

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA
NÚCLEO DE CIÊNCIAS EXATAS DA TERRA
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
LICENCIATURA EM GEOGRAFIA**

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

Vanessa Oliveira Borges

**PORTO VELHO
2022**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA
NÚCLEO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
LICENCIATURA EM GEOGRAFIA

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

Vanessa Oliveira Borges

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Geografia, Departamento de Geografia,
da Universidade Federal de Rondônia, como
requisito para obtenção do título de Licenciada
em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. João Paulo Assis

PORTO VELHO
2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Fundação Universidade Federal de Rondônia
Gerada automaticamente mediante informações fornecidas pelo(a) autor(a)

B732i Borges, Vanessa Oliveira.

Influência das zonas climáticas locais na intensidade e ocorrência das Ilhas de calor urbanas: uma revisão sistemática / Vanessa Oliveira Borges. -- Porto Velho, RO, 2022.

48 f. : il.

Orientador(a): Prof. Dr. João Paulo Assis Gobo

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) - Fundação Universidade Federal de Rondônia

1.Temperatura intraurbana. 2.Clima urbano. 3.WUDAPT. I. Gobo, João Paulo Assis. II. Título.

CDU 551.58

Bibliotecário(a) Renata Cortinhas Bulhões

CRB 11/1010



MINISTERIO DA EDUCAÇÃO
FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE GEOGRAFIA - PORTO VELHO

ATA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Aos 04 dias do abril de 2022 , às 14h, no ambiente virtual se reuniram em videoconferência por meio do link <https://meet.google.com/rph-baje-hez> – Porto Velho/RO, ocorreu a defesa da monografia intitulada **INFLUÊNCIA DAS ZONAS CLIMÁTICAS LOCAIS NA INTENSIDADE E OCORRÊNCIA DAS ILHAS DE CALOR URBANAS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA**, da discente **VANESSA OLIVEIRA BORGES**, sob orientação do Prof. Dr. João Paulo Assis Gobo. Procedida a apresentação do Trabalho pela discente e após a apuração das notas atribuídas pelos componentes da Banca de Avaliação, a discente foi considerada **APROVADA**, devendo a mesma atender as observações da Banca e proceder as devidas alterações na versão final do trabalho monográfico, tendo o prazo de até 4 (dias) dias, visto o prazo final para o lançamentos das notas no sistema SIGAA se encerrar no dia 08 de abril, para proceder a entrega de 02 (dois) exemplares da monografia impressos em capa dura e mais cópia gravada em CD. Para tanto, assinam a presente:

Membros da Banca:

Prof. Dr. João Paulo Assis Gobo (Orientador) – UNIR
Prof. Dr. Tatiana dos Santos Malheiros (Examinadora interna) – UNIR
Prof. Dr. Cátia Eliza Zuffo (Examinadora interna) – UNIR



Documento assinado eletronicamente por **JOAO PAULO ASSIS GOBO, Docente**, em 04/04/2022, às 17:05, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **TATIANA DOS SANTOS MALHEIROS, Docente**, em 04/04/2022, às 17:07, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **CATIA ELIZA ZUFFO, Docente**, em 04/04/2022, às 17:07, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.unir.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0926520** e o código CRC **185D547C**.

*Dedico este trabalho primeiramente a Deus, por ser
essencial em minha vida. À minha mãe, Eliete de
Oliveira, e aos meus irmãos, Victor e Vaniele. Ao meu
orientador João Paulo de Assis Gobo.*

APRESENTAÇÃO/TRAJETÓRIA DE PESQUISA

Entrei no curso de licenciatura em Geografia no ano de 2017, quando os primeiros períodos foram de dedicação exclusiva para fazer apenas as disciplinas da graduação. Foi no ano de 2019 que comecei a minha trajetória de pesquisa.

Esta trajetória se deu a partir do edital para a seleção dos alunos de Iniciação Científica (PIBIC), lançada pelo professor Dr. João Paulo de Assis Gobo, coordenador do grupo de pesquisa em Bioclimatologia e Mudanças Climáticas na Amazônia (BIOCLAM), onde eu me candidatei para a seleção. A partir desta seleção eu me tornei aluna de Iniciação Científica, vinculada ao programa institucional de bolsas em Iniciação Científica (PIBIC), vinculado ao grupo de pesquisa BIOCLAM, participando de 3 (três) ciclos deste programa.

O meu primeiro ciclo como aluna de Iniciação Científica se deu a partir da pesquisa intitulada “Sazonalidade da concentração do material particulado atmosférico (MP) na área urbana de Porto Velho (RO)”. O meu segundo ciclo se deu a partir da pesquisa intitulada “Áreas verdes urbanas e o conforto térmico humano na cidade de Porto Velho (RO)”. Foi durante este segundo ciclo que eu me identifiquei como pesquisadora, pois, paralelo ao PIBIC, iniciei uma revisão sistemática denominada “Influência das zonas climáticas locais na intensidade e ocorrência das ilhas de calor urbanas: uma revisão sistemática”. A mesma pesquisa foi apresentada no XIV Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica (XIV SBCG), que ocorreu de forma remota, no período de 10 a 14 de agosto de 2021. No final do ano de 2021 iniciei no Programa de Bolsas de Extensão e Cultura da Universidade Federal de Rondônia (PIBEC), a partir da pesquisa intitulada “Monitoramento da qualidade do ar em residências urbanas e rurais: um levantamento realizado por alunos da rede pública de ensino de Porto Velho-RO”.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer à Universidade Federal de Rondônia todas as oportunidades e ferramentas oferecidas para conclusão deste ciclo. Também gostaria de agradecer ao Departamento de Geografia e aos professores que dedicaram seu tempo para ensinar, orientar e até mesmo pelas palavras amigas durante toda a graduação.

Agradeço à minha mãe, Eliete de Oliveira Venancio, o apoio e o amor incondicional em todo tempo, antes, durante e após esta jornada acadêmica.

Aos meus irmãos, Victor e Vaniele, que me ensinaram desde muito cedo o significado da palavra amor e proteção.

À professora Santa Gervásia que me inspirou no primário. O ciclo da educação básica foi tempo difícil. E ela, com seu amor e carinho pelo magistério, pegava em minhas mãos e me ensinava de forma lúdica cada letra. Foi a minha primeira grande incentivadora e marcou a minha vida desde a infância.

Agradeço também ao meu orientador, o ser tão paciente, e todo aprendizado, e todas as horas de dedicação nas minhas orientações, e todos os autores que me apresentou para abrir a minha mente ao novo.

Por fim, agradeço a todas as pessoas e amigos que fizeram parte desta etapa da minha vida, principalmente ao grupo de pesquisa BIOCLAM, no qual permanecemos unidos até o fim, na busca e evolução da ciência climatológica geográfica.

Agradeço a todas as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram para a realização da minha pesquisa.

A todos, meu muito e sincero obrigado!!!

A primeira arma do cientista é o ceticismo e a vontade de descobrir, estudar e buscar respostas. Mas, e quando as pessoas lhe apresentam um problema que não querem que você solucione? Ou simplesmente acreditam que elas querem acreditar, por pura e simples conveniência e/ ou ideologia?

CARL SAGAN

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. Desta forma, identificar os principais contribuintes para a formação e intensidade das ICUs é de fundamental relevância para o planejamento urbano. A partir disto, a presente pesquisa buscou compreender a influência das Zonas Climáticas Locais (ZCL) na intensidade e ocorrência das ICUs, partindo de uma revisão sistemática da literatura para o período 2012 a 2020, com ênfase no uso da ferramenta WUDAPT (*World Urban Database and Access Portal Tools*). Foram avaliados mais de 160 trabalhos e selecionados apenas aqueles que de fato respondiam à questão central da pesquisa. Os resultados demonstraram uma correlação positiva entre as ZCL e a intensidade das ICUs e com suas ocorrências. Porém, estes resultados estão condicionados a diferentes arranjos metodológicos empregados nas pesquisas analisadas. A meta-análise apontou que grande parte dos trabalhos que fizeram o estudo em ilha de calor urbana se concentra no Hemisfério Norte, bem como os trabalhos que utilizaram medições *in lócus*, enquanto no Hemisfério Sul utilizam mais dados secundários; o mesmo foi constatado em relação ao uso de imagens de satélite e transecto móvel para a determinação das ICUs.

Palavras-chave: Temperatura intraurbana. Clima urbano. WUDAPT.

ABSTRACT

The Urban Heat Island (ICU) effect is a problem increasingly observed and addressed in climate studies. Information on the driving forces of intra-urban temperature variation is essential for the improvement of the urban thermal environment, since rapid urbanization usually leads to the formation of the Urban Heat Island, which is believed to be linked to the particular characteristics of each city. Proper management of the ICU, therefore, would require recognition of the potential range of increase in heat load (transport). Thus, identifying the main contributors to the formation and intensity of ICUs is of fundamental relevance for urban planning. From this, the present research sought to understand the influence of Local Climatic Zones (LCZ) on the intensity and occurrence of ICUs from a systematic review of the literature for the period 2012 to 2020, with emphasis on the use of the WUDAPT (World Urban Database) tool. and Access Portal Tools). More than 160 works were evaluated and only those that actually answered the central question of the research were selected. The results showed a positive correlation between the LCZ and the intensity of the ICUs, as well as with their occurrences, however, these results are conditioned to different methodological arrangements used in the analyzed studies. The meta-analysis pointed out that much of the work that has done the urban heat island study is concentrated in the northern hemisphere, as well as the work that used *in locus* measurements while in the southern hemisphere uses more secondary data, the same was found regarding the use of satellite imagery and mobile transect for the determination of UHIs.

Keywords: Intraurban temperature. Urban Climate. WUDAPT.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Base bibliográfica consultada no processo de revisão sistemática.....	12
Tabela 2 – Contagem anual de publicações.....	13
Tabela 3 – Zona Climática.....	13
Tabela 4 – Porcentagem de estudos que realizaram ou não medições microclimáticas.....	14
Tabela 5 – Metodologia de classificação das ZCL.....	15
Tabela 6 – Metodologia para identificação e classificação das ICU.....	16
Tabela 7 – Metodologia para definição da intensidade da ICU.....	16
Tabela 8 – Risco Relativo e Razão de Chances.....	17
Tabela 9 – Metodologia de classificação.....	18
Tabela 10 – Intensidade da ilha de calor urbana.....	20
Tabela 11 – Classificação da ilha de calor urbana.....	21

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Medições Microclimáticas por hemisfério	18
Figura 2 – Wudpta e uso e cobertura do solo.....	19
Figura 3 – Métodos utilizados nos trabalhos por hemisfério	20
Figura 4 – Método imagem de satélite e transecto móvel	22

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

BIOCLAM	Laboratório de biometereologia e mudanças climáticas da Amazônia
CLC	Corine Land Cover
ICU	Ilha de Calor Urbana
HUMIDEX	Mapa para cálculo dos dados das imagens de satélite
MP	Material Particulado
PIBIC	Programa Institucional de Bolsas e Iniciação Científica
PIBEC	Programa de Bolsas de Extensão e Cultura
PICOS	Paciente, Intervenção, Comparação
RC	Risco de Chances
RR	Risco Relativo
SBCG	Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica
UE	União Europeia
USGS	Ferramenta Serviço Geológico dos EUA
WUDAPT	World Urban Database Acess Portal Tools
ZCL	Zona Climática Local
ZCU	Zona Climática Urbana

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	0
1.1 JUSTIFICATIVA E PROBLEMÁTICA.....	2
1.2 OBJETIVOS	4
1.2.1 Objetivo Geral.....	4
1.2.2 Objetivos específicos	4
2 REVISÃO DA LITERATURA	5
2.1 CLIMA URBANO	5
2.2 ILHA DE CALOR URBANA	6
2.3 ZONAS CLIMÁTICAS LOCAIS	7
3 METODOLOGIA	8
3.1 REVISÃO SISTEMÁTICA.....	8
3.2 META-ANÁLISE	9
4 RESULTADOS.....	12
4.1 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS DA REVISÃO SISTEMÁTICA	12
4.2 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS DA META-ANÁLISE	16
5 DISCUSSÃO	23
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	25
REFERÊNCIAS.....	27
ANEXOS	32

1 INTRODUÇÃO

O elementomais 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. Neste aspecto, o portal *World Urban Database and Access Portal Tools* (WUDAPT) foi desenvolvido por uma iniciativa 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; OKE, 2012, p. 36).

O sistema de classificação das ZCL revela novas oportunidades para preencher esta lacuna, pois, padroniza a forma e a função urbanas em relação ao clima local (STEWART; OKE, 2012). Ele permite uma compreensão espacial mais detalhada da variabilidade da temperatura do ar intraurbano, em vez 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; OKE, 2012).

O conceito de ZCL foi introduzido por Stewart e Oke (2012) para fornecer a 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; OKE, 2012). Cada região é identificada como uma classe particular apenas se os círculos de influência circundantes forem uniformes em cobertura de superfície, geometria e atividade humana (BECHTEL *et al.*, 2015; STEWART; OKE, 2012).

Desta 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.

1.1 JUSTIFICATIVA E PROBLEMÁTICA

No estudo feito por Vandame et al. (2019), eles enfatizam que como resultado das mudanças na cobertura do solo, expansão urbana e adensamento, as mudanças no clima térmico da cidade são inevitáveis. A urbanização é (em geral) responsável por temperaturas superficiais mais elevadas, devido ao maior grau de impermeabilidade das superfícies, aumentando o calor antropogênico e as áreas construídas.

O conceito de Zonas Climáticas Locais (LCZs). As LCZs representam uma descrição genérica, de fácil compreensão e culturalmente neutra do uso e cobertura da terra adequada para estudos climáticos. Um ponto crítico é que as LCZs são universais em sua aplicação e podem ser vinculadas a parâmetros urbanos mensuráveis na forma e função urbana. O esquema de classificação LCZ foi projetado para descrever paisagens (urbanas e naturais) que apresentam climas térmicos distintos, devido às suas propriedades de superfície, e tem sido amplamente utilizado em estudos da ilha de calor urbana (BECHTEL *et al.*, 2015).

Estudos desta natureza, aplicados às cidades tropicais de pequeno porte, são escassos na literatura brasileira e diferenciam-se, sobretudo, quanto à metodologia de aquisição de dados. Isto assume importância, pois, aparentemente induzem sobre a influência dos ambientes construídos em modular a variação da temperatura do ar (BECHTEL *et al.*, 2015).

Segundo Oke (1982), a radiação do sol e as atividades humanas adicionam calor ao sistema urbano, que é armazenado na atmosfera ou nas superfícies dos materiais de construção, de modo que é armazenado o calor durante o dia e liberado vagarosamente à noite.

De acordo com Geiger (1990), o calor acumulado durante o dia nas massas de alvenaria da cidade, associado à redução da ventilação, retarda o arrefecimento durante a tarde; e, só lentamente, a troca de ar entre o interior e o exterior da cidade provoca a diminuição das temperaturas urbanas. A redução das perdas de calor por irradiação noturna se deve à presença de elevados níveis de radiação de onda longa na camada de poluição que cobre a cidade, o que representa uma forte proteção contra a perda de radiação durante a noite, ao não permitir que a cidade devolva o calor às

camadas superiores da atmosfera. O uso e a ocupação do solo influenciam de maneira considerável a variação da temperatura.

Alguns autores afirmam que as cidades frequentemente compreendem um mosaico de áreas com temperaturas mais elevadas e mais reduzidas, conforme a variação da cobertura do solo urbano. As temperaturas na mancha urbana apresentam-se frequentemente mais altas do que nas áreas rurais circunvizinhas. Porém, no interior da cidade as variações térmicas ocorrem principalmente entre os espaços livres e os vegetados e as áreas construídas, produzindo defasagens de temperaturas intraurbanas em até 7°C (ELIASSON, 2000; SPROKEN-SMITH; OKE, 1999; UPMANIS; ELIASSON; LINDQVIST, 1998).

O clima urbano, muito estudado em cidades localizadas em latitudes médias, desde os anos 1950, se tornou importante objeto de estudo no Brasil a partir de 1970, devido, sobretudo, aos problemas ambientais acumulados nas grandes cidades, derivados da rápida urbanização. Os estudos sobre clima urbano têm acumulado conhecimento sobre o funcionamento da atmosfera, principalmente nas grandes cidades (SANTANA, 2014).

“Quem sofre com as ilhas de calor são os moradores locais das regiões ou aqueles que nelas trabalham. Entre as consequências estão o desconforto provocado pelas altas temperaturas, problemas de saúde em geral e, em particular, os males ligados ao sistema respiratório, porque este fenômeno acontece em virtude da concentração de asfalto, ruas, avenidas e concreto (prédios, casas e outras construções). Nestas cidades, a temperatura média costuma ser mais elevada do que nas regiões rurais próximas” (BORGES, 2022).

As alterações na composição da atmosfera, associadas aos padrões de uso do solo, contribuem para as alterações climáticas e consequentes efeitos na qualidade de vida e na saúde de seus residentes. As alterações climáticas ocorrem em escala local, isto é, na cidade como um todo. Entretanto, há diferenças em microescala, em espaços intraurbanos que criam condições mais ou menos favoráveis ao conforto térmico. Mas, se por um lado, o ambiente interno é afetado pelas condições térmicas do entorno, por outro, a própria edificação ou grupos de edificações modificam o clima local. Isto se dá, sobretudo, em condições de calor, quando os aparelhos de climatização, enquanto resfriam o ar interno, emitem calor sensível ao entorno (GOBO *et al.*, 2022).

Em regiões tropicais e subtropicais têm ocorrido um processo contínuo e acelerado de urbanização e há, portanto, desafio de se estudar os efeitos do clima no bem-estar e na saúde de suas populações, que auxiliem na proposição de um planejamento urbano climaticamente orientado, considerando possíveis mudanças climáticas (SANTANA, 2014).

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

A presente pesquisa tem por objetivo identificar a influência das Zonas Climáticas Locais na intensidade e ocorrência de Ilha de Calor Urbana, por meio de uma revisão sistemática da literatura existente.

1.2.2 Objetivos específicos

- ✓ Realizar a revisão bibliográfica a partir das plataformas de pesquisa pré-definidas;
- ✓ Selecionar pesquisas de acordo com os parâmetros selecionados;
- ✓ Realizar análise estatística a partir de uma meta-análise da bibliografia consultada.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 CLIMA URBANO

Os primeiros estudos de clima urbano foram realizados na cidade de Londres no século XIX, com a documentação de base meteorológica de Luke Howard sobre um excesso de calor na cidade em comparação com o campo.

Segundo Mendonça (2012), o clima das cidades começou a despertar interesse científico a partir de meados do século XIX, quando as cidades industrializadas, especialmente a Inglaterra e França, apresentaram ambientes fortemente degradados. O crescimento das cidades, conjuntamente ao das populações urbanas, introduziu novos elementos físicos e químicos na atmosfera, alterando as condições naturais precedentes e originando o clima urbano. Os problemas relacionados à atmosfera urbana tornam-se evidentes por meio da precariedade na qualidade do ar, das ilhas de calor e de ilhas de frio, das chuvas ácidas etc.

Tanto na Europa quanto no Brasil, o processo de urbanização resultou em inúmeros problemas, embora temporal e espacialmente muito distintos. Tendo se desenvolvido de forma tardia e destituída de planejamento, a urbanização brasileira tem seu maior incremento entre os anos de 1950 e 1980, momento no qual o intenso êxodo rural associado a um alto crescimento vegetativo da população urbana resultou em grandes e caóticos centros urbanos no país. Neste contexto surge a proposta do Sistema Clima Urbano desenvolvido por Monteiro (1976).

Monteiro (1976) considera o clima urbano como o clima que abrange um determinado espaço terrestre e sua urbanização, e o espaço urbanizado constitui o núcleo do sistema. Para o autor do Sistema Clima Urbano, a cidade é cada vez mais a morada do homem e é também o lugar de mais efetiva interação entre o homem e a natureza (MONTEIRO, 2003), onde os elementos e formas da arquitetura citadina — com seu sistema viário de circulação interna e relacionamento regional, aterros, represas e reservas de água, alterações drásticas na vegetação local e retirada dos acidentes topográficos indesejados — conduzem a dinâmica da população da cidade e região, circulando e desempenhando suas diferentes funções e atividades, o que "faz

com que as cidades sejam os lugares onde as resultantes ambientais configuram-se como obra conjunta de uma natureza retrabalhada e aperfeiçoada aos propósitos do viver humano" (MONTEIRO, 2003, p.10).

Segundo Ximenes *et al.* (2020), as cidades vêm passando por transformações em seus padrões de urbanização e, já na última década, o desenvolvimento sustentável tornou-se um dos seus maiores desafios e são poucas as cidades no mundo que possuem um plano climático.

Assim, as alterações provocadas pelas cidades em termos de produção, estilo de vida, consumo e energia, para citar alguns exemplos, também podem ser observadas na consolidação de um clima propriamente urbano.

2.2 ILHA DE CALOR URBANA

O primeiro estudo sobre a ilha de calor urbana no Brasil foi para o município de São Paulo e sua região metropolitana, realizado por Lombardo (1985), o qual verificou sua variação diurna, sazonal e espacial por meio da combinação de medições de temperatura e umidade relativa de 45 pontos de coleta, ao lado do uso de imagens termais com cálculo da temperatura da superfície na resolução espacial de 1 km x 1 km.

A ilha de calor urbana é um fenômeno em que a temperatura urbana é mais elevada do que a área rural próxima, afeta diretamente a saúde e o bem-estar dos cidadãos (LOMBARDO, 1985).

A urbanização rápida muitas vezes leva à formação de Ilhas de Calor Urbanas (UHI), que se acredita estar ligada às características de uma cidade, sendo (assim) importante uma melhor compreensão da ilha de calor urbana (UHI) em estudos ecológicos e ambientais urbanos.

Segundo Shi (2018), a ilha de calor urbano (UHI) foi identificada como uma ameaça à qualidade de vida urbana no contexto das mudanças climáticas. À medida que aumenta a conscientização sobre os impactos da expansão urbana no clima local, os planejadores e tomadores de decisão urbanos tentam incorporar considerações climáticas no processo de planejamento, visando um melhoramento do bem-estar urbano.

2.3 ZONAS CLIMÁTICAS LOCAIS

A classificação da paisagem urbana proposta por Stewart e Oke (2012) é uma evolução de diversos estudos que propunham simplificar tipologias urbanas e rurais sob a ótica do clima urbano. A proposta de classificação das Zonas Climáticas Locais (ZCL), ou *Local Climate Zones* (LCZ) como é referida internacionalmente, parte de classes genéricas que são desmembradas em subclasses, promovendo a simplificação dos cenários. A estrutura é culturalmente neutra para classificar e delinear paisagens urbanas em um esquema climático universal usando sensoriamento remoto em combinação com o conhecimento de especialistas locais (BECHTEL *et al.*, 2015).

Parte de classes genéricas que são desmembradas em subclasses, promovendo a simplificação dos cenários. A estrutura é culturalmente neutra para classificar e delinear paisagens urbanas em um esquema climático universal usando sensoriamento remoto em combinação com o conhecimento de especialistas locais (BECHTEL *et al.*, 2015).

As zonas climáticas locais (LCZs) são um sistema de classificação de uso do solo abrangente e em nível micro, originalmente desenvolvido para quantificar a relação entre a ilha de calor urbana (UHI) e o padrão morfológico urbano. A avaliação do padrão de comportamento térmico da LCZ pode contribuir para quantificar o estresse térmico potencial e os riscos à saúde.

Segundo Stewart e Oke (2012), o conceito de esquema de Zona Climática Local foi desenvolvido para se encaixar e resolver problemas como os ambientais, poluição do ar e ilha de calor urbano, e apresenta uma maneira científica padronizada para descrever a cobertura da terra e seu desempenho térmico. Neste aspecto, o portal World Urban Database and Access Portal Tools (WUDAPT) foi desenvolvido por uma iniciativa da comunidade científica para reunir e disseminar informações com escala e resolução padronizadas sobre clima urbano e, desde 2012, o Banco de Dados Urbano Mundial e as Ferramentas do Portal de Acesso (WUDAPT) vêm congregando esforços e colaborações internacionais em estudos de LCZ em todo o mundo.

3 METODOLOGIA

3.1 REVISÃO SISTEMÁTICA

Conforme apresentado acima, o estudo avaliou trabalhos que pudessem responder à pergunta central da pesquisa. Para atingir este objetivo, é importante destacar o fato que foram realizados os seguintes procedimentos: 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?*”, 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 procurou-se dentro da página de busca as 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 foram localizados 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 65 títulos que pudessem responder à pergunta da Pesquisa. : Em seguida realizou-se a leitura dos referidos resumos. E após esta leitura fez-se a seleção/exclusão com base nos critérios já citados, restando 32 trabalhos para leitura completa. Destes 32 trabalhos selecionados para leitura completa, foram excluídos 6, restando 26 para compilação de dados que compõem os resultados desta revisão, porque de fato eles responderiam à pergunta central desta pesquisa (Anexo 1).

Dos 26 trabalhos (estudos) selecionados, coletou-se 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 disto, 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.

3.2 META-ANÁLISE

A meta-análise é uma técnica de investigação que seleciona estudos e extrai resultados por meio de procedimentos rigorosos. Os resultados são resumidos através de análise estatística com o objetivo de diminuir a subjetividade dos métodos tradicionais de revisão narrativa.

- Resposta/Desfecho: Quantitativo: Diferença de Medidas e seu respectivo Intervalo de Confiança;
- Resposta/Desfecho: Binário. Estudos Transversais: razão de prevalências, ou Razão de chances e os respectivos intervalos de confiança;
- Estudos Longitudinais: usualmente risco relativo, ou razão de chances e os respectivos intervalos de confiança;
- Diferença de proporções (menos utilizado);
- Razões de taxas de incidências podem ser utilizadas em estudos longitudinais na presença de diferentes acompanhamentos.

Para a realização da meta-análise utilizou-se o Software R (Anexo 2) e foi adotada uma meta-análise estatística para resumir os resultados dos estudos independentes. A partir das palavras-chave principais dos estudos selecionados, a meta-análise avaliou os efeitos de uma dada variável sobre outra, considerando sempre os resultados binários (2x2 tabelas de contingência).

As medidas de associação entre duas variáveis categorizadas dicotômicas são apresentadas. Uma maneira bastante útil de se obter estas medidas é apresentar os resultados na forma de uma tabela de Contingência 2x2 – $T_{2 \times 2}$. Supõe-se que a variável de “exposição” possua duas categorias, Nível1 – N_1 e Nível2 – N_2 , e a variável de “desfecho” possua as categorias “Sim” e “Não”, que indicam se o desfecho avaliado ocorreu — abordado e estudado — com sucesso ou fracasso.

Na Revisão Sistemática, os desfechos (eventos) são variáveis que são monitoradas durante o estudo para documentar o impacto que uma dada exposição tem no surgimento ou aumento de determinado tipo de experimentação, no caso observacional ou virtual. A simulação é considerada um experimento virtual que requer um modelo operacional representando no todo (ou em parte) de um sistema ou processo que o caracterize.

O desfecho primário é a variável que é a mais relevante para responder à questão da pesquisa. Idealmente, esta deve ser centrada, um desfecho que seja relevante como morbidade e sobrevida. O desfecho secundário é um desfecho adicional monitorado para auxiliar a interpretação dos resultados do desfecho primário,

que também pode fornecer dados preliminares para um estudo mais abrangente. Portanto, é essencial decidir qual(is) desfecho(s) será(ão) monitorado(s) ou avaliado(s) no Estudo ou na Revisão Sistemática. O desfecho (variável-dependente ou variável-alvo) é a característica que se supõe ser o resultado do efeito de um fator. A exposição (covariável, variável independente ou variável preditora) é o fator que precede ao desfecho, a exposição é a suposta causa do desfecho.

É importante ressaltar que o(s) desfecho(s) do estudo deve(m) ser definido(s) a priori, a fim de evitar o ímpeto de se tirar conclusões falsas, por testar cada variável possível até que uma seja estatisticamente significativa — na Revisão Sistemática são definidas “*key-words*”.

“A escolha do desfecho mais adequado deve ser baseada na pergunta do estudo, ou seja, na hipótese correspondente. Neste Estudo de Meta-análise, tanto a exposição quanto o desfecho são mensurados em um único momento de tempo — Estudo ou Meta-análise Transversal. E, por fim, foram realizadas as análises de correspondência para a associação entre variáveis” (BORGES, 2022).

4 RESULTADOS

4.1 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS DA REVISÃO SISTEMÁTICA

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 compreender o padrão de publicações a partir de 2012 para os trabalhos selecionados por meio da leitura completa. Na Tabela 1 estão referidos o 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, Quênia
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, China
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, 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;	Theoretical and Applied	Szeged, Hungria

	Gal	Climatology	
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, São Paulo, Brasil

Fonte: Organizado pela autora.

Conforme analisado na Tabela 2, a contagem anual das publicações para o período 2012 – 2020 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 pela autora.

Em relação às ZCL dos estudos analisados (tropical Hemisfério Norte – HN, tropical Hemisfério Sul – HS, temperada Hemisfério Norte – HN), onde 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 temperada 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 pela autora.

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

Este levantamento evidencia uma tendência de diminuição das medições microclimáticas realizadas em campo, devido à disponibilização de acesso cada vez maior em relação às 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; KIM; GU; KIM, 2018; KOTHAKAR; BAGADE, 2018; LIU *et al.*, 2020; MAHAROOF; 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 *et al.*, 2018; SHI; XIANG; ZHANG, 2019; VANDAMME *et al.*, 2019; 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 pela autora.

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 à metodologia para identificação e classificação das ICU, 58% utilizaram o canal termal para identificar diferenças de temperatura em ambiente urbano e rural ($N=15$) (CHEN; ZHENG; HU, 2020; DIAN *et al.*, 2020; GELETIC *et al.*, 2019; HUANG; OUWANG, 2019; HUANG; WAN, 2019; MOLNÁR; GYONGGYOSI; GAL, 2019; OCHOLA *et al.*, 2020; PACIFIC; RAMA; MARIN, 2019; SHI; XIANG; ZHANG, 2019; VANDAMME *et al.*, 2019; WANG *et al.*, 2018; YANG *et al.*, 2017; ZHOU *et al.*, 2020). Em relação à diferença da temperatura urbana e rural por meio de medições, foram analisados que 12% ($N=3$) (GELETIC *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% ($N=7$) (KIM; GU; KIM, 2018; KOTHAKAR; BAGADE, 2018; KOTHARKAR *et al.*, 2018; QUANZ *et al.*, 2018; RICHARD *et al.*, 2018; YANG *et al.*, 2020). Por fim, trabalhos que utilizaram transecto móvel para identificar e classificar as ICU foram 4% total ($N=1$) (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 pela autora.

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; WANG, 2019; KOTHARKAR *et al.*, 2018; LIU *et al.*, 2020; MAHAROOFF; EAMMNUEL; THONSOM, 2020; MOLNÁR; GYONGGYOSI; GAL, 2019; OCHOLA *et al.*, 2020; PERERA; 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 à temperatura de superfície que correspondem a 31% ($N=8$) (CHEN; ZHENG; HU, 2019; DIAN *et al.*, 2020; HUANG; OUWANG, 2019; KIM; GU; KIM, 2018; KOTHAKAR; BAGADE, 2018; PACIFIC; RAMA; MARIN, 2019; RICHARD *et al.*, 2018; 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 pela autora.

4.2 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS DA META-ANÁLISE

No primeiro estudo, parte I da Meta-análise, a variável de exposição (Exposure), tipo de experimento estudado, como podemos observar na Tabela 8 de contingência do risco relativo e da razão de chances.

Tabela 8 – Risco Relativo e Razão de Chances

Exposição (LG) Localização Geográfica	Medições Microclimáticas		Total
	Sim	Não	
Hemisfério Sul	1	2	3
Hemisfério Norte	11	12	23
Total	12	14	26

Fonte: Elaborado pela autora.

Considerando um nível de significância de 5%, como o p valor $> 0,05$ não se rejeita H_0 , ou seja, não existe associação entre linhas e colunas.

(RR) Risco Relativo = SIM — a possibilidade de ter experimento microclimático do Hemisfério Norte é 0.63 vezes maior do risco no Hemisfério Sul.

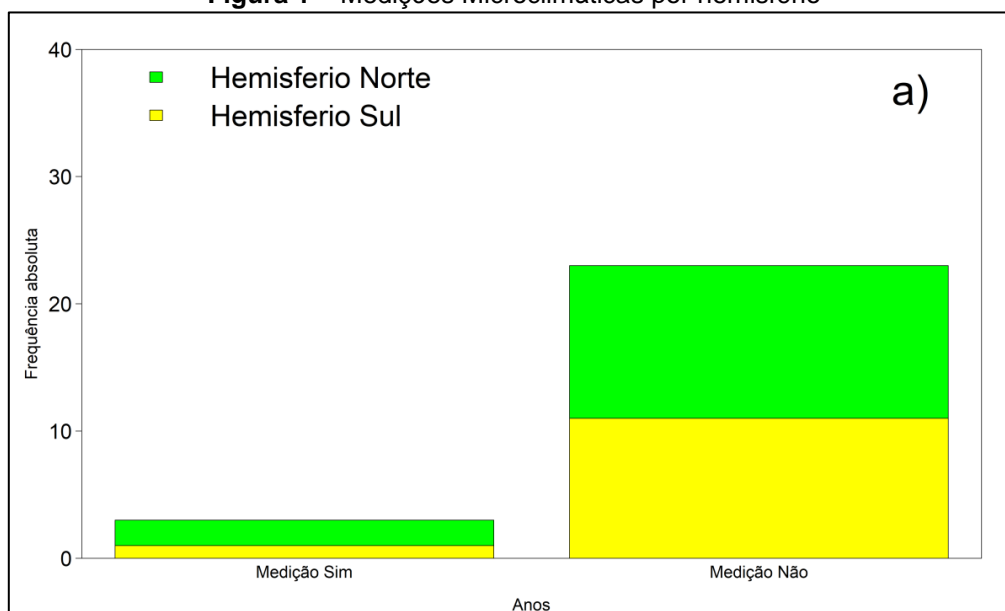
(RR) Risco Relativo = NÃO — a possibilidade de não haver experimento microclimático em artigos feitos no Hemisfério Norte é cerca de 0.40 vezes a possibilidade daqueles do Hemisfério Sul.

(RC) Razão de chances = SIM — a chance de ter a medição microclimática no Hemisfério Norte é cerca de 0.90 vezes a chance daqueles que fizeram as medições no Hemisfério Sul.

(RC) Razão de chances = NÃO — a possibilidade de não ter experimento microclimático no Hemisfério Norte é cerca de 1.83 vezes de chance que não fizeram no Hemisfério Sul.

A Figura 1 a seguir apresenta como estão distribuídos os trabalhos que realizaram as medições microclimáticas e os que não realizaram e onde se concentram por Hemisfério Norte e o Sul.

Figura 1 – Medições Microclimáticas por hemisfério



Fonte: Elaborado pela autora.

Já no que diz respeito à metodologia de classificação do método utilizado WUDAPT e uso e cobertura do solo, apresenta-se o que foi observado na tabela 09 a seguir:

Tabela 9 – Metodologia de classificação

Exposição (LG) Localização Geográfica	Metodologia de Classificação		Total
	WUDAPT	Uso e Cobertura do Solo	
Hemisfério Sul	2	0	2
Hemisfério Norte	20	4	24
Total	22	4	26

Fonte: Elaborado pela autora.

Nota:

$$RR = (\text{Desfecho= WUDAPT}) = (2:2)/(20:24) = 1.25$$

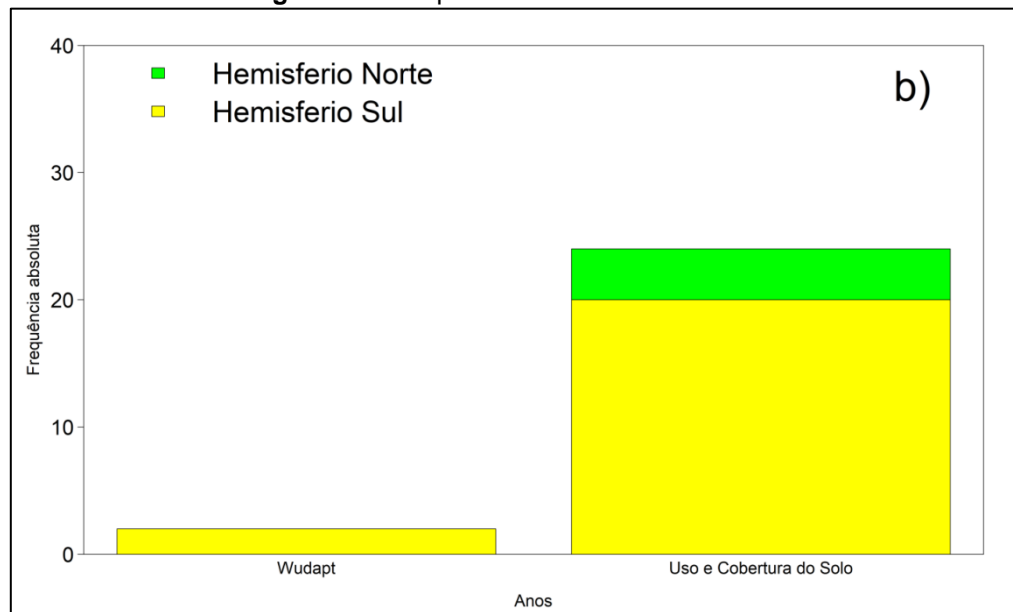
$$RR = (\text{Desfecho= Uso e cobertura}) = (0:2)/(4:24) = 0$$

$$RC = (\text{Desfecho= WUDAPT}) = (2:0)/(20:4) = 0$$

$$RC = (\text{Desfecho= Uso e cobertura}) = (0:2)/(4:20) = 0$$

Na Figura 2 a seguir observamos como estão distribuídos os trabalhos que utilizaram a metodologia Wudpta de uso e comparação do solo por hemisfério, no caso no Hemisfério Norte e Hemisfério Sul.

Figura 2 – Wudpta e uso e cobertura do solo



Fonte: Elaborado pela autora.

Considerando um nível de significância de 5%, como o p -valor > 0,05, não se rejeita H0, ou seja, não existe associação entre linhas e colunas, ou não existe associação.

(RR) Risco Relativo = SIM, WUDAPT — a possibilidade de haver a utilização da ferramenta WUDPTA no Hemisfério Norte é cerca de 1,25% em relação ao Hemisfério Sul.

(RR) Risco Relativo = NÃO, uso e cobertura do solo — a possibilidade de não haver a utilização do método de uso e cobertura do solo no Hemisfério Norte é cerca de 0 em relação ao Hemisfério Norte.

(RC) Razão de chance = SIM, WUDAPT — a chance de não haver o uso do WUDAPT no Hemisfério Sul é cerca de 0 em relação ao Hemisfério Norte.

(RC) Razão de chance = NÃO, uso e cobertura do solo, — a chance de haver a utilização do uso e cobertura da terra no Hemisfério Norte em relação ao Hemisfério Sul é cerca de 0%.

Na Tabela 10 a seguir podemos observar o resultado com relação à intensidade da ilha de calor urbana, com relação à comparação de dados urbanos e rurais e o mapa

de humidex que é um mapa de temperatura, umidade e humidex para cálculo dos dados das imagens de satélite.

Tabela 10 – Intensidade da ilha de calor urbana

Exposição (LG) Localização Geográfica	Intensidade ICU		Total
	Comparação Dados Urbanos e Rurais	Mapa de Humidex	
Hemisfério Sul	2	1	3
Hemisfério Norte	21	2	23
Total	23	3	26

Fonte: elaborado pela autora.

Nota:

$$RR = (\text{Desfecho} = \text{Comparação dos dados urbanos e rurais}) = (1:3)/(21:23) = 0.65$$

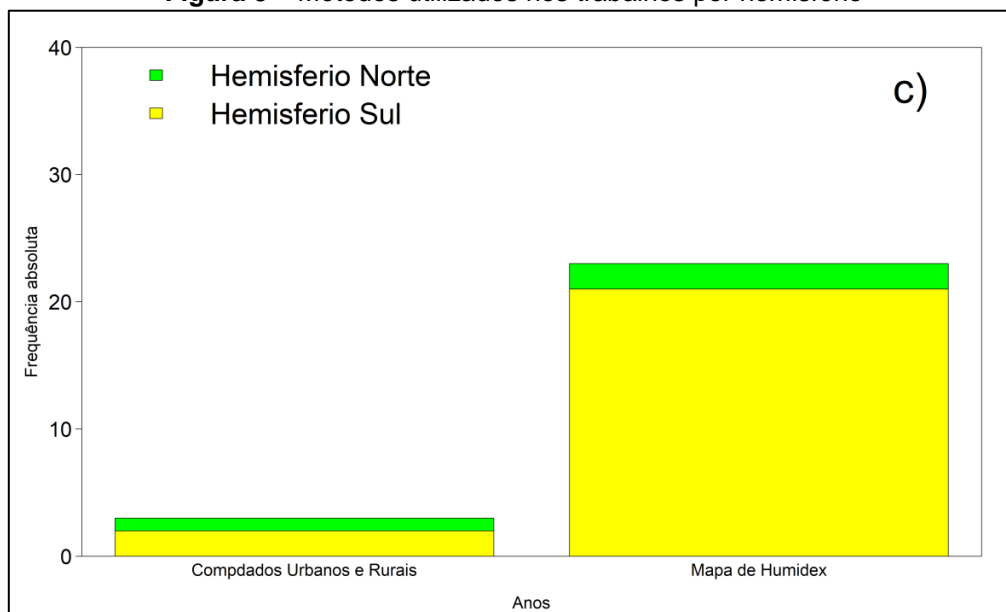
$$RR = (\text{Mapa de humidex}) = (1:3)/(2:23) = 3.75$$

$$RC = (\text{Desfecho} = \text{Comparação dos dados urbanos e rurais}) = (2:1)/(21:2) = 0.19$$

$$RC = (\text{Desfecho} = \text{Mapa de humidex}) = (1:2)/(2:21) = 5.55$$

A Figura 3 a seguir evidencia como estão distribuídos os trabalhos que utilizaram o método de comparação entre os dados urbanos e rurais e o método de cálculo do mapa de Humidex por hemisfério, no caso no Hemisfério Norte e Hemisfério Sul.

Figura 3 – Métodos utilizados nos trabalhos por hemisfério



Fonte: Elaborado pela autora. Considerando um nível de significância de 5%, com o p-valor > 0,05, não se rejeita H0, ou seja, não existe associação entre linhas e colunas, ou não existe associação entre abordagem.

(RR) Risco Relativo = SIM, comparação entre os dados urbanos e rurais — a possibilidade de ter havido o método de comparação entre os dados urbanos e rurais é cerca de 0.65 vezes maior no Hemisfério Norte em relação ao Hemisfério Sul.

(RR) Risco Relativo = NÃO, mapa de humidex — a possibilidade de ter o uso do mapa de humidex para comparar a intensidade da ICU é cerca de 3.75% vezes no Hemisfério Norte do que em relação ao Hemisfério Sul.

(RC) Razão de chance = SIM, comparação entre os dados urbanos e rurais — a chance de se ter utilizado o método de comparação dos dados urbanos e rurais no Hemisfério Norte é cerca de 0.19% vezes a chance daqueles que fizeram no Hemisfério Sul.

Com relação ao que diz respeito à classificação da ilha de calor e o método utilizado para a análise imagem de satélite ou transecto móvel apresenta-se os dados na Tabela 11.

Tabela 11 – Classificação da ilha de calor urbana

Exposição (LG) Localização Geográfica	Classificação da ICU		Total
	Imagem de Satélite	Transecto Móvel	
Hemisfério Sul	2	6	8
Hemisfério Norte	17	1	18
Total	19	7	26

Fonte: elaborado pela autora.

Nota:

$$RR = \text{IMAGEM DE SATÉLITE} = (2:17)/(8:18) = 0.25$$

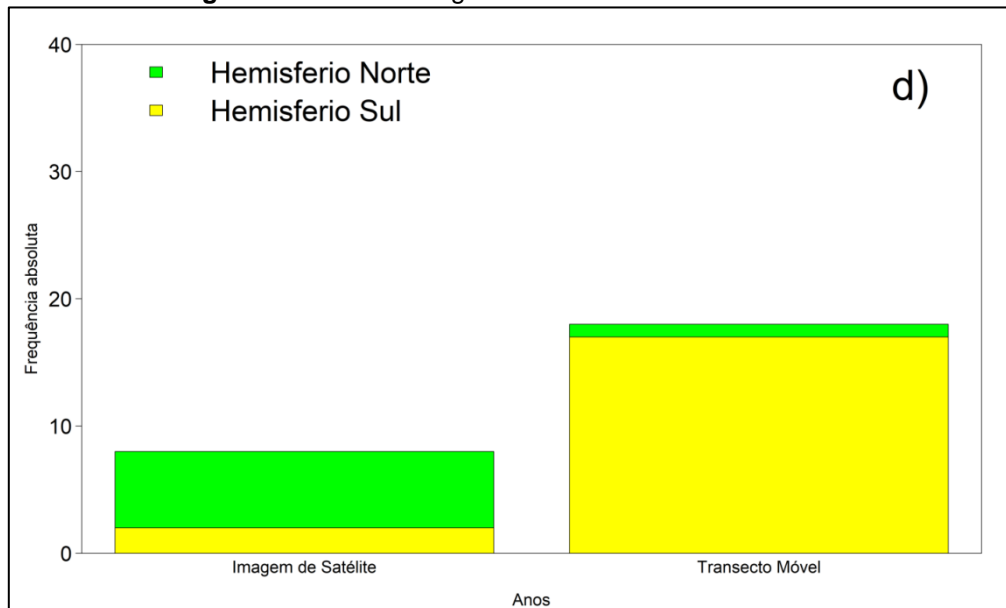
$$RR = \text{TRANSECTO MÓVEL} = (6:8)/(1:18) = 15$$

$$RC = \text{IMAGEM DE SATÉLITE} = (2:17)/(6:1) = 0.01$$

$$RC = \text{TRANSECTO MÓVEL} = (6:2)/(17:1) = 0.17$$

Na Figura 4 a seguir observamos como estão distribuídos os trabalhos que utilizaram o método de imagem de satélite e o método de cálculo do transecto móvel por hemisfério, no caso no Hemisfério Norte e Hemisfério Sul.

Figura 4 – Método imagem de satélite e transecto móvel



Fonte: Elaborado pela autora.

Considerando um nível de significância de 5%, como o p -valor > 0,05, não se rejeita H0, ou seja, não existe associação entre linhas e colunas, ou não existe associação entre abordagem de transecto móvel e o tipo de estudo imagem de satélite.

(RR) Risco Relativo = SIM, Imagem de satélite — a possibilidade de haver o uso dos dados da imagem de satélite no Hemisfério Norte é cerca de 0,25 vezes do risco em relação ao Hemisfério Sul.

(RR) Risco Relativo = NÃO, Transécto móvel — a possibilidade de ter havido as medições utilizando o método transécto móvel é cerca de 15 vezes do risco em relação aqueles que não fizeram e grande parte estão no Hemisfério Sul.

(RC) Razão de chances = SIM, Imagem de satélite — o risco dos que usaram as imagens de satélite no Hemisfério Norte é cerca de 0.1 de chance em relação aos do Hemisfério Sul.

(RC) Razão de chances = Transécto móvel, o risco dos que usaram o transécto móvel é cerca de 0.17% em relação ao Hemisfério Norte.

5 DISCUSSÃO

A presente revisão de 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, Eammnuel e Thonsom (2020), Yang *et al.* (2020), Kothakar e Bagade (2018), Wang *et al.* (2018), Kim, Gu e Kim (2018), Quan (2019), Yang *et al.* (2020) e Pacific, Rama e Marins (2019). Enquanto Dian *et al.* (2020), Shi *et al.* (2018), Chen, Zheng e Hu (2019), Kotharkar *et al.* (2018), Liu *et al.* (2020) e Shi, Xiang e Zhang (2019) apontam para as diferenças da intensidade das ICU em relação à ilha de calor de superfície urbana por meio de dados de temperatura de superfície nas diferentes ZCL. Estes resultados demonstram a contribuição das ZCL na intensidade das ICU, por meio de dados de temperatura de superfície e de temperatura do ar.

Já Richard *et al.* (2018), Huang e Wang (2019), Yang *et al.* (2017), Zhou *et al.* (2020) e 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), que é uma instituição científica, multidisciplinar e imparcial que se dedica ao estudo oportuno, relevante e imparcial da topografia, dos recursos naturais, e dos desastres naturais que nos ameaçam, concentrando-se em biologia, geografia, geologia, informação geomática e em água. 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 associada ao banco de dados WUDAPT, tornando-se relevante para analisar e discriminar diferentes resultados de temperatura de superfície e do ar em relação aos espaços e às 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) e Chen, Zheng e Hu (2020) apontaram para uma correlação positiva entre as ZCL e a intensidade das ICU, respondendo, em parte, à questão central desta pesquisa.

A meta-análise realizada utilizando a tabela de contingência e o software R nos permitiu a observação rápida entre a análise de linhas e colunas em relação às medições microclimáticas. Foi possível observar que os trabalhos que realizaram as medições se encontram grande parte no Hemisfério Norte, enquanto no Hemisfério Sul grande maioria utilizou dados terceirizados (Tabela 8), neste caso, logo não existe associação entre as linhas e as colunas.

Já no que diz respeito à metodologia de classificação da ilha de calor wudpta ou uso cobertura do solo, foi possível observar que no Hemisfério Norte foi realizada a análise com método de uso e cobertura do solo.

Referente à intensidade da ilha de calor urbana em relação à comparação dos dados urbano e rural e o mapa de humidex, foi possível analisar que no Hemisfério Norte grande parte dos trabalhos utilizaram a comparação dos dados urbano e rural. Neste sentido, pode-se citar a alteração do balanço energético como produto das transformações na superfície da cidade e um dos fatores que tem efeito na modificação das propriedades da atmosfera, produzindo (assim) 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; OKE, 2012).

A classificação da ilha de calor urbana utilizando a imagem de satélite e o método de transecto móvel permite perceber através das análises que grande parte dos trabalhos no Hemisfério Norte utilizaram as imagens de satélite para fazer as análises.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio de uma extensa pesquisa sistemática da literatura apresentada no presente trabalho, buscou-se responder à 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. Assim, 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). Evidenciou-se (desta forma) a elevação da temperatura de uma área urbana quando comparada a uma zona rural. A divisão das tipologias urbana e rural em ZCL é, portanto, justificada tanto em bases físicas quanto empíricas.

Em relação à ocorrência das ICU, todas as pesquisas levantadas apontaram para uma relação direta entre as ZCL de tipologias urbanas e formação das ICU. Esta classificação, apoiada em diversos resultados de pesquisas analisados, configura-se como importante contribuinte na identificação das ICU, bem como na definição da intensidade deste fenômeno do clima urbano, evidenciada 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. O efeito da ICU varia em diferentes condições climáticas regionais e está mais fortemente correlacionado com a velocidade do vento e a temperatura do ar durante o dia e a noite.

Na Revisão Sistemática, os desfechos são variáveis monitoradas durante o estudo para documentar o impacto que uma dada exposição tem no surgimento ou aumento de determinado tipo de experimentação, no caso observacional ou virtual.

A meta-análise evidenciou, logo no cálculo de contingência, não existir associação entre linhas e colunas em relação ao Hemisfério Norte e ao Sul, pois, o risco relativo é frequentemente utilizado para expressar a força de associação entre um fator de exposição e como desfecho. A meta-análise apontou que grande parte dos

trabalhos que fizeram o estudo em ilha de calor urbana se concentra no Hemisfério Norte, bem como os trabalhos que utilizaram medições *in locus*; enquanto no Hemisfério Sul utilizam mais dados secundários; o mesmo foi constatado em relação ao uso de imagens de satélite no Hemisfério Norte, porém os transectos móveis são mais utilizados no Hemisfério Sul para a determinação das ICUs. O uso do índice humidex é maior quando comparado com o uso de comparações urbano-rurais para a determinação das ICUs, segundo a meta-análise, principalmente no Hemisfério Sul.

Por fim, a presente pesquisa evidenciou que a grande parte dos trabalhos sobre Ilhas de Calor Urbanas utiliza o método das LCZs e se concentra no Hemisfério Norte e as LCZs oferecem um bom arcabouço metodológico para a apresentação de resultados básicos da modelagem do conforto térmico em áreas urbanas. A urgência de tais ferramentas está se tornando cada vez mais clara, porque tanto as contribuições urbanas para a mitigação e adaptação ao clima quanto o impacto das mudanças climáticas sobre os moradores urbanos tornam-se mais significativos.

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 na base de dados aqui apresentada, com a finalidade de aumentar as evidências quanto ao uso das ZCL na ocorrência e intensidade das ICU, a fim de melhorar as estratégias de pesquisa para o adequado planejamento urbano.

REFERÊNCIAS

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, 2000.

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

BARROS, H. R.; LOMBARDO, M. A. A ilha de calor urbana e o uso e cobertura do solo em São Paulo-SP. **Geosp – Espaço e Tempo (Online)**, v. 20, n. 1, p. 160-177, 2016.

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**, v. 4, n. 1, p. 199-219, 2015.

CHEN, Y.; ZHENG, B.; HU, Y. 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, J. 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, E. S. **Ilha de calor em cidade de pequeno porte: Caso de Viçosa, na Zona da Mata Mineira**. 2009. Tese Doutorado- Universidade de São Paulo, 2009.

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

GELETIC, J.; LEHNERT, M.; SAVIC, S.; MILOSEVIC, D. 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.

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.

GOBO, João Paulo Assis et al. The bioclimate present and future in the state of São Paulo/Brazil: Space-time analysis of human thermal comfort. **Sustainable Cities and Society**, v. 78, p. 103611, 2022.

ELIASSON, I. The use of climate knowledge in urban planning. **Landscape and Urban Planning**, Amsterdam, v. 48, p. 31-44, 2000.

ELIASSON, I.; SVENSSON, M. K. Spatial air temperature variations and urban land use – a statistical approach. **Meteorological Applications**, v. 10, p. 135-149, 2003.

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

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.

KRÜGER, E. L. Estudo de conforto em espaços abertos em região de clima temperado: o caso de Glasgow, Reino Unido. **Ambiente Construído**, v. 12, n. 1, p. 725, 2012.

LITARDO, J. 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.

LOMBARDO, M. A. **Ilha de calor nas metrópoles: o exemplo de São Paulo**. São Paulo: Hucitec/Lalekla, 1985.

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.

MENDONÇA, F. **O Estudo do S.C.U. - Sistema Clima Urbano - No Brasil: Aplicações e Avanços**. Cidade: Editora, 2012.

MOLNÁR, G.; GYONGYOSI, A. Z.; 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.

MONTEIRO, C. A. F. **Teoria e Clima Urbano**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1976. (Série Teses e Monografias, n. 25)

MONTEIRO, C. A. F.; MENDONÇA, F. (Org.). **Clima Urbano**. São Paulo: Editora Contexto, 2003.

MONTEIRO, C. A. F.; MENDONÇA, F. (Org.). **Clima urbano**. 2. ed. São Paulo: Contexto, 2015.

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.

OKE, T. R. The energetic basic of the urban heat island. **Quartely Journal of Royal Meteorological Society**, Berkshire, v. 108, p. 1-24, 1982.

OKE, T. R. **Urban climates**. Cambridge: Cambridge University Press, 2017.

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. G. R.; 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, J. A.; ULRICH, S.; FENNER, D.; HOLTMANN, 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.

RAMALHO, A. **Manual para redacção de estudos e projectos de revisão sistemática com e sem metanálise**. Coimbra: FORMASAU, 2005.

REN, C. Classificação da Zona Climática Local (LCZ) usando o método do World Urban World Urban Database and Access Portal Tools (WUDAPT): Um Estudo de Caso em Wuhan e Hangzhou. *In: Quarta Conferência Internacional sobre Contramedidas para Ilhas de Calor Urbano (4º IC2UHI). Anais...*, 2016.

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

SANTANA. P. Clima e saúde em contextos urbanos: uma revisão da literatura. **Academia Accelerating the world's research**, v. 19, n. 1092, 30 set. 2014.

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.

SPROKEN-SMITH, R. A; OKE, T. R. Scale modelling of nocturnal cooling in urban parks. **Boundary-Layer Meteorology**, Dordrecht, v. 93, p. 287-312, 1999.

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

PINTON, L. G. Magnitudes do fenômeno da ilha de calor urbana em Sacramento (MG): Perspectivas de aplicação do sistema das zonas climáticas locais em cidade de pequeno porte. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, n. 79, p. 161-179, 2021.

PITTON, S. E. C. **As cidades como indicadores de alterações térmicas**. 1997. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

TIAN, L. 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.

UPMANIS, H., ELIASSON, I., LINDQVIST, S. The influence of green areas on nocturnal temperatures in a high latitude city (Goeteborg, Sweden). **Int. J. Climatol.**, Malden, v. 18, p. 681-700, 1998.

VANDAMME, S.; DEMUZERE, M.; VERDONCK, M. L.; ZHANG, Z.; COILLIE, F. V. Revealing the Historic Urban Planning Policies of Kunming (China) through local climate zones. **Sensoriamento Remoto**, v. 11, p. 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.

WAI, T. K.; LEE, J.-Y.; CHAN, Y.-H.; WARGOCKI, P. Hide details. Structural equation modelling of occupant satisfaction with indoor **Journal of Environmental Management**, 2020.

XIMENES, D. S. S. A importância dos espaços públicos e áreas verdes pós-pandemia na cidade de São Paulo (SP). **Revista LABVERDE**, v. 10, n. 1, 2020.

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, L. H.; 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, L. H.; 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, X. 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, 2020.

ANEXOS

ANEXO 1

Tópico	Ano da publicação	Autores	Periódico	Objetivo	Local do Estudo	Tipo climático	Medições Microclimáticas (sim - Não)	Metodologia de classificação das LCZs	Metodologia para identificação e classificação dos episódios de ICU	Metodologia para definição da intensidade da ICU (se não houve resposta apenas NÃO, se houve coloque apenas qual foi)	
1	2020	Ochola <i>et al.</i>	Urban Climate	O objetivo crucial deste artigo é avaliar a classificação LCZ para calcular e comparar os LSTs típicos de cada LCZs para o gerenciamento de focos de calor urbanos na cidade de Nairobi. O esquema de classificação LCZ é um conceito útil para integrar o conhecimento do clima local ao planejamento urbano e às práticas de projeto, uma vez que captura a estrutura interna e a textura das cidades para responder a algumas questões cruciais sobre o mundo em rápida urbanização.	Nairobi (Kênia)	2	Não	1	1	Comparação dados rurais e urbanos.	1
2	2020	Dian <i>et al.</i>	Urban Climate	O objetivo principal do artigo é analisar a relação entre a intensidade SUHI e as classes LCZ para Budapeste. Os valores de intensidade SUHI foram determinados em relação à temperatura média da superfície das áreas rurais circundantes.	Budapeste	3	Não	1	1	Foi realizado medição com 4 satélites para calcular os valores de temperatura da superfície.	2
3	2018	Richard Yves	Urban climate	O objetivo inicial deste artigo é avaliar a capacidade dessas duas tipologias de identificar ambientes térmicos dentro e ao redor das cidades.	Dijon (França)	3	Sim	1	3	WUDAPT imagens de satélite do Google Earth e Landsat 8 e dados multiespectrais e térmicos de diferentes estações.	3
4	2020	Maharroof <i>et al.</i>	Urban climate	Este estudo foi conduzido com o objetivo principal de explorar como o sistema de classificação baseado em LCZ pode ser adotado para o planejamento urbano sensível ao clima em uma área urbana compacta.	Glasgow	3	Sim	1	1	Comparação dados rurais e urbanos.	1
5	2018	Shi <i>et al.</i>	Urban Climate	Este estudo tem como objetivo avaliar o mapeamento LCZ em um contexto urbano único usando dados de temperatura do ar In-Situ. A variação espacial em escala fina das temperaturas do ar no nível da tela diurna e noturna foi investigada por meio de medições móveis durante o verão de 2016.	Hong Kong	1	Sim	1	4	Medições móveis durante o verão de 2016 usando dados de temperatura do ar in-situ.	2
6	2018	Perera	Urban Climate	O objetivo deste artigo é classificar a cidade em zonas climáticas locais (LCZ) e explorar as implicações de tal abordagem para o planejamento urbano sensível ao clima, formulação de políticas e monitoramento de conformidade em uma região com poucos dados.	Colombo	1	Não	1	1	Comparação dados rurais e urbanos.	6
7	2017	Yang <i>et al.</i>	Procedia Engineering	O objetivo é avaliar de forma abrangente o impacto das temperaturas ambientes locais na demanda de resfriamento e aquecimento de diferentes edifícios, usando um conjunto de dados de 3 anos coletados dos locais LCZ em Nanjing.	Nanjing (China)	3	Sim	1	1	Comparação dados rurais e urbanos.	3
8	2019	Geletic <i>et al.</i>	Building and Environment	Os objetivos particulares deste estudo reforçam a nossa intenção de fornecer os resultados de um modelo de clima urbano validado que seja inteligível para a comunidade mais ampla daqueles que moldam o ambiente na cidade de Brno.	Praga, Brno e Novi Sad	3	Não	1	1	Mapas de temperatura, umidade e HUMIDEX para cálculo dos dados das imagens de satélite.	2
9	2020	Yang <i>et al.</i>	Applied Energy	O objetivo é avaliar de forma abrangente o impacto das temperaturas ambientes locais na demanda de resfriamento e aquecimento de diferentes edifícios, usando um conjunto de dados de 3 anos coletados dos locais LCZ em Nanjing.	Nanjing	3	Sim	2	3	Comparação dados rurais e urbanos.	1
10	2018	Kothakar <i>et al.</i>	Paisagismo e planejamento urbano	O objetivo deste trabalho é medir a ilha de calor da camada de dossel (CLHI) em uma cidade compacta de Nagpur, Índia, usando a classificação de zona climática local (LCZ).	Nagpur (Índia)	1	Sim	1	3	Coleta de dados de temperatura usando classes de estabilidade atmosférica e estudo de anomalia térmica.	1
11	2019	Huang xin <i>et al.</i>	ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing	O objetivo é investigar de forma abrangente a relação entre a morfologia urbana 2D / 3D e o efeito SUHI em zonas funcionais urbanas usando imagens de sensoriamento remoto de alta resolução, bem como dados.	Wuhan, China Central	3	Não	1	1	Comparação dados rurais e urbanos.	3
12	2018	Kotharkar <i>et al.</i>	Clima Urbano	Objetivos da pesquisa do estudo fossem direcionados à medição empírica de um ou mais dos quatro tipos de ilhas de calor junto com sua observação ou modelagem.	Sul da Ásia da Índia, Paquistão, Bangladesh, Sri Lanka e Nepal	1	Não	1	3	Comparados os dados rurais com os urbanos e simulações estatísticas.	2
13	2018	Gelect <i>et al.</i>	Total Environmental Science	Os objetivos particulares deste estudo reforçam a nossa intenção de fornecer os resultados de um modelo de clima urbano validado que seja inteligível para a comunidade mais ampla daqueles que moldam o ambiente na cidade de Brno.	Brno, República Tcheca	3	Não	2	2	Comparação dados rurais e urbanos.	5
14	2018	Wang <i>et al.</i>	ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing	Este estudo usa dados LST de sensoriamento remoto derivados de imagens de satélite TIR em vez de medições de temperatura do ar para realizar uma avaliação de propriedade térmica de LCZ.	Phoenix, Arizona e Las Vegas, Nevada	3	Não	1	Imagens de satélite de alta resolução espacial no Google Earth.	Imagem de satélite comparando dados urbanos e rurais.	1
15	2018	KIM <i>et al.</i>	Sustainable Cities and Society	Analisar a importância relativa das estratégias de mitigação de UHI em várias zonas climáticas nos Estados Unidos.	Estados Unidos Houston, Texas.	3	Sim	1	3	Plug-in para o Grasshopper, a ferramenta foi desenvolvida ainda para integrar a modelagem paramétrica e um programa de análise de UHI denominado Dragonfly.	1
16	2019	Huang <i>et al.</i>	Journal of Environmental Management	Este estudo pretende exibir a força do esquema LCZ de mapear o procedimento de mitigação de calor excessivo para o nível local e, assim, o procedimento pode se encaixar no planejamento e projeto convencionais de maneira prática e gradual.	Wuhan, localizada no centro da China	3	Não	1	1	Radiância emitida da superfície da Terra, ou seja, a radiância de saída da superfície.	5
17	2020	Liu <i>et al.</i>	Urban Climate	Objetivo é padronizado para estudos de temperatura urbana, que é útil	Harbin, Xi'na, Nanjing, Guangzhou, Kunming	3	Sim	1	2	A diferença de temperatura do ar entre uma área	2

				para estudar o efeito UHI na escala de distrito avaliaram o comportamento térmico de diferentes LCZs usando dados de temperatura do ar coletados de 14 diferentes LCZs em Nanjing, elucidando assim a característica dos efeitos UHI em vários LCZs.						urbana e a área rural circundante.	
18	2020	Times et al.	Sustainable Cities and Society	O principal objetivo deste estudo é avaliar se o esquema LCZ pode servir como uma ferramenta para estudos de UHI em Sendai, que está exposto à brisa marítima terrestre.	Sendai, Japão	3	Sim	1	1	Comparação dados rurais e urbanos.	3
19	2019	Environ	Environmental Science and Engineering	Objetivo de caracterizar formas e funções urbanas, que tem sido usado para vincular configurações urbanas a UHIs. No entanto, apenas alguns tipos de estrutura e propriedades de cobertura de superfície estão incluídos no mesmo contexto climático ou apenas uma ou duas escalas de tempo são consideradas com uma alta resolução espacial.	Pequim, China	3	Não	1	2	Comparação dados rurais e urbanos.	1
20	2020	Yang et al.	Applied Energy	Objetivo avaliar de forma abrangente o impacto das temperaturas ambientes locais na demanda de resfriamento e aquecimento de diferentes edifícios, usando um conjunto de dados de 3 anos coletados dos locais LCZ em Nanjing.	Nanjing	3	Sim	2	3	Comparação dados rurais e urbanos.	1
21	2018	Quanz	Climate	Objetiva adicionar insights sobre este assunto, focando em um bairro de uma classe LCZ específica, usando medições estacionárias durante uma campanha de medição no verão de 2016.	Berlim, Alemanha	3	Sim	2	3	Comparação dados rurais e urbanos.	5
22	2019	Mornár et al.	Theoretical and Applied Climatology	Incorporar um uso do solo LCZ especificado por Szeged e um banco de dados de parâmetros de dossel urbano no modelo para dar uma melhor representação da cobertura artificial da superfície; prever a variabilidade espaço-temporal da temperatura do ar próximo à superfície e componentes do orçamento de energia sob um período de onda de calor de 6 dias entre 18 e 24 de julho de 2017.	Szeged, Hungria	3	Não	1	1	Comparação dados rurais e urbanos.	5
23	2019	Vandamme et al.	Application of Remote Sensing in Urban Climatology	A fim de minimizar e prevenir problemas econômicos e de saúde pública devido aos eventos climáticos mais imprevisíveis e extremos no futuro, é fundamental ter um bom entendimento do desenvolvimento urbano histórico e suas correspondentes mudanças de uso / cobertura do solo.	Kunming (China)	3	Não	1	1	Comparação dos dados urbanos com relação aos rurais.	3
24	2020	Chen et al.	Sustentabilidade	Objetivos: (1) classificar LCZs com mais precisão usando um método GIS aprimorado, (2) investigar a relação entre a temperatura da superfície da terra (LST) e as classes LCZ em todas as quatro estações.	Chenzhou, China	3	Não	1	1	Comparação dados rurais e urbanos com uso do uso cobertura do solo.	5
25	2019	Skarbit		O objetivo deste estudo é identificar os fatores críticos de design urbano que influenciam a intensidade de SUHI na cidade de alta densidade de Guangzhou com base em uma grande amostra de LCZs usando um método de recuperação de sensoriamento remoto e técnicas de SIG.	Guangzhou	3	Não	1	1	Imagem de satélite comparando dados urbanos e rurais.	2
26	2019	Pacific et al	Urban Climate	Um mapa de zona climática local (LCZ) é usado para definir a estrutura urbana.	Belenzinho, SP	2	Sim	1	1	Imagem de satélite comparando dados urbanos e rurais.	1

ANEXO 2 – Scripts do software R para execução da Metanálise.

```
#### GRAFICOS ###
####      ###
#####
```

```
rm(list = ls(all = TRUE))
dir.create("C:/DADOS-FIGURA-VANESSA-RO")
setwd("C:/DADOS-FIGURA-VANESSA-RO")
getwd()
Sys.time()
```

```
##LIBERANDO PACOTES
```

```
library(dendextend)
library(extrafont)
library(extrafontdb)
```

```
##### CONSTRUINDO GRAFICOS-01
```

```
wid = 5000
hei = 3000
reso = 300
```

```
tiff(filename = "FIGURA-01.tiff", width =wid, height =hei,bg = "white",res
=reso)
```

```
par(mfrow=c(1,1))
par(mar=c(5,6,3,3))
par(las=1)#MUDA A DIREÇÃO DOS EIXOS X e Y
par(adj=0.5)#CENTRALIZAR OS TEXTO NO GRAFICO
par(ps=20)#CONTROLA O TAMANHO DA FONTE NO TEXTO
par(font.axis=1)#CONTROLA A FONTE DOS EIXOS
par(family="Calibri")# FONTE
par(mgp=c(3.5,0.8, 0))
```

```
### MATRIZ DE DADOS
```

```
DADOS<-matrix(c(1,2,11,12),nc=2)
colnames(DADOS)<-c("Medição Sim", "Medição Não")
rownames(DADOS)<-c("Hemisferio Sul", "Hemisferio Norte")
```

```
DADOS1<-matrix(c(1,2,11,12),nc=2) ##create a 2 way table
```

```
colnames(DADOS)<-c("Medição Sim", "Medição Não")
rownames(DADOS)<-c("Hemisferio Sul", "Hemisferio Norte")
prop.table(DADOS, 1)
```

```
chisq.test(DADOS1)
```

```
barplot(DADOS,ylim = c(0,40),cex.axis=1.25
,xlab="Anos",ylab="Frequência absoluta",col=c("yellow","green"))
```

```
##### COLOCAÇÃO DA LEGENDA
```

```
legend(x=0.25, y=39.5, xpd=TRUE,legend=c("Hemisferio Norte")
,lty=c(NA,3), col=c("green",""),lwd=1:2, bty="n",
fill=c("green"),cex=1.75)
```

```
legend(x=0.25, y=36.5, xpd=TRUE,legend=c("Hemisferio Sul")
,lty=c(NA,3), col=c("",'yellow'),lwd=1:2, bty="n",
fill=c("yellow"),cex=1.75)
```

```
text(2.3,36.5,"a"),cex=2.5)
```

```
box(bty = "O")
```

```
dev.off()
```

```
##### CONSTRUINDO GRAFICOS-02
```

```
wid = 5000
hei = 3000
reso = 300
```

```
tiff(filename = "FIGURA-02.tiff", width =wid, height =hei,bg = "white",res
=reso)
```

```
par(mfrow=c(1,1))
par(mar=c(5,6,3,3))
par(las=1)#MUDA A DIREÇÃO DOS EIXOS X e Y
par(adj=0.5)#CENTRALIZAR OS TEXTO NO GRAFICO
par(ps=20)#CONTROLA O TAMANHO DA FONTE NO TEXTO
par(font.axis=1)#CONTROLA A FONTE DOS EIXOS
par(family="Calibri")# FONTE
par(mgp=c(3.5,0.8, 0))
```

```
### MATRIZ DE DADOS
```

```
DADOS2<-matrix(c(2,0,20,4),nc=2) ##create a 2 way table
```

```
colnames(DADOS2)<-c("Wudapt", "Uso e Cobertura do Solo")
rownames(DADOS2)<-c("Hemisferio Sul", "Hemisferio Norte")
prop.table(DADOS2, 1)
```

```
chisq.test(DADOS2)
```

```
barplot(DADOS2,ylim = c(0,40),cex.axis=1.25
,xlab="Anos",ylab="Frequência absoluta",col=c("yellow","green"))
```

```
##### COLOCAÇÃO DA LEGENDA
```

```
legend(x=0.25, y=39.5, xpd=TRUE,legend=c("Hemisferio Norte")
,lty=c(NA,3), col=c("green",""),lwd=1:2, bty="n",
fill=c("green"),cex=1.75)
```

```
legend(x=0.25, y=36.5, xpd=TRUE,legend=c("Hemisferio Sul")
,lty=c(NA,3), col=c("",'yellow'),lwd=1:2, bty="n",
fill=c("yellow"),cex=1.75)
```

```
text(2.3,36.5,"b"),cex=2.5)
```

```
box(bty = "O")
```

```
dev.off()
```

```
##### CONSTRUINDO GRAFICOS-03
```

```
wid = 5000
hei = 3000
reso = 300
```

```
tiff(filename = "FIGURA-03.tiff", width =wid, height =hei,bg = "white",res
=reso)
```

```
par(mfrow=c(1,1))
par(mar=c(5,6,3,3))
par(las=1)#MUDA A DIREÇÃO DOS EIXOS X e Y
par(adj=0.5)#CENTRALIZAR OS TEXTO NO GRAFICO
par(ps=20)#CONTROLA O TAMANHO DA FONTE NO TEXTO
par(font.axis=1)#CONTROLA A FONTE DOS EIXOS
par(family="Calibri")# FONTE
par(mgp=c(3.5,0.8, 0))
```

```
### MATRIZ DE DADOS
```

```
DADOS3<-matrix(c(2,1,21,2),nc=2) ##create a 2 way table
```

```
colnames(DADOS3)<-c("Compdados Urbanos e Rurais","Mapa de
Humidex")
rownames(DADOS3)<-c("Hemisferio Sul", "Hemisferio Norte")
prop.table(DADOS3, 1)
```

```
chisq.test(DADOS3)
```

```
barplot(DADOS3,ylim = c(0,40),cex.axis=1.25
,xlab="Anos",ylab="Frequência absoluta",col=c("yellow","green"))
```

```
##### COLOCAÇÃO DA LEGENDA
```

```
legend(x=0.25, y=39.5, xpd=TRUE,legend=c("Hemisferio Norte")
,lty=c(NA,3), col=c("green",""),lwd=1:2, bty="n",
fill=c("green"),cex=1.75)
```

```

legend(x=0.25, y=36.5, xpd=TRUE, legend=c("Hemisferio Sul"),
, lty=c(NA, 3), col=c("", "yellow"), lwd=1:2, bty="n",
fill=c("yellow"), cex=1.75)

text(2.3, 36.5, "c", cex=2.5)

box(bty = "O")

dev.off()

##### CONSTRUINDO GRAFICOS-04

wid = 5000
hei = 3000
reso = 300

tiff(filename = "FIGURA-04.tiff", width =wid, height =hei, bg = "white", res
=reso)

par(mfrow=c(1,1))
par(mar=c(5,6,3,3))
par(las=1)#MUDA A DIREÇÃO DOS EIXOS X e Y
par(adj=0.5)#CENTRALIZAR OS TEXTO NO GRAFICO
par(ps=20)#CONTROLA O TAMANHO DA FONTE NO TEXTO
par(font.axis=1)#CONTROLA A FONTE DOS EIXOS
par(family="Calibri")# FONTE
par(mgp=c(3.5,0.8, 0))

### MATRIZ DE DADOS

DADOS4<-matrix(c(2,6,17,1),nc=2) ##create a 2 way table

colnames(DADOS4)<-c("Imagem de Satélite","Transecto Móvel")
rownames(DADOS4)<-c("Hemisferio Sul","Hemisferio Norte")
prop.table(DADOS4, 1)

chisq.test(DADOS4)

barplot(DADOS4, ylim = c(0,40), cex.axis=1.25
, xlab="Anos", ylab="Frequência absoluta", col=c("yellow", "green"))

#### COLOCAÇÃO DA LEGENDA

legend(x=0.25, y=39.5, xpd=TRUE, legend=c("Hemisferio Norte")
, lty=c(NA, 3), col=c("green", ""), lwd=1:2, bty="n",
fill=c("green"), cex=1.75)

legend(x=0.25, y=36.5, xpd=TRUE, legend=c("Hemisferio Sul")
, lty=c(NA, 3), col=c("", "yellow"), lwd=1:2, bty="n",
fill=c("yellow"), cex=1.75)

text(2.3, 36.5, "d", cex=2.5)

```

```

box(bty = "O")

dev.off()

##### FIM DO SCRIPT
#####

```