



DOI: 10.5380/abclima

Seção Temática: Prêmio ABCLima “Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro” - Edição 2021

O CONCEITO DE ESTRUTURA TÉRMICA ESPACIAL URBANA NO SISTEMA CLIMA URBANO DE MONTEIRO

The Concept of Urban Spatial Thermal Structure in Monteiro's Urban Climate System

El Concepto de Estructura Térmica Espacial Urbana en el Sistema Climático Urbano de Monteiro

Hugo Vilela Lemos Ferreira  

Programa de Pós-graduação em Geografia Física, Universidade de São Paulo (USP)
hugovilelalemos@usp.br

José Carlos Ugeda Júnior  

Departamento de Geografia, Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT)
ugeda@ufmt.br

Resumo: O Sistema Clima Urbano (SCU) é uma proposta teórico-metodológica para o estudo do clima urbano. Um de seus níveis de resolução é subsistema termodinâmico, que agrupa características termodinâmicas dos elementos e fenômenos do clima citadino. Produto deste subsistema, a estrutura térmica espacial urbana é uma concepção teórica da manifestação espacial do ganho de energia e da condição de temperatura dos elementos do espaço urbano. O reconhecimento e descrição da estrutura térmica espacial permite inferir sobre a manifestação e grau de magnitude de características e fenômenos climáticos urbanos, servindo como ferramenta para compreensão destes processos na vida e planejamento das cidades. Este artigo teve como objetivo analisar o conceito de estrutura térmica espacial urbana na obra *Teoria e clima urbano*, de Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro. Se analisa o conceito pela obra de Monteiro, em seu possível desenvolvimento, significado e aplicabilidade. Verifica-se que a estrutura térmica espacial urbana é uma concepção teórica da condição espacial térmica do espaço urbano, observada empiricamente na relação entre o espaço urbano e sua atmosfera adjacente. Desde sua publicação, a teoria do SCU influenciou inúmeras pesquisas no Brasil e exterior, provando sua consistência prática científica.

Palavras-chave: Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro. Teoria e Clima Urbano. Definição.

Abstract: The Urban Climate System (SCU) is a theoretical-methodological proposal for the study of the urban climate. One of its resolution levels is the thermodynamic subsystem, which groups thermodynamic characteristics of the elements and phenomena of the city's climate. Product of this subsystem, the urban spatial thermal structure is a theoretical conception of the spatial manifestation of energy gain and the temperature condition of the elements of urban space. The recognition and description of the spatial thermal structure allows us to infer about the manifestation and degree of magnitude of urban climatic characteristics and phenomena, serving as a tool for understanding these processes in the life and planning of cities. This article aimed to analyze the concept of urban spatial thermal structure in the work *Teoria e clima urbano*, by Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro. The concept is analyzed through Monteiro's work, in its possible development, meaning and applicability. It is verified that the urban spatial thermal structure is a theoretical conception of the thermal spatial condition of the urban space, empirically observed in the relationship between the urban space and its adjacent atmosphere. Since its publication, the SCU it influenced numerous researches in Brazil and abroad, proving its practical scientific consistency.

Keywords: Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro. Theory and Urban Climate. Definition.

Resumen: El Sistema Climático Urbano (SCU) es una propuesta teórico-metodológica para el estudio del clima urbano. Uno de sus niveles de resolución es el subsistema termodinámico, que agrupa características termodinámicas del elementos y fenómenos del clima de la ciudad. Producto de este subsistema, la estructura térmica espacial urbana es una concepción teórica de la manifestación espacial de la ganancia de energía y la condición de temperatura de los elementos del espacio urbano. El reconocimiento y descripción de la estructura térmica espacial permite inferir sobre la manifestación y grado de magnitud de las características y fenómenos climáticos urbanos, sirviendo como herramienta para comprender estos procesos en la vida y planificación de las ciudades. Este artículo tuvo como objetivo analizar el concepto de estructura térmica espacial urbana en la obra *Teoria e clima urbano*, de Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro. El concepto se analiza a través de la obra de Monteiro, en su posible desarrollo, significado y aplicabilidad. Se comprueba que la estructura térmica espacial urbana es una concepción teórica de la condición espacial térmica del espacio urbano, observada empíricamente en la relación entre el espacio urbano y su atmósfera adyacente. Desde su publicación, la SCU influyó en numerosas investigaciones en Brasil y en el exterior, demostrando su consistencia científica práctica.

Palabras clave: Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro. Teoría y Clima Urbano. Definición.

Submetido em: 14/03/2022

Aceito para publicação em: 22/05/2022

Publicado em: 10/06/2022

1. INTRODUÇÃO

A proposta teórico-metodológica do Sistema Clima Urbano (SCU), desenvolvida por Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro em sua Tese de Livre-docência: *Teoria e clima urbano* (MONTEIRO, 1976), é uma importante ferramenta para o estudo do clima urbano. Desde fins da década de 1970 ela é aplicada e referenciada em estudos de climatologia urbana no Brasil e exterior (MENDONÇA; MONTEIRO, 2013; MONTEIRO, 2015).

O SCU é definido como um sistema dinâmico adaptativo aberto, influenciado em sua concepção pela Teoria Geral dos Sistemas (TGS) (BERTALANFFY, 1973¹ apud MONTEIRO, 1976). Sua compreensão como um sistema diz respeito a interatividade de suas partes (elementos) e processos funcionais internos, que compõem o todo do sistema. Sua dinâmica é em função da variabilidade temporal de suas características, expressa na funcionalidade rítmica dos processos em relação com os elementos componentes. É um sistema adaptativo, pois sofre influência e é dependente da variabilidade dinâmica dos componentes e processos internos ou externos. E é aberto na medida em que a entrada de insumos (ex.: energia solar incidente) se dá de forma independente da abrangência dos limites formais e funcionais dos componentes naturais ou sociais, na escala da cidade e seu entorno.

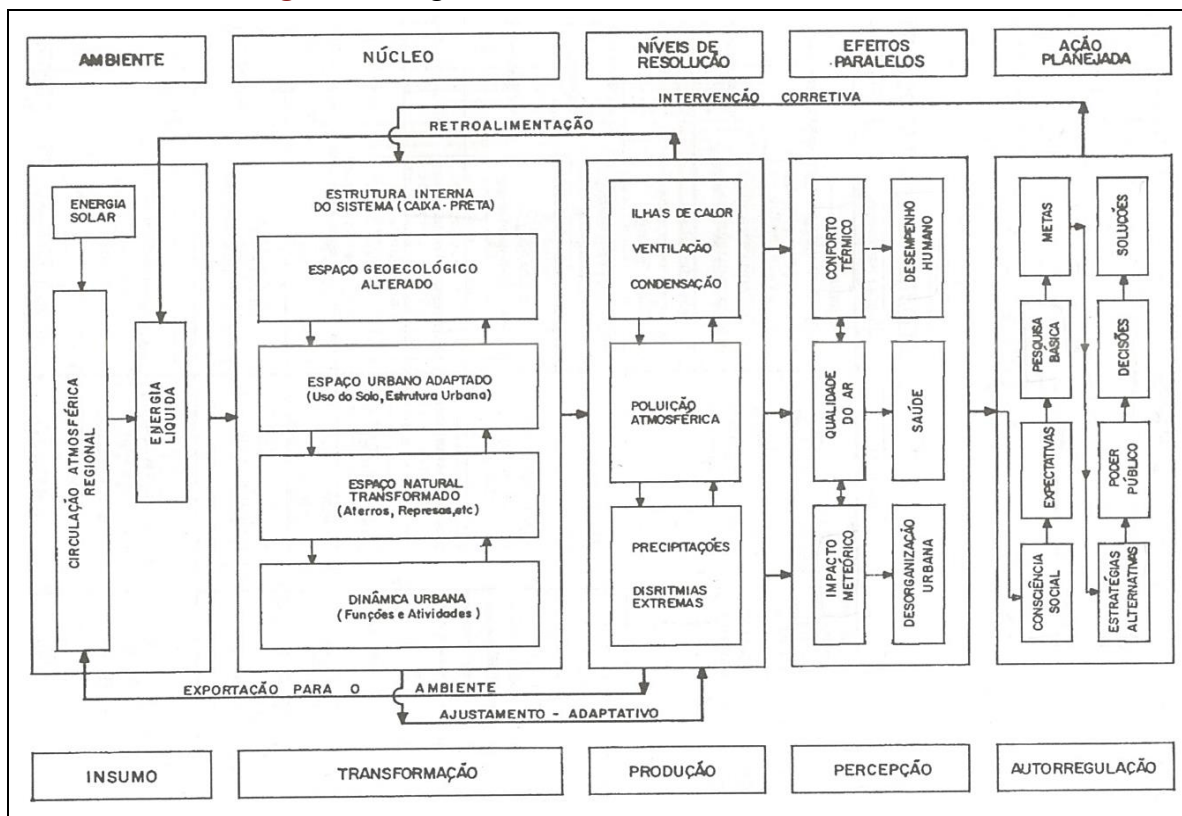
O diagrama básico do SCU (Figura 1) elaborado por Monteiro (1976) na década de 1970 ilustra a articulação dos componentes do sistema. Lido da esquerda para direita, as caracterizações indicadas nos blocos horizontais na parte superior e inferior situam as escalas hierárquicas e a relação dinâmica entre os conjuntos de elementos e fluxos transformadores do sistema. Os insumos vindos do ambiente, ou de uma rede de processos de retroalimentação, interagem com o núcleo do sistema, identificado como o espaço urbano alterado. O espaço urbano irá processar os insumos na medida em que inter-relações entre os elementos em seu interior ocorrem — no interior da ‘caixa-preta’. É da complexidade de arranjos do espaço urbano que resultará os produtos do clima urbano. E a partir disso, os efeitos do clima urbano se tornam perceptivos, e atribui-se à ação social a capacidade de autorregulação do sistema.

De modo sistêmico, os efeitos ou produtos de resolução do clima urbano, como ilhas de calor atmosféricas, poluição no ar, eventos de precipitação, irão ocorrer na

¹ BERTALANFFY, K. L. **Teoria Geral dos Sistemas**. Petrópolis: Vozes Ltda, 1973.

atmosfera sobre a cidade. A investigação do SCU ocorre de modo complexo, pois depende da análise do conjunto de formas de organização do clima urbano e seus componentes. Como artifício de análise, Monteiro (1976) estabelece graus de hierarquia funcional no arranjo sistêmico, baseados na percepção humana dos produtos gerados, que agrupam grandes conjuntos de elementos e fenômenos climáticos. Agrupam três níveis de resolução do funcionamento do sistema os canais de percepção ou subsistemas: termodinâmico, físico-químico e hidrodinâmico. Os canais de percepção são descritos pelas diferentes resoluções geradas no funcionamento do sistema, oriundas da articulação de suas partes com os insumos (matéria e energia) e outras caracterizações funcionais de resposta ligadas ao trato ou fluxo interno do sistema.

Figura 1 - Diagrama básico do Sistema Clima Urbano.

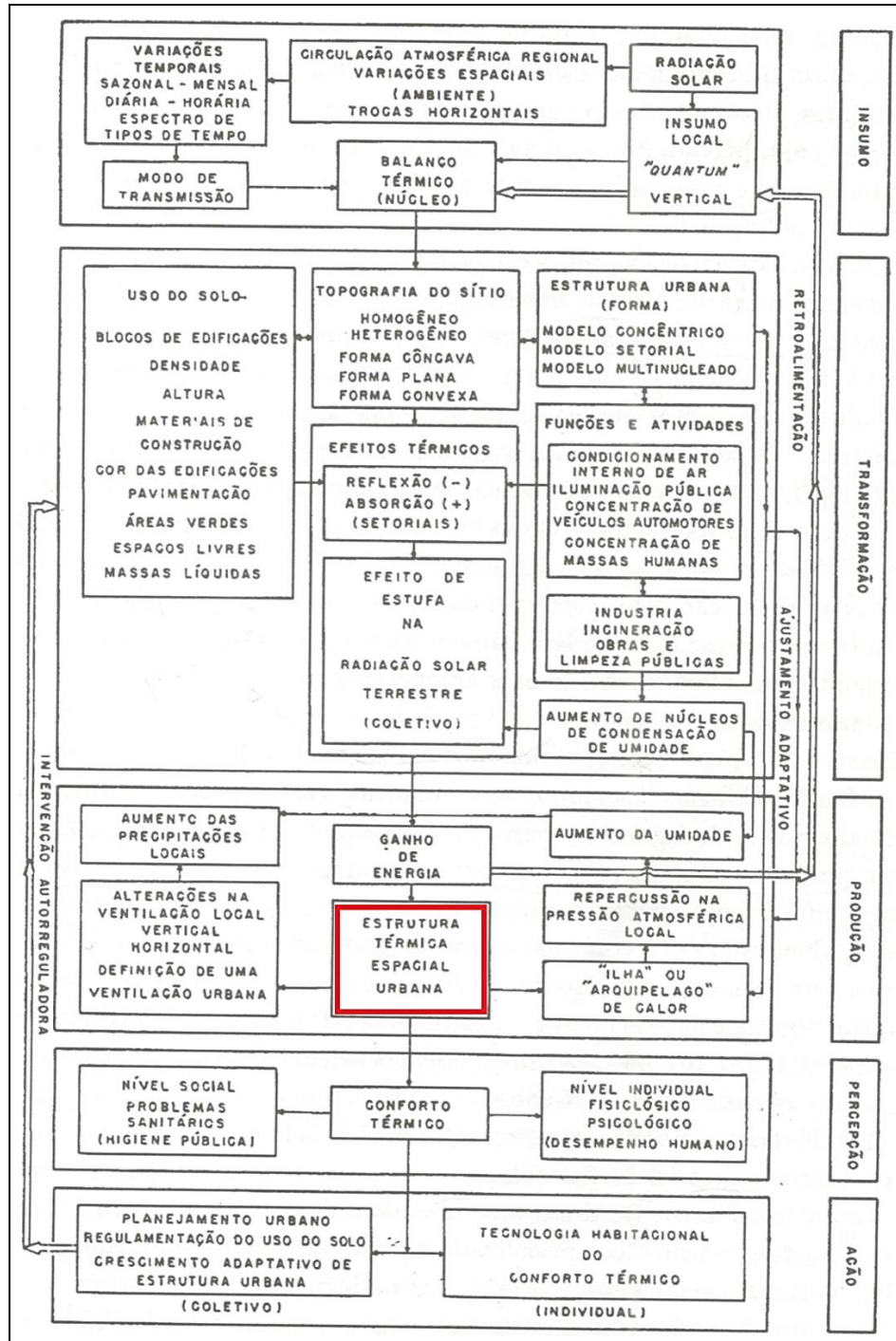


Fonte: adaptado de Mendonça; Monteiro (2013, p. 45).

No SCU, os efeitos termodinâmicos que ocorrem na atmosfera da cidade são agrupados no subsistema termodinâmico (Figura 2). Este subsistema tem como produto a estrutura térmica espacial urbana. Na obra *Teoria e clima urbano* (MONTEIRO, 1976) não há

referência direta de um conceito para a estrutura térmica espacial, mas verifica-se sua condição *per se* em passagens do texto, quadros sínteses e em exemplos práticos.

Figura 2 - Diagrama do subsistema termodinâmico do Sistema Clima Urbano.



Fonte: adaptado de Mendonça; Monteiro (2013, p. 47).

Como pode ser observado na Figura 2, a estrutura térmica espacial urbana tem destaque como produto central gerado diretamente pelo ganho de energia no núcleo de transformação do SCU. A percepção de conforto térmico advém diretamente da estrutura térmica urbana e seus efeitos climáticos gerados. Estudos práticos que se utilizaram da teoria do SCU confirmam a termodinâmica deste processo e dos efeitos do clima urbano (AMORIM, 2013; 2019; MENDONÇA; MONTEIRO, 2013; MONTEIRO, 2015).

A estrutura térmica espacial se difere de episódios de manifestação do fenômeno de ilhas de calor. Conforme ilustrado no diagrama do subsistema termodinâmico (Figura 2), as ilhas de calor são subprodutos da estrutura térmica. Ilha de calor é um conceito bem detalhado na literatura (AMORIM, 2019; GARTLAND, 2010; OKE *et al.*, 2017), e antecede o trabalho de Monteiro (1976); baseia-se em essência pelo contraste térmico estabelecido e mensurado entre áreas urbanizadas e o entorno rural, ou áreas intraurbanas. Sua essência certamente influenciou a base teórica-metodológica de Monteiro (1976) para pensar o campo térmico das cidades.

Da mesma forma, a estrutura térmica espacial também se difere da ideia de 'campo térmico' (SEZERINO; MONTEIRO, 1990). Este termo demonstra e nomeia uma representação de condições de temperatura especializadas num dado tempo sobre uma área de análise. O termo 'campo' se assemelha como sinônimo de 'estado' ou 'plano'. E como representação de uma espacialização de condições térmicas, a estrutura térmica espacial se difere de uma classificação de superfície, como a concepção de Zonas Climáticas Locais (STEWART; OKE, 2012), Mapa Climático Urbano (FIALHO; FERNANDES; CORREA, 2019), ou Unidades Climáticas Urbanas (TARIFA; ARMANI, 2000).

Identifica-se no clima urbano problemas relacionados a esta estrutura térmica, que dizem respeito ao desconforto térmico produzido artificialmente (MONTEIRO, 1976; OKE *et al.*, 2017). O ganho de energia desencadeia efeitos do clima na escala local, como ilhas de calor, alterações na composição físico-química da atmosfera, no campo hidrometeorológico, variações de pressão do ar ou de fluxos de calor. Monteiro (1976, p. 125) chama atenção à estes efeitos, apontando a dificuldade em dissociá-los de outros canais de percepção em análise e na percepção física, constatando que, “[...] não há meio de desvincular a produção meteorológica do comportamento e da composição atmosférica, não se poderá considerar que a qualidade e as inundações do espaço urbano estejam desligadas do conforto”.

A estrutura térmica espacial urbana é um elemento passível de análise. Suas características estão diretamente relacionadas a efeitos térmicos que ocorrem na cidade, e que podem comprometer bases do ambiente, do viver e do planejamento urbano. Uma conceituação objetiva do termo se faz necessária para universalização do conhecimento e uso da teoria na prática. Os efeitos térmicos analisados em vasta bibliografia sobre clima urbano, como ilhas de calor, se enquadram no grau de hierarquia e resolução do SCU, constituindo necessariamente produtos de uma estrutura térmica espacial estabelecida. Deste modo, este artigo teve como objetivo analisar o conceito de estrutura térmica espacial urbana na obra *Teoria e Clima Urbano* (Monteiro, 1976).

2. MATERIAL E MÉTODOS

Se analisou em detalhe a obra *Teoria e clima urbano* de Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro (1976), buscando uma definição para o conceito de estrutura térmica espacial urbana. Para isso, foi realizada uma pesquisa exploratória de levantamento bibliográfico na obra (PRODANOV; FREITAS, 2013), levando em consideração as bases teórico-metodológicas discutidas por Monteiro na definição do SCU, conectadas a trechos do texto que mencionam o termo ‘estrutura térmica espacial urbana’ e variações deste.

Em uma versão digitalizada da obra, foram utilizados recursos de busca inteligente por palavras-chave no *software* de leitura de texto Adobe Acrobat XI, versão 11.0.20. O termo ‘estrutura térmica espacial urbana’ e suas decomposições, ‘estrutura térmica espacial’, ‘estrutura térmica’, e ‘estrutura’ são palavras inquiridas e mapeadas para o delineamento de trechos na obra que se identificou fazer referência a concepção do conceito e seu significado. Estes trechos, além suas relações com todo restante da obra, são interpretados e discutidos como resultados.

É apresentado e discutido o que se identificou como as bases teórico-metodológicas que poderiam levar à compreensão do conceito na obra de Monteiro. E sugere-se uma conceituação para a estrutura térmica espacial urbana analisando a interpretação de Monteiro em conjunto de aspectos termodinâmicos do clima urbano visto em bibliografias sobre o assunto (FIALHO; FERNANDES; CORREA, 2019; OKE *et al.*, 2017).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. O caminho para o conceito

A obra *Teoria e clima urbano* de Monteiro (1976) apresenta uma densa revisão teórica em seus dois primeiros capítulos. Seus demais capítulos discorrem mais diretamente sobre os caminhos da proposta teórico-metodológica do SCU. A obra é entendida aqui como uma referência fundamental aos estudos do clima urbano, contudo ela não apresenta uma conceituação direta para o termo ‘estrutura térmica espacial urbana’. A presença mais marcante do termo é no diagrama do subsistema termodinâmico (Figura 2); além disso, é citado indiretamente poucas vezes por toda obra; aparece no diagrama do subsistema físico-químico; e é mencionado em alguns exemplos práticos.

Consultando a versão digitalizada da obra, através da busca automática pela palavra ‘estrutura’, ficou aparente na revisão teórica do livro indicativos de uma possível origem do termo. Esta origem se relaciona a quase todo o conteúdo desenvolvido nos capítulos iniciais da tese, pensando a ‘estrutura’ espacial de fenômenos numa abordagem sistêmica.

Em sua revisão teórica, Monteiro (1976) expressa questões de sua carreira, pressupostos filosóficos, epistemológicos e questões diretamente relacionadas à Climatologia e a Geografia. Sua definição para estrutura — que representa elementos espacializados, como será visto mais à frente — tem influência pela crítica à descrição de padrões universais da corrente epistemológica teorética-quantitativa da Geografia, e pelo uso da teoria e formas de organização e modelos da TGS.

Monteiro (1976) se preocupa em apresentar e requerer do leitor uma visão geográfica que tenha consciência do papel da humanidade sobre o destino do planeta. Há uma preocupação em se fazer uma ciência prática e responsável pelo conhecimento gerado, e que sirva a vida em sociedade. Seus questionamentos advêm de sua época presente no momento da produção da obra, na década de 1970, influenciado pelas discussões de paradigmas epistemológicos da Geografia que vinham ocorrendo desde as décadas de 1950 e 1960. Estas discussões envolvem os temas: da geografia regional *versus* a *new geography* (MOREIRA, 2010); do positivismo *versus* a crítica (HARVEY, 1969² apud MONTEIRO, 1976); da

² HARVEY, D. **Explanation in Geography**. Londres: Edward Arnold Publishers Ltd., 1969.

TGS; sua descoberta pessoal de Max Sorre³; a meteorologia *versus* a climatologia; Geografia Humana *versus* Geografia Física. Estes temas embasam a proposição de estudo do clima urbano pelo SCU de Monteiro (1976), e isto recai sobre os conceitos, características teórico-metodológicas e categorias de análise utilizadas.

Os trabalhos gráficos e cartográficos de Monteiro são expressivos em toda sua bibliografia (MONTEIRO, 2015; SANT'ANNA NETO, 2001). A representação de dados é também uma questão abordada em sua revisão teórica, em especial a cartografia e os dados espaciais. Monteiro preza por uma dosagem equilibrada entre as diferenças teórico-metodológicas empregadas na geografia regional *versus* a nova geografia. Apresenta a dicotomia entre ambas, de suas práticas, respectivamente, de “explicação funcional orgânica” e uma “simples descrição geométrica das estruturas formais” (MONTEIRO, 1976, p. 80). A explicação funcional orgânica se relaciona a análise da paisagem da geografia regional de modo idiográfico. As estruturas formais representam a interpretação dos dados espaciais da realidade pela geométrica de padrões universais positivista.

Compreende-se a postura de dosagem de Monteiro, uma vez que em seu contexto histórico, ele se apropriou das construções de perspectivas teóricas anteriores, contudo não se limitando a elas, fazendo uma crítica. Nesse sentido, também se reforça a riqueza de sua obra, uma vez que buscou avanços teóricos capazes de superar as limitações impostas pelo método positivista ou neopositivista à leitura geográfica do espaço.

A crítica feita à *new geography* é sobre sua obsessão com apenas a revelação de estruturas espaciais e suas universalidades (MONTEIRO, 1976). Monteiro exemplifica trazendo a dicotomia meteorologia *versus* climatologia. Observa-se na primeira a replicação de métodos e lógicas para ambientes distintos, seguindo uma replicação de técnicas que não se adaptam ao espaço geográfico analisado, cujo fim é produzir o padrão formal. Trata-se de uma generalização e tipologia, não levando em conta especificidades locais.

Ainda assim, porém, Monteiro (1976) apresenta a integração entre os campos científicos, e traz exemplos de diversas áreas, como economia, urbanismo, planejamento, ambientalismo, para o aprofundamento teórico de sua proposição. Sua preocupação com o papel do processo decisório, visto na organização do espaço em aspectos econômicos,

³ SORRE, M. **Les fondements de la géographie humaine**. Primeiro tomo: Les fondements biologiques (Essai d'une écologie de l'homme). Paris: Armand Colin. 3. ed. 1943.

políticos e sociais, é também sistêmico, em razão de sua preocupação com aspectos ambientais, que envolvem aspectos climáticos. Absorve muito do urbanismo, atento a lógica e as amplas possibilidades de verificação empírica de seus métodos.

Monteiro (1976) vê na TGS um papel de conciliação entre as dicotomias epistemológicas. Sua preocupação é com a representação dos objetos de análise e sua finalidade. Na análise do espaço geográfico como um sistema, verifica ser possível analisar aspectos ou elementos de sua constituição, as partes do todo, a fim de compreender as relações e processos que ocorrem entre eles. Para estudos de maior escala de detalhe, como do clima urbano, afirma que: “o problema do fracionamento das partes de um todo sistêmico é secundário, pois o que importa são as relações entre elas, liames esses que conduzem à organização funcional” (MONTEIRO, 1976, p. 104). Isto representa as partes no núcleo de estruturação do SCU, que compõem a cidade e sua atmosfera modificada.

Sua noção de estrutura vem do uso da TSG para o estudo do clima urbano. Sistemas e modelos estão no cerne de toda sua proposta teórico-metodológica. Com isto, também, resolve o equilíbrio do tratamento dicotômico das correntes de pensamento da Geografia:

[...] o ponto crucial do problema é exatamente uma dosagem equilibrada entre a explicação funcional orgânica e a simples descrição geométrica das estruturas formais. É a harmonia entre a qualidade imprescindível ao primeiro e a quantidade necessária à segunda. Se os resultados finais da análise daquela desembocam, fatalmente, no individual e os da segunda facilitam o encontro das regularidades ou universalidades, os dois resultados têm que ser solidários. E essa solidariedade tem que ser considerada tanto na maneira de revelá-la (método) quanto nos fins a que se destina (aplicação prática). O conhecimento do processo e da compreensão orgânica parece-me o fundamental para a intervenção e o ajustamento dos sistemas geográficos.

A preocupação obsessiva apenas com a revelação das estruturas espaciais e suas universalidades pode cristalizar idéias [sic] que não tenham foros de utilidade prática para que, através de suas decisões, o homem utilize-as no melhor sentido

[...] Ao fazer convergir para a cidade um dos temas centrais do meu programa, a pesquisa relativa à qualidade ambiente, a preocupação que me assalta é exatamente o equilíbrio do tratamento causal ao estrutural (MONTEIRO, 1976, p. 80-81).

Este equilíbrio entre o tratamento causal e estrutural advém da crítica da dualidade entre a Geografia tradicional e a Quantitativa, e seus métodos e aplicações práticas. Monteiro defende o conhecimento dos processos dos sistemas geográficos e uma compreensão orgânica para a intervenção e ajustamento.

Em outra passagem, verifica-se o uso dos termos ‘estrutura térmica’ e ‘estrutura do clima urbano’ com um uso prático, fazendo menção à noção de um estado espacial qualificado do clima urbano que as cidades de São Paulo e Londres possam ter em comum:

Certamente, espera-se que as metrópoles brasileiras, como as de todo o mundo, revelem, por exemplo, a ilha de calor, um dos fatos já legalizados no estudo do clima da cidade. Pouco me alegraria (ou adiantaria) constatar que a estrutura espacial revelada pelo clima urbano de São Paulo tem o mesmo padrão do de Londres. Enquanto para a metrópole inglesa esse fato tem um sentido positivo do ponto de vista do conforto térmico (refletindo-se sensivelmente nos gastos de energia para o aquecimento interno, no inverno), para a metrópole brasileira representa sério inconveniente e resultados bem opostos no verão.

Que indicações úteis poderá fornecer um geógrafo brasileiro empenhado na análise climática de nossos centros urbanos aos urbanistas e arquitetos nacionais, baseadas apenas nos padrões universais de estrutura do clima urbano, eliminando as informações qualitativas que só podem emergir da análise causal do processo?

A meu ver, a preocupação sistemática e obsessiva em substituir o idiográfico pelo nomotético é não só absurda como extremamente prejudicial à organização racional dos espaços geográficos pela ação do homem; absurda porque as duas noções não devem ser tomadas em termos de oposição, mas de conjunção; nociva porque destituída de utilidade prática (MONTEIRO, 1976, p. 81).

Seu destaque na comparação entre São Paulo e Londres indica que mesmo verificando padrões espaciais do clima urbano semelhantes entre estas cidades, outras características do contexto geográfico em que inserem, numa escala de detalhe regional além da cidade, implicam na condição climática real das localidades. Um tratamento mais próximo da realidade local, com outras metodologias e técnicas de análise, revelaria detalhes mais significativos à pesquisa e a ação sobre o clima urbano. A estrutura espacial ali tem um papel de parte deste processo, como objeto de análise reconhecível.

Fica claro na segunda menção da citação, a noção de ‘padrões universais de estrutura do clima urbano’, implicar o estrutural (nomotético) em contraste ao causal (idiográfico). As cidades reproduzem padrões espaciais similares, por exemplo, tratando de sua morfologia (STEWART; OKE, 2012), modelo de centro-periferia (SPOSITO, 1991), ou diretamente padrões climáticos, centros urbanos mais aquecidos (OKE *et al.*, 2017), e há diversificações entre os padrões gerais e elementos específicos locais. A análise da manifestação da estrutura térmica irá conferir o universal — fato urbano ou climático — sobre o singular — da especificidade local a qual cada cidade estabelece.

3.2. O conceito

Após analisar a obra de Monteiro (1976), sugere-se que o conceito de estrutura térmica espacial urbana possa ser definido como uma unidade teórica que representa o conjunto de efeitos térmicos espaciais que ocorrem no espaço urbano. A estrutura pode variar qualitativamente em sua condição ou característica, conforme os elementos que compõem a cidade e os efeitos térmicos que ocorrem são distintos em sua natureza.

Diferente de ter uma medida quantitativa, como fluxos de calor ou nível de temperatura, a estrutura térmica pode ser descrita qualitativamente. A análise do espaço urbano e seu conjunto de elementos atrelada a uma teoria de representação climática destes, pode servir para descrever a estrutura térmica espacial. É o que ocorre, por exemplo na concepção de Zonas Climáticas Locais (STEWART; OKE, 2012), na descrição do Mapa Climático Urbano (FIALHO; FERNANDES; CORREA, 2019) ou de Unidades Climáticas Urbanas (TARIFA; ARMANI, 2000). É de conhecimento destas e outras concepções que o arranjo de elementos do espaço urbano provoca alterações no clima urbano local. Isto dá indício de características de uma estrutura térmica a ser analisada. Que possa ser revelado como os elementos térmicos, temperatura do ar ou da superfície, irão se manifestar espacialmente, seja horizontalmente, verticalmente, ou em diferentes dimensões e escalas que se atrelem ao ambiente urbano. O que indica neste caminho a forma de uma estrutura é a representação do espaço urbano em classificações de tipos de superfície, não diretamente graus de temperatura do ar ou superfície, mas que influenciam em sua variação.

Já o caminho inverso, mostrando magnitudes de temperaturas que indiquem uma estrutura, a análise de efeitos térmicos do clima urbano, derivados da condição ou características da organização do espaço urbano e seu conjunto de elementos, pode também servir para descrever a estrutura térmica espacial. O caso mais comum é o de estudos práticos que tomam medidas de temperatura na atmosfera ou superfície (OKE *et al.*, 2017). Os dados quantitativos são interpretados em sua ligação com o fato urbano. Essa relação pode ser descrita qualitativamente, visto a relação sistêmica dos objetos em análise.

Isto não exclui, contudo, uma análise quantitativa comparativa no interior de uma mesma estrutura térmica; uma comparação ou quantificação de seus elementos e características. E também, de uma estrutura em relação a outras, visto que os elementos do espaço urbano e os efeitos do clima são quantificáveis e representam produtos de causa e

efeito. É o que se deduz da organização do diagrama do subsistema termodinâmico (Figura 2). Descreve-se que para efeitos do clima urbano a estrutura térmica espacial deriva alterações na ventilação local e o efeito de ilhas de calor. Ambos efeitos geram outras repercussões, que as acompanham, e assim se processa o sistema. É o que se verifica, por exemplo, na comparação de uma estrutura térmica de São Paulo e Londres.

E para a descrição da própria estrutura térmica espacial, sugere-se seu atrelamento a uma setorização indicativa das áreas que produzam efeitos do clima urbano, como por exemplo: indicação e descrição de toponímias ou tipos morfológicos urbanos, centro da cidade, bairro periférico, área comercial. É o que fazem produtos cartográficos de síntese, como, por exemplo, as Zonas Climáticas Locais (STEWART; OKE, 2012). Destaca-se somente que há a necessidade de a informação espacial representada estar atrelada a uma realidade empírica do fato climático ou ambiental. É o que se retoma do próprio Monteiro (1976), em sua preocupação com a análise e as dicotomias entre o fazer geográfico do clima, se opondo a explicação funcional orgânica e a simples descrição geométrica das estruturas formais.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O termo ‘estrutura térmica espacial urbana’ surge no trabalho de Monteiro (1976), que desenvolve a proposta teórico-metodológica do SCU. Se verificou que sua crítica à dicotomia entre geografia regional e a *new geography*, e o uso da teoria e formas de organização e modelos da TGS, dá indícios da definição da estrutura térmica.

Fazendo esta análise da obra de Monteiro (1976), se sugere que a estrutura térmica espacial urbana pode ser definida como uma unidade teórica que representa o conjunto de efeitos térmicos que ocorrem no espaço urbano. Ela pode ser representada pela descrição da organização dos elementos do espaço urbano ou a partir da análise dos efeitos do clima urbano, ambos atrelados a bases concretas da realidade urbana a ser analisada.

Servindo de exemplo pela inquietação de Monteiro (1976), apontada em várias passagens de sua obra, a representação dos aspectos geográficos de uma dada localidade deve ser levada muito a sério, visto a importância do papel da humanidade sobre o destino do planeta e a necessidade de geração de uma ciência prática e responsável a serviço da vida em sociedade.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Revista Brasileira de Climatologia por compor a Seção Temática: Prêmio ABCLima “Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro” - Edição 2021. Este artigo foi elaborado como um aprofundamento teórico da discussão sobre o tema desenvolvida na dissertação de mestrado⁴ agraciada com Menção Honrosa na premiação, realizada no XIV Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica (SBCG).

REFERÊNCIAS

- AMORIM, M. C. C. T. Clima urbano: estrutura térmica e ilhas de calor. *In*: AMORIM, M. C. C. T. SANT’ANNA NETO, J. L.; MONTEIRO, A. (orgs). **Climatologia urbana e regional: questões teóricas e estudo de caso**. São Paulo: Outras Expressões, 2013, p. 191-220.
- AMORIM, M. C. C. T. Ilhas de calor urbanas: métodos e técnicas de análise. *In*: **Revista Brasileira de Climatologia**, v. Esp., 2019, p. 22-46.
- FIALHO, E. S.; FERNANDES, L. A.; CORREA, W. S. C. Climatologia urbana: conceitos, metodologias e técnicas. *In*: **Revista Brasileira de Climatologia**, v. Esp., 2019, p. 47-85.
- GARTLAND, L. **Ilhas de calor: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas**. São Paulo: Oficina de textos, 2010.
- MENDONÇA, F.; MONTEIRO, C. A. F. (orgs.). **Clima Urbano**. São Paulo: Contexto, 2. ed., 1. reimpr., 2013.
- MONTEIRO, C. A. F. **Teoria e clima urbano**. 1976. Tese (Livre-docência) – Universidade de São Paulo, USP, São Paulo, 1976.
- MONTEIRO, C. A. F. (org.). **A Construção da Climatologia Geográfica no Brasil**. Campinas: Alínea, 2015.
- MOREIRA, R. **O que é geografia**. São Paulo: Brasiliense, 2. ed., 2010.
- OKE, T. R.; MILLS, G.; CHRISTEN, A.; VOOGT, J. A. **Urban Climates**. Cambridge University Press, 1. ed., 2017.
- PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. D. **Metodologia do trabalho científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico**. Novo Hamburgo: Universidade Feevale, 2. ed., 2013.

⁴ FERREIRA, H. V. L. **A organização do espaço urbano e a estrutura térmica da cidade de Cuiabá-MT**. 2019. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2019.

SANT'ANNA NETO, J. L. **História da Climatologia no Brasil: gênese, paradigmas e a construção de uma Geografia do Clima**. 2001. Tese (Livre-docência) – Universidade Estadual Paulista, UNESP, Presidente Prudente, 2001.

SEZERINO, M. L.; MONTEIRO, C. A. F. O campo térmico na cidade de Florianópolis: primeiros experimentos. *In: Revista Geosul*, Florianópolis, v. 5, n. 9, 1990, p. 20-60.

SPOSITO, M. E. B. O centro e as formas de centralidade urbana. *In: Revista de Geografia*, UNESP, n. 10, 1991, p. 01-18.

STEWART, I. D.; OKE, T. R. Local Climate Zones for Urban Temperature Studies. *In: Bulletin of the American Meteorological Society*, v. 93, n. 12, 2012.

TARIFA, J. R.; ARMANI, G. **Unidades climáticas urbanas da Cidade de São Paulo**. Atlas Ambiental do Município de São Paulo, Fase I. São Paulo: Secretaria do Verde e do Meio Ambiente – SVMA/PMSP/Secretaria de Planejamento – SEMPLA/PMSP, 2000.