia para definição da intensidade da ICU (Tabela 7) podemos observar que a maior parte das pesquisas utilizou a comparação entre dados rurais e urbanos, sendo 65%, portanto ($N=17$) (CHEN; ZHENG; HU, 2020; GELETIC, et al., 2018; HUANG e WANG, 2019; KOTHARKAR, et al., 2018; LIU, et al., 2020; MAHAROOFF; EAMMNUEL; THONSOM, 2020; MOLNÁR; GYONGGYOSI; GAL, 2019; OCHOLA, et al., 2020; PERERA e EMMANUEL, 2018; QUAN, 2019; QUANZ, et al., 2018; SHI; XIANG; ZHANG, 2019; VANDAMME, et al. 2019; ZHOU, et al., 2020; YANG, et al., 2017; YANG, et al., 2020;), seguidas por pesquisas que utilizaram a estimativa de temperatura do ar a partir de imagens de satélites referentes a temperatura de superfície correspondem a 31% ($N=8$) (CHEN; ZHENG; HU, 2019; DIAN, et al., 2020; HUANG; OUWANG, 2019; KOTHAKAR; BAGADE, 2018; KIM; GU; KIM, 2018; RICHARD, et al., 2018; PACIFIC; RAMA; MARIN, 2019; WANG, et al., 2018), enquanto apenas 4% das pesquisas ($N=1$) (SHI, et al., 2018) utilizaram o método de medição por meio de transecto móvel urbano/rural para definir a diferença e intensidade da ICU.



Tabela 7 - Metodologia para definição da intensidade da ICU

Metodologia para definição da intensidade da ICU	N = 26	%
Comparação entre dados rurais e urbanos (dados primários e/ou secundários)	17	65
Estimativa de temperatura por satélite	8	31
Transecto móvel urbano/rural	1	4

Fonte: Organizado pelos autores.

3.2 Discussão dos Resultados

A presente revisão da literatura apontou para uma determinação da diferença entre a temperatura de superfície observada por satélite nas diferentes ZCL, o que pode ser evidenciado nos trabalhos de Ochola et al., (2020); Maharroof; Eammuel; Thonsom (2020); Yang et al., (2020); Kothakar; Bagade (2018); Wang et al., (2018); Kim; Gu; Kim (2018); Quan (2019); Yang et al., (2020); Pacific; Rama; Marins (2019), enquanto, Dian et al., (2020); Shi et al., (2018); Chen; Zheng; Hu (2019); Kotharkar et al., (2018); Liu et al., (2020); Shi; Xiang; Zhang (2019) apontam para as diferenças da intensidade das ICU em relação a ilha de calor de superfície urbana por meio de dados de temperatura de superfície nas diferentes ZCL. Esses resultados demonstram a contribuição das ZCL na intensidade das ICU por meio de dados de temperatura de superfície e de temperatura do ar.

Já nos trabalhos de Richard et al.,(2018); Huang; Wang, (2019); Yang, et al., (2017); Zhou et al., (2020); Vandamme et al., (2019) apontaram em seus estudos para a necessidade da criação de uma tipologia destinada a analisar as temperaturas rurais e urbanas tanto por meio das ZCL quanto por meio das Zonas Climáticas Urbanas (ZCU) com uso de uma ferramenta do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS), combinando dados do *Corine Land Cover* (CLC) uma metodologia que objetiva produzir uma cartografia de ocupação e uso do solo nos países na União Europeia (UE) que poder ser associados ao banco de dados WUDAPT, tornando-se relevantes para analisar e discriminar diferentes resultados de temperatura de superfície e do ar em relação aos espaços e as estruturas, sendo a tipologia mais aplicável em contextos mundiais a das Zonas Climáticas Locais. Porém, Perera e Emmanuel (2018) sugerem a criação de subclasses de ZCL baseadas na topografia como melhor forma de categorizar as diferenças intraurbanas, o que pode refletir na determinação dos limites das ICU.

No entanto, apenas os estudos de Geletic et al., (2018), Huang e Ouwang, (2019), Quanz et al., (2018), Molnár, Gyonggyosi e Gal (2019), Chen, Zheng e Hu (2020) apontaram



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

para uma correlação positiva entre as ZCL e a intensidade das ICU, respondendo, em parte, a questão central dessa pesquisa.

4. Considerações Finais

Por meio de uma extensa pesquisa sistemática da literatura apresentada no presente trabalho, buscou-se responder a seguinte pergunta “*Qual é a influência das Zonas Climáticas Locais (ZCL) na intensidade e ocorrência das Ilhas de Calor Urbanas (ICU)?*”, destacando a relevância da metodologia WUDAPT. Foi possível verificar que as variações da temperatura intraurbana se estabelecem a partir das diferentes tipologias urbanas e rurais de uso, ocupação, morfologia, densidade e estrutura urbana, as quais são definidas e categorizadas por meio das Zonas Climáticas Locais (ZCL) e evidenciou-se assim, a elevação da temperatura de uma área urbana quando comparada a uma zona rural. A divisão das tipologias urbanas e rurais em ZCL é, portanto, justificada tanto em bases físicas quanto empíricas.

Em relação a ocorrência das ICU, todas as pesquisas levantadas apontaram para uma relação direta entre as ZCL de tipologias urbanas e formação das ICU. Essa classificação, apoiada em diversos resultados de pesquisas aqui analisados, configura-se como importante contribuinte na identificação das ICU bem como na definição da intensidade deste fenômeno do clima urbano, evidenciadas pela alta correlação de suas diferentes tipologias com a elevação e/ou diminuição das temperaturas do ar e de superfície por meio de transecto móvel e dados de imagens dos satélites.

A metodologia empregada nesta revisão sistemática, apoiada no diagrama PICOS para a definição dos parâmetros de busca dos artigos científicos, mostrou-se eficiente e adequada para a resolução da questão levantada.

Portanto, sugere-se que pesquisas futuras analisem de forma ainda mais completa e ampla nas diferentes plataformas, buscando ainda mais trabalhos acerca da referida temática e que estes sejam incluídos à base de dados aqui apresentada, com a finalidade de aumentar as evidências quanto o uso das ZCL na ocorrência e intensidade das ICU, a fim de melhorar as estratégias de pesquisa para o adequado planejamento urbano.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

5. Referências

AMORIM, M. C. C.T. Intensidade das ilhas de calor em Presidente Prudente (SP) através de Zonas Climáticas Locais (ZCL). **Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada I Congresso Nacional de Geografia Física**. V.20, p. 01-12, 2015.

AMORIM, M.C.C.T. O clima urbano de Presidente Prudente/SP. 2000. 374 f. Tese (Doutorado em Geografia) - **Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo**, São Paulo.

BECHTEL, B.; ALEXANDER, P.; BÖHNER, J.; CHING, J.; CONRAD, O.; FEDDEMA, J.; MILLS, G.; SEE, L.; Mapping Local Climate Zones for a Worldwide Database of the Form and Function of Cities. **ISPRS International Journal of Geo-Information** 4 (1), p. 199- 219, 2015.

CHEN, Yaping; ZHENG, Bohong; HU, Yinze. Mapping of local climatic zones using the ArcGIS-based method and exploring the temperature characteristics of the earth's surface in Chenzhou, China. *Sustentabilidade*, v. 12, p.1-18, 2020.

CHING, Jason et al. Pathway using WUDAPT's Digital Synthetic City tool towards generating urban canopy parameters for multi-scale urban atmospheric modeling. **Urban Climate**, v. 28, p. 100459, 2019.

DIAN, C.; PONGRÁCZ, R.; DEZSO, Z.; BARTHOLY, J. Annual and monthly analysis of surface urban heat island intensity with respect to the local climate zones in Budapest. **Urban Climate**, v. 31, p.1-16 2020.

FIALHO, Edson Soares. Ilha de calor em cidade de pequeno porte: Caso de Viçosa, na Zona da Mata Mineira. 2009. **Tese de Doutorado**. Universidade de São Paulo.

GARCÍA, F, F. Manual de Climatología Aplicada: Clima, Medio Ambiente y Planificación, 1st ed.; Madri: **Editorial Síntesis**. V. 5, p.1-288, 1995.

GELETIC, J.; LEHNERT, M.; SAVIC, S.; MILOSEVIC, D. Inter-/intra-zonal seasonal variability of the surface urban heat island based on local climate zones in three central European cities. **Building and Environment**, v. 169, p. 1-13, 2019.

GELETIC, J.; LEHNERT, M.; SAVIC, S.; MILOSEVIC. Modelled spatiotemporal variability of outdoor thermal comfort in local climate zones of the city of Brno, Czech Republic. **Science of the Total Environment**, v. 624, p. 1-11, 2018.

HUANG, X.; WANG, Y. Investigating the effects of 3D urban morphology on the surface urban heat island effect in urban functional zones by using high-resolution remote sensing data: A case study of Wuhan, Central China. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 152, p. 1-13, 2019.

KANDYA, Anurag; MOHAN, Manju. Mitigating the Urban Heat Island effect through building envelope modifications. **Energy and Buildings**, v. 164, p. 266-277, 2018.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

KIM, H.; GU, D.; KIM, Y, H. Effects of Urban Heat Island mitigation in various climate zones in the United States. **Sustainable Cities and Society**, v. 41, p. 1-12, 2018.

KOTHARKAR, R.; BAGADE, A.; Evaluating urban heat island in the critical local climate zones of an Indian city. **Landscape and Urban Planning**, v. 156, p. 1-12, 2018.

LITARDO, JAQUELINE. Urban Heat Island intensity and buildings' energy needs in Duran, Ecuador: Simulation studies and proposal of mitigation strategies. **Sustainable cities and society**, v. 62, p. 102387, 2020.

LIU, Y.; LI, Q.; YANG, L.; MU, K.; ZHANG, M.; LIU, J. Urban heat island effects of various urban morphologies under regional climate conditions. **Science of The Total Environment**, v. 743, p. 1-14, 2020.

MAHAROOFF, N.; EMMANUEL, R.; THOMSON, C. Compatibility of local climate zone parameters for climate sensitive street design: Influence of openness and surface properties on local climate. **Urban Climate**, v. 33, p. 1-15, 2020.

MOLNÁR, G., GYONGYOSI, AZ & GÁLI, T. Integration of an LCZ-based classification in WRF to assess the intra-urban temperature pattern under a heat wave period in Szeged, Hungary. **Theor Appl Climatol**, v. 138, p.1-20, 2019.

MUSHTAHA, Emad et al. A study of the impact of major Urban Heat Island factors in a hot climate courtyard: The case of the University of Sharjah, UAE. **Sustainable Cities and Society**, v. 69, p. 102844, 2020.

OCHOLA, E, M.; FAKHARIZADEHSHIRAZI, E.; ADIMO. O. A.; MUKUNDI. B. J.; WESONGA. M. J.; SODOUDI. S. Inter-local climate zone differentiation of land surface temperatures for Management of Urban Heat in Nairobi City, Kenya. **Urban Climate**, v.31, p.1-14, 2020.

OKE, T, R. City size and the urban heat island. **Atmos. Environ.** V. 7, p. 769–779, 1973.

PACIFICI, M.; RAMA, F.; MARIN, C, R, K. Analysis of temperature variability within outdoor urban spaces at multiple scales. **Urban Climate**, v. 27, p. 1-15, 2019.

PERERA, N. GR.; EMMANUEL, R. A “Local Climate Zone” based approach to urban planning in Colombo, Sri Lanka. . **Urban Climate**, v. 23, p.1-16, 2018.

QUAN, J. Multi-Temporal Effects of Urban Forms and Functions on Urban Heat Islands Based on Local Climate Zone Classification. **Int. J. Environ**, v. 6, p. 1- 35, 2019.

QUANZ, JA; ULRICH, S.; FENNER, D.; HOLTSMANN, A .; EIMERMACHER, J. Micro-scale variability of air temperature within a local climate zone in Berlin, Germany, during the summer. **Clima**, v.6, p.1-22, 2018.

RICHARD. Y.; EMERY. J.; DUDEK. J.; PERGAUD. J.; CHATEAU-SMITH. C.; ZITO. S.; REGA. M.; VAIRET. T.; CASTEL. T.; THÉVENIN. T.; POHL. B. How relevant are local climate zones



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

and urban climate zones for urban climate research? Dijon (France) as a case study. **Urban Climate**, v. 26, p. 1-17, 2018.

SHI, Y.; LAU, K. K.; REN, C.; NG, E. Evaluating the local climate zone classification in high-density heterogeneous urban environment using mobile measurement. **Urban Climate**, v. 25, p.1-20, 2018.

SHI, Y.; XIANG, Y.; ZHANG, Y. Urban design factors influencing the surface urban heat island in the high-density city of Guangzhou based on the local climate zone. **Sensors**, v. 19, p. 1-20, 2019.

STEWART, I, D.; OKE, T, R. Local Climate Zones for Urban Temperature Studies. **Bull. Amer. Meteor. Soc.**, v. 93, p.1-22, 2012.

TIAN, Liu et al. Review on Urban Heat Island in China: Methods, Its Impact on Buildings Energy Demand and Mitigation Strategies. **Sustainability**, v. 13, n. 2, p. 762, 2021.

VANDAMME, S.; DEMUZERE, M.; VERDONCK, M.L.; ZHANG, Z.; COILLIE, FV Revealing the Historic Urban Planning Policies of Kunming (China) through local climate zones. **Sensoriamento Remoto**, V. 11, pág. 1-20, 2019.

WANG, C.; MIDDEL,A.; MYINT, S.; KAPLAN, S.; BRAZEL, A.; LUKASCZYK,J. Assessing local climate zones in arid cities: The case of Phoenix, Arizona and Las Vegas, Nevada. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 141, p.1-13, 2018.

WANG, J.; OUYANG, W.; Attenuating the surface Urban Heat Island within the Local Thermal Zones through land surface modification. **Journal of Environmental Management**, v.187, p. 1-14, 2017.

YANG, X.; JIN, T.; YAO, L.; ZHU, C.; PENG, L, L.; Assessing the Impact of Urban Heat Island Effect on Building Cooling Load based on the Local Climate Zone Scheme. **Procedia Engineering**. V.205, p. 1-8, 2017.

YANG, X.; PENG, LH, L.; JIANG, Z.; CHENG,Y.; YAO, L.; HE, Y.; XU, T. Impact of urban heat island on energy demand in buildings: Local climate zones in Nanjing. **Applied Energy**, v. 260, p. 1-13, 2020.

YANG, X.; YAO, L.; JIN, T.; PENG, LH.; JIANG, Z.; HU, Z.; YE, Y. Assessing the thermal behavior of different local climate zones in the Nanjing metropolis, China. **Building and Environment**, v.137, p. 1-14, 2018.

YANG, Xiaoshan et al. Impact of urban heat island on energy demand in buildings: Local climate zones in Nanjing. **Applied Energy**, v. 260, p. 114279, 2020.

ZHOU, X.; OKAZE, T.; REN, C.; CAI, M.; ISHIDA, Y.; WATANABE, H.; MOCHIDA,A. Evaluation of urban heat islands using local climate zones and the influence of sea-land breeze. **Sustainable Cities and Society**, v. 55, p. 1-17, 2020.