Revista Brasileira de Climatologia
Brazilian Journal of Climatology
OPEN ACCESS

UMA DISCUSSÃO METODOLÓGICA DA VIABILIDADE DOS MAPAS CLIMÁTICOS URBANOS PARA O PLANEJAMENTO URBANO-AMBIENTAL

A methodological discussion of the feasibility of urban climate maps for urban-environmental planning

Una discusión metodológica sobre la viabilidad de mapas climáticos urbanos para la planificación urbano-ambiental

Francisco Resende de Albuquerque
Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (REDE PRODEMA/CCEN)/ Universidade Federal da Paraíba (UFPB)
francisco.resende@ufape.edu.br

Joel Silva dos Santos
Departamento de Geociências (DGEOC/CCEN) / Universidade Federal da Paraíba (UFPB)
joelgrafia.santos@gmail.com

Wilza Gomes Reis Lopes
Departamento de Construção Civil e Arquitetura (DCCA/CT)/ Universidade Federal do Piauí (UFPI)
wilza@ufpi.edu.br

Maria Elisa Zanella
Departamento de Geografia/ Universidade Federal do Ceará (UFC)
elisazv@terra.com.br

Resumo: O planejamento urbano é um processo técnico instrumental que visa melhorar a qualidade de vida nas cidades de acordo com objetivos estabelecidos em políticas públicas, que adquire sentido jurídico quando consubstancializado em planos urbanísticos. Esse processo exige uma compreensão sistêmica dos fenômenos climáticos urbanos, de modo que o objetivo do estudo é investigar a funcionalidade da metodologia *Urban Climate Map (UCMap)* como instrumento de planejamento urbano-ambiental. Na pesquisa foi utilizada a metodologia de estudos descritivos acerca da técnica *UCMap*, assim como realizou-se levantamento bibliográfico especializado nas áreas de planejamento urbanístico e climatologia urbana. Constatou-se que o uso de Mapas Climáticos Urbanos, mediante o emprego de mapas socioambientais, proporciona a integração de aspectos socioculturais, naturais e

artificiais do meio ambiente urbano no processo de planejamento urbano-ambiental, instrumento técnico-jurídico compulsório, levando em consideração os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) propostos na Agenda 2030. Espera-se que o estudo demonstre a importância do uso de metodologias integrativas no planejamento urbanístico para alcançar a sustentabilidade e a resiliência de ecossistemas urbanos adaptadas às mudanças climáticas globais e aos eventos climáticos extremos.
Palavras-chave: Clima urbano. Controles Climáticos. Planejamento Urbano.

Abstract: Urban planning is an instrumented technical process that aims to improve the quality of life in cities following objectives previously established in public policies, which acquires legal meaning when substantialized in urban plans. This process requires a systemic understanding of the urban climatic phenomena so this study aims to investigate the functionality of the Urban Climate Map (UCMap) methodology as an instrument of urban-environmental planning. A descriptive study about the UCMap technique was developed and a specialized bibliographic survey in the areas of urban planning and urban climatology. It was found that the use of Urban Climate Maps provides an integration of socio-cultural, natural, and artificial aspects related to inner-city climate in the urban-environmental planning process, a compulsory technical-legal instrument, considering the sustainable development objectives (SDG) proposed in the global development agenda of 2030. It is expected that the study demonstrates the importance of using integrative methodologies in urban planning to achieve the sustainability and resilience of urban ecosystems adapted to global climate change and extreme climate events.
Keywords: Urban climate. Climate Controls. Urban Planning.

Resumen: La planificación urbana es un proceso técnico que pretende mejorar la calidad de vida en las ciudades de acuerdo con los objetivos establecidos en las políticas públicas. Este proceso adquiere significado jurídico cuando es incorporado en los planes urbanísticos de cada ciudad. Su incorporación requiere de una comprensión sistémica de los fenómenos climáticos urbanos, por lo que el objetivo del estudio es investigar la funcionalidad de la metodología del Mapa Climático Urbano (UCMap) como instrumento de planificación urbano-ambiental. La investigación utilizó como metodología estudios descriptivos utilizando la técnica de UCMap, así como la realización de encuestas bibliográficas especializada en las áreas de planificación y climatología urbana. La investigación comprobó que el uso de los Mapas Climáticos Urbanos promueve la integración de los aspectos socioculturales, naturales y artificiales del entorno urbano en el proceso de planificación, un instrumento técnico-jurídico de necesario cumplimiento, teniendo en cuenta los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) propuestos en la Agenda 2030. Se espera que el estudio demuestre la importancia de utilizar metodologías integradoras en la planificación urbana para lograr la sostenibilidad y resiliencia de los ecosistemas urbanos adaptados al cambio climático global y a los fenómenos meteorológicos extremos.
Palabras clave: Clima urbano. Controles de Clima. Planificación Urbana.

Submetido em: 15/03/2022
Aceito para publicação em: 15/12/2022
Publicado em: 20/12/2022

1. INTRODUÇÃO

As cidades representam uma emancipação humana diante das incertezas e desafios vislumbrados na natureza, e embora cada espaço urbano tenha particularidades intrínsecas existem características comuns que variam apenas no nível de intensidade dentro de um tecido urbano específico (OKE *et al*., 2017). O processo de substituição de unidades naturais por superfícies e formas artificiais, sem levar em consideração elementos geoecológicos, tem provocado modificações nos processos aerodinâmicos, térmicos, hidrológicos, de transferência de massa e energia na camada limite atmosférica, e como consequência, as propriedades climatológicas do ar nas áreas urbanas são profundamente alteradas e criam uma especificidade climática distinta, o clima urbano (CHANDLER, 1976).

Em 1818, na obra "*The Climate of London*", Luke Howard apresentou os primeiros indícios de que os efeitos térmicos da urbanização prejudicavam a fauna e a flora, como também afetavam a qualidade de vida e a saúde das pessoas, pois "nas partes mais densas da metrópole, o calor aumenta, pelo efeito da população e dos incêndios, [...]; e deve ser proporcionalmente afetado nas partes suburbanas" (HOWARD, 1833, p. 147, tradução nossa). No presente, a literatura especializada reconhece que as variabilidades climáticas urbanas estão associadas a totais pluviométricos excessivos nas cidades e a crises hídricas em determinadas épocas do ano, sem contar o aumento do consumo de energia para a construção e manutenção de infraestruturas urbanas (GARTLAND, 2008), entretanto, o fator climático, um dos elementos do meio ambiente artificial, comumente é ignorado no processo de planejamento de cidades sustentáveis e resilientes.

A compreensão e integração dos diferentes controles do clima urbano no planejamento urbano-ambiental é de suma importância para a prevenção e a mitigação dos impactos danosos decorrentes das modificações no clima das áreas urbanas, bem como das alterações climáticas globais, embora "a maioria dos estudos sobre a aplicação do clima seja produzida a partir de disciplinas científicas como meteorologia, climatologia e física" sem uma abordagem sistêmica voltada para o planejamento (REN *et al*., 2012, p. 207, tradução nossa). No Brasil, do ponto de vista jurídico-político, o planejamento urbano-ambiental, "instrumento articulado ao processo de tomada de decisões e à gestão ambiental em face do contexto de um certo modelo e estilo de desenvolvimento" (RODRIGUEZ; SILVA, 2016, p. 135), se

desenvolveu de forma tardia e desordenada, contribuindo para uma urbanização caracterizada pela desigualdade espacial e pela ausência de equidade geográfica material, resultando em comunidades e populações marginais expostas à maioria das adversidades socioambientais (ACSELRAD, 2002), o que as torna muito mais vulneráveis a eventos climáticos extremos.

O planejamento urbanístico é um método técnico instrumentado que pretende transformar a realidade conforme objetivos estabelecidos em políticas públicas, e que adquire significado jurídico quando materializado em planos urbanísticos. No Brasil, esse processo tem amparo constitucional, pois é reconhecido aos entes políticos a competência para estabelecer planos urbanísticos em nível federal, regional, estadual e local (DA SILVA, 2018), entretanto, a incorporação de parâmetros climáticos nesses instrumentos ainda é modesta, apesar de existirem orientações nesse sentido em documentos como a Agenda 21 e a agenda Habitat (ONU, 2019a). Esse fato deve-se, principalmente, no contexto acadêmico, a generalização de recomendações climaticamente responsáveis como também à "maioria dos trabalhos nessa área, tanto no Brasil quanto no exterior, ser apenas descritiva e, assim, seus resultados ficam restritos ao caso estudado" (ASSIS, 2006, p. 21), e no âmbito político, a questão do clima encontra-se na agenda de políticas públicas urbanas de um número reduzido de municípios, como São Paulo, que através do Decreto nº 60.290/2021 pretende inserir a variável climática, a mudança do clima e a melhoria da gestão dos recursos ambientais nos processos decisórios do Governo Municipal, conforme a Lei Municipal nº 14.933/2009, que instituiu a Política de Mudança do Clima no Município de São Paulo (SÃO PAULO, 2021). Na realidade,

> [...] o planejamento das cidades contemporâneas, de forma realmente sustentável é um desafio para os gestores, para a governança, uma questão complexa pois, envolve, além do poder local, diversos setores da sociedade, com interesses opostos e divergentes, dentre eles os representantes do capital econômico e financeiro mundial (RAMIRES, 2015, p. 156).

No processo de planejamento urbano-ambiental muitas questões socioambientais levantadas estão relacionadas com o clima urbano (CHANDLER, 1976), todavia, a compreensão dos fenômenos climáticos nas cidades é permeada por paradigmas específicos que orientam a representação das transformações que ocorrem na interface superfície-atmosfera. Nesse cenário são destacados os modelos propostos por: a) T. Oke, no livro

"*Boundary Layer Climates"* (OKE, 1978), que fundamenta a metodologia "*Local Climate Zones* (LCZ)" para estudos de temperatura urbana (OKE; STEWART, 2012); b) C. Monteiro, que desenvolveu a teoria Sistema Clima-Urbano (SCU) em sua tese de livre docência, com o clima urbano compreendido como um sistema dinâmico adaptativo subdividido em três subsistemas (Termodinâmico, Físico-Químico e Hidrodinâmico) caracterizados por canais de percepção humana (Conforto térmico, Qualidade do ar e Impacto meteórico) (MONTEIRO, 1976), sem preocupação com a exclusividade quanto a abordagem metodológica; c) Sant'Anna Neto, para o qual o clima influencia e é influenciado pela dimensão social, para além dos elementos naturais e artificiais, como evidenciado no artigo "Por uma Geografia do Clima: Antecedentes históricos, paradigmas contemporâneos e uma nova razão para um novo conhecimento" (SANT'ANNA NETO, 2001); e d) com base na caracterização, através da metodologia *Urban Climate Map (UCMap) (Klimatopkart)* (LAZAR, 1991), de climatopos ou unidades de resposta climática homogênea, definidos por Scherer, Fehrenbach, Beha e Parlow (1999) como áreas que representam "combinações específicas de fatores climáticos e de significância relativa similar para o seu entorno, operando em uma escala espacial de várias dezenas a centenas de metros" (SCHERER *et al*., 1999, p. 4187, tradução nossa).

Os diferentes modelos para análise, interpretação e explicação do clima urbano retratam, na verdade, dimensões complementares da complexidade dos fenômenos climáticos. O clima nas cidades revela a interferência de controles na camada mais baixa da atmosfera como o tecido urbano, a cobertura do terreno, a estrutura e o metabolismo urbanos (OKE *et al*., 2017), contudo, a compreensão desse clima como um sistema dinâmico e adaptativo reclama a incorporação da teoria Sistema Clima Urbano (SCU), que apresenta, como um dos enunciados básicos, a concepção de que o espaço urbanizado constitui o núcleo de um sistema que mantém íntima relação com o ambiente regional imediato (MONTEIRO, 1976). Por outro lado, os fenômenos climáticos urbanos também refletem aspectos de ordem econômica, social, cultural e política que, de forma dialética, contribuem mutuamente para a produção do espaço geográfico (SANT'ANNA NETO, 2001), e esses aspectos, muitas vezes, apresentam percepções diversas que podem ser compreendidas pelo método fenomenológico (HUSSERL, 2008). No entanto, é a partir da integração de níveis distintos de informação, como a análise de variáveis climáticas, uso e ocupação do solo, topografia e vegetação que se pode identificar unidades climo-topológicas sob uma perspectiva física (em

termos de morfologia urbana e posição topográfica), como evidenciado na metodologia *UCMap* (MARQUES; GANHO; CORDEIRO, 2012).

A climatologia urbana tropical é uma área relativamente nova, com o estudo tradicional do clima dirigido para a caracterização de variáveis climatológicas nos ambientes urbano e rural com a finalidade de isolar os efeitos da urbanização e compará-los entre cidades que apresentam, muitas vezes, propriedades geográficas, socioambientais e econômicas diferenciadas (JÁUREGUI, 1986). Apesar dessa afirmação ocorrer em meados da década de 80 do século XX, ainda é atual, haja vista que a maioria das pesquisas para a descrição do clima urbano utilizam modelos de cidade orientados para a compreensão de variáveis relacionadas com trocas térmicas radiativas na interface superfície-atmosfera, dentre as quais destacam-se os elementos climáticos temperatura e umidade do ar, apreendidos nas escalas horizontal e temporal (ASSIS, 2006). Ou seja, as investigações do comportamento climático nas regiões tropicais são direcionadas, geralmente, para o campo termodinâmico na fase de diagnóstico do planejamento urbano, todavia é "necessário compreender os elementos que constituem uma cidade, juntamente com suas características geográficas, a fim de melhorar a qualidade de vida", as condições de habitação e o conforto ambiental nas áreas urbanas (FREITAS *et al.*, 2021, p. 6, tradução nossa).

Nesse contexto, diante da necessidade de compreensão do clima urbano para a melhoria da qualidade de vida nas cidades, o presente estudo foi orientado pelo seguinte problema: "Que proposta metodológica proporciona a integração de diferentes controles climáticos urbanos, levando em consideração dimensões socioculturais, naturais e artificiais, para fins de análise da complexidade dos fenômenos climáticos no planejamento urbanístico-ambiental?" Convém destacar, de antemão, que a representação cartográfica de fenômenos climáticos urbanos se apresenta como uma poderosa ferramenta pois permite a espacialização de fatos sociais e ambientais no espaço geográfico e no tempo cronológico.

Os mapas são representações cartográficas do ambiente cultural e físico, e nos últimos anos os avanços em *hardwares* de computadores e tecnologias de *softwares*, associados aos Sistemas de Informação Geográfica (SIG), têm modificado profundamente a forma como essas representações são criadas e utilizadas (DENT; TORGUSON, HODLER, 2009). Nesse âmbito, a metodologia *Urban Climatic Map* (*UCMap*) desponta como "uma ferramenta de informação que apresenta características relevantes do clima urbano para o planejamento urbanístico"

(CUHK, 2009, p. 5, tradução nossa), e que auxilia os gestores, a partir da análise conjunta dos controles climáticos urbanos assentes em mapas bidimensionais - de potenciais áreas de aquecimento e de resfriamento nas cidades, na tomada de decisões ecologicamente orientadas (MENDONÇA; OSCAR JÚNIOR; LEMOS, 2021).

O *Urban Climatic Map* é uma ferramenta que "traduz" o conhecimento climático no processo de planejamento urbanístico, e nesse quadro, o objetivo desse estudo é "investigar a funcionalidade da metodologia *UCMap* como instrumento de planejamento que incorpora diferentes controles climáticos mediante a representação cartográfica de fenômenos socioespaciais nas cidades". A hipótese norteadora é que "o procedimento *UCMap* proporciona a integração de controles climáticos essenciais a partir da representação da complexidade de fenômenos socioambientais no contexto do planejamento urbanístico".

Essa pesquisa pretende contribuir com os esforços para a implementação dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), incluídos na Agenda 2030 e da qual o Brasil é signatário (BRASIL, 2016), de modo que os gestores públicos, a partir de informações cientificamente fundamentadas sobre o clima urbano (CUHK, 2009) e incorporadas em planos urbanísticos, possam tomar decisões economicamente viáveis, socialmente justas e ambientalmente responsáveis que promovam cidades inclusivas, resilientes e sustentáveis, e que minimizem os impactos negativos das mudanças climáticas que prejudicam as populações mais vulneráveis na perspectiva socioambiental.

2. METODOLOGIA

A metodologia utilizada abrange estudos descritivos que "pretendem [...] coletar informações de maneira independente ou conjunta sobre os conceitos ou variáveis a que se referem" (SAMPIERI; COLLADO; LUCIO, 2006, p. 103), e nesse caso tem como objeto a técnica *UCMap* com o intuito de analisar, descrever e compreender fenômenos climáticos urbanos a partir da integração de suas múltiplas dimensões em mapas bidimensionais. Também é empregada a pesquisa bibliográfica, com "o exame de um tema sob novo enfoque ou abordagem [...]" (MARCONI; LAKATOS, 2010, p. 166), mediante a análise e interpretação de informações colhidas em fontes secundárias nas áreas de planejamento urbanístico e climatologia urbana.

3. PLANEJAMENTO URBANO-AMBIENTAL: INSTRUMENTO TÉCNICO-JURÍDICO COMPULSÓRIO

Atualmente, a população urbana global é de, aproximadamente, 55% e a estimativa é que este valor chegue a 70% em 2050 (ONU, 2022), e apesar das cidades cobrirem apenas 1,0% das terras emersas do planeta respondem pela produção de aproximadamente 85% das emissões de gases do efeito estufa (GEE). Estudos da Organização das Nações Unidas (ONU) indicam que no Brasil, até 2030, a população urbana deve atingir o percentual de 91,0% (ONU, 2019b), fazendo da urbanização uma das tendências mais transformadoras do século XXI, e evidências científicas apontam que, na época atual, a ação antrópica é uma das principais causas das mudanças e das variabilidades climáticas nas cidades (FREITAS *et al.*, 2021), de tal forma que é de extrema importância a inserção dos controles climáticos no planejamento urbano-ambiental, consubstancializados em planos urbanísticos.

Nos termos da Lei Federal nº 12.187/2009, que institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima, a incorporação da dimensão climática no processo de planejamento urbano permite a prevenção e minimização de causas identificadas de anomalias climáticas de origem antrópica (BRASIL, 2009), o que contribui, sobremaneira, para a consolidação de cidades sustentáveis e resilientes, apesar das variabilidades climáticas e das mudanças climáticas serem, geralmente, representadas em diferentes escalas geográficas. Na realidade, a sustentabilidade e a "resiliência das cidades às mudanças climáticas globais se inicia[m] no estudo dos climas urbanos, ou seja, em escala local, enquanto referência para o planejamento urbano" (FREITAS *et al.*, 2021, p. 5).

Em 2016, em decorrência da Conferência das Nações Unidas sobre Habitação e Desenvolvimento Urbano Sustentável (Habitat III), foi publicada a Declaração de Quito sobre Cidades e Assentamentos Urbanos para Todos, ou Nova Agenda Urbana (ONU, 2019a), e no Relatório Brasileiro para a Habitat III a promoção de cidades resilientes, como manifestação do direito a cidades sustentáveis, é relacionada com o aprimoramento de roteiros metodológicos que permitam incorporar, nos Planos Diretores Municipais, uma visão ecossistêmica para os zoneamentos ambientais prévios (BRASIL, 2016).

Nessa conjuntura, convém ressaltar que o planejamento urbanístico adquire sentido jurídico quando é materializado em planos urbanísticos, instrumentos formais que consolidam

as determinações e objetivos previstos em políticas públicas urbanas (DA SILVA, 2018). No Brasil, essas políticas são genericamente orientadas, no âmbito infraconstitucional, pela Lei Federal nº 10.257/2001, denominada Estatuto da Cidade (BRASIL, 2001), e pela Lei Federal nº 6.766/1979, que dispõe sobre o parcelamento do solo urbano (BRASIL, 1979), sem esquecer o novo Código Florestal, Lei Federal nº 12.651/2012, que apesar de estabelecer normas gerais sobre a proteção da vegetação nativa também apresenta institutos jurídicos e prescrições dirigidos às cidades (BRASIL, 2012).

O Estatuto da Cidade, em uma concepção sistêmica, entrou em vigor com o intuito de regulamentar a execução da política urbana nacional, como previsto nos Artigos 182 e 183 da Constituição Federal de 1988 (CRFB/88) (BRASIL, 1988). Essa normativa infraconstitucional tem, dentre seus objetivos, o intuito de ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade, e para esse fim utiliza instrumentos como: planos nacionais, regionais e estaduais de ordenação do território; planejamento de regiões metropolitanas, aglomerações urbanas e microrregiões; e planejamento municipal, com destaque, nesse âmbito federativo, para o plano diretor, para a disciplina do parcelamento, do uso e da ocupação do solo e para o zoneamento ambiental.

No território nacional, a função urbanística é essencialmente exercida em nível Municipal no sentido de atuação concreta, no qual são aprovados os planos de desenvolvimento urbano na forma de Plano Diretor, instrumento básico da política de desenvolvimento e de expansão urbana (DA SILVA, 2018), que é obrigatório para cidades com mais de vinte mil habitantes, nos termos do Artigo 182, § 1º da Constituição Federal de 1988. Entretanto, no contexto da relação entre climatologia urbana e planejamento urbanístico, a incorporação da dimensão climática nas políticas de ordenamento territorial e planejamento urbano no Brasil ainda é modesta, como já relatado. Nesse sentido, Espíndola e Ribeiro (2020) destacam que os planos diretores:

> [...] não são orientados para a minimização dos efeitos e para a adaptação à mudança climática. Muito menos possuem passagens explícitas que os associem às metas do Acordo de Paris. Além de ser uma carência para o enfrentamento dessa problemática ambiental atual, isso também dificulta o estabelecimento de parâmetros para a comparação entre as metas propostas pelo governo brasileiro [...] (ESPÍNDOLA; RIBEIRO, 2020, p. 389).

As políticas públicas urbanas, como normas gerais para mitigação das mudanças climáticas, perpassam pela competência da União, contudo, a efetividade de tais políticas, no Brasil, depende de núcleos de poder atuantes no âmbito local, uma vez que os municípios são entes federativos com competências constitucionais específicas. É na esfera municipal que os Planos Diretores regulamentam, de fato, as políticas urbanas de combate às mudanças e variabilidades climáticas, pois compete aos Municípios promover o ordenamento territorial mediante o planejamento e controle do uso, do parcelamento e da ocupação do solo urbano. Nesse cenário, as pesquisas na área de Climatologia Urbana são imprescindíveis para a minimização dos efeitos catastróficos das anomalias climáticas e extremas a que estão expostas as populações mais vulneráveis (WMO, 2006), uma vez que o clima urbano é uma manifestação categórica das múltiplas interações que ocorrem na interface atmosfera-superfície nas cidades (OKE *et al.*, 2017).

A "maior parte dos estudos sobre clima urbano no Brasil trata de casos de maneira descritiva, abrangendo cidades de porte médio e áreas metropolitanas em diferentes domínios climáticos" (ASSIS, 2006, p. 24, grifo nosso). No entanto, ainda que descritivos, esses estudos têm contribuído sobremaneira para o planejamento urbanístico, com destaque, sem esgotar a matéria devido ao crescimento das pesquisas nessa interface (FIALHO; FERNANDES; CORREA, 2019), o ensaio "Contribuição ao estudo do clima de Marabá: uma abordagem de campo subsidiária ao planejamento urbano" (MONTEIRO; TARIFA, 1977), a tese "O Clima e o Planejamento urbano de cidades de porte médio e pequeno: proposição metodológica para estudo e sua aplicação à cidade de Londrina/PR" (MENDONÇA, 1995) e o artigo "Planejamento urbano para a adaptação de cidades frente à mudança climática – Uma análise sobre o Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo" (APOLLARO; ALVIM; 2017).

Nos últimos anos as pesquisas climáticas em cidades de pequeno porte têm auxiliado em diagnósticos na escala local, dentre os quais chama atenção o trabalho "A Climatologia Aplicada ao Planejamento Urbano e Ambiental de Aquiraz/CE-BR" (ZANELLA; LIMA, 2011), a tese "Clima Urbano e Planejamento na Cidade de Jales-SP" (UGEDA JUNIOR, 2011), e o livro "Ilhas de Calor em cidades tropicais de médio e pequeno porte – teoria e prática", que ressalta a importância de compreender as transformações capazes de modificar a dinâmica atmosférica em pequenas cidades (AMORIM, 2020), pois dos 5.570 municípios brasileiros cerca de 69% possuem menos de 50 mil habitantes (IBGE, 2021).

Na perspectiva internacional, a publicação, em 2015, "*Climatology for city planning in historical perspective*", enfatiza que a aplicação dos resultados de pesquisas na área de climatologia urbana no planejamento urbano-ambiental ainda não está difundida mundialmente, com a necessidade de os gestores terem a autocompreensão de que as cidades devem ser "co-padronizadoras" de seus próprios climas (HEBBERT, 2014). Nessa conjuntura, a obra "*Urban Climatology and its Relevance to Urban Design*" já alertava:

> A razão para a negligência da consideração climática tem sido, em parte, a relativa juventude da ciência climatologia urbana e, em parte, aos vínculos relativamente fracos de comunicação que existem atualmente entre climatologia e planejamento. Mas, diante do crescimento exponencial da população mundial e do ritmo acelerado da urbanização, fica claro que nossas cidades devem, quando for o caso, ser intencionalmente planejadas para otimizar o meio ambiente urbano [...] (CHANDLER, 1976, p. VII, tradução nossa).

A compreensão de como os controles climáticos estão relacionados com o clima urbano é essencial para o planejamento de cidades sustentáveis e resilientes, e embora cada parâmetro climático geralmente seja explorado separadamente, a tomada de decisão dos gestores deve ser fundamentada em uma avaliação integrada de tais parâmetros, e para tanto faz-se necessário a definição de padrões de desempenho climatológico que devem levar em consideração o contexto espacial e o conhecimento do comportamento do clima regional (CHANDLER, 1976).

No modelo teórico proposto por Monteiro (1976), Teoria Sistema Clima Urbano (SCU), o espaço urbanizado, "que se identifica a partir do sítio, constitui o núcleo do sistema que mantém relações íntimas com o ambiente regional imediato em que se insere", e nesse caso o estudo climático reivindica uma necessária articulação geográfica entre aspectos locais e regionais (MONTEIRO, 1976, p. 117). A despeito da caracterização dos subsistemas Termodinâmico, Físico-Químico e Hidrodinâmico, para compreensão do clima urbano, ser geralmente direcionada para o espaço urbanizado, a fronteira permeável desse sistema dinâmico e adaptativo proporciona a transferência de matéria e energia com a vizinhança regional próxima, trazendo a lume a notável perspectiva metodológica do professor C. Monteiro, a Análise Rítmica, instrumento de investigação dos tipos de tempo meteorológico e da gênese dos sistemas atmosféricos atuantes nos ambientes artificiais (MONTEIRO, 1971).

No âmbito sistêmico, o estudo do ecossistema urbano concentra-se na modificação intencional (ou não) do *habitat* e nos processos de transferência de matéria e energia através de uma fronteira, real ou imaginária, provocados pela capacidade humana de adotar comportamentos voltados a metas, cabendo destacar, nesse caso, que o meio ambiente urbano engloba uma grande variedade de *habitats*: construídos, de resíduos, os verdes e os aquáticos (ADLER; TANNER, 2015). Esses ambientes, em si mesmo, manifestam vínculos bióticos e abióticos que estão relacionados com a paisagem, concebida como um "sistema de conceitos formado pelo trinômio: paisagem natural, paisagem social e paisagem cultural" (RODRIGUEZ; SILVA; CAVALCANTI, 2017, p. 7), que deve ser incorporado no planejamento urbano-ambiental, o que demonstra a importância da análise conjunta das diversas dimensões dos fenômenos climáticos urbanos.

As análises pioneiras de parâmetros climáticos para o planejamento urbano surgiram nas cidades alemãs, caracterizadas por terem um serviço meteorológico nacional com um interesse ativo em meso e microclima, um poder executivo sensível ao problema do clima urbano, uma cultura de pesquisa ativa nas Universidades e uma aceitação social de regulamentação municipal para atingir objetivos ambientais. Esses aspectos culminaram com o surgimento da metodologia *Urban Climate Map* (*UCMap*), que emprega uma "série de camadas de dados espaciais (mapas analíticos) que contém informações do clima, dados geográficos do terreno, informações sobre vegetação e parâmetros de planejamento" (SOUZA; KATZSCHNER, 2018, p. 3). Na realidade, essa metodologia permite representar a estrutura do clima local, a partir da identificação de áreas de uso e ocupação do solo associadas com padrões de fenômenos climatológicos que têm impacto na saúde, no bem-estar e nas atividades econômicas locais (HEBBERT, 2014).

No Brasil, o ordenamento jurídico federal reconhece a importância de incorporação da a variável climática nos processos decisórios governamentais para mitigação das mudanças climáticas, no entanto, o processo de planejamento urbano-ambiental, materializado nos Planos Diretores, encontra-se no âmbito da competência dos Municípios, e uma orientação metodológica nacional, com fundamento em paradigmas do clima urbano localmente justificados, proporcionaria um avanço para a promoção de cidades sustentáveis, como pode ser evidenciado na normativa alemã "*VDI 3787 Blatt 1:1997-12 - Environmental meteorology - Climate and air pollution maps for cities and regions*", que disciplina a metodologia *UCMAP*.

4. MAPAS CLIMÁTICOS URBANOS: UMA METODOLOGIA PARA INTEGRAÇÃO DE CONTROLES CLIMÁTICOS

As cidades estão localizadas em regiões que constituem um todo geográfico ou territorial, com o meio ambiente, transformado ou natural, interferindo de muitas maneiras na estrutura social e nos modos de vida de uma comunidade, como a habilidade de enfrentar os desafios da natureza e de utilizar e explorar seus recursos. Esses aspectos também afetam a ecologia, ou seja, a forma pela qual os indivíduos se distribuem no espaço, com os padrões espaciais, não raro, refletindo a cultura e a organização social da coletividade (CHINOY, 1967). Nesse sentido, a cidade representa múltiplas dimensões, uma:

> [...] diversidade de atividades e de pessoas, o lugar de símbolos múltiplos que traduz a história profunda de uma região e suas diferentes etapas no processo de civilização. A cidade aparece como uma unidade econômica e social multidimensional que exige um trabalho que conjugue pesquisas tão diversas como as do sociólogo, do historiador, do economista, do antropólogo, do político, do psicólogo, do arquiteto, como também a do literato, do fotógrafo, do cineasta, do pintor... Esses olhares nos permitem aproximar, ler e interpretar o espaço urbano na perspectiva de um novo humanismo moderno (CASTRO, 2006, p. 18).

Os fenômenos urbanos apresentam uma complexidade intrínseca de ordem natural, artificial e sociocultural que está associada ao clima das cidades. Essa complexidade requer perspectivas teórico-metodológicas capazes de apreender múltiplas interações e que proporcionem o preenchimento de lacunas existentes entre climatologia urbana e planejamento urbanístico. Notadamente, as críticas ao paradigma dominante positivista da comunidade científica, na qual a natureza é regida por leis e a sociedade é orientada pela lógica, indicam a emergência de novas teorias e a necessidade de renovação de instrumentos metodológicos (KUHN, 2007). Esse ponto de vista é reafirmado por Edgar Morin (2005) na obra “Introdução ao Pensamento Complexo”, para a qual o novo paradigma de complexidade requisita “uma metodologia ao mesmo tempo aberta (que integre as antigas) e específica (a descrição das unidades complexas)” capaz de lidar com os antagonismos do mundo real (MORIN, 2005, p. 48). Verdade seja dita,

> É muito difícil perceber as inter-retroações entre ciência e sociedade. Será também uma sociologia complexa, um conhecimento complexo que permitirá compreender essas relações. Colocamo-nos essas questões muito tardiamente. Foi muito recentemente que, por exemplo, na França - há dois anos - criou-se um comitê STS, "Ciência, Técnica, Sociedade", para elucidar esses problemas, porque nenhuma disciplina instituída permite elucidar esse tipo de interações. Isso se inicia muito mal e com muita dificuldade, tanto que é difícil criar um quadro conceitual transdisciplinar (MORIN, 2005, p. 114).

A compreensão e descrição do clima urbano envolvem múltiplos controles que representam distintas dimensões da realidade das cidades, como, por exemplo, o tempo meteorológico, os sistemas atmosféricos, a morfologia urbana e sua função, como também suas características geográficas, os elementos bióticos e abióticos, entre outros (AMORIM, 2020). Além desses parâmetros também deve-se levar em consideração a dimensão socioambiental (SANT'ANNA NETO, 2001), inserida em uma concepção de que os sistemas humano-ambientais interagem reciprocamente e formam ciclos de *feedback* complexos e adaptativos cujo estudo requer o uso de metodologias interdisciplinares que estão na interface das ciências naturais e sociais.

No final do século XIX, as primeiras investigações sobre o clima urbano foram realizadas em Berlim, na Alemanha, e em meados do século XX, em 1963, o pesquisador alemão K. Knoch propôs, pela primeira vez, uma metodologia de mapeamento do sistema climático para fins de planejamento urbano, sugerindo uma série de *Urban Climatic Maps* na publicação "*Die Landesklima-Aufanhme"* (O registro climático nacional, tradução nossa) (REN, 2015), mas essa perspectiva somente foi materializada na década de 70, quando estudiosos alemães idealizaram a ferramenta *Synthetic Climate Function Map* (BAUMMÜLLER *et al*., 1992).

Na década de 1990, após a reunificação da Alemanha, várias cidades do norte do país realizaram o mapeamento sintético da função climática, e para orientar essa metodologia o Governo Alemão aprovou, em 1997, a "Diretriz Nacional VDI-3787 - Parte 1. Meteorologia Ambiental – Mapas climáticos e de poluição atmosférica para cidades e regiões" (tradução nossa), que foi atualizada em setembro de 2015, e a "Diretriz Nacional VDI-3787- Parte 2. Meteorologia Ambiental – Métodos de avaliação humano-biometeorológica da componente térmico do clima" (tradução nossa) (REN; NG; KATZSCHNER, 2010), aprovada em 1998 e atualizada em junho de 2022. Estas duas diretrizes definem as simbologias e representações

utilizadas na metodologia *UCMap* e estabelecem padrões para sua aplicação, como também fornecem recomendações para o desenvolvimento desse instrumento de mapeamento climático (CUHK, 2009). Convém ressaltar que a Diretriz Nacional VDI-3787 Parte 1: 2015-09 enfatiza que, para a descrição cartográfica das condições climáticas no planejamento territorial alemão, são indispensáveis os seguintes documentos referenciados:

> VDI 3785 Parte 1: 2008:12 - Meteorologia Ambiental; Métodos e apresentação de investigações relevantes para o planejamento climático urbano;
> VDI 3787 Parte 2: 2008 - 11 - Meteorologia Ambiental; Métodos para avalição biometeorológica humana do clima e da qualidade do ar para o planejamento urbano e regional em nível regional; Parte I: Clima;
> VDI 3787 Parte 5: 2003-12 - Meteorologia ambiental; Ar frio local (VDI 3787 – Parte 1: 2015-09, p. 3, tradução nossa).

Na Alemanha, a capital Berlim é uma cidade-Estado mas os municípios são considerados subdivisões administrativas dos Estados Federados, e diferentemente do Brasil, a autonomia dos entes municipais é fortemente influenciada pelas legislações da União (ZINS; HACK, 2017), de tal forma que as Diretrizes Nacionais orientam efetivamente o planejamento do ordenamento territorial no âmbito local. Nos últimos anos, a metodologia *Urban Climatic Map*, por meio das normativas VDI 3787 Part 1:2015-9 e VDI 3787 Part 2:2022-06, vem sendo adotada no planejamento urbano de muitos países da Europa, como França, Suíça, Áustria, Suécia, Hungria, Polônia, Portugal e Reino Unido (REN, 2015) e em cidades japonesas e chinesas (LIU; SONG; YU, 2017), e no Brasil tem sido aplicada para o mapeamento climático de algumas cidades em uma perspectiva acadêmica (SHIMOMURA; LOPES; CORREIA, 2015).

O *Urban Climate Map (UCMap)* é uma metodologia quali-quantitativa que "traduz" um conjunto de dados climáticos no âmbito do planejamento urbanístico a partir de uma plataforma de informações estratégicas utilizando um Sistema Geográfico de Informação (SIG) (FREITAS *et al.*, 2021). O *UCMap*, originalmente denominado *Synthetic Climate Function Map* ou *Climatope Maps*, apresenta-se como:

> […] uma ferramenta de informação e avaliação climática que auxilia os planejadores a entender as condições e variações climático-ambientais e a criar um melhor projeto. O UCMap transforma o conhecimento científico climático em diretrizes e recomendações que podem ser usadas para orientar ações de planejamento e tomada de decisão (REN *et al.*, 2012, p 208, tradução nossa).

A metodologia *Urban Climatic Map* foi apresentada à comunidade científica no artigo intitulado "*Improved concepts and methods in analysis and evaluation of the urban climate for optimizing urban planning processes"*, publicada por D. Scherer, U. Fehrenbach, H-D Beha e E. Parlow (1999), pois estava restrita às publicações na língua alemã (SCHERER *et al*., 1999). Esse instrumento proporciona, a partir da identificação de interações sinérgicas no campo térmico, dinâmico e da qualidade do ar, o mapeamento climático de áreas com características semelhantes em termos de variação térmica diária, perturbações no campo de vento devido a rugosidade superficial urbana, posição topográfica, tipo de uso e ocupação do solo e poluição do ar na camada inferior atmosférica nas cidades (VDI 3787 – Parte 1: 2015-09). Tais aspectos desempenham um papel crucial para a compreensão do comportamento climático urbano (SCHERER *et al.*, 1999; REN, 2015), e dependendo do nível de planejamento e dos dados disponíveis, os resultados podem ser representados cartograficamente com diferentes resoluções, conforme a Tabela 1.

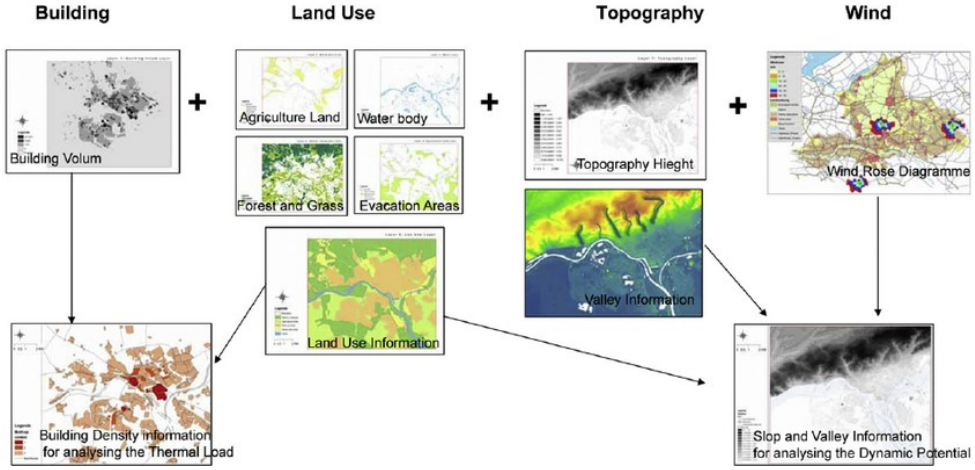
Tabela 1 - Instrumentos para o planejamento em diferentes níveis de escala e contribuições técnicas apropriadas na metodologia *UCMap*.

Instrumentos		Escala, resolução espacial dos mapas	Contribuições da análise climática (qualidade do ar e biometeorologia humana)
Planejamento Regional	Plano regional de uso do solo	1:50000 a 1:100000, ≥ 100 m	Mesoclima Mapas de análise climática: mapas abrangentes de controle de poluição, áreas de estresse térmico (áreas superaquecidas), faixas de ventilação, áreas de produção de ar frio Mapa de recomendação de planejamento
Planejamento de uso do solo urbano	Planejamento preliminar de uso do solo urbano: Plano de ordenamento territorial	1:5000 a 1:25000, 25 m a 100 m	Mesoclima Mapas de análise climática: mapas de poluição do ar relacionados à área, troca de ar, áreas de estresse térmico (áreas superaquecidas) Mapa de recomendação de planejamento
	Planejamento obrigatório de uso do solo urbano: Plano de desenvolvimento local; Procedimento de permissão de planejamento	≤ 1:1000, 2 m a 10 m	Microclima Mapas de análise climática: cálculos locais de poluição do ar para as " áreas mais severamente afetados", considerações de vizinhança, troca de ar, biometeorologia humana, testes de adequação para "áreas altamente relevantes" Mapa de recomendação de planejamento

Fonte: VDI 3787 – Parte 1: 2015-09, p. 8, tradução nossa.

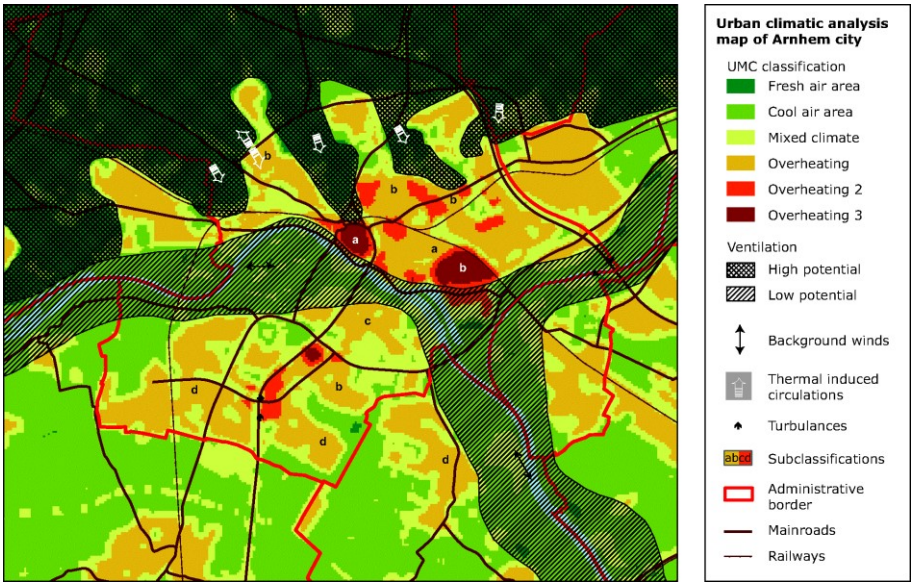
No modelo germânico o aumento da resolução horizontal na metodologia *UCMap* permite a incorporação de informações como áreas comerciais, espaços verdes, florestas ou extensões de corpos hídricos (VDI 3787 – Parte 1: 2015-09), no entanto, nos planejamentos urbanos comumente são manuseados parâmetros relacionados com a direção e velocidade do vento, radiação solar, temperatura do ar e outros elementos climáticos, como também aspectos topográficos, densidade construtiva e morfologia urbana, que são estruturados em camadas conforme a Figura 1, que demonstra a conformação metodológica para a identificação de climatopos representados na Figura 2 para a cidade Arnhem, na Alemanha.

Figura 1 – Estrutura dos planos de informação utilizadas na metodologia UCMap.



Fonte: REN *et al*. (2012).

Figura 2 - *Urban Climatic Analysis Map* (*UC-AnMap)* de Arnhem, Alemanha, com identificação dos climatopos e diferenciação da carga térmica (TL) e do potencial dinâmico (DP) urbano.



Fonte: BURGHARD *et al.* (2010).

A metodologia *UCMap* proporciona a identificação de áreas urbanas que têm características climáticas análogas e, desse modo, interagem de modo particular com a atmosfera. Essas áreas ou unidades de resposta atmosférica são denominadas *climatopos*, em alemão *klimatope* (ALCOFORADO, 1999), e representam unidades espaciais em que os fatores microclimáticos mais importantes são relativamente homogêneos (VDI 3787 – Parte 1: 2015-09). A classificação dessas unidades homogêneas de resposta climática apresenta similaridade teórica com a tipologia *Local Climate Zones (LCZ)* (OKE; STEWART, 2012), embora as perspectivas metodológicas e as finalidades sejam distintas. Na realidade, a metodologia *LCZ* tem como diretriz a diferenciação térmica do ambiente urbano, e quando utilizada para o mapeamento climático das cidades deve integrar, necessariamente, camadas de informação complementares que são inerentes à metodologia *UCMap*, como a morfologia local, a velocidade e a direção do vento e a umidade do ar, dentre outras (OKE; STEWART, 2015).

Os climatopos ou unidades climo-topológicas correspondem a um clima local próprio, que condiciona diferentemente a vida e as atividades humanas, o que exige "[...], portanto, medidas específicas para reduzir os impactes negativos e aproveitar as características positivas do clima urbano" (ALCOFORADO, 2010, p. 155). A ideia que fundamenta o conceito de *climatopo*:

> [...] é que diferentes estruturas urbanas, como áreas centrais ou suburbanas, mas também parques ou superfícies maiores de água, interagem caracteristicamente e distintamente com a atmosfera urbana. Infelizmente, faltava uma definição rigorosa e aplicável de climatopos, possivelmente uma das razões para o fato desse conceito não ter sido reconhecido pelos climatologistas urbanos de língua inglesa (SCHERER *et al.*, 1999, p. 4187, tradução nossa).
>
> Essas zonas são representadas em diferentes cores e símbolos que mostram, por exemplo, "Lugar que precisa ser melhorado" e "Lugar que deve ser conservado" do ponto de vista climático urbano (UCHL, 2009, p. 13, tradução nossa).

A incorporação de variáveis climáticas no processo de planejamento urbano-ambiental reivindica terminologias compreensíveis para os diferentes atores que participam do ciclo de política pública e, nesse sentido, o método *UCMap* revela-se por meio de dois componentes principais: o *Urban Climatic Analysis Map (UC-AnMap)* e o *Urban Climatic Planning Recommendation Map (UC-ReMap).* Em poucas palavras, o *UC-AnMap* é cartograficamente elaborado em uma linguagem técnico-científica, e para torna-la palatável, o *UC-ReMap*

“traduz” esse idioma, contribuindo para a participação igualitária e democrática dos setores governamentais, da sociedade civil e das empresas no planejamento participativo da cidade.

O *Urban Climatic Analysis Map (UC-AnMap)* representa, de forma simbólica, as especificidades climáticas de uma área por meio de climatopos conforme a análise das condições térmicas, da qualidade do ar e do potencial dinâmico eólico urbano (VDI 3787 – Parte 1: 2015-09). No campo térmico são avaliados os efeitos de Ilhas de Calor Urbana Atmosférica e as variações bioclimáticas (REN; NG; KATZSCHNER, 2010), e a caracterização das unidades de resposta atmosférica, em termos da teoria SCU, corresponde à investigação dos subsistemas Termodinâmico e Físico-Químico, com os respectivos canais de percepção. No entanto, destaca-se, nesse contexto, que a metodologia *UCMap* não leva em consideração, diretamente, os impactos meteóricos, e nesse sentido Monteiro (1976) enfatiza que “[...], não há meio de desvincular a produção meteórica do comportamento e da composição atmosférica, não se poderá considerar que a qualidade e as inundações do espaço urbano estejam desligadas do conforto" (MONTEIRO, 1976, p. 161).

O *Urban Climatic Planning Recommendation Map* (*UC-ReMap*) apresenta-se como uma base informacional que descreve cartograficamente as preocupações climáticas relevantes no contexto do planejamento urbano (VDI 3787 – Parte 1: 2015-09), com instruções específicas para zonas bioclimáticas (REN; NG; KATZSCHNER, 2010). No Brasil, a ABNT NBR 15220-3:2005, intitulada “Desempenho térmico das edificações - Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social”, estabelece um Zoneamento Bioclimático Brasileiro e traz recomendações construtivas e detalhamento de estratégias de condicionamento térmico passivo.

O *UC-ReMap*, para além da avaliação de características espaciais contemporâneas do clima urbano, identifica, também, áreas sensíveis ao clima que precisam de atenção estratégica a médio e longo prazo para a promoção efetiva de cidades sustentáveis (REN, 2015). A metodologia *UCMap* não propõe uma uniformização do desempenho climático em diferentes cidades, até porque os planejamentos urbano-ambientais implementados a partir de recomendações do *UC-ReMap* são estruturados com base em sistemas urbanísticos em nível nacional, regional e estadual juridicamente e politicamente elaborados nos diversos países (REN *et al*., 2012).

No procedimento *UCMap* a caracterização e análise do clima urbano através do mapeamento climático, em geral, leva em consideração os efeitos de cargas térmicas "negativos", em virtude da densidade urbana construtiva, e os efeitos dinâmicos "positivos", associados com a mitigação de variabilidades climáticas devido ao campo eólico. Os efeitos positivos, via de regra, estão relacionados a dois aspectos: a) potencial de mitigação (por exemplo, áreas verdes); e b) potencial dinâmico (tal como a ventilação do ar) (NG, 2015), mas em alguns estudos o nível de poluição atmosférica também é representado. No Brasil, por exemplo, o ensaio "*Thermal Confort Studies in a Humid Tropical City*" faz uso da metodologia *UCMap* para a análise do conforto térmico na área urbana da cidade de Salvador, Bahia, levando em consideração os fatores altitude, declividade, uso e ocupação do solo e o potencial eólico (NERY *et al*., 2006). Nesse contexto, na publicação "Construção de um mapa climático analítico para a cidade de Belo Horizonte, Brasil", os autores investigam os usos e ocupação do solo, aspectos geográficos e informações sobre a ventilação no meio ambiente urbano para distinguir, a partir de diferentes mapas temáticos, classes de climatopos que agregam informações sobre a carga térmica e o potencial dinâmico na cidade mineira (ASSIS; FERREIRA; KATZSCHNER, 2017).

O potencial de utilização da metodologia *UCMap* para o ordenamento territorial também é demonstrado na tese "Orientações climáticas para o planejamento urbano numa cidade costeira do Nordeste do Brasil: Aracaju - SE" (ANJOS, 2017). Nesse trabalho, o pesquisador identifica na capital sergipana Unidades de Resposta Climática Homogênea (UCRH), ou climatopos, tomando como base a análise dos parâmetros fator de visão do céu, áreas verdes, rugosidade aerodinâmica e corredores de ventilação, como também diferencia as *Local Climate Zones (LCZ)* na área de estudo (OKE; STEWART, 2012). Na Paraíba, o Mapa Climático Urbano de João Pessoa foi elaborado a partir da sobreposição de mapas temáticos de uso e ocupação do solo, mapa urbano digital, mapa de projeção horizontal das edificações e mapa hipsométrico (SOUZA, KATZSCHNER, 2018), com a categorização das classes climáticas segundo suas características topoclimáticas e seus efeitos no balanço de energia térmica da cidade. O "Mapa Climático como Instrumento para o Planejamento Urbano", do mesmo modo, é empregado para a classificação climática por topoclimas no Município de Recife, Pernambuco, resultando em um mapa de recomendações para o planejamento e gestão urbana do território explorado (FREITAS *et al*., 2021).

Uma metodologia representa um caminho, entre diversas possibilidades, que é convencionado para que objetivos específicos sejam atingidos, e tal percurso materializa uma escolha racional e sistemática sujeita a reflexões críticas para adequação entre o modelo teórico proposto e o objeto que lhe corresponde no real. Nesse contexto, a metodologia *UCMap* e seu processo de construção possuem vantagens e desvantagens que devem ser consideradas na elaboração do planejamento urbanístico, algumas das quais são apresentadas a seguir:

> • O método [...] de construção de um *UCMap* é fácil para especialistas não climáticos seguirem.
> • Os parâmetros selecionados são facilmente coletados e o resultado do estudo é útil para o planejamento.
> • A estrutura do sistema *UCMap* é flexível e de gerenciamento simples. [...].
> • Vários dados climáticos e informações ambientais são apresentados espacialmente e qualitativamente de acordo com o *UCMap*. Planejadores, especialistas em ambiente construído, desenvolvedores e formuladores de políticas públicas podem obter acesso imediato ao conhecimento sobre as condições climáticas e sua avaliação, e identificar as áreas problemáticas e áreas sensíveis que precisam de atenção estratégica e melhoria do ponto de vista climático-ambiental.
> • O *UCMap* também pode fornecer uma plataforma para estudos interdisciplinares; [...]
> Contudo, ainda existem três limitações principais da metodologia e implementação:
> • O processo de avaliação e aplicação climática no planejamento urbano é baseado principalmente na avaliação qualitativa e subjetiva.
> • Uma vez que os dados climáticos disponíveis e as informações de planejamento são limitados, seu resultado não pode apresentar mais detalhes, como informações construtivas e questões de conforto térmico humano.
> • A lacuna existente entre o mundo prático do ordenamento territorial e o mundo científico dos estudos climáticos nunca será preenchida. [...] (REN *et al*., 2012, p. 220, tradução nossa).

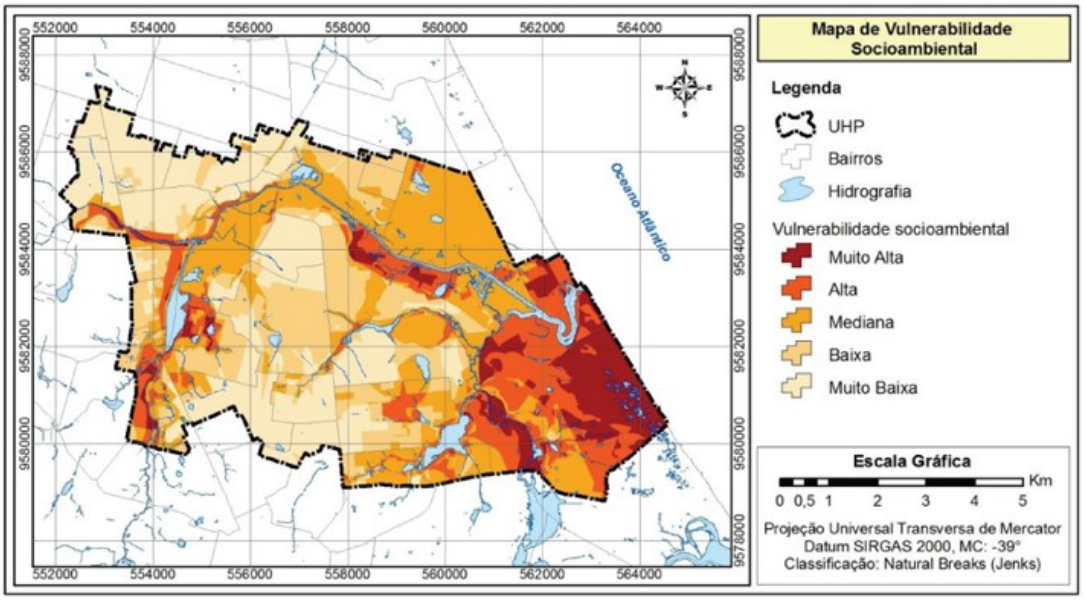
Uma das lacunas no modelo germânico, pode-se assim dizer, é a desconsideração de que o clima urbano, como um sistema complexo, conforme anteriormente relatado, também abrange a dimensão sociocultural (SANT'ANNA NETO, 2008), o que impulsiona adaptações teórico-metodológicas ao instrumental *UCMap*, pois o clima é:

> [...] [um] fenômeno geográfico substanciado pelas aplicações de seu conhecimento no entendimento do território, não apenas como elemento natural, determinado pelas leis físicas, mas, também, pelo significado de sua repercussão nas relações entre a sociedade e a natureza mediadas pela ação dos agentes sociais, que produzem espaços concretos nos mais variados níveis de segregação e vulnerabilidade (SANT'ANNA NETO, 2008, p.52, grifo próprio).

A constatação que as variabilidades climáticas urbanas ocorrem em um território que é transformado e produzido pela sociedade, de maneira desigual conforme interesses dos diferentes atores sociais, reclama a incorporação, na metodologia *UCMap*, de parâmetros representativos da dimensão social do clima urbano, que abrange fatos naturais e sociais. Nessa conjuntura, destaca-se, por exemplo, a publicação "*Urban climate maps as a public health tool for urban planning: The case of dengue fever in Rio de Janeiro/Brazil*", que demonstra o emprego de mapas climáticos urbanos como instrumentos para o monitoramento e controle de políticas de saúde pública na capital do Estado fluminense (MENDONÇA *et al*., 2021), com a proposição de uma análise integrada de múltiplos controles climáticos para a construção de mapas de vulnerabilidade.

Em uma perspectiva da Geografia do Clima, chama atenção a inclusão, na pesquisa climática urbana, da vulnerabilidade socioambiental, "[...] definida como uma área em que coexistem riscos ambientais (áreas de alta e muito alta vulnerabilidade ambiental) e populações em situação de maior vulnerabilidade social" (DANTAS; COSTA; ZANELLA, 2016, p. 9). Essa caracterização apresenta, como elementos fundamentais, a estabilidade econômica, que envolve emprego e renda da comunidade, a análise da infraestrutura urbana além de informações acerca dos serviços públicos nos bairros, com a possibilidade de representação cartográfica de distintas unidades territoriais de planejamento, como evidenciado na Figura 3, que mostra um mapa de vulnerabilidade socioambiental de uma microbacia urbana.

Figura 3 - Mapa de vulnerabilidade socioambiental de microbacia na cidade de Fortaleza, Ceará.



Fonte: Zanella *et al*. 2013.

A análise da vulnerabilidade socioambiental revela-se como um instrumento teórico-metodológico que auxilia o "processo de tomada de decisão ao indicar espacialmente as condições socioeconômicas da população associando-as a dinâmica dos sistemas naturais [...]", como pode ser evidenciado no trabalho "Vulnerabilidade Socioambiental do baixo curso da Bacia Hidrográfica do Rio Cocó, Fortaleza - CE" (ZANELLA *et al*., 2013). Nesse contexto, em uma perspectiva de amálgama de paradigmas do clima urbano, a metodologia *UCMap* admite, no processo de planejamento urbano-ambiental, a integração, para além dos sistemas térmico, eólico e de poluição atmosférica, de fatores representativos de desigualdades socioeconômicas e ambientais abarcados pela análise da vulnerabilidade socioambiental.

No Brasil, a inclusão da variável climática nos processos decisórios dos entes políticos, para mitigação dos efeitos das mudanças climáticas, encontra amparo no ordenamento jurídico, no entanto, a inexistência de uma norma geral nacional ou de diretrizes metodológicas que orientem os planejamentos climático-ambientais outorga aos Municípios uma atuação exclusiva para a construção de planos urbanísticos locais, muitas vezes elaborados sem referência a modelos científicos que descrevem fenômenos climáticos urbanos. A metodologia *UCMap* proporciona uma análise integrada de diversos controles climáticos através da representação cartográfica de climatopos, porém, o presente estudo reconhece a necessidade de aprimoramento dos paradigmas de clima urbano, no âmbito do planejamento urbanístico, para a promoção de cidades inclusivas, resilientes e sustentáveis a partir de decisões governamentais economicamente viáveis, socialmente justas e ambientalmente responsáveis.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A mitigação das consequências das modificações climáticas nas áreas urbanas, das alterações climáticas globais, e dos fenômenos climáticos extremos, impõe, a incorporação das múltiplas dimensões do clima urbano no planejamento urbano-ambiental para se alcançar cidades sustentáveis e resilientes. Os problemas socioambientais resultantes da urbanização atingiram dimensões alarmantes, e por vezes, irreparáveis, tornando imprescindível a inserção e análise conjunta dos diferentes controles climáticos, bem representadas nos modelos propostos por Monteiro (1976), Oke (1978), Sant'anna Neto (2001) e o materializado no *UCMap*, no âmbito do planejamento urbanístico.

No contexto do planejamento urbano, de competência municipal, as decisões que incorporam as perspectivas dos mais diversos âmbitos (*e.g.* político, econômico, urbanístico, social, cultural, ambiental) são materializadas nos Planos Diretores, e a inclusão da variável climática impõe, necessariamente, a análise das vulnerabilidades socioambientais como requisito para a promoção de cidades inclusivas e resilientes. Nos últimos anos as pesquisas em climatologia urbana e planejamento urbanístico apresentaram avanços consideráveis, sendo fundamental repensar a cidade a partir de ferramentas metodológicas que permitam integrar as múltiplas dimensões da realidade citadina, sejam os aspectos socioculturais, naturais e artificiais, como manifestação do direito a cidades sustentáveis.

Essa integração, como pressuposto de efetividade do direito a um meio ambiente ecologicamente equilibrado, é proporcionada através de metodologias representadas pelo "Mapa Climático Urbano", e como as cidades apresentam peculiaridades intrínsecas, além da observação dos ambientes eólicos, térmicos e de poluição atmosférica urbanos, no planejamento urbanístico também se deve incorporar a dimensão social do clima, em uma perspectiva da Geografia do clima, bem representada em mapas de vulnerabilidade socioambiental.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Dr. Lutz Katzschner, University of Kassel, Alemanha, pela atenção e encaminhamento das normativas: a) "*VDI 3787 Blatt 1 (2015-09)"* e "*VDI 3787 Blatt 2 (2022-06)*".

Aos revisores da Revista Brasileira de Climatologia pelas instigações, questionamentos, críticas e sugestões que contribuíram para a proposta teórico-metodológica do artigo.

REFERÊNCIAS

ACSERALD, H. Justiça ambiental e construção social do risco. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 5, n. 5, p. 49-60, jan./jun. 2002. Disponível em: https://revistas.ufpr.br/made/article/view/22116. Acesso em: 15 out. 2021.

ADLER, F. R.; TANNER, C. J. **Ecossistemas Urbanos**: princípios para o meio ambiente construído. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

ALCOFORADO, M. J. Aplicação da climatologia ao planejamento urbano. Alguns apontamentos. **Finisterra – Revista Portuguesa de Geografia**, Lisboa, v. 34, n. 67/68, p. 83 – 94, 1999.

ALCOFORADO, M. J. **Climatologia Urbana para o Ensino**. Lisboa: Centro de Estudos Geográficos da Universidade de Lisboa. 2010. Disponível em: http://edicoes-ceg.vitraldigital.com/_fich/4/mja_climatologiaurbanaensino.pdf. Acesso em 04 mar. 2021.

AMORIM, M. C. C. T. **Ilhas de Calor em cidades tropicais de médio e pequeno porte**: teoria e prática. Curitiba: Appris, 2020.

ANJOS, M. **Orientações climáticas para o planejamento urbano numa cidade costeira do nordeste do Brasil**: Aracaju-SE. 2017. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade de Lisboa, Lisboa, 2017.

APOLLARO, C.; ALVIM, A. A. T. B. Planejamento urbano para a adaptação de cidades frente à mudança climática: uma análise sobre o Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo. **Revista Thésis**, Rio de Janeiro, v. 2, n. 4, p. 118-137, 2017.

ASSIS, E. S. Aplicações da climatologia urbana no planejamento da cidade: revisão dos estudos brasileiros. **Revista de Urbanismo e Arquitetura**, Salvador, v. 7, n. 1, p. 20-25, 2006.

ASSIS, E. S.; FERREIRA, D. G.; KATZSCHNER, L. Construção de um mapa climático analítico para a cidade de Belo Horizonte, Brasil. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, Paraná, v. 9, n. 1, p. 255-270, 2017.

BAUMMÜLLER, J., HOFFMANN, U., NAGEL, T., REUTER, U. **Klimauntersuchung des Nachbarschaftsverbandes Stuttgart**: Klimaatlas. Stuttgart. Germany, 1992.

BRASIL. Lei n. 6.766, de 19 de dezembro de 1979. Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá outras Providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 20 dez. 1979. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6766.htm. Acesso em 01 jun. 2021.

BRASIL [Constituição (1988)]. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, n. 191-A, p. 1, 5 out. 1988. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em 05 mai. 2021.

BRASIL. Lei n. 10.257, de 10 de julho de 2002. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 17 jul. 2001. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis2001/l10257.htm. Acesso em 02 jun. 2021.

BRASIL. Lei n. 12.187, de 29 de dezembro de 2009. Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 30 dez. 2009. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/l12187.htm. Acesso em 05 jun. 2021.

BRASIL. Lei n. 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 28 mai. 2012. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm. Acesso em 22 de mai. 2021.

BRASIL. **Relatório Brasileiro para a Habitat III**. Instituto de Pesquisa Econômica. Brasília: ConCidades, 2016.

BURGHARD, R.; KATZSCHNER, L.; KUPSKI, S.; CHAO, Ren; SPIT, Tejo. **Urban Climatic Map of Arnhem City**. Futures Cities – Urban networks to face climate change. 2010. Disponível em: future-cities.eu/uploads/media/report_Urban_Climatic_Map_of_Arnhem_City_02.pdf. Acesso em 09 nov. 2021.

CASTRO, C. R. As cidades literárias e a recriação comunicativa dos espaços urbanos. *In*: PRYSTHON, A. (org.). **Imagens da Cidade**. Porto Alegre: Sulina, 2006, p. 17-36.

CHANDLER, T. J. **Urban Climatology and its Relevance to Urban Design**. WMO Technical Note Nº 149, WMO Nº 438. Geneva: World Meteorological Organization, 1976. Disponível em: https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=877. Acesso em 14 jun. 2021.

CHINOY, E. **Sociedade: uma introdução à Sociologia**. Tradução: Octavio Mendes Cajado. São Paulo: Editora Cultrix, 1967. Título original: Society: an introduction to sociology.

CUHK [Chinese University of Hong Kong]. Urban Climatic Map and Standards for Wind Environment: Feasibility Study - FINAL REPORT. **Chinese University of Hong Kong**. Hong Kong: 2009. Disponível em: https://www.pland.gov.hk/pland_en/p_study/prog_s/ucmapweb/ucmap_project/content/reports/final_report.pdf. Acesso em: 11 jun. 2021.

DA SILVA, J. A. **Direito Urbanístico Brasileiro**. 8. ed. São Paulo: Malheiros, 2018.

DANTAS, E. W. C.; COSTA, M. C. L.; ZANELLA, M. E. **Vulnerabilidade socioambiental e qualidade de vida em Fortaleza**. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2016.

DENT, B. D.; TORGUSON, J. S.; HODLER, T. W. **Cartography: thematic map design**. 6. ed. New York: McGraw-Hill, 2009.

ESPÍNDOLA, I. B.; RIBEIRO, W. C. Cidades e mudanças climáticas: desafios para os planos diretores municipais brasileiros. **Caderno Metrópole**, São Paulo, v. 22, n. 48, p. 365-395, mai./ago. 2020.

FIALHO, E. S.; FERNANDES, L. A.; CORREA, W. S. C. Climatologia Urbana: Conceitos, Metodologias e Técnicas. **Revista Brasileira de Climatologia**. Curitiba, ano 15, Edição Especial, XIII Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, p. 47-85, jun. 2019. Disponível em:

https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/download/65748/38760. Acesso em 05 nov. 2021.

FREITAS, R. F.; AZERÊDO, J. F. F. A.; CARVALHO, L. T.; COSTA, R. F. Mapa Climático como instrumento para o Planejamento Urbano. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**, Rio de Janeiro, v. 23, p. 1-31, 2021.

GARTLAND, L. **Heat Islands**: Understanding and Mitigating Heat in Urban Island. London: Earthscan, 2008.

HEBBERT, M. Climatology for city planning in historical perspective. **Urban Climate**, Amsterdam, v. 10, part 2, p. 204-215, dec. 2014.

HOWARD, L. **The Climate of London**. 1833. Volume 1. Boston: IAUC [International Association for Urban Climate], 2006. Disponível em: https://urban-climate.org/documents/LukeHoward_Climate-of-London-V1.pdf. Acesso em 17 out. 2021.

HUSSERL, E. **A ideia da fenomenologia**. Tradução: Artur Morão. 1. ed. Portugal: Edições 70, 2008. Título original: Die Idee der Phänomenologie.

IBGE [Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística]. **IBGE divulga estimativa da população dos municípios para 2021**. Rio de Janeiro: IBGE, 2021. Disponível em: https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/31461-ibge-divulga-estimativa-da-populacao-dos-municipios-para-2021. Acesso em: 05 nov. 2021.

JÁUREGUI, E. Tropical urban climates: review and assessment. *In:* OKE, T. R. (org.). **Urban Climatology and its Applications with Special Regard to Tropical Areas**. World Climate Programme, Publication n. 652. Geneva: World Meteorological Organization, 1986, p. 26–45.

KUHN, T. S. **A estrutura das revoluções científicas**. 9. ed. Tradução: Beatriz Vianna Boeira e Nelson Boeira. São Paulo: Perspectiva, 2007. Título original: The Structure of Scientific Revolutions.

LAZAR, G. V. R. Stadtklimaanalyse Graz und ihre Bedeutung für die Stadtplanung. **Arb. Geogr. Inst. Graz**, Graz, v. 30, p. 141–170, 1991. Disponível em: https://www.zobodat.at/pdf/Arb-Inst-Geographie-Uni-Graz_30_1991_0141-0171.pdf. Acesso em 25 out. 2021.

LIU, S.; SONG, D.; YU, B. The Objective and Methodology of Urban Climate Map for the City of Xiamen. International High- Performance Built Environment Conference. A Sustainable Built Environment Conference, 2016 Series (SBE16), iHBE 2016. **Procedia Engineering**, Amsterdã, p. 1-9, 2017. Disponível em: http://www.sbe16sydney.be.unsw.edu.au/Proceedings/32509.pdf. Acesso em 18 jun. 2021.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

MARQUES, D.; GANHO, N.; CORDEIRO, A. M. R. Mapas Climáticos Urbanos aplicados a uma Cidade do Litoral – O caso da Figueira da Foz (Portugal). **Paranoá**, Brasília, n. 6, p. 93-101, 2012.

MENDONÇA, F. A. **Clima e o planejamento urbano de cidades de porte médio e pequeno**: proposição metodológica para estudo e sua aplicação a cidade de Londrina/PR. 1995. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.

MENDONÇA, F. A. Riscos, vulnerabilidades e resiliência socioambientais urbanos: inovações na análise geográfica. **Revista da ANPEGE**, Dourados, v. 7, n. 1, p. 111-118, 2011.

MENDONÇA, F. A.; OSCAR JÚNIOR; A. C.; LEMOS, L. O. Urban climate maps as a public health tool for urban planning: The case of dengue fever in Rio de Janeiro. **Urban Climate**, Amsterdã, v. 35, p. 1-9, 2021.

MONTEIRO, C. A. F. **Análise Rítmica em Climatologia**: problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho. São Paulo: IGEOG/USP, 1971.

MONTEIRO, C. A. F. **Teoria e clima urbano**. Série Teses e Monografias, n. 25. São Paulo: IGEOG/USP, 1976.

MONTEIRO, C. A. F; TARIFA, J. R. Contribuição ao estudo do clima de Marabá: uma abordagem de campo subsidiária ao planejamento urbano. **Climatologia**, São Paulo, n. 7, p. 1-51, 1977.

MORIN, E. **Introdução ao Pensamento Complexo**. Tradução: Eliane Lisboa. Porto Alegre: Sulina, 2005. Título original: Introduction à la pensée complexe.

NERY, J.; FREIRE, T.; ANDRADE, T.; KATZSCHER, L. Thermal comfort studies in a humid tropical city. **Preprints of the Sixth International Conference on Urban Climate** – ICUC, 6, Gothenburg, p. 234-237, 2006.

NG, E. Urban climatic map studies in China - Hong Kong, *In:* NG, E.; REN, C (org.). **The Urban Climatic Map for Sustainable Urban Planning**. London: Routledge, 2015, p. 62-72.

OKE, T. R. **Boundary Layer Climates**. England: Routledge, 1978.

OKE, T. R.; MILLS, G.; CHRISTEN, A.; VOOGT, J. A. **Urban Climates**. Cambridge: University Press, 2017.

OKE, T. R.; STEWART, I. D. Local Climate Zones for Urban Temperature Studies. **Bulletin of the American Meteorological Society**, Boston, n. 93, p. 1879-1900, 2012.

OKE, T. R.; STEWART, I. D. Local climate zones and urban climatic mapping, *In:* NG, E.; REN, C. (org.). **The Urban Climatic Map for Sustainable Urban Planning**. London: Routledge, 2015, p. 397-401.

ONU [Organização das Nações Unidas]. **Nova Agenda Urbana**. A/RES/71/256, 2019a. Disponível em: http://habitat3.org/wp-content/uploads/NUA-Portuguese-Brazil.pdf. Acesso em: 04 nov. 2021.

ONU [Organização das Nações Unidas]. **World Urbanization Prospects**: The 2018 Revision. Nova York: Department of Economic and Social Affairs, 2019b.

ONU [Organização das Nações Unidas]. **World Cities Report 2022**: Envisaging the Future of Cities. United Nations Human Settlements Programme (UN-Habitat). Nova York: Department of Economic and Social Affairs, 2022. Disponível em: https://unhabitat.org/sites/default/files/2022/06/wcr_2022.pdf. Acesso em: 13 set. 2021.

RAMIRES, J. Z. S. **Políticas Públicas, Mudanças Climáticas e Riscos em São Paulo**. 2015. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

REN, C. A review of the historical development of urban climatic map study. *In:* NG, E.; REN, C. (org.). **The Urban Climatic Map for Sustainable Urban Planning**. London: Routledge, 2015, p. 10-34.

REN, C.; NG EDWARG, Y.; KATZSCHNER, L. Urban Climatic map studies: a review. **International Journal of Climatology**, London, v. 31, n. 15, p. 2213-2233, 2011.

REN, C.; SPIT, T. LENZHOLZER, S.; YIM, H. L. S.; HEUSINKVELD, B.; HOVE, B.; CHEN, L.; KUPSKI, S.; BURGHARDT, R.; KATZSCHNER, L. Urban Climate Map System for Dutch spatial planning. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, Amsterdã, v. 18, p. 207-221, aug. 2012.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V. **Educação Ambiental e Desenvolvimento Sustentável**. Fortaleza: Edições UFC, 2016.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V.; CAVALCANTI, A. P. B. **Geoecologia das Paisagens – uma visão geossistêmica da análise ambiental**. 5. ed. Fortaleza: Edições UFC, 2017.

SAMPIERI, R. H.; COLLADO, F.; LUCIO, M. P. B. L. **Metodologia de Pesquisa**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.

SANT'ANNA NETO, J. L. Por uma geografia do clima – antecedentes históricos, paradigmas contemporâneos e uma nova razão para um novo conhecimento. **Terra Livre**, São Paulo, v.2, n. 17, p. 49-62, 2001.

SANT'ANNA NETO, J. L. Da Climatologia Geográfica à Geografia do Clima: gênese, paradigmas e aplicações do clima como fenômeno geográfico. **Revista da ANPEGE**, Dourados, v. 4, n. 4, p. 51-72, 2008.

SÃO PAULO. Decreto n. 60.290, de 4 de junho de 2021. Dispõe sobre as atribuições da Secretaria Executiva de Mudanças Climáticas - SECLIMA, da Secretaria de Governo Municipal, prevista no artigo 5º, inciso VI, do DECRETO nº 60.038, de 31 de dezembro de 2020; introduz

alterações nos Decretos nº 50.866, de 21 de setembro de 2009, e nº 58.323, de 16 de julho de 2018. **Diário Oficial da Cidade de São Paulo**, São Paulo, 04 junho 2021. Disponível em: https://legislacao.prefeitura.sp.gov.br/leis/decreto-60290-de-4-de-junho-de-2021. Acesso em: 25 out 2021.

SCHERER, D.; FEHRENBACH, U.; BEHA, H. D.; PARLOW, E. Improved concepts and methods in analysis and evaluation of the urban climate for optimizing urban planning processes. **Atmospheric Environment**, Amsterdã, v. 33, n. 24-25, p. 4185-4193, 1999.

SHIMOMURA, A. R. P.; LOPES, A. S.; CORREIRA, E. Urban climatic map studies in Brazil: Campinas. *In:* NG, E.; REN C. (org.). **The Urban Climatic Map for Sustainable Urban Planning**. London: Routledge, 2015, p. 237-246.

SOUZA, V. S.; KATZSCHNER, L. Mapa Climático Urbano da Cidade de João Pessoa/PB. *In:* 8º Congresso Luso-Brasileiro para o planejamento urbano regional, integrado e sustentável (Pluris 2018). Cidades e Territórios - Desenvolvimento, atratividade e novos desafios. 2018, Coimbra, Portugal. **Anais** [...]. Coimbra, p. 1622-1635, 2018. Disponível em: https://www.dec.uc.pt/pluris2018/Paper1622.pdf. Acesso em 14 jul. 2021.

UGEDA JÚNIOR, J. C. **Clima urbano e planejamento na cidade de Jales-SP**. 2011. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2011.

VDI (2015). VDI-Standard: **VDI 3787 Part 1:2015-09 Environmental Meteorology** – Climate and Air Pollution Maps for Cities and Regions. Berlin: Beuth Verlag, 2015.

VDI (2022). VDI-Standard: **VDI 3787 Part 2:2022-06 Environmental Meteorology** – Methods for human-biometeorological evaluation of the thermal component of the climate. Berlin: Beuth Verlag, 2022.

WMO [World Meteorological Organization]. **Climate Watch System Early Warning against Climate Anomalies and Extremes**. 2006. Disponível em: https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=10685#.Y2VRM3bMLrc. Acesso em 10 set 2022.

ZANELLA, M. E.; LIMA, L. C. A climatologia aplicada ao planejamento urbano e ambiental de Aquiraz/CE-BR. **Revista Geográfica de América Central**, Costa Rica, v. 2, n. 47E, p. 1-13, 2011.

ZANELLA, M. E.; OLÍMPIO, J. L.; COSTA, M. C. L.; DANTAS, E. W. C. Vulnerabilidade Socioambiental do baixo curso da Bacia Hidrográfica do Rio Cocó, Fortaleza-CE. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 25, n. 2, p 317-332, 2013.

ZINS, A.; HACK, Y. A importância dos distritos para as regiões metropolitanas: o caso específico de Berlim. **Cadernos Adenauer**, Rio de Janeiro, n. 3, p. 33-56, 2017. Disponível em: https://www.kas.de/c/document_library/get_file?uuid=bd4ba920-5b08-2ec0-2b4a-e65cea93a439&groupId=265553. Acesso em: 05 fev. 2022.