

Aspectos teórico-metodológicos relativos à dimensão temporal e espacial do clima

Carlos Henrique Jardim
Prof. Associado, Departamento de Geografia
Instituto de Geociências - Universidade Federal de Minas Gerais
dxhenrique@gmail.com

Resumo

O tratamento dado às questões climáticas, em geral, não é adequado, apesar de presente nos diferentes meios de comunicação em função da temática sobre as “mudanças climáticas”. Nesse sentido, a fim de contribuir para melhor definição da dimensão e impactos associados ao clima, o objetivo deste artigo foi resgatar parte das discussões sobre o tema e analisá-las a partir do conceito-chave “escala” (escala temporal e espacial). Foram utilizadas várias fontes de informação, cujos resultados apontaram para a necessidade de se rever aspectos relacionados à fundamentação teórica dessa questão.

Palavras-chave: escala temporal e espacial, sistema climático, impacto ambiental.

Abstract:

The treatment given to climate issues, in general, is not adequate, although it is present in the different media according to the theme on "climate change". In this sense, in order to contribute to a better definition of the dimension and impacts associated with climate, the objective of this article was to recover part of the discussions about the theme and to analyze them from the key concept "scale" (temporal and spatial scale). Several sources of information were used, whose results pointed to the need to review aspects related to the theoretical basis of this question.

Key-Words: : temporal and spatial scale, climatic system, environmental impact.

Introdução

Os ambientes naturais se organizam de forma integrada aos seres vivos (incluindo os seres humanos, obviamente) e, em conjunto, modificam-se continuamente ao longo do tempo, o que torna redundante o qualificativo “mudança” à diversidade de fenômenos e espaços terrestres, inclusive ao clima (“mudança” climática).

A relativa incapacidade humana de avaliar o tempo integralmente, ligando passado, presente e futuro, transmite a ilusão de eterno presente e, portanto, de que os objetos/eventos permanecem imutáveis (atemporais). Esses mesmos objetos/eventos ao se diferenciarem do “modelo do tempo presente” são tratados como “anomalias” e, quase sempre, relacionadas erroneamente a efeitos negativos. Uma anomalia com valores de chuva acima da média num dado período sobre uma localidade com chuvas escassas pode ter efeitos positivos (e não apenas negativos) para a população e economia desse local.

Os desvios em relação à situação atual e/ou às condições médias fazem parte da dinâmica de qualquer sistema complexo e as mudanças sinalizam a capacidade dos sistemas em se adaptar às novas circunstâncias impostas pelo ambiente. Portanto, situar a real escala temporal/espacial de mudanças dos ambientes terrestres (e, portanto, do clima, já que este se configura como componente fundamental do sistema ambiental) é tarefa importante para se organizar diante dos muitos e variados tipos de impactos produzidos por tais efeitos.

Basicamente os climas resultam da relação entre a baixa troposfera e a superfície (continentes, oceanos, florestas etc.). Ao mesmo tempo em que influencia a formação de extensas florestas equatoriais, grandes áreas desérticas e regiões polares é, também, influenciado por essas mesmas organizações ambientais. Massas de ar cujo centro de origem encontra-se sobre esses espaços, tendem a influenciar áreas limítrofes ao transportar as características desses centros para outras regiões.

O clima também pode ser definido como processo e não apenas como “input” energético (entrada de energia), uma vez que participa de toda a cadeia de relações e eventos, desde a entrada de energia no sistema (radiação solar), passando pela interação com os componentes do meio (interação com os fatores naturais e antrópicos) até o impacto final (organização dos diferentes tipos de climas e biomas, intemperismo físico e químico, formação e/ou ausência de chuvas, períodos com excedente de calor etc.).

O impacto do clima sobre os diferentes ambientes pode tanto intensificar quanto atenuar determinados efeitos (sequências de anos chuvosos e secos, períodos frios ou quentes etc.), inclusive aqueles ligados às atividades humanas, como a agricultura e abastecimento hídrico que, neste caso, está fortemente ligado ao nível de organização de uma dada sociedade a fim de aproveitá-lo como recurso natural.

Contrariamente àquilo que é posto pelo senso comum, a atmosfera refere-se à camada gasosa integrada ao planeta e não apenas como a camada gasosa que o envolve. A atmosfera é resultado de processos naturais geológicos e biológicos, cuja influência estende-se sobre vários outros sistemas (ciclo hidrológico, influência na formação dos solos, organização dos ecossistemas etc.).

Nesse sentido, deve-se fazer um esforço em se traduzir o seu real significado e influência, iniciando pela compreensão desse sistema: (1) O clima se define na relação da atmosfera com a diversidade de componentes da superfície terrestre (superfícies aquáticas, relevo, vegetação etc.), ou seja, o núcleo desse sistema encontra-se na interface definida por essa relação e não propriamente na atmosfera; (2) Essa influência recíproca organiza-se em uma estrutura hierárquica a partir de diferentes níveis escalares (escalas espaciais e temporais), na qual podem ser identificados controles climáticos planetários, capazes

de influenciar todo o planeta (atividade solar, ciclos de atividade vulcânica, correntes oceânicas etc.), até controles em microescala circunscritos a espaços de dimensão métrica (porte e cobertura foliar da vegetação, características do solo, propriedades térmicas dos materiais utilizados na construção civil etc.); (3) Como se trata de um meio fluido e, portanto, em constante movimento e modificação, é necessário conhecer a dinâmica ou “ritmos” desse sistema. E aí, novamente, recorre-se à escala temporal, uma vez que esse “ritmo” pode ser identificado em variações de séculos a milhares de anos (mudança climática), em sequências de vários anos (variabilidade climática), até variações horário-diárias típicas de eventos microclimáticos (ilhas de calor, chuvas orográficas, conforto térmico etc.).

Considerando que parte dos equívocos cometidos pela difusão das informações pertinentes ao clima resulta da compreensão incompleta desse sistema, o objetivo deste artigo foi reunir elementos teóricos e resultantes de práticas observacionais com a finalidade de reforçar a necessidade em se considerar a noção de escala temporal e espacial nas questões relativas à natureza e organização do clima. É evidente que a discussão aqui tratada não esgota a temática ao redor das escalas do clima, cujo potencial de conduzir outras questões encerra informações suficientes para se construir teses, como mostram os trabalhos de Jesus (1995) e, mais recentemente, Caracristi (2007). Entretanto, o esforço em se precisar determinadas abordagens deve resultar num trabalho contínuo sujeito a revisões permanentes em todas as áreas do conhecimento.

Procedimentos metodológicos

As fontes bibliográficas consultadas para desenvolvimento dos argumentos aqui apresentados foram buscadas em material de natureza diversa incluindo livros, artigos científicos, teses e dissertações, textos de jornais e revistas, bem como na experiência do autor com pesquisas e experimentos de campo ligado à climatologia.

Como se trata de um artigo de cunho teórico, o eixo de análise e condutor das discussões apoiou-se na própria noção de escala que de acordo com Ribeiro (1993, p. 288) é inseparável da compreensão de clima:

a sua abstração racional exige um referencial escalar com possibilidades metodológicas, isto é, uma escala taxonômica como parte da própria metodologia da pesquisa climatológica. A cada nível escalar deve corresponder uma abordagem específica, no sentido de coerência entre extensão e duração do fenômeno climático com as técnicas analíticas.

Esse raciocínio também foi explorado por Monteiro (1999) em discussão sobre as bases da climatologia geográfica (“O Estudo Geográfico do Clima”) utilizando três exemplos de fenômenos climáticos em diferentes escalas, do nível de maior generalização para aquele de maior detalhamento, iniciando pelo El Niño/La Niña, passando pelas secas no Nordeste e concluindo com tema sobre as enchentes em áreas urbanas. Nele o autor destaca, entre outros aspectos, os fatores que organizam o clima nas diferentes escalas.

Neste artigo adotou-se roteiro semelhante de discussão àquele utilizado pelos autores supracitados, a partir de um esquema de decomposição escalar temporal-espacial, com a finalidade de verificar a coerência do discurso em relação aos fatos aqui tratados, aonde “cada nível escalar deve corresponder uma abordagem específica” (RIBEIRO, 1993, p. 288). Os exemplos tratados, a partir de situações temporal e espacialmente diferenciadas, incluíram aspectos do último glacial como exemplo de fato climático em macroescala, da variabilidade das chuvas em Belo Horizonte como exemplo em mesoescala e as variações horário-diárias de temperatura do ar em áreas urbanas e naturais como exem-

plo em microescala, destacando-se o papel dos fatores (ou controles) climáticos em cada nível escalar. Neste caso, a mudança quantitativa relativa à dimensão do objeto é acompanhada de mudanças qualitativas ligadas à natureza e características dos fatores que controlam a organização do clima como exemplo de sistema complexo.

Breve revisão teórica

A definição de clima a partir das considerações de Sorre (1934) contrapõe o indicador numérico abstrato dado pelas “médias” (temperatura, umidade, chuva etc.) ao conceito de “habitual”, ou seja, aquilo que é mais frequente, incluindo os desvios. Essa perspectiva conduz à definição de clima como “sucessão habitual de tipos de tempo”, equivalente à projeção temporal-cronológica do “tempo meteorológico” ou “tipos de tempo” (condições atmosféricas momentâneas) sobre um dado lugar da superfície terrestre.

Na análise climática, os dados apoiados em valores médios funcionam em alguns aspectos, principalmente no que diz respeito a modelos de representação: a circulação geral atmosférica é uma representação “média” de longo prazo da circulação do ar ao nível planetário. Entretanto, a transposição do modelo para a realidade sempre encontra dificuldades e o exame de qualquer série temporal de dados meteorológicos mostra que é comum a ocorrência de valores acima ou abaixo do valor médio. A realidade do clima, como reforça Monteiro (1971), são os desvios e não a média.

O conceito de “tipos de tempo” tratado por Sorre (Idem, 1934) e outros autores insere um nível taxonômico intermediário, o clima local, entre as unidades regionais de clima e os microclimas. Enquanto este último corresponde às menores unidades distinguíveis de clima, definidos pela relação entre a camada de ar diretamente em contato com a superfície e a relativa homogeneidade de fatores como a vegetação, espaços construídos, microformas de relevo etc. (clima urbano, biótopos florestais etc.), os climas regionais são definidos pela dinâmica de atuação e sucessão das massas de ar ou sistemas atmosféricos em interação com fatores de relevo e vegetação à escala das províncias geológicas e domínios de vegetação como a Amazônia (ex.: clima equatorial monçônico, clima tropical continental e oceânico, clima temperado mediterrâneo etc.).

O clima local de Belo Horizonte, definido em área topograficamente deprimida de altitude onde se organiza a drenagem dos rios Arrudas e Onça (Depressão de Belo Horizonte – 845 m), distingue-se do clima local de Contagem no topo do divisor de águas de alto vale entre as bacias do rio das Velhas e Paraopeba (910 m) que, por sua vez, se distinguem do clima local de Juatuba, com valor de altitude inferior às das duas unidades anteriores (710 - 750 m), instalado em compartimento deprimido de relevo na planície fluvial do rio Paraopeba. Poucos quilômetros separam essas localidades e todas compartilham de valor de latitude aproximado (que, teoricamente, implica na recepção da mesma carga de radiação solar), embora as diferenças de topografia, altitude e de uso da terra imprimam variações locais importantes à dinâmica dos elementos climáticos, com maiores temperaturas em Juatuba, resultado do menor valor de altitude e relativo confinamento da circulação do ar em área de relevo deprimido.

Complementarmente à noção de clima tratada por Sorre, Monteiro (1971) discute o conceito de “ritmo climático” através da “análise rítmica” que, além do aspecto obtido pelo tratamento contínuo e concomitante dos atributos climáticos em sucessão temporal e interação com fatores de superfície, reafirma o enquadramento escalar na definição de clima, relativo a sua gênese (origem) e dimensão do evento/fenômeno climático. Posteriormente, esse conceito seria retomado pelo mesmo

autor (Monteiro, 1975; 1978) nas obras “Teoria e Clima Urbano” e “Derivações antropogênicas dos geossistemas terrestres no Brasil e alterações climáticas: perspectivas urbanas e agrárias ao problema da elaboração de modelos de avaliação”, a partir do conceito de “sistema”, no qual se considera a entrada de energia (input), o trânsito dessa energia e interações com os componentes do sistema, o produto final (o próprio clima é um produto final dessas interações) e as forma de mitigação dos impactos negativos.

Segundo esse autor (MONTEIRO, 1975) o clima se configura como um sistema aberto, dinâmico, complexo, adaptativo, autorregulador e tridimensional, aonde cada um dos termos traduzem propriedades dos sistemas urbanos e ambientais. É interessante notar que a relação com as escalas é explicada por esquemas que remetem à ideia de hierarquia de relações utilizando como analogia a árvore na qual o tronco principal origina troncos secundários que, por sua vez, origina troncos terciários e assim por diante, semelhante à hierarquia fluvial numa bacia hidrográfica. Da mesma forma que conjuntos de espaços maiores comportam conjuntos de espaços menores, eventos de maior duração englobam eventos de menor duração. Essa analogia foi rediscutida por Caracristi (2007) utilizando, entre outros conceitos, o esquema de redes que, diferentemente da árvore e da bacia hidrográfica, pressupõe mais de uma origem e efeitos (múltiplas causas e múltiplos efeitos), dada pela trama de fluxos.

Ribeiro (1993, p.288) também trouxe contribuições sobre o conceito de escala enquanto “referência de valor arbitrada segundo critérios que interessam à compreensão de um fenômeno” e reforça esse aspecto hierárquico levando em consideração a organização dos fatos geográfico-climatológicos relativos à dimensão e características do objeto, encadeamento de processos, relação entre os diferentes níveis escalares e duração (tempo).

As considerações de Jesus (2008), tratadas de forma pormenorizada em sua tese de doutorado (1995), caminham no sentido de reforçar, entre outros aspectos, a (1) orientação dos estudos climáticos em relação à extensão e duração (escala espacial e temporal) do evento/fenômeno; (2) preocupação quanto a apresentação do problema, ou seja, relação entre uma unidade de observação e o atributo que se deve associar à mesma; (3) ênfase no enfoque regional (mesoescala) como objeto de análise da climatologia.

Em relação a este último aspecto é interessante assinalar que os níveis regional e local compartilham, de acordo com diversos autores de diferentes propostas de hierarquia do fato climático, posição privilegiada no contexto dos estudos geográfico-climatológicos, uma vez que se definem na interface definida pela relação entre os controles de superfície e a atmosfera, ou seja, nem tão próximo à escala da realidade humana individual (escala 1:1) e nem tão distante da Terra (escala astronômica, a Terra vista do espaço). Tanto uma quanto a outra ocorre perda de referenciais, incluindo as unidades de clima.

Resultados

A temática ao redor das mudanças climáticas tem ocupado espaço significativo junto aos meios de comunicação e científico há mais de duas décadas, na forma de reportagens, artigos em revistas e periódicos, dissertações, teses, livros etc., embora nem sempre acompanhada de reflexão crítica.

Um dos primeiros aspectos que deve ficar claro é a sua vinculação com fatores ou controles de macroescala, ou seja, com objetos que se definem em dezenas de milhões de km² ou na dimensão da própria Terra, como a atividade solar, variações no período e plano orbital terrestre, mudanças nos padrões de circulação geral atmosférica, correntes oceânicas, atividade vulcânica etc. Fatores diante dos

quais a ação humana está completamente subordinada, tanto no sentido de prever quanto daquele em produzir alguma modificação. Objetos de dimensão inferiores às da Terra como os furacões que atingem a costa leste dos Estados Unidos da América, as secas no nordeste brasileiro, os impactos na distribuição de chuvas e atividade biológica no Pacífico leste produzidos pela ação do El Niño/La Niña etc. são provas disso.

Embora haja conhecimento acumulado sobre todos esses fenômenos (entre muitos outros) as condições de previsão ainda são extremamente precárias, limitadas há alguns dias, sempre com margem de erro crescente (exponencial) quanto maior o intervalo de tempo considerado. Como todo sistema complexo, pequenas variações nas condições iniciais dos elementos atmosféricos podem levar a mudanças imensas no desenvolvimento dos eventos e fenômenos climáticos.

Se por um lado não há participação humana na gênese dos eventos/fenômenos climáticos em macroescala, a sua presença na mitigação dos efeitos negativos desses fenômenos é uma realidade e varia de acordo com o grau de desenvolvimento de cada sociedade. As recentes catástrofes ocasionadas por terremotos no Japão, Chile e Haiti, revelam esse aspecto: enquanto os dois primeiros países se recuperaram relativamente rápido, a fragilidade das instituições sociais e infraestrutura precária do Haiti amplificaram os efeitos negativos de impacto do terremoto. A mesma comparação pode ser aplicada aos países acometidos por frequentes episódios de furacões como os Estados Unidos e alguns países do sudeste asiático.

Se os componentes do clima fossem facilmente manipuláveis à escala planetária a realidade de extensas regiões áridas e semiáridas, por exemplo, poderiam ser rapidamente modificadas. As condições climáticas do estado da Califórnia (EUA) estão no limite entre árido e semiárido, com totais de chuva ao redor de 300 mm/ano (na maior parte do semiárido brasileiro variam entre 400 e 600 mm/ano) e, no entanto, é o estado mais rico e maior produtor agrícola daquele país. Esse resultado não foi alcançado modificando-se o clima daquela região (que, por sua vez, seria impossível), mas melhorando a eficiência de sistemas de captação e armazenamento da água (chuvas, água subterrânea, dessalinização etc.).

Steinke (2004, p.12-13), apoiada em outros autores, traz considerações a respeito dos conceitos de mudança e variabilidade climática: enquanto o primeiro refere-se a “termo mais geral que abrange toda e qualquer manifestação de inconstância climática, independente de sua natureza estatística, escalar temporal ou causas físicas” o segundo trata da “maneira pela qual os parâmetros climáticos variam no interior de um determinado período de registro expresso através de desvio padrão ou coeficiente de variação”. No primeiro caso a relativa flexibilidade do conceito remete ao abuso no seu emprego. Por outro lado, a definição de variabilidade vai ao encontro daquilo que Monteiro (1999, p.12) define sobre o clima como “algo que se manifesta através da percepção dos regimes” cujos fatores influenciam os elementos do clima em períodos de anos (sazonalidades) ou décadas (maior ou menor atividade de fenômenos de El Niño ou La Niña, Oscilação Decadal do Pacífico, maior ou menor atividade vulcânica ou solar etc.). Opinião compartilhada por Angelocci e Sentelhas (2010, p.1) ao tomar como referencial da variabilidade dos elementos do clima a média climatológica: “combinação das escalas temporal e espacial dos fenômenos meteorológicos gera a variabilidade climática, que se refere às flutuações das condições meteorológicas e, por extensão, das condições climáticas em torno da média climatológica”. Em relação à “mudança climática” os autores (Idem, 2010, p.1) acrescentam: “termo que designa uma tendência de alteração estatística significativa da média de um elemento climatológico ou de sua variabilidade em períodos de tempo mais extensos, como décadas ou séculos”.

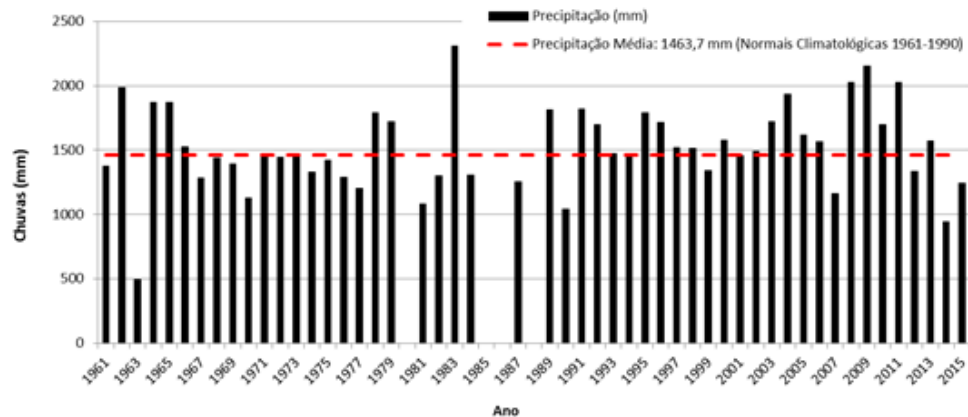
Em relação à variabilidade dos elementos climáticos um exemplo emblemático ocorrido recentemente e que afetou sobremaneira a população do sudeste brasileiro refere-se à “crise hídrica”. Na verdade tratou-se de uma crise na gestão dos recursos hídricos, uma vez que não há absolutamente qualquer indício ou sinal persistente de variação dos totais de chuva nas últimas décadas que indique alguma mudança definitiva em relação à variação desse elemento no sudeste brasileiro.

É fato que os totais de chuva em 2014, ano em que foi deflagrada a crise, situaram-se abaixo da média. De acordo com informações do Boletim Climatológico Anual da Estação Meteorológica do IAG/USP (2014) o ano de 2014 registrou acumulado de chuvas de 1216,8 mm, ou seja, 13,3% abaixo da média climatológica (1402,8 mm) na capital paulista. Foi o ano mais seco desde 2003, quando foram registrados 1068,9mm, mas, ainda sim, superior ao ano de 1933, ainda segundo as informações do boletim, considerado o ano mais seco de toda a série, com 849,8 mm de precipitação. No ano de 2015 o acumulado de chuva totalizou 1896,8 mm (35,2% acima da média).

Em Belo Horizonte, de acordo dados das Normais Climatológicas 1961-1990 (DNMET, 1992), o total médio anual de chuva assinala 1463,7 mm. Um exame dos dados da Estação Meteorológica da rede oficial operada pelo INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) na região central da capital (Lat.: 19°56' S; Long.: 43°56' W; Alt.: 850 m) o ano de 2014 registrou 944,1 mm, 35,5% abaixo da média e o ano de 2015 registrou 1245,3 mm, 14,9% abaixo da média. Em anos anteriores nessa mesma estação observam-se valores que configuram desvios em relação à média: 1962 (1984,9 mm), 1963 (497 mm), 1970 (1129 mm), 1981 (1084,2 mm), 1983 (2307 mm), 1990 (1039,6 mm), 2004 (1936,8 mm), 2008 (2024,7 mm), 2009 (2151,5 mm), 2010 (1700,5) e 2011 (2026,2 mm).

De acordo com a figura 01, os totais de chuva variaram amplamente dentro de um patamar pouco inferior a 500 mm e superior a 2000 mm e em vários anos anteriores a 2014 (entre 2008-2011 e 2013) os totais alcançaram valores acima da média. O caso de 1963 pode se repetir novamente, quando foi registrado 497 mm. No entanto, cabe lembrar que nos anos imediatamente anterior e posterior a 1963 foram registrados valores acima da média (1984,9 mm e 1870,5 mm, respectivamente) e que poderia atenuar um evento desse tipo se houvesse infraestrutura adequada para captar, armazenar e distribuir a água resultante desse excedente.

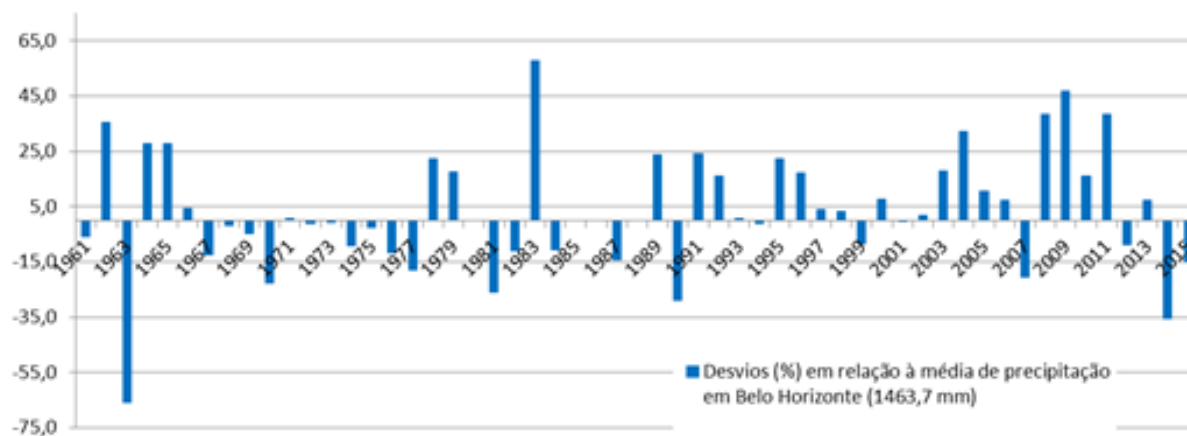
Figura 01. Variações dos totais anuais de chuva em Belo Horizonte – Período 1961-2015.



Fonte: dados extraídos do BDMEP(www.inmet.gov.br).

A “crise hídrica” se estabeleceu num contexto com predominância de totais anuais de chuva acima da média, ou seja, com frequência maior de ocorrências de desvios positivos (figura 02), principalmente a partir de 1989. No final dos anos 1970, com o estabelecimento da fase quente da Oscilação Decadal do Pacífico (ODP) até o auge dessa fase ao final dos anos 1990, o maior aporte de energia no sistema climático implicou em aumento da instabilidade atmosférica, ou seja, a transferência de calor para a atmosfera aumenta a convectividade do ar que, por sua vez, intensifica a ação de sistemas ligados à produção de chuvas (sistemas frontais, sistemas convectivos, linhas de instabilidade etc.).

Figura 02. Desvios (%) no total das precipitações em relação à média climatológica em Belo Horizonte – Período 1961-2015.



Fonte: dados extraídos do BDMEP (www.inmet.gov.br).

Na fase fria anterior, com início ao final dos anos 1940 até meados de 1970, quando predominaram desvios negativos, a drenagem de calor do ar pelas águas oceânicas menos aquecidas se traduziu pela redução da convectividade do ar e menor aporte de vapor para a atmosfera com menos nebulosidade e, portanto, redução na produção de chuvas.

Na fase fria da ODP há, inclusive, reforço dos episódios de La Niña, diferente da fase quente quando os episódios de El Niño são intensificados, que é explicado pela teleconexão entre os diversos fenômenos climáticos: a atuação conjunta de fenômenos com características semelhantes ou antagônicas pode tanto intensificar quanto atenuar sua ação sobre as diversas regiões da superfície terrestre, aumentando ou diminuindo as variações dos elementos climáticos (temperatura, chuva, umidade do ar etc.).

Embora não estejam desacompanhadas de impactos (enchentes, perdas agrícolas, racionamento de água etc.) essas variações são recorrentes e associadas à evolução natural do clima (dinâmica das massas de ar, correntes oceânicas, fenômenos em meso e macroescala como o El Niño, Oscilação Decadal do Pacífico, atividade solar etc.), cuja dinâmica, tanto no caso de variabilidade quanto de mudança climática, independe da ação humana.

Os impactos, neste caso, devem-se muitas vezes ao despreparo da sociedade, representada em muitos casos por administração pública ineficiente no sentido de prover infraestrutura adequada para absorver esse tipo de impacto, como prova o fato em não se aproveitar o excedente de água

daqueles anos cujos totais excederam à média.

No outro contexto, no que diz respeito às mudanças climáticas, um dos melhores exemplos refere-se ao ciclo de glaciações. Diferentemente do caso anterior, não se tratou apenas de variações de longo prazo que afetaram os atributos atmosféricos (temperatura do ar, padrão de ventos, chuvas etc.) como no caso da variabilidade climática, mas que afetaram todos os componentes de organização da paisagem (correntes oceânicas, posição e intensidade dos núcleos atmosféricos ciclônicos e anticiclônicos, características dos biomas, processos de formação do relevo e dos solos etc.) numa escala temporal, conforme Ruddiman (2015), entre 80 e 120 mil anos (glacial ou fase fria) e entre 05 e 15 mil anos (interglacial ou fase quente).

Ab'Saber (1977) discutiu essas mudanças na América do Sul de forma comparativa levando em consideração o auge do último glacial (18-10 mil anos A.P) e o auge do interglacial (5-6 mil anos A.P). No primeiro caso, o autor sugere que àquela época a corrente das Malvinas alcançava latitudes baixas, próximas a 15° sul (correspondente ao sul da Bahia atual), juntamente com as massas de ar frias oriundas de sul geneticamente ligadas aos anticiclones polares e subpolares, seguido da expansão generalizada de climas alternadamente seco e úmido, semiárido e árido e de formações vegetais associadas. A área nuclear do cerrado compunha a atual Amazônia, as formações florestais densas restringiam-se às matas ciliares ao longo dos rios e enclaves úmidos situados em vertentes a barlavento, áreas de afloramento superficial ou subsuperficial do lençol freático, em áreas topograficamente elevadas sujeitas ao efeito orográfico (elevação forçada do ar seguido de resfriamento e condensação do vapor d'água) dentre outras situações. As coníferas (matas de Araucárias) avançaram do sul para o sudeste do Brasil (há remanescentes dessa vegetação nas porções elevadas da Serra da Mantiqueira e Caparaó) e as formações vegetais associadas ao semiárido expandiram por todas as regiões brasileiras, principalmente pelo norte e centro-oeste, em vertentes e áreas deprimidas, enquanto o cerrado ocupava áreas planálticas mais elevadas e, portanto, mais frias e sujeitas à ocorrência de chuvas orográficas.

Enclaves de paisagens de semiárido são encontrados em todo o Brasil ainda hoje, sustentados por fatores ambientais locais específicos. Em Cabo Frio (RJ) a ressurgência de águas frias costeiras estabiliza o ar e diminui sua convectividade e, portanto, a formação de nuvens profundas de chuva. Em resposta a esse processo, os menores totais de chuva em Cabo Frio (854 mm) contrastam com o restante do estado do Rio de Janeiro com totais anuais iguais ou superiores a 1500 mm e, ao mesmo tempo, propicia condições para sustentação de paisagem similar àquela do semiárido nordestino.

Outro tipo de paisagem relictual, herança desse passado climático mais seco, mostra-se evidente através de formas residuais de relevo distribuídas pelas diferentes localidades do Brasil, como em Paraúna no estado de Goiás (figura 03) pontuadas pela ocorrência de cactáceas em meio à vegetação de cerrado. O relevo em questão, associado às chapadas e chapadões típicos do centro-oeste do Brasil, com topos planos e vertentes retilíneas, constituiu-se em formas estáveis nas condições de clima mais seco, quando a competência de transporte de sedimentos dos rios diminuiu em decorrência do menor aporte de água no ambiente. Os sedimentos depositados no fundo do rio tornam as águas mais rasas ao mesmo tempo em que força o seu alargamento (aumento da secção transversal pela erosão lateral de suas margens) e aumento da sinuosidade do canal (formação de meandros) em função da diminuição da energia das águas correntes.

Figura 03. Formas residuais de relevo em área de cerrado no município de Paraúna-GO



Foto: Carlos Henrique Jardim.

Nessas condições de clima em vez de aprofundar verticalmente o seu leito como acontece nas condições de clima úmido atual, o rio esculpe a paisagem lateralmente, ampliando os vales dos rios, originando superfícies planas em meio a estruturas que se sobressaem em altitude denominadas por “chapadas” e “chapadões”, resguardadas parcialmente da ação erosiva pela maior resistência das rochas oferecida ao intemperismo físico e químico. Nas condições atuais de clima úmido a drenagem obsequente instalada nas vertentes dessas formas acelera a sua desestabilização pela intensificação do transporte erosivo.

A complexidade dos fatos descritos não autoriza reduzir de forma simplista toda a complexidade do sistema climático a um único fator por trás das condições descritas, como é feito em relação às variações de temperatura e concentrações de gás carbônico (CO₂) na atmosfera. Neste caso, de forma errônea, as variações no conteúdo desse gás estariam por trás de toda sorte de eventos e fenômenos climáticos, notadamente àqueles ligados a impactos negativos junto ao ambiente e sociedade, o que implica em se desprezar tudo o que foi produzido em termos de estudos climáticos e meteorológicos, apoiados em dados oriundos de estações de superfície e orbitais (mais recentemente) nos últimos 100-150 anos, bem como de dados indiretos de natureza paleoclimática.

Houve períodos em passado geológico distante e recente, quando a participação humana era exígua (ou sequer estava presente), cujos valores de temperatura e de concentração de gás carbônico eram superiores aos atuais: a concentração de CO₂ teria ultrapassado os valores atuais de 360-380 ppmv (partes por milhão por volume) em vários outros momentos como em 1942 com ppmv como coloca Molion (2008) ou mesmo em passado de muitos milhões de anos conforme aponta Lino (2010), apoiado em pesquisas realizadas no continente Antártico. O período geológico atual é de baixas temperaturas e baixa concentração de carbono atmosférico. De 600 m.a até os dias

de hoje esse gás teria reduzido sua quantidade até os valores atuais e alcançado, em vários momentos, valores superiores a 1000 ppmv. No período mesozoico, por exemplo, conhecido como a “era dos dinossauros”, valores da magnitude de 1000 ppmv eram recorrentes e, no entanto, a atividade biológica era tão complexa e diversificada quanto é nos dias de hoje.

O longo período de estabilidade geológica e climática, acompanhada de aumento da temperatura e, conseqüentemente, aumento da concentração de gás carbônico atmosférico associado à expansão de domínios florestais de vegetação tipo gmnospermas (como os pinheiros e araucárias), traria como resultado o aumento da produtividade vegetal e, portanto, maior oferta de alimentos para animais herbívoros e seus predadores carnívoros, o que explicaria, em parte, o tamanho que alguns animais atingiram naquele período. Salgado-Labouriau (1994) argumenta a favor da relação entre esse tipo de vegetação, rica em óleos, e a presença de animais (dinossauros) de grandes dimensões e volume corporal.

Contrariamente à questão do carbono como fator de controle climático, Molion (2008) destaca a participação da água como principal gás de efeito estufa atmosférico, ou seja, mesmo que todos os demais gases de efeito estufa desaparecessem, ainda restaria aproximadamente 97% de participação do vapor d'água e que não é levado em consideração nos modelos climáticos de longo prazo divulgados pelo IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) conforme aponta Onça (2007), devido às dificuldades em se lidar com um objeto que muda suas características físicas em intervalo de algumas horas, ou seja, a umidade do ar pode evoluir num único dia de uma condição de baixo valor de umidade do ar para uma condição de sobressaturação.

Ainda em relação às variações de carbono na atmosfera Molion (2008) observa que nos últimos 150 anos houve aumento de 35% na concentração de CO₂ o que, segundo os modelos de simulação do clima, a temperatura já deveria ter aumentado em 0,5°C e 2,0°C, o que não aconteceu. Esse mesmo autor, ao analisar anomalias de temperatura dos Estados Unidos para série temporal entre 1880 e 2000 verifica o fato de ter-se privilegiado o aumento da temperatura a partir de 1978 sendo que a série temporal em questão mostra que outras variações de natureza e magnitude semelhantes já haviam sido observadas entre os anos de 1920 e 1952.

Outro ponto importante abordado por esse autor (Idem) refere-se ao aquecimento registrado no final do século vinte relacionado à forte atividade solar no final dos anos 1990 através de seus diferentes ciclos (ciclo de 11 e 22 anos das manchas solares e o ciclo de Gleissberg de 90 anos), o El Niño mais forte do século entre 1997-1998 (ao que tudo indica de maior intensidade do que aquele entre 1982-83), concomitante à fase quente da Oscilação Decadal do Pacífico. Em relação a este último, recuando algumas décadas no passado, após 1945 iniciou-se a fase fria que atingiu o auge em 1976; em 1977 iniciou-se nova fase quente que atingiu o auge em 1998. A partir daí as variações da temperatura teriam se estabilizado e iniciado nova tendência de queda por volta de 2006-2007, persistindo até os dias de hoje. Em resumo, verifica-se a ação de três eventos conhecidos e bem situados temporal e espacialmente, atuando em conjunto no qual um intensificou a ação do outro, sem necessidade de apelar para circunstâncias desconhecidas associadas às “mudanças climáticas” ou ao “aquecimento global”.

Maruyama (2009) sobre a influência no clima da atividade vulcânica destaca a erupção do vulcão Pinatubo nas Filipinas em 1991. A massa e o volume de cinzas vulcânicas e aerossóis que atingiram a estratosfera foram suficientes para bloquear parte da entrada de radiação solar e diminuir as temperaturas globais em 0,5°C e 0,8°C durante os dois anos seguintes. Segundo ao autor (Idem, p.120) a “influência foi tão grande que chegou a anular o efeito dos gases estufa, como o produzido pelo CO₂ total de origem antrópica (200 ppm), correspondente à emissão de 200 anos”. Esse dado é significativo levando-se em consideração que há algumas centenas de vulcões ativos pelo mundo afora. E se um único evento explosivo desse tipo é capaz de superar a produção antrópica de CO₂, particulados e aerossóis, a influência humana no macroclima torna-se irrelevante.

Na outra ponta da escala, no contexto dos microclimas em áreas urbanas, as diferenças positivas de temperatura em relação às áreas rurais e naturais circunvizinhas resultam de acúmulo de energia na forma de calor, resultado da multiplicação de fontes ativas e passivas de produção de calor pela ação antrópica: disposição dos edifícios na forma de malha contínua com poucos espaços intercalados (desfavorecendo a ventilação e, portanto, a dissipação de calor), elevada concentração de pessoas, veículos e maquinários por unidade de área (fontes ativas de produção de calor), quase ausência de áreas verdes e as propriedades térmicas dos materiais utilizados na construção civil com baixo valor de calor específico e elevada condutividade e capacidade térmica.

As diferenças de temperatura entre localidades pouco e densamente urbanizadas podem alcançar valores de elevada magnitude, superiores a 4,0°C ou 5,0°C (ou mais), como atestam inúmeros trabalhos em climatologia urbana (TARIFA e AZEVEDO, 2001; MONTEIRO e MENDONÇA, 2003; JARDIM, 2007 etc.). Entretanto, cabe frisar que se trata de diferenças pontuais e momentâneas, ou seja, esses picos de elevada magnitude normalmente não persistem por várias horas ou dias seguidos e resultam de uma combinação singular entre condições atmosféricas (tempo meteorológico) e superfície urbana. Sistemas de mesoescala como as frentes frias, linhas de instabilidade, complexos convectivos ou a própria convecção local desestruturam completamente os climas urbanos, atenuando o impacto térmico ao obstruir parcialmente a entrada de radiação solar pela nebulosidade e redistribuir por advecção do ar o excedente de calor gerado pontualmente (horizontal e verticalmente) pela atmosfera e superfície. Nessas situações as diferenças de temperatura entre os diferentes lugares tendem a desaparecer.

Além do mais, se essas diferenças fossem resultado da imposição de um fenômeno maior em macro escala, todas as diferentes cidades e localidades não urbanizadas pelo mundo afora indicariam tendências positivas com elevado índice de correlação entre a variação do atributo (neste caso a temperatura do ar) e o tempo cronológico, o que não acontece na maior parte das situações como mostra Machado et al. (2012), Silva et al. (2014) e Jardim e Silva (2016). Normalmente esse tipo de correlação, presente em alguns elementos do clima como a temperatura do ar e com valores apontando apenas para indícios de alguma transformação de maior amplitude, dado pelo valor de correlação, é encontrado apenas em cidades grandes inseridas em regiões metropolitanas, caso de São Paulo como demonstrou Azevedo (2001) e Belo Horizonte conforme Assis (2010), cujo grau de alteração local das componentes naturais é elevado.

Considerações Finais

O fato em não se precisar a escala espacial e temporal dos eventos climáticos implica em não definir a escala de influência dos eventos climáticos, ou seja, corre-se o risco de se tomar um dado pontual como sendo representativo de ampla extensão espacial. Através de séries temporais de dados meteorológicos disponíveis, com pouco mais de cem anos de dados, é impossível verificar alguma mudança persistente de longa data, a não ser, como foi discutido, em termos de tendências e variabilidade (variações anuais e interanuais).

Mesmo que algumas localidades espalhadas pelo mundo afora mostrem tendência de elevação da temperatura, ou de variação de outro atributo climático ao longo de vários anos, não significa, necessariamente, que o clima global esteja se modificando, haja vista que tais mudanças guardam estreita relação com fatores à escala do próprio local onde os dados foram mensurados (áreas urbanas, lavouras, elementos pontuais do relevo etc.). A ocorrência, a título de exemplo, de

tornados ou de geadas em áreas onde estes seriam escassos ou de períodos de secas em localidades habitualmente chuvosas como ocorre na Amazônia, constitui-se em desvios em relação aos valores médios e estão inclusos nas características de clima de qualquer região ou localidade, indício da variabilidade natural desse sistema. Episódio de seca na região Amazônica como aquele de 2005, amplamente divulgado pelos meios de comunicação, são recorrentes e conforme indica Alves et al. (2013) remontam a vários outros momentos como em 1912, 1925-26, 1963-64, 1970, 1982-83, 1987 e 1997-98.

Não se trata de não admitir as mudanças climáticas globais. As considerações sobre a Era Glacial são testemunho disso. Entretanto, as variações dos atributos climáticos devem ser tratadas com cautela. Conforme coloca Conti (1995), a partir do momento em que se desdobram as unidades de grandeza em unidades menores, o número de variáveis envolvidas torna-se significativamente maiores. E no que diz respeito à escala temporal, é necessário um ajuste do segmento temporal para captar as mudanças que fluem em ritmos diferenciados para cada unidade de grandeza espacial.

Se por um lado o ser humano não pode modificar mecanismos de origem de eventos e fenômenos em macro e mesoescala, ele pode modificar a outra ponta da escala em relação ao sistema climático, ou seja, investir na prevenção de impactos em microescala. Mesmo não podendo alterar a paisagem do nordeste brasileiro ou do deserto do Saara, a multiplicação de ações em microescala pode não alterar o quadro regional, mas certamente afetará a organização social humana local desses espaços.

Referências Bibliográficas

- AB'SABER, A. N. Espaços ocupados pela expansão dos climas secos na América do Sul, por ocasião dos períodos glaciais quaternários. Paleoclimas, São Paulo, IGEOG-USP, 1977.
- ALVES, L. M.; MARENGO, A.; CAVALCANTI, I. F. A. Histórico de secas na Amazônia. In: BORMA, L. S.; NOBRE, C. A. (Orgs.) Secas na Amazônia: causas e consequências. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.
- ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. Variabilidade, tendência, anomalia e mudança climática. Material didático de uso na disciplina LCE 306 – Meteorologia Agrícola. Departamento de Engenharia de Biosistemas - setor de Agrometeorologia, ESALQ/USP, 2010.
- ASSIS, W. L. O sistema clima urbano do município de Belo Horizonte na perspectiva tempo-espacial. Tese (Doutorado em Geografia). Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, 2010.
- AZEVEDO, T. R. Derivação antrópica do clima na Região Metropolitana de São Paulo abordada como função do ritmo semanal das atividades humanas. Tese (Doutorado). Departamento de Geografia - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas - Universidade de São Paulo. 2001.
- CARACRISTI, I. A Natureza complexa as poíesis climática: contribuições teóricas ao estudo geográfico do clima. Tese (Doutorado em Geografia). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.
- CONTI, J. B. As escalas do clima. São Paulo: Departamento de Geografia-Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas-Universidade de São Paulo, 1995. Apostila de curso.
- DNMET. Departamento Nacional de Meteorologia. Normas Climatológicas (1961- 1990). Brasília-DF, 1992.
- IAG-USP. Boletim Climatológico Anual da Estação Meteorológica do IAG/USP. Seção Técnica de Serviços Meteorológicos – Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo – v. 17, 2014 – São Paulo: IAG/USP, 2014.
- JARDIM, C. H. Proposta de síntese climática a partir do comportamento térmico e higrométrico do ar em áreas urbanas. Tese (Doutorado em Geografia) - Departamento de Geografia - Instituto de Geociências - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.
- JARDIM, C. H.; SILVA, M. R. Extremos de temperatura do ar em belo horizonte: variabilidade natural e influência do clima urbano. Revista do Departamento de Geografia, Volume Especial, p. 83-97, 2016.
- JESUS, E. F. R. Espaço, tempo e escala em Climatologia. Tese (Doutorado em Geografia). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.
- JESUS, E. F. R. Algumas reflexões teórico-conceituais na climatologia geográfica em mesoescala: uma proposta de investigação. GeoTextos, vol. 4, n. 1 e 2, p.165-187, 2008.
- LINO, G. L. A fraude do aquecimento global. Como um fenômeno natural foi convertido numa falsa emergência mundial. 2.ed. Rio de Janeiro: Capax Dei, 2010.
- MACHADO, L. A., CARMO, A. M. R. do., JARDIM, C. H. Tendências e variações na temperatura e precipitação em Montes Claros e Sete Lagoas – MG. GeoNorte, v.1, p.613 - 625, 2012.
- MARUYAMA, S. Aquecimento global? São Paulo: Oficina de Textos, 2009.
- MOLION, L. C. B. Considerações sobre o aquecimento global Antropogênico. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 29, p. 7-18, 2008.
- MONTEIRO, C. A. F. Análise rítmica em climatologia: problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho. Climatologia, São Paulo, n.1, 1971.
- MONTEIRO, C. A. F. Teoria e Cima Urbano. Tese (Livro Docência) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1975.
- MONTEIRO, C. A. F. Derivações antropogênicas dos geossistemas terrestres no Brasil e alterações climáticas: perspectivas urbanas e agrárias ao problema da elaboração de modelos de avaliação. In: I SIMPÓSIO A COMUNIDADE VEGETAL COMO UNIDADE BIOLÓGICA, TURÍSTICA E ECONÔMICA, 1978, São Paulo. Anais... São Paulo: Academia de Ciências do Estado de São Paulo, 1978 (Publicação ACIESP n.15). p. 43-76.
- MONTEIRO, C. A. F. O estudo geográfico do clima. Cadernos Geográficos, Florianópolis, n.1, 1999.
- MONTEIRO, C. A. F.; MENDONÇA, F. Clima urbano. São Paulo: Contexto, 2003.
- ONÇA, D. S. Curvar-se diante do existente: o apelo às mudanças climáticas pela preservação ambiental. Dissertação (Mestrado em Geografia). São Paulo, FFLCH-USP, 2007.
- RIBEIRO, A. G. As escalas do clima. Boletim de Geografia Teórica, Rio Claro, n.23, p.288-294, 1993.
- RUDDIMAN, W. F. A Terra transformada. Porto Alegre: Bookman, 2015.
- SALGADO-LABOURIAU, M. L. História Ecológica da Terra. São Paulo: Edgard Blücher, 1994.
- SILVA, M. R., VITAL, J. D., LEITAO, R. M., JARDIM, C. H. Tendências e variações na precipitação e temperatura em Ibirité-MG. In: III Seminário de Geografia: A Abordagem Multiescalar dos Estudos da Paisagem, 2014, Vitória-ES. Anais... Vitória: Departamento de Geografia/UFES, v.1. p.11-16, 2014.
- SORRE, M. Objeto e método da climatologia. In: _____ Traité de Climatologie Biologique et Médicale. Tradução de José Bueno Conti. Paris: M. Piery Masson et Cie Éditeurs, 1934. v.1, p.1-9. Original em francês.
- S'TEINKE, E. T. Considerações sobre variabilidade e mudança climática no Distrito Federal, suas repercussões nos recursos hídricos e informação ao grande público. Tese (Doutorado), Departamento de Ecologia, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2004.
- 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: Laboratório de Climatologia. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. Universidade de São Paulo, 2001. Cap. 1. p. 11-33. (Geosp - Coleção Novos Caminhos, 4).