

ASPECTOS CONSIDERADOS NO ESTUDO DO SISTEMA DE CLIMA URBANO E SEUS SUBSISTEMAS: FÍSICO-QUÍMICO, TERMODINÂMICO E HIDROMETEÓRICO

Jandes José de Sousa*

Resumo

O trabalho trata de levantamento bibliográfico sobre o tema Sistema de Clima Urbano – SCU, com o objetivo de analisar aspectos considerados relevantes e estudados no SCU, os seus subsistemas: Físico-Químico, Termodinâmico e Hidrometeórico. Esses são determinantes para qualidade e precisão nos estudos do SCU, associando aos fatores e elementos climáticos, faixas do planeta terra, ideal para o estudo de cada subsistema, tornando-o útil para compreender os climas urbanos e a dinâmica climática nas áreas urbanizadas.

Palavras-chave: Clima; Clima Urbano; Subsistemas; Físico-Químico; Termodinâmico; Hidrometeórico.

Abstract

The present work is a bibliographic survey about the topic Urban Weather system - UWS, as the purpose of the analysis of the aspects studied in UWS considered relevant, its subsystems: physical-chemical, Thermodynamic and Hydrometeorological. It's determinants for quality and accuracy in UWS studies, associating factors and climatic elements, tracks of planet Earth ideal for the study of each subsystem, making it useful for understanding the urban climates and climate dynamics in urbanized areas.

Keywords: Climate; Urban Climate; Subsystems; Physical-Chemical; Thermodynamic; Hydrometeorological.

* Acadêmico do curso de Licenciatura Plena em Geografia da Universidade Federal do Piauí – Centro de Educação Aberta e a Distância – UAB/CEAD/UFPI/EaD. Correio eletrônico: jandesjose@hotmail.com

Introdução

O clima é um dos principais agentes em vários processos existentes no planeta Terra, tem interferência nos processos geomorfológicos, na formação dos solos, no crescimento e desenvolvimento das plantas, também proporciona diversas potencialidades aos grupos sociais. Essas potencialidades referem-se às atividades realizadas que buscam a reprodução desses grupos, como indústria, agricultura, comércio e serviços (AYOADE, 1986). O clima é considerado tanto em uma perspectiva positiva como negativa. Ele tem efeito nas atividades dos seres humanos, em relação à facilidade ou à dificuldade de realização de determinadas atividades, como na agricultura, na comunicação, nos transportes, na habitação e, também, no que se refere à saúde dos grupos sociais.

O clima urbano é um “sistema que abrange o clima de um determinado lugar no espaço terrestre e sua urbanização” (MONTEIRO *et al.*, 1976, p. 95). Esse conceito apresenta duas noções importantes. Primeiro, o clima urbano é tido como sistema e formado pela interligação de elementos interdependentes que se desenvolve sobre um espaço geográfico urbanizado. Segundo, não há graus de urbanização e de características geoecológicas para determinar singularidades ao clima.

A crescente degradação do ambiente urbano, devido à intensa urbanização, despertou interesse pelos estudos de impactos no ambiente, especialmente com relação ao clima em escala local. Internacionalmente, foram criadas metodologias nesta linha de estudo, a urbanização altera as características da atmosfera em determinado local. O planejamento urbano é o fator chave para reduzir os impactos e potencializar os aspectos positivos das alterações climáticas urbanas. A abordagem proposta por Monteiro (1976) traz essa perspectiva, quando propõe o Sistema de Clima Urbano, a partir do estudo das três áreas de aplicação dos estudos do clima na cidade, tratadas dentro de uma abordagem sistêmica: o Subsistema Termodinâmico, o Físico-Químico e o Hidrometeorológico.

1. O Sistema de Clima Urbano (SCU)

O SCU é do tipo aberto, sendo as ilhas de calor e poluição as maiores manifestações das transformações que ocorre no interior do sistema-produto. O SCU importa energia através do seu ambiente, é sede de uma sucessão de eventos que articulam diferenças de estados, mudanças e transformação internas, a ponto de gerar produtos que se incorporam ao núcleo e/ou são exportados para o ambiente, configurando-se como um todo de organização complexa que se pode enquadrar na categoria dos sistemas abertos. A entrada de energia no SCU é de natureza térmica oriundas da fonte primária, ou seja, o sol. Neste sentido, dentro de uma esfera regional, o local materializado no espaço urbano, possui um papel mais eficiente na reflexão, absorção e armazenamento térmico, proporcionando singularidades no clima.

Segundo Mendonça (1994 *apud* Pinheiro, 2012, p. 25), “o Sistema Clima Urbano é uma proposição de abordagem geográfica do clima e da cidade, ou seja, envolve tanto os elementos de ordem meteorológica da atmosfera quanto os elementos da paisagem urbana em sua dinâmica”.

A metodologia do SCU se projeta sobre a cidade e seus problemas, levando como premissa os três elementos que fundamentam a climatologia em geral, sendo eles temperatura, umidade e pressão atmosférica. Apresenta também ousadia, no sentido de inovação, pois coloca uma tentativa de estudo do clima urbano com a conduta de investigação que enxerga o homem e a natureza agindo em coparticipação e não com um antagonismo entre os mesmos. De acordo com Andrade (2005), a qualidade de vida é um conceito central no planejamento urbano, sendo que o clima urbano deve ser considerado enquanto componente de qualidade do ambiente e, portanto, de contribuição para a qualidade de vida no meio urbano. Ainda enfatiza que o clima urbano pode afetar diretamente a saúde e bem-estar humano, sendo possível distinguir, nessa influência, diferentes fatores, entre ele o conforto térmico.

Há três canais de percepção do clima pelos seres humanos, ou seja,

conforto térmico, qualidade do ar e meteoros de impacto. Nas palavras de Monteiro (1976, p. 100):

Conforto térmico – englobando as componentes termodinâmicas que, em suas relações, se expressam através do calor, ventilação e umidade nos referenciais básicos a esta noção. É um filtro perceptivo bastante significativo, pois afeta a todos permanentemente. Constitui, seja na climatologia médica, seja na tecnologia habitacional, assunto de investigação de importância crescente. Qualidade do ar – a poluição é um dos males do século, e talvez aquele que, por seus efeitos mais dramáticos, atraia mais atenção. Associada às outras formas de poluição (água, solo etc.), a do ar é uma das mais decisivas na qualidade ambiente urbana. Meteoros de impacto – Aqui estão agrupadas todas aquelas formas meteóricas, hídricas (chuva, neve, nevoeiro), mecânicas (tornados) e elétricas (tempestades), que assumindo, eventualmente, manifestações de intensidade são capazes de causar impactos na vida da cidade, perturbando-o ou desorganizando-o a circulação e os serviços.

2. Principais aspectos sobre os subsistemas: termodinâmico, físico-químico e hidrometeórico

As interações entre a atmosfera urbana e a cidade passaram a ser trabalhados de uma forma mais integradora, a partir de três subsistemas: Termodinâmico, Físico-Químico e Hidrometeórico, que tratam, de acordo com os canais de percepção humana do conforto térmico, da qualidade do ar e do impacto meteórico, respectivamente. As ilhas térmicas urbanas (calor e frescor/frio), a ventilação, o conforto e o desconforto térmico, e o aumento das precipitações, entre outros fenômenos, constituem-se objeto de estudo do Subsistema Termodinâmico. A poluição do ar, as chuvas ácidas, dinâmica dos ventos quanto à dispersão e concentração de poluentes, visibilidade, do Subsistema Físico-Químico. E o impacto das precipitações nas cidades, como os processos de inundações urbanas, impermeabilidade/pavimentação, deslizamentos, do Subsistema Hidrometeórico. O Sistema Clima Urbano possui uma resultante que pressupõe desses elementos que caracterizam a participação urbana no desenvolvimento do sistema. Observada a devida complexidade de se analisar estes elementos, faz-se imprescindível uma

simplificação classificatória que foi expressa nos canais de percepção humana. A poluição atmosférica, as ilhas de calor e inundações tomam destaque perante os climas urbanos, refletindo suas peculiaridades. A análise é dividida entre os canais de percepção do Conforto Térmico, qualidade do Ar e Meteoros de Impacto, cada um deles ligado a um subsistema do SCU, Termodinâmico, Físico-Químico e Hidrometeorológico, respectivamente.

Segundo Monteiro (1976) o sistema climático urbano pode ser compreendido através de três canais de percepção: o termodinâmico, o hidrometeorológico e físico-químico. Para ele, o subsistema termodinâmico trata do estudo da formação das ilhas de calor e desconforto térmico. O subsistema hidrometeorológico trata dos estudos correlacionados as inundações e enchentes nos centros urbanos e o subsistema físico químico trata dos estudos ligados a poluição do ar nas cidades. Monteiro constrói o Sistema Clima Urbano baseado na Teoria Geral dos Sistemas (TGS), criada por Ludwig Von Bertalanffy, associada ao princípio do holismo – *holon* – de Arthur Koestler.

Seguindo a perspectiva de interseccionalidade entre várias possibilidades de conhecimento em relação a um mesmo fenômeno, e de variações de aplicabilidade da T.G.S., os climatólogos urbanos, na interação com reflexões de urbanistas, integraram a climatologia urbana ao planejamento. Essa integração se fez a partir de três abordagens, que se tornaram tendências das pesquisas em clima urbano (MENDONÇA, 2003), a saber: O *Campo Termo Hidrométrico*, no qual são enfatizados os estudos de ilhas de calor e de frescor urbano, do conforto/desconforto térmico, de inversões térmicas, etc. O *Campo Físico-Químico* ou *Dispersão*, voltado à análise da dinâmica do ar na sua interação com a cidade, destacando a poluição do ar, as chuvas ácidas, a relação entre a estrutura urbana e os ventos, entre outras. O *Campo Hidrometeorológico*, relacionado ao estudo das precipitações urbanas e seus impactos, tais como os processos de inundação das cidades. O canal de percepção do Conforto Térmico, ligado ao subsistema Termodinâmico do SCU, engloba as componentes derivadas do calor e da ventilação e umidade, e afeta a todos constantemente. As pesquisas no campo termodinâmico têm grande crescimento em estudos de Arquitetura e

Urbanismo, posto que se ligam de maneira direta ao estabelecimento do conforto ambiental humano. Um sistema termodinâmico é uma quantidade arbitrária de matéria, cujas propriedades podem ser descritas unicamente e de forma completa, especificando certos parâmetros macroscópicos que podem ser: Temperatura, Pressão, Volume (umidade relativa do ar) e representam propriedades médias do sistema. O canal Qualidade do Ar, ligado ao subsistema Físico-Químico, se expressa pela poluição atmosférica, considerada pelo mesmo autor um dos males do século, mas que tem uma associação muito direta com os distintos tipos de tempo geradores da concentração ou da dispersão da poluição pelo ar. O canal Meteoros de Impacto agrupa as formas meteóricas, hídricas (como chuvas, neves e nevoeiros), mecânicas (como os tornados) e elétricas (tempestades), que têm a possibilidade de, eventualmente, manifestar-se com grande intensidade e resultam em grandes impactos urbanos, causando perturbações e desorganizando a circulação e os serviços urbanos. Nas cidades brasileiras, são constantes os problemas derivados do subsistema hidrometeorológico devido a sua configuração climática e aos problemas de ordem socioambientais existentes.

Considerações finais

O clima é um elemento importantíssimo no cotidiano das sociedades, capaz de alterar o modo de vida nessas sociedades, seu conhecimento daquele torna primordial para o desenvolvimento destas últimas. Conhecer os sistemas de clima urbano (SCU) por meio de seus subsistemas se torna importante para o planejamento de cidades, na busca por soluções viáveis para conseguir adaptação ao progresso, para o conhecimento sobre possíveis conforto e desconforto térmico e possíveis soluções para os impactos que venham a acontecer. O clima urbano é visto como sistema adaptativo, sendo o SCU passível de autorregulação pelo ser humano urbano, por meio do conhecimento da dinâmica do clima das cidades, pode detectar disfunções e

tomar decisões para intervir e adaptar o funcionamento do mesmo. O conhecimento dos subsistemas é de fundamental importância quando se pretende analisar determinado local sobre suas características climáticas e variação, bem como os seus impactos ambientais e sociais.

A maioria dos estudos dos subsistemas se refere ao termodinâmico. Poucos são os que tratam dos subsistemas físico-químico e hidrometeorológico. Esses estudos analisaram grandes cidades e regiões metropolitanas. A elevação do número de trabalhos elaborados no subsistema termodinâmico se deve também, além das características tropicais brasileiras, à maior facilidade técnica/tecnológica de sua elaboração quando comparada aos subsistemas hidrometeorológico e físico-químico. Além disso, se considerada somente a temperatura do ar, problemas como formação de ilhas de calor e frescor urbano, a inversão térmica e as situações de desconforto térmico, é certo que estes se intensificam de maneira proporcional ao aumento da urbanização tropical, que se intensifica de maneira surpreendente desde a década de 1960.

Com relação ao subsistema hidrometeorológico, apesar do número de estudos de caso indicar um arrefecimento, estes estudos não deixam de ser importantes, principalmente nos países localizados nas latitudes dos trópicos. Neste contexto, devem-se considerar os efeitos de chuvas intensas e de inundações associadas, normalmente sazonais, que juntamente com os movimentos da Terra são geradores de impactos que atingem tanto a economia, quanto a vida humana dos ambientes urbanos. No Brasil, nas áreas onde se concentram as maiores densidades populacionais, porção oriental do país (estas em domínio climático tropical úmido), ano a ano as situações de chuvas concentradas que resultam em inundações e deslizamentos de terra se repetem por exemplo. Isso ocorre por conta da dinâmica climática e sua interação com a superfície, que forma uma interação particular e com maior intensidade sazonal, momentos onde os extremos climáticos ocorrem com maior frequência.

Referências bibliográficas

MENDONÇA, F. A.; LIMA, N.; PINHEIRO, G.. Clima Urbano no Brasil: Análise e contribuição da metodologia de Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro. *Revista GeoNorte*, v. 1, p. 626-638, 2012.

NABOZNY, Almir; ORNAT, Marcio José. *Climatologia II*. Ponta Grossa: UEPG/NUTEAD - UaB, 2009.

ROCHA, J. R. R.; MARIANO, Z. F.; FELTRIN, J. C.; SILVA, M. R.. O clima em cidade pequena: o sistema termodinâmico em Jataí (GO). *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 15, p. 205-228, 2014.

SANTOS, Joel Silva; DA SILVA, I. A; ARAÚJO, L. E; VIEIRA M.L.S. Clima Urbano: uma avaliação do Campo térmico urbano o Campus IV da UFPB\Rio Tinto-PB. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 6, n.5, p. 1384-1399, 2013.

ZANELLA, M. E. ; MOURA, M. O. Os estudos de clima urbano no Nordeste do Brasil. In: Charlei Aparecido da Silva; Edson Soares Fialho. (Org.). *Concepções e ensaios da climatologia geográfica*. Dourados: UFGD, 2012. p. 39-60.