

A estrutura e o clima da urbe: uma relação sistêmica

Resumo

Este artigo ambiciona contribuir para discussão teórica sobre a relação íntima entre o clima e a cidade, possibilitando considerar o clima urbano como uma construção social. As estruturas morfológicas urbanas, apesar de criar oportunidade civilizatória, são condicionantes essenciais para gerar eventos climáticos indissociáveis as cidades. Estes eventos podem ser classificados em 3 grupos os Termodinâmicos como a ilha de calor, Hidrodinâmicos como chuvas torrenciais e enchentes, e o Físico-químico com o lançamento de poluentes na atmosfera auxiliando tanto os eventos termodinâmicos quanto as doenças respiratórias. Sendo assim é de grande valia o entendimento deste sistema climático peculiar a fim de conhecer os processos causa-consequência das manifestações ambientais das urbes.

Palavras chave: Clima urbano; Estruturas morfológicas urbanas; eventos climáticos

Abstract

This article aims to contribute to the theoretical discussion of the close relationship between climate and the city, enabling consider the urban climate as a social construction. Urban morphological structures, despite creating opportunity civilization, are essential conditions to generate climatic events inseparable cities. These events can be classified into three groups, such as the thermodynamic heat island, as Hydrodynamic torrential rains and floods, and the Physical-chemical with the release of pollutants into the atmosphere aiding both the thermodynamic events and respiratory diseases. Thus it is valuable to understand this peculiar climate system in order to understand the processes cause and consequence of environmental manifestations of urban life

Keywords: Urban climate; Urban morphology structures; climatic events.

Introdução

Existe desde os primórdios da humanidade uma apropriação da natureza pelos homens e esta apropriação apresenta uma redinamização do ambiente físico. O nível deste desequilíbrio ambiental está intimamente ligado ao comportamento do grupo ali assentado e ao optar por habitar coletivamente, a humanidade facilitou, através da cidade, o acesso à habitação, saúde, alimentação, energia e saneamento. Porém, estas benéficas trazem consequências negativas, sendo a principal delas o impacto ambiental.

O desenvolvimento do sistema econômico culminou na migração em massa no sentido campo-cidade, resultando em processo urbano conturbado socialmente e improvisado espacialmente. Apesar de haver incentivo para este movimento migratório por parte do governo do Brasil a partir da década de 60, o planejamento para essa habitação não conseguiu acompanhar a velocidade da ocupação espontânea.

Este cenário de inchaço urbano criado na maioria das metrópoles brasileiras faz com que a relação da cidade com o sítio (urbano), onde se escolhia os melhores compartimentos para ocupar, ultrapasse seus limites. Sendo assim, a ocupação se dá em todo o território e seus sítios vizinhos gerando, com essa falta de escolha das áreas propícias para ocupação, o aumento do gradiente nos agravos dos impactos ambientais.

Ayoade (1998) afirma que o maior impacto ocasionado pela sociedade sobre o clima acontece nas áreas urbanas, pois as variedades de ambientes urbanos, apesar de apresentarem uma das menores áreas espaciais, proporcionam também diversas variações de condições climáticas (temperatura e umidade do ar). A configuração urbana é ao mesmo tempo potencializadora e transformadora destas condições fazendo-se então necessário identificar estes locais interurbanos modeladores de micro climas.

Temos então dois principais elementos esculpidores do ambiente urbano, que atuam em escalas com pontos de origem contrários, o clima e o homem. O clima é entendido a partir de uma macro escala (dinâmica atmosférica global, continentalidade, ciclo geológico), seguindo para escalas cada vez mais locais (estrutura geomorfológica, topografia, vegetação) e por

sua vez o homem, que desequilibra o sistema climático da micro escala (barragem de circulação de vento, impermeabilização do solo, queimadas) e aumenta seu poder redinamizador (Represamento de grandes rios, supressão de biomas, lançamento em massa de gases poluidores).

O clima urbano é proveniente da modificação substancial do clima local que, em relação às condições climáticas das demais áreas circunvizinhas, apresenta maior quantidade de calor e modificação na composição da atmosfera (TUCCI, 2002 *apud* SANTOS, 2011).

Este artigo visa apontar as principais estruturas morfológicas urbanas, que conectadas ao clima local, dão um *input* de energia em eventos climáticos, originais de cidades, que trazem prejuízos tanto financeiros quanto de qualidade ambiental das principais metrópoles do Brasil.

Estruturas morfológicas das áreas urbanas e a conexão com o clima

Nos centros urbanos, a intervenção do homem sobre a natureza mostra sua face mais cruel, pois neste local a cultura (produção da sociedade) é protagonista na formulação da paisagem. Mas também é neste local que a natureza mostra sua face mais implacável, demonstrando eventualmente sua presença e sua força, alheia a qualquer influência antrópica.

As estruturas urbanas influenciam e até criam aspectos urbano-climáticos peculiares. E apesar de atualmente existir tecnologia, técnicas e consciência ambiental para a produção do urbano mais qualificado ambientalmente, o despreparo do poder público, o arranjo urbano espontâneo e o interesse do capital da construção civil dificultam a reestruturação das cidades para amenizar os ônus gerados pelo clima urbano.

A primeira estrutura que dá impulso ao clima urbano, que é também a característica diferencial das áreas urbanas para as rurais e as naturais, é a impermeabilização de grande parte do solo a partir do asfaltamento e concretagem, e segundo GALVÃO (2010), a variação de vedação entre o centro urbano e áreas residenciais e rurais está entre 50% e 20% respectivamente.

Esta estrutura esta correlacionada a dois comportamentos nocivos para a qualidade do ambiente urbano: 1) A alteração na capacidade de escoamento e drenagem das águas, diminui a quantidade líquida disponível no ambiente que não retém o calor oriundo da radiação solar e é absorvido pelas edificações, também ocasionando enchentes em áreas planas (quando a capacidade de drenagem final é ultrapassada pela quantidade de águas rápidas da drenagem artificial) e deslizamentos em áreas colinosas (acumulo de pontual de água, saturando o solo e remobilizando, com o auxílio da gravidade, o material inconsolidado); 2) A diminuição do albedo, indicador da capacidade que os materiais têm de refletir a radiação solar, faz com que as áreas com asfalto absorvam a radiação eletromagnética solar aumentando gradativamente durante o dia o desconforto térmico.

A segunda estrutura é a retificação de leitos dos rios, desmatamento e ocupação das áreas ribeirinhas e de várzea, conduta considerada efetiva para o poder público, quando se visa o maior aproveitamento do solo passível a ocupação, e esta ação também é peça importante para incremento no agravo do sistema climático urbano.

A retificação dos cursos d'água acelera uma dinâmica já existente, o escoamento fluvial, que com a perda dos meandros (curvatura dos rios) há um aumento de velocidade do fluido no percurso, porém, no trecho final com a captura de toda a água que esta drenagem possui, existe uma tendência de congestionar, principalmente em cidades de baixa altitude como o Recife, que são reguladas pela variação das marés. A capital pernambucana apresenta diversos focos de enchentes quando ocorrem chuvas de médio a grande porte, devido à baixa capacidade de escoar as águas pluviais capturadas dos seus canais e lançar para o mar.

Além do congestionamento no trecho final do escoamento, a retificação de rios e canais auxilia no surgimento de enchentes quando seu projeto (como grande parte dos antigos fazem) desconsidera o terraço fluvial como área natural de transbordamento, e normalmente esses terraços são planejados e impermeabilizados fomentando assim os transtornos de cunho hídrico como pode ser observado nas imagens a seguir.

A Avenida Agamenon Magalhães, situada no centro do Recife, apresentava no passado um canal já retificado, mas com largura superior a atual, evidenciada pela imagem acima, onde o lençol d'água apesar de perene não ocupava a totalidade do canal delimitado. Já a imagem do cenário atual, apontada logo abaixo, indica uma redução na distância entre as margens do canal, apresentando um comportamento perene entre seus limites laterais que oscilam somente na altura d'água.

O desmatamento da vegetação ciliar apesar de ser apresentado como um agravo de alto grau no ambiente quando o foco é a biodiversidade local, já que essa formação é um corredor extremamente importante para o movimento da fauna ao longo da paisagem, assim como para a dispersão vegetal, no sistema climático ele também deve ser evidenciado. Segundo Ferreira e Dias (2004) a eliminação desta vegetação ocasiona tanto em mudanças climáticas locais, quanto em erosão do solo e assoreamento dos cursos d'água, itens fundamentais para o equilíbrio climático regional.

Quando a vegetação ciliar esta localizada em um centro urbano já desenvolvido, sua supressão não acarretará na mudança direta do clima local, ela estará mais voltada para a diminuição do conforto térmico de transeuntes (motorizados ou não) das vias próximas. Também quando é abordado o aumento da erosão e o conseqüente assoreamento, o conforto climático é alterado, pois se ocorrer a extinção do curso d'água, acarretará na diminuição da absorção do calor pela água, sendo esta energia repassada para as áreas vizinhas.

A terceira estrutura é resultado da disposição das edificações e de ruas nas cidades, a ausência de um planejamento integrado facilita a construção de edifícios preocupados apenas com circulação do vento de forma individualizada, esquecendo do complexo urbano já existente na rua e vizinhança da construção, e por vezes a introdução de um novo prédio pode desconfigurar toda a dinâmica eólica local.

Os cinturões de prédios ou *canyons urbanos* é uma unidade que se caracteriza por sua morfologia urbana diferenciada, representa aglomerações de edifícios construídos de forma desordenada sem uma padronização enquanto aos números de andares, estética e questões ambientais (BARROS & LOMBARDO 2012).

Esta configuração implica em dois principais fatores de alteração do clima urbano, apresento aqui dois, pois alguns dos outros fatores já foram citados neste artigo, como impermeabilização do solo e diminuição do albedo.

Um fator é a movimentação da atmosfera (vento) que ocorre devido à diferença de pressão atmosférica, direcionado das áreas de alta pressão para as de baixa pressão e tem um comportamento de mover-se na mesma direção. Entretanto, nas áreas urbanizadas o vento muda de direção e velocidade

repentinamente, devido principalmente a orientação de ruas e altura dos edifícios (VILELA, 2007).

Quanto maior for a rugosidade da mancha urbana, maior será a diminuição da velocidade do vento, ocasionando diversos efeitos aerodinâmicos e comprometendo a capacidade de trocas térmicas por convecção, induzindo um acúmulo de calor principalmente em corredores ou cinturões dos prédios. Trabalhos como Moreira & Galvíncio (2009) e Moreira & Nóbrega (2011) apontam que o Recife sofre deste desconforto térmico e consequente surgimento da ilha de calor, principalmente no corredor de Altos edifícios pós litoral de Boa viagem e no centro urbano, onde há grande dificuldade de circulação de ventos.

O segundo fator foi comprovado por Freitas & Dias (2005), onde afirma que os altos edifícios entre ruas relativamente estreitas aprisionam energia solar devido à múltiplas reflexões dos raios solares, ocasionando aumento de temperatura local.

O raio eletromagnético ao atingir as paredes das edificações é ricocheteado e posteriormente atingi uma segunda construção, que devido ao estreitamento da malha viária fica bastante próxima, assim essa energia não encontra condição para se dissipar.

Apesar de não ser uma “estrutura urbana”, as atividades cotidianas da sociedade no espaço urbano também devem ser indicadas como elementos desestabilizadores do clima urbano. O comportamento dos usuários pode incrementar no aumento da temperatura, a exemplo disso temos o uso exacerbado de veículos leves e pesados, que é a geração direta de calor pelo acúmulo das altas temperaturas dos motores e indireta, pela emissão de diversos compostos tóxicos que impedem as radiações infravermelhas de se dissiparem.

O clima urbano: Fenômenos da “antroposfera”

Embora já exista uma pequena definição de clima urbano no início deste artigo, vale neste momento introduzir outras perspectivas quanto a este sistema. Para Monteiro & Mendonça (2003) o clima urbano é um sistema

adaptativo, cuja evolução espacial da cidade é um mecanismo de intervenção para a auto-regulação dele. Já Chandler (1976) foca mais na espacialização dos fenômenos atmosféricos peculiares desta relação cidade-clima, afirmando que são propriedades meteorológicas ocorridas logo acima da superfície urbana. Portanto, mesmo que algum fenômeno advenha por consequência de algum comportamento urbano, se ele não ocorrer nos limites da cidade, este não deve ser classificado como elemento do clima urbano.

O clima urbano apresenta subsistemas com intensidades variadas que podem causar desde grandes transtornos zonais a prejuízos a saúde de um cidadão. Entre os mais conhecidos, a precipitação torrencial concentrada e suas cicatrizes na paisagem até as ilhas de calor e suas abruptas variações térmicas em pequenas distâncias.

Os subsistemas hidromecânicos têm forte ligação com o impacto pluvial no ambiente urbano. Apesar de ter sua origem em características meteorológicas de âmbito regional e/ou global, a precipitação pluviométrica é também julgada como um evento atmosférico local (urbano) quando esta ocorre nas cidades e subsidia incidentes geomorfológicos.

Para Monteiro & Mendonça (2003) apesar das dificuldades encontradas, pela deficiência do número de estações meteorológicas e registros históricos escassos, é verificado nos sítios urbanos a diminuição de precipitações leves e o aumento de precipitações intensas. Esta nova dinâmica pluviométrica ocasiona um rápido aumento do aporte hídrico no sistema de drenagem artificial causando deslizamentos (GALVÃO, 2010) e enchentes, como já explicitados nas estruturas morfológicas urbanas.

Já os subsistemas termodinâmicos são aqueles que se relacionam diretamente com o conforto térmico. Atualmente é nesse foco dos subsistemas do clima urbano que os estudos têm maior atenção, fato justificado pelo desconforto gerado a partir do aumento da temperatura em local de clima tropical como no Brasil, além de ter maior facilidade técnica/tecnológica na elaboração das pesquisas (MENDONÇA, 2003).

A termodinâmica é regida pela aquisição de energia do sistema que precisa ser liberada ou armazenada temporariamente, sendo liberada posteriormente (COSTA, 1982) e nas áreas urbanas essa energia (o calor), é armazenada temporariamente, a partir da diminuição do albedo e da

configuração espacial das edificações, surgindo então o fenômeno chamado de Ilha de Calor.

Segundo Oke (1982) *apud* Oliveira (2007) a ilha de calor pode ser analisada como uma anomalia térmica característica de assentamentos urbanos e ela é entendida como uma área de maior aquecimento de parte do centro urbano comparada a sua circunvizinhança ou área rural. Diversos são os possíveis fatores para o surgimento deste fenômeno termodinâmico, entre eles: Elevada capacidade de absorção de calor de superfícies urbanas como o asfalto, paredes de tijolo ou concreto, telhas de barro e de amianto; Falta de áreas revestidas de vegetação, prejudicando o albedo; Impermeabilização dos solos pelo calçamento e desvio da água por bueiros e galerias, o que reduz o processo de evaporação, assim não usando o calor, e sim absorvendo; Concentração de edifícios, que interfere na circulação dos ventos; Poluição atmosférica que retém a radiação do calor; Utilização de energia pelos veículos de combustão interna, pelas residências e pelas indústrias, aumentando o aquecimento da atmosfera.

No Recife a ilha de calor já é bem conhecida e estudada, Nóbrega e Vital (2010) indicaram que o surgimento deste fenômeno tinha íntima relação com a retirada da vegetação, o aumento das áreas “concretadas” e o aumento de construção de edifícios altos nas áreas centrais (figura 03), e esta relação se repete na maioria das cidades que sofrem com este desconforto.

O ultimo subsistema, mas não menos importante, é o físico-químico com sua maior relevância apontada para a qualidade do ar, assim indicando a importância nas preocupações do equilíbrio ambiental urbano. Um dado grave é o da Organização Mundial da Saúde estima que dois milhões de pessoas sejam vítimas fatais de doenças causadas pela poluição do ar a cada ano.

Apesar de ter a mesma origem, o lançamento de poluentes para a atmosfera, os efeitos nos centros urbanos e as teorias do aquecimento global causada pelo “efeito estufa” devem ser observados de pontos de vista completamente distintos. No clima urbano esse subsistema se configura em menor escala com menos variáveis e estas são mais facilmente identificadas, apresentando relação direta entre causa e consequência. Já para a teoria do aquecimento global, a escala é bem maior, com diversas variáveis imensuráveis e subjetivas.

Os principais poluentes lançados na atmosfera originados das áreas urbanas são os Monóxidos de Carbono (danoso ao sistema respiratório), Ozônio (tóxico para seres vivos e vegetais) e Dióxido de Enxofre (Chuva ácida). O principal poluente emitido e a variação de quantidade deles lançados variam de acordo com a característica da ocupação econômica da cidade estudada.

Em se tratando da emissão de Dióxido de Enxofre, principal causador de chuvas ácidas, ela é encontrada em cidades que tenham um pólo industrial bem desenvolvido e com alto uso de combustão. E apesar de atualmente ter um maior controle ambiental para que essa precipitação química não ocorra, o Brasil já sofreu com a chuva ácida em um passado recente na cidade de Cubatão-SP.

O clima é fruto de interações de diversos agentes globais naturais, e sofre influência em menor ou maior grau do homem. Nos centros urbanos esta influência é tão notória que é fácil identificar fenômenos peculiares a este local, mesmo que os espaços urbanos estejam em áreas distintas, podem apresentar os mesmos transtornos de cunho urbano climático (enchentes, ilhas de calor, baixa qualidade de ar).

Conclusões

A cidade é fruto do longo processo de evolução da sociedade e é a maior representação espacial da condição atual da vida do homem, e vem se desenvolvendo rapidamente, numa constante transformação. O processo de evolução das cidades promoveu transformações, cujas conseqüências repercutem não só no equilíbrio do meio ambiente, como também na qualidade de vida das populações.

O desenvolvimento dos centros urbanos traz um adensamento da população e transformação da paisagem como o aumento do número de construções verticais, a impermeabilização do solo e a diminuição das áreas verdes, estas criam mudanças muito profundas na atmosfera local, modificam também a temperatura e interferem na distribuição das chuvas na região.

As estruturas morfológicas urbanas criam um cenário propício para surgimento de fenômenos endêmicos, além de alterar o processo-resposta do ambiente natural cada vez menos capaz de manter o equilíbrio. A diminuição das áreas alagadas, de solos expostos ou vegetados que absorviam as águas pluviais e disposição dos edifícios são as configurações protagonistas para o surgimento do clima urbano.

E por fim, os fenômenos originados pelo clima urbano são as mais claras conseqüências negativas das aglomerações urbanas. Estes trazem transtornos em vários níveis, desde a de custo financeiro até de saúde, este cenário é mais que suficiente para mostrar que o planejamento urbano não deve ser focado apenas nos interesses diretos de ocupação, mas que mostre uma abordagem sistêmica, tentando vislumbrar todas as engrenagens físicas e antrópicas que confeccionam a paisagem urbana.

Referências bibliográficas

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998. 332 p.

BARROS, H. R.; LOMBARDO, M.A. **A relação entre ilhas de calor urbana, ocupação do solo e Morfologia urbana na cidade do Recife**. REVISTA GEONORTE, Edição Especial 2, V.2, N.5, p.65 – 76, 2012.

CHANDLER, T. J. **Urban climatology and its relevance to urban design**. Geneva, WMO Technical Note 149, 61p. 1976.

COSTA, E.C. **Arquitetura Ecológica: condicionamento térmico natural**. São Paulo: Editora Edgar Bücher, 1982.

FERREIRA, D.A.C.; DIAS, H. C. T.; **Situação atual da mata ciliar do ribeirão São Bartolomeu em Viçosa, MG**. Revista *Árvore*, Viçosa, v. 28 , n.4. 2004.

GALVÃO, D. C. **Morros do Recife: Um cenário propício para tragédias e a tecnologia ambiental como agente preventivo**. Monografia (especialização) Gestão ambiental- FAFIRE, Recife 2010.

MENDONÇA, F. A. **Clima e planejamento em Londrina**. In: Montiro, C. A de F.: MENDONÇA, F. (Org). **Clima Urbano**. São Paulo: Editora Contexto, 2003. p.93-120.

MONTEIRO, C. A. de F.; MENDONÇA, F. (Org.). **Clima Urbano**. 192p. São Paulo: Editora Contexto, 2003.

MOREIRA, E. B. M.; GALVÍNIO J.D. **Análise multitemporal da ilha de calor urbana na cidade do Recife, através de imagens do Landsat TM-5**. Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, INPE, p. 1441-1448. Natal, Brasil, 25-30 abril 2009.

MOREIRA, E. B. M.; NÓBREGA, R. S.; **Identificação do fenômeno ilhas de calor na área urbana do recife-pe, através do canal infravermelho termal do satélite**. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, INPE p.0768. Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011.

NOBREGA, R. S.; VITAL, L. A. B. **Influência da Urbanização sobre o Microclima de Recife e Formação de Ilha de Calor**. Revista Brasileira de Geografia Física N-03 p.151-156. 2010.

SANTOS, T. O. **Identificação de ilhas de calor em Recife-PE por meio de sensoriamento remoto e dados meteorológicos de superfície**. 90p. Dissertação (mestrado) Programa de Pós graduação em engenharia agrícola. Universidade Federal Rural de Pernambuco-Recife, 2011.

VILELA, J. A. **Variáveis do clima urbano: análise da situação atual e prognósticos para a região do bairro Belvedere III, Belo Horizonte, MG**. 213p. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal Minas Gerais, Escola de Arquitetura, 2007.