



ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>



A Vulnerabilidade na Cidade e as Escalas do Clima Urbano: o Potencial das Unidades Climáticas para o Planejamento

Aline Pascoalino¹, Eduardo Marandola Júnior²

¹Profª Drª do Departamento de Geografia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual de Campinas – IG/UNICAMP, e-mail: apascoal@unicamp.br; ²Prof. Dr. Da Faculdade de Ciências Aplicadas da Universidade Estadual de Campinas – FCA/UNICAMP, Campus Limeira, e-mail: eduardo.marandola@fca.unicamp.br

Artigo recebido em 20/07/2020 e aceito em 13/09/2021

RESUMO

No intra-urbano as heterogeneidades socioespaciais originam espaços de vulnerabilidade. A vulnerabilidade é multidimensional e diferencial, dependente da escala e da dinâmica, e ao tratar dos riscos climáticos é importante reconhecer a dinâmica atmosférica e os processos que a envolve no ajustamento homem-meio. As alterações climáticas na escala local e do lugar são amplamente reconhecidas pelos estudos do clima urbano, mas se faz emergencial a discussão conceitual, a busca pela eficiência dos métodos e instrumentos de mensuração da vulnerabilidade e a consideração do sistema climático no planejamento urbano e regional. O desafio é apreender a natureza multiescalar desta interação considerando alterações e a variabilidade climática, sem esquecer que alterações sistêmicas globais ligam-se à complexidade dos processos locais. É neste intuito que esta propositiva apresenta a articulação multiescalar como estrutura para observar os fenômenos no interior do sistema clima urbano por meio de lentes de análise – conforme as escalas geográficas do clima, a estrutura e forma da cidade – considerando-se uma compreensão multidimensional, relacional e relativa dos riscos, da produção do espaço urbano e das vulnerabilidades. O sistema clima urbano não é uma externalidade desta geografia dos riscos, é parte dinâmica fundante dela e interface entre as dinâmicas urbana e climática: na totalidade do tecido urbano (transbairros); nas formas naturais e antrópicas do sítio na configuração de potenciais unidades climáticas (inter-bairros), e nos aspectos microclimáticos (intra-bairros). Nesta perspectiva, o espaço intra-urbano e em sua dinâmica interna, apresenta o “chão” analítico para uma hermenêutica climática e urbana das vulnerabilidades na cidade.

Palavras-chave: mudanças ambientais, mudanças climáticas, riscos, resiliência, urbanização

Vulnerability in the city and urban climate scales: the potential of climate units for planning

ABSTRACT

In the intra-urban area, socio-spatial heterogeneities create spaces of vulnerability. Vulnerability is multidimensional and differential, dependent on scale and dynamics, and when dealing with climatic risks it is important to recognize the atmospheric dynamics and the processes that involve it in man-environment adjustment. Climate change on a local scale is widely recognized by studies of urban climate, but conceptual discussion is urgent, the search for efficiency in methods and instruments for measuring vulnerability and consideration of the climate system in urban and regional planning. The challenge is to apprehend the multiscale nature of this interaction considering changes and climatic variability, without forgetting that global systemic changes are linked to the complexity of local processes. It is for this purpose that this proposal presents the multiscale articulation as a structure to observe the phenomena within the urban climate system through analysis lenses - according to the geographical scales of the climate, the structure and shape of the city - considering a multidimensional understanding, relational and relative risk, urban space production and vulnerabilities. The urban climate system is not an externality of this geography of risks, it is a fundamental dynamic part of it and an interface between urban and climatic dynamics: in the totality of the urban fabric (sub-districts); in the natural and anthropic forms of the site in the configuration of potential climatic units (inter-districts), and in the microclimate aspects (intra-districts). In this perspective, the intra-urban space and its internal dynamics, presents the analytical “ground” for a climatic and urban hermeneutics of the vulnerabilities in the city.

Keywords: environmental changes, climate changes, risks, resilience, urbanization

Introdução

Diante das mudanças ambientais globais, e especificamente das mudanças climáticas, é patente a necessidade de que novas relações Sociedade-Ambiente sejam delineadas, de modo que, repensar as formas do urbano e o habitar na cidade tornam-se fatores imprescindíveis à implementação de um planejamento urbano capaz de aproximar o debate das mudanças climáticas às esferas de ação, de gestão e de construção de cidades mais resilientes e de estruturas flexíveis aos processos de adaptação. Neste contexto os estudos de clima urbano constituem uma das vias a fornecer informações sobre um dos principais componentes da cidade e condicionante ambiental, e os resultados destes estudos levam à identificação e reconhecimento de problemas ambientais inerentes à interação cidade-atmosfera nos diferentes graus de interferência antrópica.

Nas cidades brasileiras originadas e desenvolvidas por meio de um processo de urbanização incompleto, desestruturado, excludente e quase com um planejamento urbano deficitário (Santos, 1993 e Maricato, 2011), as consequências da degradação ambiental tornam-se ainda mais agudas e a atenção destinada aos aspectos climáticos nos planos diretores ainda é irrelevante, o que confere maior urgência à necessidade destes estudos de base como instrumentos que possam ser utilizados como subsídio ao planejamento de políticas públicas. As alterações climáticas na escala local e do lugar são amplamente reconhecidas pelos estudos do clima urbano. No entanto, ainda há carência de investigações com enfoque nos processos que ocorrem na esfera do intra-urbano, em que os fenômenos atmosféricos em interação com a (des)organização e com a heterogeneidade socioespacial originam cenários experimentados de forma diversa pelos habitantes de uma mesma cidade, por isso a importância de compreender as diferentes vulnerabilidades constituídas de forma desigual no espaço urbano.

Este estudo se constituiu em uma construção metodológica, a partir de estudo de caso que está sendo desenvolvido na cidade de Limeira (São Paulo, Brasil), uma cidade de porte médio localizada em uma região de densa urbanização no sudeste brasileiro, relacionando múltiplas escalas do clima urbano e metodologias apropriadas a cada recorte analítico, para que os resultados possam organizar um banco de dados

capaz de compor uma das dimensões da vulnerabilidade na cidade além de gerar materiais de síntese destinados ao planejamento urbano.

Nesse intuito, a discussão passa pela relevância dos problemas ambientais urbanos existentes no território brasileiro em sua relação com dimensões mais amplas do processo de urbanização, bem como pelos riscos, perigos e vulnerabilidades produzidos na cidade.

A proposição passa pela importância das unidades climáticas homogêneas como potencial para compreensão dos espaços de vulnerabilidade na cidade, permitindo uma integração efetiva entre o processo de produção dos riscos e perigos em diferentes escalas, com os processos de produção do espaço intra-urbano em uma perspectiva eminentemente da climatologia geográfica. Neste sentido, o artigo revisa as discussões acerca dos processos de produção de vulnerabilidades no contexto das mudanças ambientais, passando pelas escalas do clima urbano e suas implicações e condicionantes no processo de urbanização.

A proposta metodológica, portanto, está fundada nos fundamentos dos estudos do clima urbano e com base na hierarquização das escalas climáticas, propondo uma abordagem analítica em perspectiva de alcance multiescalar com ênfase (1) na influência dos fatores naturais e antrópicos do clima urbano na totalidade do sítio, (2) na configuração de unidades climáticas homogêneas e (3) nos fatores microclimáticos que modificam o clima da cidade – materialidade e forma, constituindo-se como principal resultado uma estrutura teórico-metodológica composta por três lentes analíticas que podem ser avaliadas de modo distinto ou articulado a outros aspectos e dimensões da vulnerabilidade na cidade.

Urbanização, clima e vulnerabilidade no contexto das mudanças ambientais globais

Os riscos e perigos vividos ao longo do século XX, estudados como eventos localizados ou como consequências do industrialismo ajudam a configurar, ao final do século, aquilo que o sociólogo alemão Ulrich Beck denominou de sociedade do risco. Nesta, as condições que engendram riscos não estão necessariamente vinculadas ao lugar de sua geração, uma vez que estes assumem características de globalidade em seu alcance e se originam da modernização (Beck, 2010), portanto, são riscos do desenvolvimento

econômico (Burton et al., 1978; Whyte e Burton, 1980) que afetam a sociedade reflexivamente. Por serem impactos da intervenção técnico-científica (Porto-Gonçalves, 2004) sustentam um paradoxo em que a tecnologia gerada para o bem estar é a mesma que acarreta desastres (Smith, 1992; Hewitt, 1997). Assim, as preocupações com o meio ambiente deixam de ser eminentemente naturais e tornam-se socioambientais – geradas pelas relações sociais, políticas e econômicas; e os perigos são qualificados como híbridos devido à multidimensionalidade causal (Hogan et al., 2010).

Os perigos híbridos remontam às mudanças naturais e sociais que caracterizam o processo de globalização acelerada (Mendonça et al., 2013) e submetem a escala planetária a uma mesma lógica capitalista (Porto-Gonçalves, 2004), independente das características do espaço geográfico. As mudanças ambientais globais incluem sistemas que operam globalmente – alterações de maior proporção, e as mudanças cumulativas – “acumulação global de mudanças localizadas”, de domínio local, mas replicadas em diversos locais (Turner et al; 1990, p. 14). Neste contexto, a capacidade de adaptação depende de aspectos que ocorrem em escalas maiores, porém é distinta em cada local conforme a exposição, sensibilidade, escala temporal, entre outros fatores que contribuem para a vulnerabilidade (Smit e Wandel, 2006).

A existência dos riscos e perigos é parte da relação entre as pessoas e o ambiente e os resultados desastrosos decorrem da interação e ajustamento humano às situações ambientais (Burton et al., 1978; Monteiro, 1991; Hogan e Marandola Jr., 2007; Rebelo, 2010). Portanto, o maior desafio é reconhecer as mudanças ambientais como formas complexas de interações resultantes de processos humanos e físicos simultâneos, mas de ritmos distintos – o que exige concepções sofisticadas para sua avaliação.

A cidade é o modo preferencial de habitar do homem e a maneira como o espaço é utilizado acarreta impactos ambientais que ligam-se aos padrões de produção e consumo, assim no processo de ocupação as transformações regionalizadas e as alterações do uso da terra constituem importantes componentes das mudanças ambientais (Martine, 2007), o que faz repensar as formas de consumir e construir o espaço urbano e o modo de habitar e se relacionar com esse espaço, pois as cidades podem ser consideradas como *espaços da vulnerabilidade* (Hogan e Marandola Jr., 2007; Almeida, 2010;

Mendonça, 2010, 2011; Sant’Anna Neto, 2011), em que reside um grande contingente populacional e evidenciam-se os principais contrastes sociais, além do fato de que a vulnerabilidade social pode ser um dos determinantes da vulnerabilidade física (Füssel, 2007).

Nos países da América Latina onde ocorreu um rápido processo de urbanização o consumo de recursos pode tornar-se mais significativo do que a própria demanda (Martine, 2007; Hogan et al., 2010; Nunes, 2015). A forma e o uso da cidade adequa-se ao comportamento dos habitantes e o comportamento destes à materialidade existente, por isso é difícil conceber uma cidade ideal (Lynch, 2010). Na atualidade, há uma tendência à formação de macro-regiões urbanas, principalmente nos países em desenvolvimento (Mendonça, 2010), onde as regiões é que atendem às necessidades da vida urbana, gerando uma alteração nos padrões espaciais de urbanização (Ojima, 2007).

Desde as duas últimas décadas do século XX a urbanização brasileira apresenta características de dispersão funcional e fragmentação física, com formas expandidas e polinucleadas (Ojima, 2007; Pires, 2007). No Estado de São Paulo há feições de continuidade do tecido urbano na escala regional, com áreas metropolitanas integradas, ao passo que as feições do intra-urbano tendem a ser descontínuas. Nesse movimento ocorre uma mudança de estado, pois as formas são subdivididas rapidamente no território, acompanhando processos e relações sociais. Assim, as novas configurações do espaço urbano moldam-se à extensão da vida social em seu alcance territorial e apresentam tendências à urbanização total em algumas partes do território. As mudanças têm como características: a urbanização dispersa, novos modos de vida e de gestão dos espaços urbanos, alterações nas relações entre espaços públicos e privados, reorganização do mercado imobiliário e novos padrões urbanísticos (Reis, 2006).

Como a cidade representa o espaço do consumo moderno e na atualidade há dispersão dos padrões de consumo, o regional sobrepõe-se às economias locais e as formas das cidades assimilam os padrões de consumo globais. Um exemplo marcante tem sido a multiplicação de condomínios com baixa densidade populacional em áreas afastadas das regiões centrais (Pires, 2007; Ojima, 2007) com tendência à fragmentação do tecido urbano e à exposição dos contrastes sociais da cidade, uma vez que há uma

urbanização incompleta nos bairros periféricos (Reis, 2006; Bueno, 2013).

Este modo de consumir o espaço é orquestrado como sinônimo de habitar com qualidade de vida – longe dos espaços já deteriorados pelo urbano e além da periferia inadequada. Todavia, incorporar novas áreas ao tecido – implica adição de infra-estruturas, intervenção antrópica na paisagem, maior mobilidade na busca por atividades e funções da cidade – representa maior consumo do espaço e resulta na maximização/intensificação dos impactos ambientais da urbanização que amplia sua dimensão de abrangência. A concentração urbana gera vantagens de escala, mas sem o desenvolvimento esta forma também pode ser desastrosa (Martine, 2007), pois o aumento da atividade e concentração econômica não são sinônimos de redução da vulnerabilidade (Adger, 2006).

O substrato espacial material pode ser considerado como o espaço geográfico na sua materialidade (Souza, 2013). A estas formas atribuem-se valores, serviços, usos e funções que dinamizam a cidade e suas relações com outros núcleos urbanos. Esta estrutura como sistema desenvolve-se na velocidade da organização das relações sociais, em ritmo não consoante à evolução da dinâmica ambiental e climática. Como o clima é de extrema relevância na interação entre a natureza e a sociedade, quando esta interação é negativa traz impactos com alcance nas diversas dimensões escalares. No entanto, tendo nas escalas inferiores interações muito fortes (Mendonça, 2000) os riscos climáticos são mais notáveis e imediatos.

Das interações ambiente-sociedade na configuração do clima urbano e da vulnerabilidade na cidade

Se por um lado compactar as cidades significa adensar estruturas e centralizar relações socioeconômicas que intensificam processos como o aquecimento do campo térmico urbano, por outro lado, a dispersão urbana pode aumentar o campo térmico, pois ao acrescentar novas rugosidades ao tecido urbano em expansão a materialidade e o uso destinado a estas formas originam novas interações atmosfera-substrato que podem ampliar os impactos dos riscos climáticos ou introduzir novos riscos ambientais e cenários de vulnerabilidade.

É importante entender os novos padrões espaciais de urbanização e as mudanças

ambientais deste processo, pois a urbanização constitui um fenômeno dinâmico que origina ou potencializa perigos ao criar especificidades que geram a transformação ambiental e novas dinâmicas geossistêmicas. As alterações do ambiente atmosférico nas novas relações homem-meio tornam-se preponderantes no interior do debate sobre as mudanças climáticas, uma vez que aumenta-se o grau de certeza de que a ação antrópica interfere no aquecimento global (IPCC, 2013), por isso é importante pensar na tendência de *urban sprawl* como um fator potencial de mudanças ambientais. Se a atuação antrópica se faz agressiva na escala local é necessário compreender os novos padrões de organização do espaço para posteriormente ajustar-se ou adaptar-se de modo que a relação homem-ambiente não culmine em alterações climáticas regionais impactantes.

As mudanças ambientais no tecido urbano agravam os perigos na cidade em diversas situações, desde a emanção de poluentes à atmosfera e o acréscimo térmico, até a impermeabilização do solo que altera os fluxos naturais de escoamento superficial. O descompasso entre as dinâmicas social e natural gera problemas recorrentes e dentre eles fenômenos do clima urbano, cujos efeitos refletem no balanço hídrico e de energia, já que “novas características geoecológicas e urbanas modificam os elementos (controles, atributos) do clima, dando-lhe respostas próprias do clima urbano” (Amorim, 2013 a, p. 174).

A dinâmica do Sistema Clima Urbano (SCU) está centrada na atmosfera – operador e tem o homem como operando. O sistema além de dinâmico é adaptativo, singular e apresenta elevado nível de complexidade reproduzido na interação entre o clima local e a cidade – pois envolve tramas de relações biofísicas e sociais. Em sua dinâmica, dada pela entrada de energia térmica, a circulação atmosférica regional projeta-se no sistema promovendo mudanças e transformações, porém o urbano repercute na expressão concreta da cidade e nos insumos de energia (Monteiro, 2003). Assim, se o clima urbano retrata processos de alterações climáticas na escala local, com probabilidade de projetar-se até a escala regional (Monteiro, 1978; Amorim, 2013 a; Sant’Anna Neto, 2013), os riscos e perigos também devem ser pensados no nível desta complexidade.

As formas da cidade – geometria e orientação das edificações, propriedades dos materiais, uso do solo, densidade e distribuição da

estrutura urbana – e o metabolismo urbano na liberação de calor antropogênico, influenciam o balanço térmico diferencial nas cidades (Amorim, 2013 a). Por isso é fundamental avaliar as especificidades de cada sítio urbano, os fatores e contextos que alteram o balanço de energia local, que reduzem a evaporação e aumentam o armazenamento de calor, de tal modo que alguns materiais podem se aquecer até 90°C e algumas estruturas podem ficar até 50°C mais quentes que o ar (Gartland, 2010). Como resultados surgem bolsões de ar quente denominados ilhas de calor, cuja intensidade é representada pela diferença térmica entre a maior e menor temperatura das áreas urbana e rural, respectivamente (Alcoforado e Andrade, 2007; Stewart e Oke, 2009; Oke, 1982 *apud* Amorim, 2013 a). As ilhas de calor geram desconforto térmico e podem ser consideradas como indicador de qualidade ambiental urbana (Dubreuil et al, 2014).

A ilha de calor junto com a poluição atmosférica é um dos sinais mais evidentes da transformação do clima da cidade (Gartland, 2010) e um dos aspectos mais estudados do clima urbano. O fenômeno afeta o conforto e a saúde na cidade, a qualidade do ar e o consumo hídrico e energético (Alcoforado e Andrade, 2007). Desse modo, as condições para que existam cidades mais saudáveis podem depender da materialidade do sítio que origina ou inibe ilhas de calor (Amorim, 2013 a). Por influenciar diretamente o bem estar humano é essencial que o clima urbano seja entendido como um dos principais componentes da qualidade ambiental e dimensão fundamental a ser incorporada na avaliação de índices de vulnerabilidade, já que grande parcela da população reside nas cidades.

Como o sistema clima urbano é passível de auto-regulação, as ações antrópicas podem recorrer a circuitos de retroalimentação que estabeleçam novas funcionalidades. Devido aos processos adaptativos é classificado como um sistema morfogenético, que pode resultar em uma “variedade de forma e comportamento por meio de seu dinamismo peculiar de interrelação com as partes que o constituem” (Monteiro, 2003, p. 23). Tendo esta capacidade, existe o potencial de induzir funções positivas por meio de medidas de planejamento. A importância para o ordenamento territorial é que os produtos elaborados servem de base para mitigar aspectos negativos e nocivos ou para aproveitar as potencialidades do clima urbano. Estudos de clima urbano identificam áreas críticas e podem embasar medidas adaptativas centradas na morfologia urbana, criação de áreas

verdes e adequação da ventilação, dotando o tecido urbano para o enfrentamento dos riscos climáticos (Alcoforado e Andrade, 2007) e vulnerabilidade no contexto das mudanças ambientais e dos eventos climáticos extremos (Mendonça, 2015).

Se em um primeiro momento os estudos do clima urbano emergem da necessidade de entender como a interação cidade-clima resulta em problemas de superaquecimento e poluição atmosférica, na conjuntura das mudanças climáticas o importante é compreender em que grau se processam estas interações nas especificidades de cada sítio urbano, para que as reflexões sejam incorporadas às políticas das mudanças climáticas e habilitem a atuação enfática das governanças locais para a construção de cidades climaticamente sustentáveis, mais resilientes e preparadas para mudanças ambientais atuais e futuras.

As mudanças climáticas globais representam para a sociedade exposição à situação de risco constante (Marandola Jr., 2009). Considera-se o risco como a probabilidade de ocorrência de um evento que pode causar danos. É um constructo eminentemente social, dependente da percepção humana e categoria analítica que está associada à noção de incerteza e de perdas relacionadas tanto aos processos físicos quanto às atividades sociais, portanto, podem ser ambientais, econômicos e de outras naturezas (Almeida, 2014). Como o perigo remete à proximidade de uma situação causadora de dano, frequentemente imprevisível e que resulta situações de ameaça que nem sempre podem ser controladas; mas que podem ser minimizadas ao promover a redução da vulnerabilidade (Monteiro, 2013).

Com base em Birkmann e Wisner (2006), Almeida (2014) caracteriza a vulnerabilidade como multidimensional (em termos de variáveis) e diferencial (variação espacial entre indivíduos e grupos sociais), sendo esta dependente da escala (temporal, espacial e unidade de análise) e da dinâmica (forçantes que mudam ao longo do tempo). O conceito também é considerado como polissêmico e o que direciona os métodos determinados para sua mensuração e operacionalização torna-se dependente dos objetivos de cada pesquisa.

Enquanto o conceito de risco remete à probabilidade, a absorção dos impactos e a capacidade de passar por um perigo estão atreladas à vulnerabilidade – aspecto qualitativo do enfrentamento, que possibilita responder aos

perigos com maior ou menor eficiência (Marandola Jr., 2009). No caso da vulnerabilidade às mudanças climáticas, há o problema de mudança global em multi-escalas, porque envolve-se uma diversidade de atores, estressores e escalas; e o processo desigual de distribuição de vulnerabilidade pode ser agravado pelas desigualdades já existentes (Adger, 2006). Ainda que ocorram riscos e perigos similares em um território o modo que as parcelas populacionais serão atingidas pode ser distinto. Assim, o conceito de vulnerabilidade contextualiza a produção e enfrentamento de riscos e perigos sem desconsiderar as especificidades locais, o contexto geográfico dos grupos populacionais e as circunstâncias que os envolvem (Marandola Jr., 2009).

Para Lampis (2013, p. 27), a maior relevância é identificar “a habilidade dos sistemas de diferentes escalas para absorver os choques com o menor dano possível”, e não somente prevenir os riscos. A ênfase é dada no entendimento dos fatores que tornam um sistema mais flexível e adaptável. Como a mudança climática é um processo contínuo e de longo prazo, para a adaptação devem ser avaliadas as características das mudanças e a repercussão destas nos *conjuntos de fatores de vulnerabilidade* ao longo do tempo. Segundo Füssel (2007) há também uma mudança de foco para os riscos futuros e isso exige um quadro de avaliação dinâmico, pois há alterações nos fatores de vulnerabilidade. A capacidade de adaptação local reflete condições mais amplas, mas a vulnerabilidade é específica do contexto, assim é pouco provável que a resposta seja a mesma para todos os estímulos do clima (Smit e Wandel, 2006).

Neste delineamento conceitual os riscos climáticos são riscos ambientais que podem desencadear situações de ameaças a partir de um *input* de ordem natural, que pode ainda estar associado aos agravantes da intervenção antrópica negativa sobre o espaço geográfico (Veyret e Richemond, 2007). Portanto, a situação ameaçadora pode vir de um paroxismo climático ou de um evento banal (Nunes, 2009; Monteiro, 2013) decorrente de espaços de fragilidade, pois em um sistema caótico a gravidade do risco liga-se ao grau de vulnerabilidade. Assim, é necessário pensar na diminuição da magnitude dos danos (Monteiro, 2013), com base no conhecimento dos espaços de vulnerabilidade da cidade.

Ao tratar dos riscos climáticos é importante reconhecer a dinâmica atmosférica e

os processos que a envolve no ajustamento homem-meio, cujo conflito reflete na vulnerabilidade existente no interior do sistema. Entender perigos desencadeados por fenômenos climáticos extrapola a apreciação do risco-ameaça e envolve a estrutura espacial em sua atuação na intensificação dos eventos do clima. Dentre as mudanças ambientais globais, as mudanças climáticas indicam o aumento de eventos climáticos extremos – como sinais das mudanças em curso, e ao enfatizá-los, eventos de menor magnitude tendem ao descarte, o que representa falha no planejamento de políticas públicas, pois para adaptar-se ao clima é essencial incluir a variabilidade das condições climáticas (Smithers e Smith, 1997; Lampis, 2013).

A identificação dos setores sensíveis à variabilidade e mudança climática é dada sobre a incerteza e probabilidade (Smithers e Smit, 1997), e traz para o planejamento a noção de riscos iminentes, portanto, paisagem instável (Mendonça, 2010). Os problemas que emergem das mudanças ambientais globais têm o homem como fonte e objeto da mudança e sua avaliação requer uma concepção diferente de tempo e espaço (Redclift, 1992) – para as mudanças climáticas, o tempo futuro e a articulação escalar dos processos que as engendram. Como o homem possui a habilidade de planejar, suas respostas ao ambiente podem ser reativas e proativas e para promover a adaptação a noção de escala torna-se fundamental, assim como a escala social de adaptação (Smithers e Smit, 1997). Segundo Füssel (2007), estas respostas têm se direcionado a três contextos políticos: de adaptação, de mitigação e de compensação.

A ideia de resposta e adaptação às mudanças climáticas é algo recente (Smithers e Smit, 1997) e extremamente importante. A sensibilidade humana aos eventos ambientais combina exposição física e vulnerabilidade (Smith, 1992), logo, desenvolver a capacidade de se antecipar aos perigos e compreender as dimensões da vulnerabilidade corrobora para que os efeitos de ambas sejam reduzidos (Monteiro, 2013). Assim, se faz emergencial a discussão conceitual, a busca pela eficiência dos métodos e instrumentos de mensuração da vulnerabilidade e a consideração do sistema climático no planejamento urbano e regional.

Dentre os impedimentos ao processo estão: o descompasso entre as esferas do discurso e da execução (distância escalar global-local), a ausência de dados em base local (reconhecimento dos problemas em curso) e a ausência da interação

e articulação das escalas (eventos de uma escala podem influenciar fenômenos em outras). Para as mudanças climáticas acrescenta-se ainda a incerteza das consequências, ou seja, o problema no tempo futuro (Füssel, 2007; Mendonça, 2010). O desafio, portanto, é apreender a natureza multiescalar dos sistemas biogeofísicos e humanos, considerando mudanças de longo prazo, alterações e variabilidade climáticas, sem esquecer que alterações sistêmicas globais ligam-se à complexidade dos processos locais – também influenciados pelas escalas superiores (Cash e Moser, 2000). O conhecimento com base na escala local torna-se fundamental na produção de informação política de relevância para ser utilizada nas escalas local e regional.

Como a globalização é simultânea e nega as multiplicidades do espacial (Massey, 2008), essa postura reflete-se no debate das mudanças ambientais em seu aspecto mais amplo, e destacadamente no das mudanças climáticas. Estas tomadas como globais, no sentido de recorrência ou característica comum ao cotidiano de diversas cidades, resulta na uniformidade do discurso, o que contraria a esfera das ações no espaço geográfico, cuja heterogeneidade – seja por fatores físicos, sociais, culturais ou econômicos – não pode ser menosprezada. As escalas de ação devem acompanhar as exigências da multiplicidade do espaço.

O espaço deve ser considerado como aberto, múltiplo e relacional. Esta forma de concebê-lo em uma multiplicidade dinâmica simultânea pode favorecer os desafios de aplicação de políticas. O mundo articula-se por meio de uma natureza heterogênea que ressalta a multiplicidade do espaço e desconsiderar esta característica pode levar ao que Massey (2008) denomina de holismo claustrofóbico, fator que inibiria políticas intervencionistas. O desafio é o de tornar a escala global um suporte político e estimular as respostas na escala local, por isso a relevância dos estudos de clima urbano.

Múltiplos recortes analíticos do clima urbano: uma proposta metodológica a partir das unidades climáticas homogêneas

Estudos de eventos térmicos extremos demonstram uma correlação entre temperatura e a morbi-mortalidade por vários grupos de enfermidades, tanto em locais de maiores contrastes térmicos sazonais, quanto em cidades tropicais (Pascoalino, 2013). Nas últimas, as altas temperaturas são significativas e diante das

mudanças climáticas pode ocorrer a intensificação do aquecimento destas áreas (Mendonça, 2010), o que geraria desconforto e riscos à saúde, podendo constituir uma questão de saúde pública. Para determinados grupos de enfermidades as características socioambientais tornam-se preponderantes à suscetibilidade individual. Assim, há necessidade de conhecer os aspectos contextuais da cidade, uma vez que o clima e as condições do tempo constituem uma das perspectivas de influência. A maneira heterogênea de experimentar a dinâmica do clima em interação com a cidade gera situações diferenciadas nas particularidades do urbano, por isso entender diferenças e similaridades das formas urbanas pode direcionar a uma perspectiva analítica contextual, contribuindo para identificar *como* e *quais* feições do intra-urbano interferem na exposição, suscetibilidade e vulnerabilidade dos indivíduos ou grupos.

Os estudos de clima urbano são necessários para compreender como a heterogeneidade do intra-urbano em interação com a dinâmica climática local cria especificidades no sistema ambiental que afetam diferencialmente a sociedade. Conforme destaca Sant’Anna Neto (2001), se os sistemas urbanos são desiguais e a atmosfera urbana resulta das interações atmosfera-superfície, a capacidade de resposta e adaptação dos diversos grupos será desigual, mesmo perante um mesmo evento. É neste quadro que as investigações dessa temática podem contribuir à avaliação dos índices de vulnerabilidade.

Como a vulnerabilidade liga-se às capacidades de enfrentamento e adaptação e o espaço deve ser considerado em sua multiplicidade, na cidade existem inúmeros lugares com características ambientais específicas, o que requer respostas adequadas às diversas realidades. A vulnerabilidade é multidimensional e o clima é uma das dimensões que propiciam situações desencadeadoras de riscos que afetam de forma negativa grupos populacionais mais expostos e menos preparados para o enfrentamento destas situações.

A vulnerabilidade pode ser concebida como circunstancial e relativa, e a base para o seu entendimento é a realidade geográfica (Marandola Jr. e D’Aantona, 2014). Tendo em mente esta concepção e a dimensão climática, pode-se pressupor que o circunstancial está implícito na dinâmica da atmosfera que em sua sucessão gera diferentes combinações dos parâmetros climáticos que compõem um dado tipo de tempo, ou seja,

configurações da atmosfera em curto período – horas/dia(s). Por outro lado, a condição de relatividade fundamenta-se na realidade geográfica que é diversa, de modo que as condições atmosféricas e climáticas serão vividas de forma particular, conforme fatores econômicos, sociais e culturais, que determinam a materialidade da cidade, as atitudes e capacidades de enfrentamento destas situações. O desafio é apreender as diferenças e/ou similaridades das feições espaciais moldadas pela urbanização que geram interações distintas e interferem no sistema clima urbano e na vulnerabilidade.

O termo vulnerabilidade envolve múltiplas dimensões que em articulação afetam a capacidade de resposta aos riscos e perigos, por isso matrizes analíticas simplistas não abarcam a complexidade do problema. Para tal, exige-se o estabelecimento de conexões *transescalares* apreciadas nas dimensões – *relacional, circunstancial e espacial*. Como os perigos naturais afetam a população diferencialmente é necessário ir além do entendimento do risco e aprofundar o conhecimento das mudanças ambientais e dos fatores intervenientes na vulnerabilidade (Hogan e Marandola Jr., 2007). A percepção dos problemas passa por escalas que diferem e coexistem simultaneamente, assim, é necessário refletir sobre escalas de ocorrência e produção dos riscos. No caso das mudanças ambientais globais e climáticas, há discrepância entre a escala física de manifestação da ameaça, que é global, e a escala de análise onde há exposição, que é local e regional (Cash e Moser, 2000; Bueno, 2013; Lampis, 2013; Almeida, 2014), com o desencaixe entre a produção e a dinâmica do problema é preciso escalas de ação diferenciadas (Marandola Jr., 2009; 2013).

A escala é uma estratégia para construção do objeto de pesquisa. Na conversão dos espaços em recortes epistemológicos, processos dinâmicos, ainda que de naturezas diferentes, podem ser compreendidos em sua escala de produção e cada escala de análise pode tornar-se uma escala de gestão. Para constituir uma escala analítica é necessário pensar nas características hierárquicas e relacionais, ou seja, dimensionar os fenômenos em múltiplas escalas e em sua articulação, o que revela a relação dos componentes do sistema em dinâmica processual e evolutiva. A escala geográfica subdivide-se em escala do fenômeno, de análise e de ação, cabendo ao pesquisador estabelecer recortes espaciais que lhe permitirão apreender aspectos da realidade (Souza, 2013).

O maior desafio é utilizar as escalas como lentes, com respectivos níveis hierárquicos, que se articulam e interagem em contextos específicos (Marandola Jr., 2013). Na discussão das mudanças ambientais, a cidade deve ser incorporada como escala intermediária entre as dinâmicas regionais e locais expressas no intra-urbano. A contextualização dos perigos na escala local de análise permite uma avaliação em lócus e ainda realiza a conexão transescalar até escalas de maior dimensão espacial (Hogan e Marandola Jr., 2007).

Como nas cidades os riscos e impactos são potencializados, é imprescindível compreender as interações cidade-clima como ferramenta para atuar na gestão urbana em cenários derivados das mudanças ambientais, o que seria um movimento contrário ao observado nas cidades brasileiras (Mendonça, 2010, 2011; Marandola JR., 2013). Há importantes contribuições dos pesquisadores brasileiros para o estudo do clima urbano (Lombardo, 1989; Brandão, 1996; Ribeiro, 1996; Pitton, 1997; Amorim, 2000; 2013 b; Mendonça, 2003 a; Collischonn, 2009; Fialho, 2009; Assis, 2010), mas estes raramente são incluídos em medidas de planejamento. Segundo Mendonça (2003 b; 2015) a aplicação urbanística destes estudos ainda representa um desafio a ser enfrentado.

Os fenômenos climáticos propõem a ideia de *campos contínuos e multiescalares*, ou seja, são objetos com limites absolutos inexistentes que se manifestam e integram em múltiplas escalas (Monteiro, 1976; 2003; Jardim e Ferreira, 2005). Monteiro (1976; 2003), no intuito de caracterizar a organização das dimensões climáticas em termos de ligação (plano vertical) e entrelaçamento (plano horizontal) com unidades de urbanização de escalas micro à regional, propôs *categorias taxonômicas da organização geográfica do clima e suas articulações com o clima urbano*. Dentre as sete escalas apresentadas quatro são referentes ao clima local. Nas subdivisões do clima local encontra-se o mesoclima – que pode ser um conjunto de topoclimas identificados conforme a morfologia do sítio urbano; os topoclimas – que além das feições topográficas incluem a estrutura urbana que interfere no volume topográfico; e os microclimas – referentes à habitação e seu espaço próximo.

Esta hierarquia traz uma ordem crescente na organização funcional. No primeiro arranjo as propriedades tendem à diversificação do todo e posteriormente à organização. Tal fato é

exemplificado pela sequência zonal, regional e local; e se esta noção for aplicada às escalas inferiores “um clima local diversifica-se inicialmente ao nível de sua compartimentação geocológica [...] passando a organizar-se no nível dos topoclimas e especializar-se nos microclimas” (Monteiro, 2003, p. 35). Com base em Monteiro (1999), Sant’Anna Neto (2013) destaca ainda, que na grande especialização da escala local, a escala temporal é dada pelo ritmo climático e a ação antrópica é preponderante na origem dos processos.

As lentes do clima na escala local podem ser aplicadas na avaliação dos mesoclimas, topoclimas e microclimas. Na primeira, há destacadamente os fatores geográficos. Na segunda, resulta o entendimento da relação entre estrutura e forma urbana (trocas de calor) e funções urbanas (emissão de gases, partículas e poluente – retenção de calor) com os climas locais. Na terceira, amplia-se a complexidade dos fatores e processos e as transformações ocorrem entre horas e dias, de modo que “as variações diuturnas dos ritmos da sociedade e da natureza complementam-se e conflitam entre si” (Sant’Anna Neto, 2013).

A estrutura teórica proposta por Monteiro (2003, p. 18) para o estudo do clima urbano abarca fatores complexos e os mais restritos, possibilitando “uma abertura a todas as escalas de tratamento espacial-temporal e diferentes graus de complexidade urbana”. Segundo o autor, em uma visão multiescalar o sistema se projeta para os sistemas superiores, mas também se fraciona em sistemas inferiores, tendo em ambos os processos infinitas relações de integrações. Dessa forma, é possível avaliar os aspectos do clima urbano contemplando vários recortes analíticos e captando a diversidade escalar de sua abrangência, o que justifica a escolha da série sequencial de procedimentos metodológicos desta proposta. No arcabouço teórico metodológico proposto por Monteiro (1976; 2003) os principais elementos da participação urbana no SCU organizam-se em três enfoques condutores, denominados *canais de percepção humana*, são eles: o do conforto térmico, o da qualidade do ar e o dos meteoros do impacto.

No sistema clima urbano o *input* climático dependendo da extensão da área de estudo será o mesmo, porém o *output* antrópico difere, gerando aspectos individualizados (Jardim e Ferreira, 2005), por isso, ao pensar o SCU tratando-se das formas da cidade e do modo de experimentar os riscos climáticos é preciso pensar na geografia dos

riscos e nos contextos que potencializam os efeitos dos eventos e fenômenos atmosféricos e climáticos. Para tal, apresenta-se neste artigo uma proposta metodológica multiescalar com escalas de análise delineadas segundo argumentos de Jardim e Ferreira (2005), que tendo como base a matriz geográfica de Barry (1964), demonstram uma simulação dos fatos climáticos conforme nível escalar, elementos climáticos e controles de superfície. São eles: 1) nível escalar local ou trans-bairros, representado por áreas centrais, periurbanas e rurais – a entrada de energia é a mesma, mas a repercussão difere conforme características do urbano; 2) nível escalar mesoclimáticos, cujo controle urbano é comparação/diferenciação inter-bairros – são conjuntos homogêneos de uso do solo e feições topográficas; 3) nível topo e microclimático, a comparação se dá no intra-bairros – setores das vertentes associados ao uso do solo intra-bairro.

Os procedimentos sugeridos neste artigo seguem com a finalidade de sistematizar uma proposta metodológica voltada para o entendimento do clima urbano e da estrutura térmica do intra-urbano de modo a originar dados quali-quantitativos que possam ser agregados e desagregados a matrizes capazes de equacionar características biogeofísicas em múltiplas escalas para compor índices de vulnerabilidade, em perspectiva multidimensional e multidisciplinar. A estrutura metodológica exemplificada tem enfoque no contexto geográfico do clima urbano e suas relações com as formas da cidade (constituição original do sítio, elementos da paisagem, uso do solo, tipo e qualidade habitacional, etc.), dinâmica e funções urbanas, como fatores de alterações antrópicas capazes de gerar situações e contextos de vulnerabilidade.

Diante de tais desafios a definição escalar fundamenta-se nos referenciais teóricos explorados e os métodos e técnicas são sugeridos conforme a exigência de cada escala, com foco no produto de cada lente de análise. As etapas metodológicas sugeridas estruturam-se com base nas técnicas aplicadas pela Climatologia Geográfica nos estudos de clima urbano e adequam-se à exigência particular de cada escala, em três dimensões escalares de estudo. Na primeira dimensão aprecia-se a totalidade do tecido urbano (trans-bairros); na segunda as formas naturais e antrópicas do sítio na configuração de potenciais unidades climáticas homogêneas (inter-bairros), e na terceira os aspectos microclimáticos (intra-bairros).

Ao que se refere à primeira dimensão de análise a ênfase é dada no reconhecimento da *influência dos fatores naturais e antrópicos do clima urbano na totalidade do sítio*. De acordo com a materialidade da cidade, o tecido urbano distribui-se sobre as formas naturais e os fatores e dinâmica do clima deixam de ser os únicos determinantes do clima urbano. Neste processo não há uma mudança direta nos elementos climáticos, mas o estabelecimento de novos fatores climáticos (Scherer et al, 1999), pois a cidade produz alterações em superfície que interferem na dinâmica natural da circulação atmosférica local. A diversa materialidade da cidade determinará o armazenamento e emissividade de calor que resulta em alteração do balanço térmico, diferenças térmicas em porções da cidade e desconforto. O entendimento desta dimensão, em caso do reconhecimento da variação e distribuição térmica espacial pode ser atingido, por exemplo, na identificação de áreas mais aquecidas da cidade (materialidade do sítio), e na variação do campo térmico urbano (dinâmica temporal e espacial).

As superfícies de maior aquecimento são frequentemente identificadas por técnicas de sensoriamento remoto (*temperatura de superfície*). Cartas de temperatura da superfície resultam desta sistematização e o material pode ser relacionado em análise à estrutura construtiva da cidade e às ilhas de calor. Na escala local, o *input* energético é o mesmo, mas a capacidade de absorção e reflexão de energia difere no mosaico do intra-urbano e ao observar a diferenciação térmica da estrutura material da cidade identificam-se *hotspots* inerentes ao espaço construído, elementos da paisagem urbana atenuantes de temperaturas mais quentes e as porções que carecem destes elementos. Estudos desenvolvidos por Ugeda Jr. (2013), Amorim (2016), Lima (2016) e Ferreira e Ugeda Jr. (2020) demonstram exemplos desta aplicação.

No segundo caso, a aplicação de técnicas de pesquisa de campo do clima urbano, tanto para coleta de dados móvel (transectos) ou fixa, para identificação da existência do fenômeno de ilha de calor, mostra-se adequada para avaliar a dinâmica do campo térmico da cidade com base na variação da *temperatura do ar*, em que pode-se verificar a variação em análises episódicas de situações atmosféricas de verão e de inverno, além de constatar áreas de maior aquecimento do ar no interior do sítio urbano, na dinâmica horária e sazonal, resultando na composição de um banco de dados conforme as especificidades do sítio e a

diferenciação térmica do intra-urbano. Nesta perspectiva há produção científica significativa, conforme demonstram os estudos de Amorim (2000); Fialho (2009); Anjos, Ganho e Araújo (2013), entre outros importantes estudos. Uma vez que podem vir a ser subsídio à gestão de cidades resilientes, verifica-se a necessidade de multiplicação destes no território brasileiro.

Este exercício constitui um dos estudos de base e os contributos competem a uma primeira observação espacial da dinâmica horária e sazonal do campo térmico da cidade – o que direciona em quais porções do tecido urbano poderão ser instalados instrumentos fixos de coleta dos parâmetros climáticos, por exemplo, utilizados para estudo(s) de outro(s) recorte(s) analítico(s). Aos dados obtidos, também podem ser aplicadas técnicas que resultem em mapas de síntese, conforme exemplificam Alcoforado et al. (2005), muito úteis ao planejamento urbano.

O resultado final destes procedimentos é o conhecimento da estrutura térmica espacial (temperatura da superfície); e da variação do campo térmico da cidade (temperatura do ar) em seus aspectos temporais horários – ao longo do(s) dia(s) e sazonais, ou ainda, na atenuação dessas características. Os materiais gerados podem ser relacionados entre si e/ou associados a outras ferramentas de análise espacial.

Na segunda escala de análise a ênfase é voltada para o entendimento da *continuidade e/ou descontinuidade dos fenômenos climáticos na geografia da cidade* – buscando-se identificar *potenciais unidades climáticas homogêneas*. A superfície terrestre, tridimensional, constitui o arcabouço do clima, assim as unidades do clima mantêm-se muito ligadas às unidades geomorfológicas (Monteiro, 2003) e quando se trata do clima urbano integram-se sobre as formas naturais as formas da cidade, que alteram fluxos e processos devido à materialidade e funções sociais na/da cidade. Neste contexto e recorte analítico investigam-se os aspectos mesoclimáticos e topoclimáticos da cidade e a integração dos elementos da paisagem na configuração de espaços regionalizados, conforme unidades de características climáticas similares no intra-urbano.

Os estudos que identificam o que Scherer et al (1999) denominam de climatopos – áreas com combinações características de fatores climáticos de similar significância relativa. Stewart e Oke (2012) apresentam a proposta de *Local Climate Zones (LCZ)* para o avanço nos estudos do campo térmico urbano que buscam

maior detalhamento da camada do intra-urbano, como “regiões homogêneas” quanto às características dos atributos e dinâmica do espaço geográfico. De acordo com estudo bibliométrico realizado por Souza, Paranhos Filho e Guaraldo (2020), o método LCZ tem apresentado efetividade em sua aplicação. Estes estudos constituem uma base para o reconhecimento de aspectos da cidade que atrelam as características do sítio natural às atividades e usos destinados às porções da cidade, o que possibilita delimitar áreas que intensificam fenômenos do clima urbano.

Esse é um primeiro passo para enxergar as potencialidades e/ou fragilidades inerentes à dinâmica do sistema clima urbano. O segundo passo seria a utilização dos mapas climáticos desenvolvidos como orientação ao planejamento urbano, de modo a adaptar a estrutura da cidade e pensar alternativas de resiliência para que os impactos negativos sejam reduzidos. O processo investigativo e a aplicabilidade ao planejamento urbano podem ser verificados em Alcoforado et al. (2005), para a cidade de Lisboa. Apesar de difundidos em países europeus, estudos nesta perspectiva ainda são pouco explorados para cidades brasileiras, mas citam-se como exemplos Tarifa e Armani (2001), Fialho (2010), Collischonn e Mattos (2011); Ferreira (2019); Assis e Jardim (2020).

A proposta desenvolvida por Collischonn e Mattos (2011), classificou ambientes termicamente homogêneos por meio de setorização geográfica desenvolvida com base em procedimentos de interpretação visual e digital, por meio da montagem de banco de dados geográficos e reconhecimento *in loco* das informações verificadas nas imagens. Para setorização utilizaram como materiais imagens de satélite e malhas urbanas dos setores censitários e do perímetro urbano. Todavia, os procedimentos podem ainda adequar-se à criação de sistemas de informação geográfica e coleta de dados climáticos no interior da cidade, conforme demonstram Assis e Jardim (2020), além da possibilidade de trabalhar com malhas urbanas específicas.

Nessa dimensão analítica é importante compreender as características termodinâmicas da cidade, a circulação dos ventos e os elementos paisagísticos. A necessidade da multiplicação dos pontos de coleta de dados climáticos ocorre para que as peculiaridades, diferenças ou similaridades no interior da cidade sejam observadas. Para tal, os mapas elaborados pela primeira etapa

metodológica podem ser utilizados como base norteadora, e a partir destes – associados a cartas topográficas, mapas de uso do solo e trabalhos de campo – definidos pontos para a instalação de aparelhos fixos de coleta dos parâmetros climáticos, considerando: posição topográfica, densidade de construção e tipo de habitação, aspectos naturais (vegetação, cursos d’água, parques, etc.), fluxos da cidade (mobilidade intra-urbana) entre outros fatores.

Em um terceiro recorte analítico, ainda mais minucioso, é possível avaliar *os fatores particulares que modificam o clima da cidade: materialidade e forma*. Esta abordagem mais específica necessita da aplicação de uma lente que obtenha informações refinadas do clima urbano, na escala intra-bairro. Como são diversas as formas da cidade que interferem na diferenciação térmica, também é diverso o modo de receber a variabilidade climática nos contextos socio-espaciais (Sant’Anna Neto, 2011; Ferreira, 2014). Nas características microclimáticas, ressaltam-se as heterogeneidades, a escala que diversifica (Monteiro, 2003) o que exige métodos e técnicas mais específicos para coleta e tratamento dos dados (Sant’Anna Neto, 2013). Nestas premissas, o exemplo do modelo desenvolvido e aplicado por Ferreira (2014) e Ferreira e Assis (2014), demonstra a relevância do detalhamento na investigação desta escala analítica.

Com o objetivo de definir áreas com características térmicas diferentes no intra-urbano, Ferreira (2014) observou variáveis intervenientes no potencial de minimização e maximização da temperatura, ou seja, produtores de calor no contexto urbano ou atenuantes/mitigadores de calor. Os procedimentos metodológicos propostos por Ferreira (2014) passam por cinco fases que consistem em: identificar variáveis que podem interferir no potencial térmico; realizar o levantamento das variáveis em função das formas e usos do espaço urbano; espacializar cada variável para posterior associação numérica (peso) das variáveis, conforme o grau de influência na variação térmica; formular uma matriz de potencial térmico; e por último a validação do modelo – análise do mapa síntese com levantamento da temperatura do ar em pontos de controle nos recortes de estudo. Esta metodologia é delineada com base na criação de mapas básicos, mapas temáticos e um mapa síntese, que resultam importantes produtos para a gestão local que considere o clima urbano. Na elaboração do material cartográfico é necessário um inventário da composição do solo urbano, aplicação de

geotecnologias para integração dos dados, criação de um SIG e uso de estatística espacial.

A escolha dos recortes desta dimensão analítica pode estar condicionada a aspectos como: a correspondência com os bairros que serão avaliados por estudos interdisciplinares, o centro da cidade com maior densidade construtiva e outras porções da cidade sugeridas pelas escalas que serão anteriormente analisadas. Os procedimentos quando aplicados geram informações quantitativas – na obtenção de dados climáticos em pontos fixos e qualitativas – características do entorno destes pontos e dos bairros investigados.

Unidades climáticas e planejamento urbano

Se desejamos incorporar os elementos do clima urbano efetivamente na discussão das mudanças ambientais e climáticas em curso, é necessário, para o contexto brasileiro e latino-americano, fazer valer as especificidades da natureza da nossa urbanização e dos processos de construção de vulnerabilidades e resiliências.

Isso implica, de um lado, reconhecer que há processos sociais específicos de nossa urbanização que não apenas produzem riscos diferentes (de natureza climática ou não), mas também que a forma de construção de sistemas de proteção e de enfrentamento dos riscos obedece outra ordem de valores. Além disso, sua distribuição e as implicações sociais deles também devem ser levados em consideração, e isso tem que ser visto não apenas no âmbito social nacional, mas também em seus rebatimentos nas formas de urbanização produzidas por esta sociedade.

É necessário, neste contexto, compreender as cidades por dentro, em sua heterogeneidade e dinâmica, o que tem sido feito sem necessariamente colocar as dimensões urbana-social-climática efetivamente integradas. A articulação de escalas, em termos metodológicos, deve estar pautada em uma compreensão multidimensional, relacional e relativa dos riscos, da produção do espaço urbano e das vulnerabilidades.

O sistema clima urbano não é uma externalidade desta geografia dos riscos: é parte dinâmica fundante dela, e por isso o desafio que está diante de nós é fazê-la dialogar efetivamente com as demais esferas que estão em debate, sobretudo no que se refere à constituição de políticas públicas para o planejamento das cidades.

Naquilo que procuramos demonstrar com esta propositiva, podemos afirmar que 1) as ilhas de calor podem intensificar o desconforto térmico, portanto, constituem indicador de qualidade ambiental urbana capaz de gerar informações a serem incorporadas à avaliação da vulnerabilidade; 2) a constatação de unidades climáticas homogêneas é um processo de regionalização com base nas formas do intra-urbano (naturais e construídas) e na dinâmica de influência destas sobre o clima da cidade; assim o clima urbano pode ser concebido como um fenômeno de interface entre as dinâmicas urbana e climática e os conhecimentos gerados certamente contribuem à caracterização da vulnerabilidade com base nas particularidades climáticas do sítio em seus aspectos térmicos e socioambientais – qualidade habitacional e situações/condições potencialmente geradoras de (des)conforto; 3) a identificação de variáveis que interferem no potencial térmico com base nas formas e uso do solo de bairros centrais e periféricos permite avaliar elementos da cidade e modos de habitar que são impactantes, constatando-se contextos que interferem nos espaços de vulnerabilidade na cidade.

Este esforço de tornar permeáveis as escalas e integrar o SCU à compreensão do espaço urbano é o caminho que muitos geógrafos já tomaram, mas que ainda precisa ser reforçado dada a força que uma perspectiva generalista das dinâmicas climáticas predomina no contexto do debate atual sobre mudanças climáticas globais.

No nosso caso, procuramos seguir estes passos mergulhando no espaço intra-urbano e em sua dinâmica interna, buscando nele este “chão” analítico para uma hermenêutica climática e urbana das vulnerabilidades na cidade.

Referências

- Adger, W.N. 2006. Vulnerability. *Global Environmental Change* [online] 16, Disponível:<https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.02.006>. Acesso: 11 mai. 2020.
- Alcoforado, M. J. et al. 2005. Orientações climáticas para o ordenamento em Lisboa. Lisboa: Centro de Estudos Geográficos da Universidade de Lisboa.
- Alcoforado, M. J.; Andrade, H. 2007. Clima e saúde na cidade. Implicações para o ordenamento. In: Santana, P. (Org.) *A cidade e a saúde*. Coimbra: Almedina, p. 99-118.
- Almeida, L. Q. de. 2010. Vulnerabilidades socioambientais de rios urbanos: bacia

- hidrográfica do rio Maranguapinho. Região Metropolitana de Fortaleza, Ceará. Tese (Doutorado). Rio Claro, Universidade Estadual Paulista.
- Almeida, L. Q. de. 2014. Risk science, geography and climate changes: a brief theoretical. In: Mendonça, F. (Org.) Riscos climáticos: vulnerabilidades e resiliência associados. Jundiaí: Paco Editorial, p. 11-50.
- Amorim, M. C. de C. T. 2000. O clima urbano de Presidente Prudente/SP. Tese (Doutorado). São Paulo, Universidade de São Paulo.
- Amorim, M. C. de C. T. 2013 a. Ritmo climático e planejamento urbano. In: Amorim, M. C. T.; Sant'Anna Neto, J. L.; Monteiro, A. (Org.) Climatologia urbana e regional: questões teóricas e estudos de caso. São Paulo: Outras Expressões, p. 173-190.
- Amorim, M. C. de C. T. 2013 b. Clima urbano: estrutura térmica e ilhas de calor. In: Amorim, M. C. T.; Sant'Anna Neto, J. L.; Monteiro, A. (Org.) Climatologia urbana e regional: questões teóricas e estudos de caso. São Paulo: Outras Expressões, p. 191-220.
- Amorim, M. C. de C. T. 2016. Análise da temperatura do ar e dos alvos: uma contribuição aos estudos de clima urbano. In: Sant'Anna Neto, J. L.; Amorim, M. C. de C. T.; Silva, C. A. da. (Orgs) Clima e gestão do território. Jundiaí: Paco Editorial, p. 33-49.
- Anjos, M. W. B dos; Ganho, N.; Araújo, H. M. de. 2013. Uma análise dos contrastes topoclimáticos no espaço urbano e periurbano de Aracaju/SE: os campos térmicos e higrométricos. Revista Brasileira de Climatologia [online] 13. Disponível:<http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v13i0.31090>. Acesso: 11 mai. 2020.
- Assis, D. C. de; Jardim, C. H. 2020. Relação entre componentes naturais urbanos e características do campo térmico para definição de topoclimas no município de Juiz de Fora-MG. Revista Brasileira de Climatologia [online] 26. Disponível: <https://doi.org/10.5380/abclima.v26i0.70451>. Acesso: 02 jul. 2020
- Assis, W. L. 2010. O sistema clima urbano do município de Belo Horizonte na perspectiva tempo-espacial. 2010. Tese (Doutorado). Belo Horizonte, Universidade Federal de Minas Gerais.
- Barry, B. J. L. 1964. Approaches to regional analysis: a synthesis. Annals of the Association of American Geography [online] 54. Disponível: <https://doi.org/10.1111/j.1467-8306.1964.tb00469.x>. Acesso: 09 jun. 2020.
- Beck, U. 2010. Sociedade de risco: rumo a uma outra modernidade. São Paulo: Ed. 34.
- Birkmann, J.; Wisner, B. 2006. Measuring the UnMeasurable: the challenge of vulnerability. Bonn (GER): UNU-EHS.
- Brandão, A. M. P. M. 1996. O clima urbano da cidade do Rio de Janeiro. Tese (Doutorado). São Paulo, Universidade de São Paulo.
- Bueno, L. M. M. 2013. A adaptação da cidade às mudanças climáticas: uma agenda de pesquisa e uma agenda política. In: Ojima, R.; Marandola Jr., E. (Orgs.) Mudanças climáticas e a cidade: novos e antigos debates na busca da sustentabilidade urbana e social. São Paulo: Blucher, p. 23-56.
- Burton, I.; Kates, R. W.; White, G. F. 1978. The environment as hazard. New York, Oxford University Press.
- Cash, D. W.; Moser, S. C. 2000. Linking global and local scales: designing dynamic assessment and management processes. Global Environmental Change [online] 10. Disponível:https://biology.kenyon.edu/courses/envs461/Cash_David_W.pdf. Acesso: 12 mai. 2020.
- Collischonn, E. 2009. Inundações em Venâncio Aires/RS: interações entre as dinâmicas natural e social na formação de riscos socioambientais urbanos. Tese (Doutorado) Santa Catarina, Universidade Federal de Santa Catarina.
- Collischonn, E.; Mattos, G. P. 2011. Classificação de ambientes termicamente homogêneos para estudos de clima na camada do dossel urbano – metodologia e aplicação à cidade de Pelotas/RS. Revista Brasileira de Climatologia [online] 9. Disponível: <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v9i0.27515>. Acesso: 12 mai. 2020.
- Dubreuil, V. et al. 2014. Métodos de monitoramento da variabilidade espaço-temporal da ilha de calor em cidades de porte médio – Rennes/França e Presidente Prudente/Brasil. In: Silva, C. A.; Fialho, E. S.; Steinke, E. T. (Orgs.) Experimentos em Climatologia Geográfica. Dourados, MS: UFGD, p. 68-83.
- Ferreira, C. C. M. 2014. Modelo para análise das variáveis de cobertura da terra e a identificação de microclimas em centros urbanos. Revista Brasileira de Climatologia [online] 14. Disponível: <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v14i1.38171>. Acesso: 12 mai. 2020.

- Ferreira, C. de C. M.; Assis, D. C. de. 2014. O mapeamento do albedo e análise de sua influência na caracterização de microclimas de áreas urbanas. In: Silva, C. A.; Fialho, E. S.; Steinke, E. T. (Orgs.) Experimentos em Climatologia Geográfica. Dourados, MS: UFGD.
- Ferreira, H. V. L. 2019. A organização do espaço urbano e a estrutura térmica da cidade de Cuiabá-MT. Dissertação (Mestrado). Cuiabá, UFMT.
- Ferreira, H. V. L.; Ugeda Jr., J. C. 2020. Variação da temperatura de superfície através de imagens Aster em Zonas Climáticas Locais da cidade de Cuiabá, Brasil. *Revista Brasileira de Climatologia* [online] 16. Disponível:<http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v26i0.67546>. Acesso: 02 jul. 2020.
- Fialho, E. S. 2009. Ilha de calor em cidade de pequeno porte: caso de Viçosa, na Zona da Mata Mineira. Tese (Doutorado). São Paulo, Universidade de São Paulo.
- Fialho, E. S. 2010. Unidades climáticas urbanas: o caso da Ilha do Governador-RJ. *Revista de C. Humanas* [online] 10. Disponível: <https://periodicos.ufv.br/RCH/article/view/3493>. Acesso: 16 jun. 2020.
- Füssel, H-M. 2007. Vulnerability: a generally applicable conceptual framework for climate change research. *Global Environmental Change*, p. 1-27.
- Gartland, L. 2010. Ilhas de calor: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas. São Paulo: Oficina de Textos.
- Hewitt, K. 1997. *Regions of risk: a geographical introduction to disasters*. London: Longman.
- Hogan, D. J.; Marandola Jr. E. 2007. Vulnerabilidade a perigos naturais nos estudos de população e ambiente. In: Hogan, D. J. (Org.) *Dinâmica populacional e mudança ambiental: cenários para o desenvolvimento brasileiro*. UFPA, NEPO.
- Hogan, J.; Ojima, R.; Marandola Jr. E. 2010. *População e ambiente: desafios à sustentabilidade*. São Paulo: Blucher
- IPCC – INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. SUMMARY FOR POLICYMAKERS. 2013. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*. Working Group I to the Fifth Assessment Report of the IPCC, edited by Lisa V. Alexander, et al. p. 3-29. Cambridge/United Kingdom/New York: Cambridge University Press.
- Jardim, C. H.; Ferreira, M. 2005. A correlação dos fatos geográficos em Climatologia a partir da noção de “sítio” e “situação”. In: *Anais do X Encontro de Geógrafos da América Latina*, 1, 2005, São Paulo. Anais... São Paulo: Universidade de São Paulo, p. 7099-7111.
- Lampis, A. 2013. Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático: debates acerca Del concepto de vulnerabilidad y su medición. *Cuadernos de Geografía*. *Revista Colombiana de Geografía* [online] 22. Disponível:<https://doi.org/10.15446/rcdg.v22n2.37017>. Acesso: 20 ago. 2019.
- Lima, V. 2016. Geotecnologias e indicadores socioambientais: análise da temperatura da superfície para avaliar a qualidade ambiental urbana. In: Sant’Anna Neto, J. L.; Amorim, M. C. de C. T.; Silva, C. A. da. (Orgs) *Clima e gestão do território*. Jundiaí: Paco Editorial, p. 69-89.
- Lombardo, M. A. 1989. *A ilha de calor nas metrópoles: o caso de São Paulo*. São Paulo: Hucitec.
- Lynch, K. 2010. *A boa forma da cidade*. Lisboa: EDIÇÕES 70.
- Marandola JR., E. 2009. Tangenciando a vulnerabilidade. In: Hogan, D. J.; Marandola Jr. E. (Org.) *População e mudança climática: dimensões humanas das mudanças ambientais globais*. Campinas: NEPO/Unicamp; Brasília: UNFPA, p. 29-52.
- Marandola Jr., E. 2013. As escalas da vulnerabilidade e as cidades: interações trans e multiescalares entre variabilidade e mudança climática. In: Ojima, R.; Marandola Jr. E. *Mudanças climáticas e as cidades: novos e antigos debates na busca da sustentabilidade urbana e social*. São Paulo, Blucher, p. 93-113.
- Marandola Jr. E.; D’antona, A. O. 2014. Vulnerabilidade: problematizando o operacionalizando o conceito. In: Carmo, R. L. do; Valencio, N. (Org.). *Segurança humana no contexto dos desastres*. 1 ed. São Carlos: RiMa. v. p. 45-61.
- Maricato, E. 2011. *Brasil, cidades*. Petrópolis: Vozes.
- Martine, G. 2007. O lugar do espaço na equação população/meio ambiente. *Revista Brasileira de Estudos da População* [online] 24. Disponível:<https://www.scielo.br/j/rbepo/p/a/bh49qB98nMGtVNkcJ85BKbf/?format=pdf&lang=pt>. Acesso: 17 set. 2019.
- Massey, D. 2008. *Pelo espaço: uma nova política da espacialidade*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.

- Mendonça, F. 2000. Aspectos da interação Clima-Ambiente-Saúde Humana: da relação Sociedade-Natureza à (in) sustentabilidade ambiental. RA'EGA [online] 4. p. Disponível:<http://dx.doi.org/10.5380/raega.v4i0.3341>. Acesso: 11 dez. 2019.
- Mendonça, F. 2003 a. Clima e planejamento urbano em Londrina: proposição metodológica e de intervenção urbana a partir do estudo do campo termo-higrométrico. In: Monteiro, C. A. F.; Mendonça, F. (Orgs.) Clima urbano. São Paulo: Contexto, p. 93-120.
- Mendonça, F. 2003 b. O estudo do clima urbano no Brasil: evolução, tendências e alguns desafios. In: Monteiro, C. A. F.; Mendonça, F. (Orgs.) Clima urbano. São Paulo: Contexto, p. 175-192.
- Mendonça F. 2010. Riscos e vulnerabilidades socioambientais urbanos: a contingência climática. Mercator [online] 9. Disponível: <http://www.mercator.ufc.br/mercator/article/view/538>. Acesso: 05 fev. 2020.
- Mendonça, F. 2011. Riscos, vulnerabilidades e resiliência socioambientais urbanas: inovações na análise geográfica. Revista da ANPEGE [online] 7. Disponível: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/anpege/article/viewFile/6557/3557>. Acesso: 05 fev. 2020.
- Mendonça, F. 2015. O Estudo do SCU – Sistema Clima Urbano – no Brasil: aplicações e avanços. In: Monteiro, C. A. F. (Org.) A construção da climatologia geográfica no Brasil. Campinas, SP: Editora Alínea.
- Mendonça, F.; Deschamps, M.; Lima, M. D. V. de. 2013. A cidade e as mudanças climáticas globais: (intensificação?) riscos e vulnerabilidades socioambientais na RMC – Região Metropolitana de Curitiba/PR. In: Ojima, R.; Marandola Jr., E. (Orgs.) Mudanças climáticas e a cidade: novos e antigos debates na busca da sustentabilidade urbana e social. São Paulo: Blucher.
- Monteiro, A. Riscos climáticos: hazards, áleas, episódios extremos. In: AMORIM, M. C. T.; SANT'ANNA NETO, J. L.; MONTEIRO, A. (Orgs.) Climatologia urbana e regional: questões teóricas e estudos de caso. São Paulo: Outras Expressões, 2013. p. 143-171.
- Monteiro, A. 2014. O clima e a saúde na cidade do Porto/Portugal, bons motivos para mudar de paradigma de qualidade de vida. In: Silva, C. A.; Fialho, E. S.; Steinke, E. T. (Orgs.) Experimentos em Climatologia Geográfica. Dourados, MS: UFGD.
- Monteiro, C. A. F. 1976. Teoria e clima urbano. São Paulo: IGEOG-USP.
- Monteiro, C. A. F. 1978. Derivações antropogênicas dos geossistemas terrestres no Brasil e alterações climáticas: perspectivas urbanas e agrárias ao problema da elaboração de modelos de avaliação. In: Simpósio a comunidade vegetal como unidade biológica, turística e econômica. Anais... São Paulo: Academia de Ciências do Estado de São Paulo, p. 43-76.
- Monteiro, C. A. F. 1991. Clima e excepcionalismo: conjecturas acerca da atmosfera como fenômeno geográfico. Florianópolis: UFSC.
- Monteiro, C. A. F. 1999. O estudo geográfico do clima. Cadernos Geográficos, Florianópolis, n. 1, UFSC.
- Monteiro, C. A. F. 2003. Teoria e clima urbano – um projeto e seus caminhos. In: Monteiro, C. A. F.; Mendonça, F. (Org.) Clima urbano. São Paulo: Contexto, p. 9-67.
- Nunes, L. H. 2009. Mudanças climáticas, extremos atmosféricos e padrões de risco a desastres hidrometeorológicos. In: Hogan, D. J.; Marandola Jr., E. (Orgs.) População e mudança climática: dimensões humanas das mudanças ambientais globais. Campinas: NEPO/UNFPA, p. 53-73.
- Nunes, L. H. 2015. Urbanização e desastres naturais: abrangência América do Sul. São Paulo: Oficina de Textos.
- Ojima, R. 2007. A urbanização contemporânea e as dimensões humanas das mudanças ambientais. In: Hogan, D. J. (Org.) Dinâmica populacional e mudança ambiental: cenários para o desenvolvimento brasileiro. UFPA, NEPO, p. 225-238.
- Oke, T. R. 1982. The energetic basis of the urban heat island. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 108, 1-24.
- Pascoalino, A. 2013. Variação térmica e a distribuição tempo-espacial da mortalidade por doenças cardiovasculares na cidade de Limeira/SP. Tese (Doutorado). São Paulo, Universidade Estadual Paulista.
- Pires, M. C. S. 2007. Morar na metrópole: expansão urbana e mercado imobiliário na Região Metropolitana de Campinas. Tese (Doutorado). Campinas, Universidade Estadual de Campinas.
- Pitton, S. E. C. 1997. As cidades como indicadoras de alterações térmicas. Tese (Doutorado). São Paulo, Universidade de São Paulo.

- Porto-Gonçalves, C. W. 2004. O desafio ambiental. Rio de Janeiro: Record.
- Redclift, M. 1992. Sustainable development and global environmental change: implications of a changing agenda. *Global Environmental Change*, p. 32-42.
- Rebello, F. 2010. Geografia física e riscos naturais. Coimbra: IU.
- Reis, N. G. 2006. Notas sobre urbanização dispersa e novas formas de tecido urbano. São Paulo: Via das Artes.
- Ribeiro, H. 1996. Ilha de calor na cidade de São Paulo: sua dinâmica e efeitos na saúde da população. Tese (Livre Docência em Gerenciamento Ambiental). São Paulo, Universidade de São Paulo.
- Sant'Anna Neto, J. L. 2011. O clima urbano como construção social: da vulnerabilidade polissêmica das cidades enfermas ao sofisma utópico das cidades saudáveis. *Revista Brasileira de Climatologia [online]* 8. Disponível: <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v8i0.25794>. Acesso: 18 fev. 2020.
- Sant'Anna Neto, J. L. 2013. Escalas geográficas do clima. Mudança, variabilidade e ritmo. In: Amorim, M. C. T.; Sant'Anna Neto, J. L.; Monteiro, A. (Org.). *Climatologia urbana e regional: questões teóricas e estudos de caso*. São Paulo: Outras Expressões, p. 75-91.
- Sant'Anna Neto, J. L.; Rampazzo, C. R. 2016. Geoindicadores urbanos para o estudo dos processos termodinâmicos do clima das cidades de pequeno e médio porte. In: Sant'Anna Neto, J. L.; Amorim, M. C. de C. T.; Silva, C. A. da. (Orgs.). *Clima e gestão do território*. Jundiaí: Paco Editorial, p. 7-32.
- Santos, M. 1993. A urbanização brasileira. São Paulo: Hucitec.
- Scherer, D. et al. 1999. Improved concepts and methods in analysis and evaluation of the urban climate for optimizing urban planning process. *Atmospheric Environment [online]* 33. Disponível: [https://doi.org/10.1016/S1352-2310\(99\)00161-2](https://doi.org/10.1016/S1352-2310(99)00161-2). Acesso: 12 mar. 2020.
- Smit, B.; Wandel, J. 2006. Adaptation, adaptive capacity and vulnerability. *Global Environmental Change [online]* 16. Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.03.008>. Acesso: 20 fev. 2020.
- Smith, K. 1992. Environmental hazards - Assessing risk and reducing disaster. Routledge: London and New York.
- Smithers, J.; Smit, B. 1997. Human adaptation to climatic variability and change. *Global Environmental Change [online]* 7. Disponível: [http://dx.doi.org/10.1016/S0959-3780\(97\)00003-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0959-3780(97)00003-4). Acesso: 13 fev. 2020.
- Souza, C. A. de; Paranhos Filho, A. C.; Guaraldo, E. 2020. Estudo bibliométrico sobre ilhas de calor urbanas e zonas climáticas locais. *Revista Brasileira de Climatologia [online]* 26. Disponível: <https://doi.org/10.5380/abclima.v26i0.665>. Acesso: 08 jul. 2020.
- Souza, M. L. 2013. Os conceitos fundamentais da pesquisa sócio-espacial. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil
- Stewart, I. D.; Oke, T. R. 2009. Newly developed "thermal climate zones" for defining and measuring urban heat island magnitude in the canopy layer. *Eight Symposium Urban Environment*, January 11-15, Phoenix.
- Stewart, I. D.; Oke, T. R. 2012. Local Climate Zones for urban temperature studies. *Bulletin American Meteorological Society [online]* 93. Disponível: <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-11-00019.1>. Acesso: 10 fev. 2020.
- Tarifa, J. R.; Armani, G. 2001. Os climas urbanos. In: Tarifa, J. R.; Azevedo, T. R. (Orgs.). *Os climas na cidade de São Paulo: teoria e prática*. São Paulo: Pró-Reitoria de Cultura e Extensão. Universidade de São Paulo, p. 47-70.
- Turner, B. L. et al. 1990. Two types of global environmental change: definitional and spatial-scale issues in their human dimensions. *Global Environmental Change*, p. 14-22.
- Ugeda Jr., J. C. 2013. Correlação entre a temperatura da superfície e temperatura do ar na cidade de Jales/SP. In: Amorim, M. C. T.; Sant'Anna Neto, J. L.; Monteiro, A. (Org.) *Climatologia urbana e regional: questões teóricas e estudos de caso*. São Paulo: Outras Expressões, p. 291-316.
- Veyret, Y; Richemond, N. M. 2007. Os tipos de risco. In: Veyret, Y (Org.). *Os riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente*. São Paulo: Contexto, p. 63-79.
- Whyte, A. V.; Burton, I. 1980. Environmental risk assessment. *International Council of Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE)*. John Wiley & Sons.