

Aspectos Multiescalares e Sistêmicos da Análise Climatológica

Prof. Dr. Carlos Henrique Jardim
Universidade Federal de Minas Gerais

Resumo

Uma das características da análise geográfica (e climatológica) é o trânsito entre os diversos níveis escalares dos fenômenos naturais e sociais, o que conduz à idéia de hierarquia ou sistemas embutidos no interior de sistemas. Nesse sentido, o objetivo deste artigo é contribuir com essa discussão considerando aspectos da literatura sobre o assunto aplicado à análise geográfico/climatológica. A metodologia envolveu a revisão de trabalhos de interesse geográfico, oriundos de campos disciplinares diferenciados, e na experiência prática do autor na condução de pesquisas dessa natureza. Os resultados reforçam a integração da análise climatológica à dinâmica dos sistemas naturais e antrópicos.

Palavras-chave: escala espacial, sistema, climatologia.

Abstract:

One of the characteristics of the geographical (and climatological) analysis is the movement between different scalar levels of natural and social phenomena, leading to the idea of hierarchy and systems. In this sense, the aim of this paper is to contribute to this discussion considering aspects of the literature on the subject applied to geographical / climatological analysis. The methodology involved a review of studies of geographical interest, coming from different disciplines, and practical experience of the author in conducting research of this nature. The results reinforce the integration of climatological analysis of the dynamics of natural and human systems.

Key-Words: *spatial scale, system, climatology.*

cjardim@yahoo.com

Introdução

Uma das características da análise geográfica e, por extensão, da análise climatológica, é o trânsito entre os diversos níveis escalares. Isso não significa que essa discussão não esteja presente em outros campos disciplinares. Quando o meteorologista trata de algum aspecto da ação das massas de ar ou quando o biólogo caracteriza um nicho ecológico a dimensão do objeto ou escala espacial está implícita no próprio objeto de estudo. Entretanto, e aí se encontra a contribuição da geografia/climatologia, o aspecto importante encontra-se nas relações que o objeto de estudo estabelece com objetos no mesmo nível escalar (organização funcional) e em níveis escalares diferenciados (hierarquia), o que conduz à idéia de “sistemas embutidos no interior de sistemas” ou hierarquia de relações ou de sistemas, tanto dos fenômenos naturais quanto antrópicos.

Esse aspecto esteve presente na obra de Monteiro (1975; 1978; 1980; 1991; 2000) em vários momentos, em particular quando descreve a estrutura climática na forma de arborescência (Idem, 1975), destacando os níveis de organização funcional (relação entre objetos no mesmo nível escalar) e ao nível da estrutura hierárquica (posição do objeto e suas relações com objetos em diferentes níveis escalares, semelhante à cadeia ecológica), além de discutir o conceito de sistema aplicado ao estudo dos climas urbanos. Esse pensamento foi resgatado posteriormente em quatro obras posteriores (Idem, 1978; 1980; 1991; 2000) ao discorrer sobre a estrutura espacial (horizontal/vertical) e temporal do clima através de um complexo diagrama (Idem, 1978; 2000), no qual ressalta relações “horizontais” ou espaciais (relação do clima com fatores de superfície), “verticais”, enfatizando o caráter volumétrico da atmosfera e temporal (duração do evento/fenômeno e sucessão dos tipos de tempo). Nas outras duas obras o autor (Idem, 1980; 1991) desenvolve o contexto teórico que confere suporte às questões tratadas nas demais obras, como a teoria do caos, geometria fractal etc.

Deve-se acrescentar às obras descritas, em trabalho recente nessa linha de discussão, a tese de Caracristi (2007) cuja abordagem, além de reforçar a concepção de clima enquanto “sistema”, traz elementos novos à luz de novas teorias e autores. Um desses elementos é o conceito de “redes”, ou seja, enquanto o diagrama da arborescência pressupõe uma origem única no desenvolvimento do evento/fenômeno climático, a “rede” pressupõe múltiplas origens (gênese) e caminhos e múltiplos desfechos (repercussão espacial do clima). A tese de Jardim (2007) constitui-se em tentativa de aplicação do conceito de sistema à definição de unidades climáticas, tomando-se como área de estudo trecho do município de São Paulo.

Há também obras recentes e contemporâneas àquelas mencionadas que, embora não tratem especificamente sobre climatologia, discorrem a respeito da teoria dos sistemas, escala etc., aplicada à compreensão dos sistemas naturais e antrópicos, podendo-se destacar Detwyler e Marcus (1972) na utilização da teoria dos sistemas às áreas urbanas, Tricart (1977) sobre a relação entre processos geomorfológicos e a interdependência entre a baixa troposfera, o estrato florestal e os solos, Christofolletti (1979; 1999) em relação aos aspectos básicos dos sistemas (e, por extensão, ecossistemas e geossistemas), Drew (1989) sobre as características básicas dos sistemas e sua aplicação na compreensão dos sistemas naturais e antrópicos, Ribeiro (1993) sobre as escalas em climatologia, Morin (2002) também em relação aos aspectos básicos e de origem dos sistemas, Vicente e Perez Filho (2003) sobre a evolução dos principais paradigmas científicos (incluindo a teoria dos sistemas) e Mattos e Perez Filho (2004) e as características dos sistemas aplicados aos fenômenos geomorfológicos.

Deve ficar claro, também, que muitos aspectos discutidos pelos autores não são diretamente aplicáveis à realidade ou aplicáveis somente a determinadas situações. É o caso de algumas idéias discutidas por Drew (1989) a respeito dos pontos onde os sistemas são mais sensíveis às perturbações. Em relação ao sistema climático o autor coloca que mudanças na composição química da atmosfera repercutiriam em todo o sistema. Essa consideração seria utilizada mais tarde como argumento para justificar as “mudanças climáticas” a partir de variações positivas na concentração de gás carbônico. Não é preciso dizer que isso se mostrou falho, uma vez que esse não é o único e nem o mais importante fator a influenciar o clima.

Diante do exposto o objetivo deste artigo foi trazer elementos para discussão a respeito da aplicação dos conceitos de escala (espacial e temporal) e sistemas aplicados à análise geográfico/climatológica.

A metodologia apoiou-se em revisão de trabalhos de interesse geográfico, alguns deles oriundos de outros campos disciplinares, e na experiência prática do autor na condução de pesquisas de foco climatológico e impactos ambientais.

2. Análise e Discussão

2.1 Escala espacial/temporal

O sistema climático terrestre, como o próprio termo sugere, pressupõe um conjunto de componentes cujas partes se inter-relacionam, resultado da relação dos elementos atmosféricos (temperatura, umidade, pressão atmosférica etc.) com os fatores ou controles geográficos de superfície (relevo, altitude, latitude, distância em relação ao oceano etc.). A energia solar assume o papel de principal insumidor energético desse sistema (“input” ou entrada de energia). O “output” energético ou “saída” está presente na repercussão espacial ou impacto climático: déficit ou excedente hídrico, enchentes, tempestades, ilhas de calor etc.

O papel do homem, nesse sentido, não estará na sua capacidade de modificar a entrada de energia no sistema, mas, principalmente, de reforçar ou atenuar o impacto (“output”) ambiental em microescala. As mudanças no ritmo de variação da temperatura do ar na cidade de São Paulo discutida por Azevedo (2001), com o deslocamento dos picos para o meio da semana, ao comparar séries de dados das décadas de 1933-49 e 1998-2000, constitui-se em exemplo disso em escala local (microescala). Nesse caso, alterou-se a dinâmica e as propriedades térmicas da superfície urbana (microclimas e topoclimas), mas não a gênese e organização dos tipos de tempo (nível local) e, muito menos, a ação das massas de ar (nível regional ou mesoescalar).

A título de informação, as escalas tradicionalmente consideradas em climatologia, conforme adaptação de Monteiro (1999, p.38), dos níveis mais amplos e generalizados em direção aqueles de detalhe, respondem pelos níveis global e zonal, regional, sub-regional (fácies), local, mesoclima, topoclima e microclima. Enquanto os dois primeiros níveis envolvem milhões de km², nos níveis regional, sub-regional e local a dimensão é dada entre várias dezenas, centenas e milhares de km². Os níveis restantes variam da escala métrica (microclima) até algumas dezenas de km² (mesoclima). É evidente que não há limite rígido entre os níveis escalares, principalmente quando se considera a natureza fluída da atmosfera e, assim como em outros sistemas naturais, predominam as transições. Outro aspecto que deve destacar da proposta do referido autor refere-se à mudança nas metodologias de compreensão do fato climático e as estratégias de mitigação do problema consoantes aos níveis escalares.

A relação entre os fatores de superfície com os elementos atmosféricos explica como o insumo energético é modificado e distribuído dentro do sistema. Mesmo que a quantidade de energia solar incidente no topo da atmosfera seja igual para uma ampla faixa latitudinal, a maneira como a superfície terrestre recebe e distribui essa energia é totalmente diferenciada, mesmo em espaços relativamente pequenos como as cidades e arredores agrícolas. Cada fator climático é um reservatório de energia (calor) em potencial, podendo cedê-la rapidamente (ou não) para o ambiente. Em macroescala os oceanos constituem-se no principal reservatório de calor, afetando as variações dos atributos climáticos durante anos ou décadas seguidas. O solo também se constitui num reservatório de energia, mas o seu inexpressivo volume de interação com a radiação solar, baixo valor de calor específico dos minerais ($\pm 0,2$ cal/g.°C) e propriedades de transmissão de energia ineficientes, regida por contato molecular, minimizam o estoque de calor e reduzem as trocas de calor com o ambiente a intervalos horários.

Considerando os dois exemplos, verifica-se que não se trata apenas de avaliar a dimensão e duração (ou escala espacial/temporal) do evento/fenômeno. Ao se modificar a dimensão do objeto, modifica-se, também, a natureza e as características dos componentes do sistema climático, bem como as entradas, transferências e saídas de matéria e energia e, portanto, a resposta ou repercussão espacial/temporal de um dado evento/fenômeno climático. Por outras palavras, a escala não define o objeto, mas [...] “coloca em evidência relações, fenômenos, fatos que em outro recorte não teriam a mesma visibilidade” [...] (CASTRO, 1995, p.135) e [...] “tão importante quanto saber que as coisas mudam com o tamanho, é saber como elas mudam, quais os novos conteúdos nas novas dimensões” (Idem, p.137).

A título de exemplo, um fato bem conhecido da população urbana em áreas tropicais é a relação entre vegetação e conforto térmico. Não há quem negue, mesmo que intuitivamente, sua influência na atenuação da temperatura e elevação da umidade do ar. Aliás, o papel desse componente do meio num quadro de relações mais amplas vai muito além de propiciar melhores condições de conforto. Entretanto, como acontece em Belo Horizonte e em várias outras cidades tropicais, a representatividade espacial e de distribuição desse componente minimizam quaisquer possíveis efeitos, inclusive em relação às condições de conforto térmico e higrométrico. Belo Horizonte possui 12,6% de “áreas verdes” sendo que desse total aproximadamente 10% concentra-se no limite sul/sudeste do município em quatro unidades de conservação (Pq. Estadual do Rola Moça, Estação Ecológica do Cercadinho e os Pqs. Municipais Mangabeiras e da Baleia), sobrando pouco mais de 2% fragmentada pelo restante da malha urbana do município. Esse dado negativo não minimiza a importância da vegetação (embora reduza sua possível influência como componente do sistema urbano e climático), mas reforça a necessidade de se criar e recuperar para a cidade espaços que contenham esse elemento.

Ou seja, deve-se considerar que a mudança de escala envolve mudanças qualitativas e quantitativas em relação à natureza, dinâmica e características do objeto, relativos à gênese e fatores envolvidos na organização e sustentação do fenômeno, num dado intervalo de tempo, assim como em aspectos metodológicos relativos à compreensão do objeto. Portanto, pode-se deduzir que o comportamento dos atributos (ou elementos) climáticos mensurados em espaços de dimensões reduzidas (ex.: microclimas em áreas urbanas) é completamente diferente daqueles representativos de espaços de abrangência geral (ex.: domínios florestais em regiões tropicais), uma vez que os fatores ou controles envolvidos na sua organização são completamente diferentes. O que leva, inevitavelmente, à noção de “hierarquia” tratada adiante.

2.2 Hierarquia ou posição do objeto na cadeia de relações

A organização do clima insere-se em todos os níveis escalares e é determinada pela relação dos fatores ou controles de superfície com os elementos ou atributos atmosféricos. Neste caso, um nível de organização oferece suporte para outros níveis de organização.

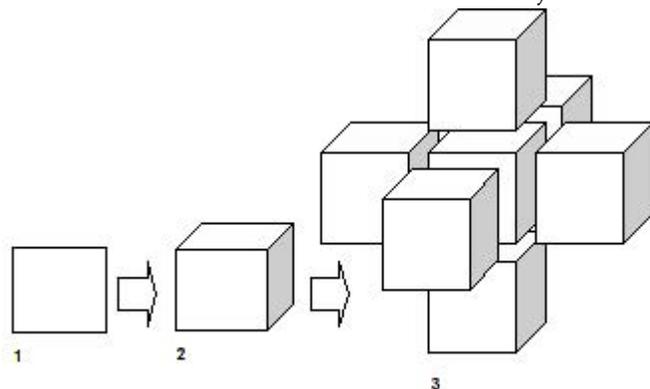
Conforme assinala Monteiro (2000, p.53) o [...] “comportamento atmosférico, integrado às demais esferas e processos naturais, “organiza” espaços climáticos a partir das escalas superiores em direção às inferiores [...] a ação antrópica em derivar ou “alternar” essa organização ocorre no sentido inverso, ou seja, das escalas inferiores para as superiores”. Em outro momento de sua obra (Idem, 1999, p.25) o autor descreve essas relações hierárquicas atribuindo o papel de diversificador à escala zonal, organizador à escala regional e de especialização ao nível local. Por outras palavras, isso pode ser interpretado no sentido de situar a “gênese” ou origem do fato climático nas escalas superiores (massas de ar ou sistemas atmosféricos), de organização em mesoescala (tipo de tempo ou estado atmosférico) e de repercussão espacial de um dado evento/fenômeno climático ou de impacto em microescala (multiplicidade de situações que organizam e/ou desorganizam o ambiente e a sociedade).

Mesmo que na avaliação de um evento/fenômeno climático qualquer seja elencada as mesmas variáveis, a passagem de um nível marcado pelo desenvolvimento de um dado evento como a passagem de um sistema frontal pelos territórios do sul do Brasil e a formação de geada “negra”, os controles envolvidos na estruturação de um e outro evento são completamente diferentes. No caso das geadas, os controles relacionam-se às micro feições do relevo, em termos de altura das formas, posição relativa (topo, vertente, fundo de vale), orientação e declividade das vertentes, comprimento da rampa etc. No outro caso, quando da ação do sistema frontal, os fatores envolvidos incluem latitude, distância em relação aos oceanos, às características e proximidade dos centros de ação atmosféricos etc., impondo-se frente ao caráter pontual do primeiro. É o mesmo tipo de evento que desestrutura (ou anula) completamente os “climas urbanos”, em alguns casos limitando as diferenças de temperatura do ar a décimos de grau quando tomadas simultaneamente entre em área urbana e rural/florestal. Um evento/fenômeno climático que se organiza em escala superior (macro e mesoescala) sobrepõe-se àqueles que se organizam em escala inferior (microescala).

A figura 01 organiza essas relações considerando em (1) as coordenadas que localizam e descreve o objeto “congelado” no tempo e espaço, (2) a evolução temporal do objeto (sobreposição de tempos e de transformações no espaço) e (3) o seu desdobramento escalar (desdobramento espacial e temporal o objeto de estudo e, conseqüentemente, das relações sistêmicas, levando à complexificação do objeto).

Dessa forma a mensuração de um dado elemento (vento, chuva, temperatura etc.) num determinado lugar e momento, revelam o seu comportamento pontual. A generalização dessas tomadas, em vários momentos e lugares, revela a generalização desse comportamento pelo espaço. Do primeiro para o segundo, seguem mudanças quantitativas e qualitativas importantes, descrita pelas relações entre os componentes do sistema.

Figura 1 Desdobramento multiescalar do objeto de estudo.

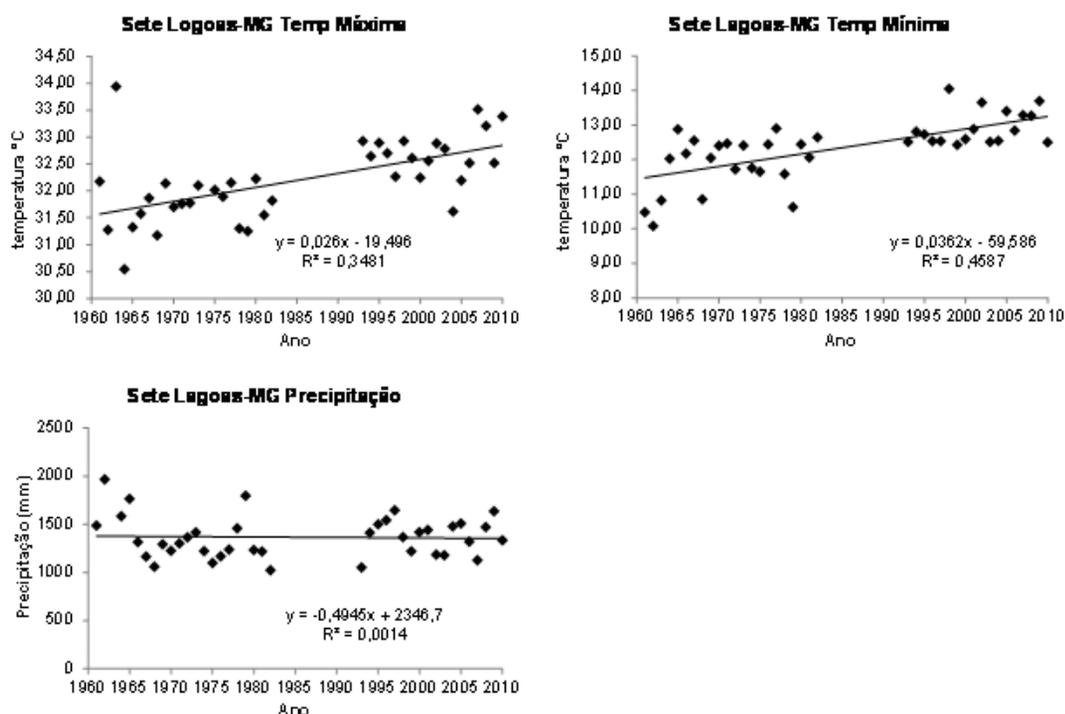


Embora se constitua num passo importante, o desdobramento espacial e temporal do comportamento do objeto nem sempre (ou quase nunca) revela sua real natureza. As tendências nem sempre são explícitas e, quando se verifica algum padrão, é difícil separar o que responde por uma variação natural daquela derivada da ação antrópica.

Resultados preliminares sobre a gênese e distribuição das chuvas em localidades no estado de Minas Gerais (MACHADO *et al.*, 2012) mostrou que não há relação direta entre tempo e variação do atributo. Seria de se considerar, por exemplo, algum padrão em sua evolução temporal associada à expansão das áreas urbanas e ocupação agrícola, o que, a primeira vista, não ocorre, como pode ser observado na figura 02. A partir da aplicação de técnica de regressão linear simples para verificar correlações e tendências em relação às variáveis climáticas, neste caso aplicado à série temporal de Sete Lagoas-MG para o período de 1961-2010, constatou-se através do índice de correlação (R^2) fraca relação no que se refere às variações da temperatura máxima e mínima e nula em relação à precipitação. O índice de correlação varia entre 0 e 1 para, respectivamente, correlação nula e máxima. Um índice aceitável de correlação seria igual ou superior a 0,8.

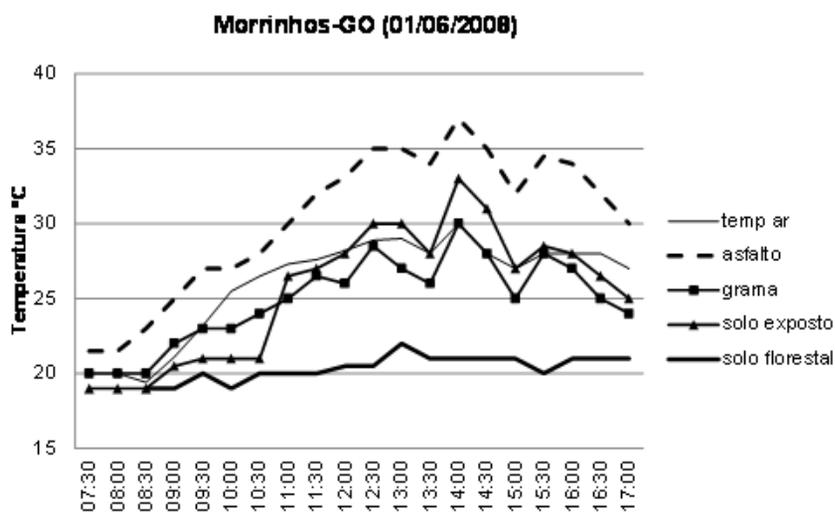
Em relação às variações da temperatura e chuva apresentadas na figura 02, poder-se-ia especular relações com fatores de meso e macroescala como a Oscilação Decadal do Pacífico (fase fria nas décadas de 1960-1970 e fase quente no final da década de 1990) e as fases do El Niño (eventos de 1982-83 e 1997-98), embora a coincidência não seja imediata, requerendo pesquisas mais detalhadas, principalmente no tocante à imposição de fatores locais.

Figura 2 Tendências e correlações em variáveis climáticas de Sete Lagoas-MG (1961-2010).



Por outro lado, quando se trata de variações horárias relativas a espaços de dimensão reduzida (áreas urbanas, interior de estrato florestal etc.) as relações entre variação do atributo e tempo tendem a assumir relação direta com fatores determinados (o que não significa que seja simples sua elucidação) como mostra a figura 03. Neste caso, a variação de temperatura guarda relações estreitas com a variação no ângulo de incidência de radiação solar no decorrer do dia e com as propriedades de armazenamento e transmissão de calor dos materiais (calor específico e capacidade térmica). Notar que o solo florestal (denso estrato florestal em mata ciliar) a temperatura quase não varia, uma vez que o dossel arbóreo obstrui grande parte da incidência de radiação solar direta e, portanto, diminuindo o saldo radiativo no interior do estrato florestal, e parte dele ainda é consumida nos processos metabólicos das plantas e no processo de evapotranspiração (o calor sensível é convertido em calor latente no processo de evaporação da água e não participa das variações de temperatura). Por outro lado, sobre solo exposto a variação de temperatura é muito elevada uma vez que não há obstrução frente à entrada de radiação direta, sendo ela absorvida e convertida em calor sensível, e toda a carga radiativa fica concentrada na camada superficial do solo dada à ineficiência de transmissão de calor por contato molecular às camadas mais profundas.

Figura 3 Variações de temperatura do ar e em diferentes superfícies representativas de espaços microclimáticos.



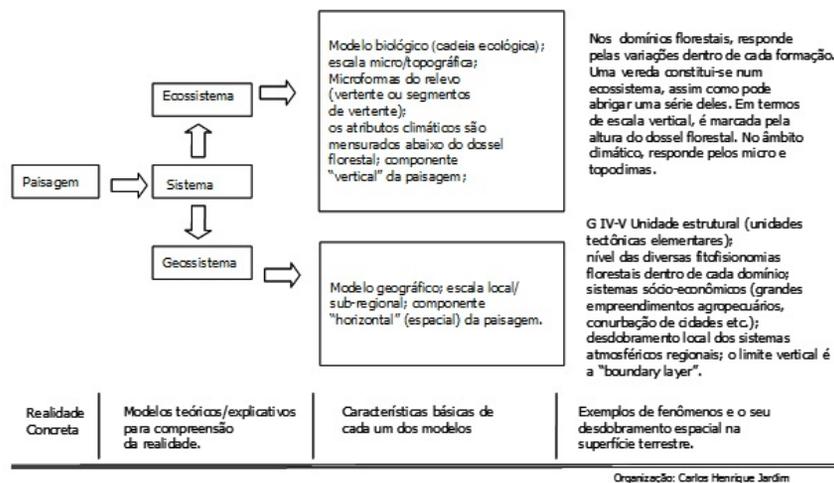
2.3 Níveis de organização ou sistema (cadeia de relações)

Não há como desvincular escala espacial e temporal, hierarquia e sistema. Não existem objetos isolados, mas sistemas, ou melhor, sistemas dentro de sistemas, numa perspectiva escalar infinita (o que não significa que tudo diga respeito à geografia). Nesse sentido, como mostra a figura 04, o objeto representa a realidade e o sistema o modelo explicativo dessa realidade. Compreender o objeto de estudo implica situá-lo em termos de “escala”, “hierarquia” ou “níveis de organização” e, portanto, de “sistema”.

Isso significa que além da entrada e saída de matéria e energia e dos componentes presentes nos sistemas, há uma série de novos atributos oriundos da relação entre os componentes e/ou entre os sistemas. Trata-se de propriedades emergentes ou qualidades novas próprias dessas relações e não de determinado componente individual, ou seja, trata-se de “relações” que levam a transformações no objeto.

Exemplo disso pode ser encontrado no quadro climático e de organização da paisagem na América do Sul no auge do último glacial, entre 12 e 18 mil anos A.P., conforme descreve Ab’Saber (1977), quando formações florestais úmidas como a Mata Atlântica e a Amazônia, até então restritas a enclaves mais úmidos em fundos de vale (matas ciliares), encostas úmidas a barlavento, topos de interflúvios etc., conectaram-se e adquiriram as dimensões atuais graças não apenas ao fato do clima ter se tornado mais úmido, mas, também, às modificações impostas ao meio associada aos mecanismos de retroação exercido em conjunto pelas comunidades biológicas, solo e clima, levando os ecossistemas para localidades mais distantes das calhas fluviais ou de setores melhor abastecidos de água. O avanço da vegetação, numa fase marcadamente “biostásica”, favoreceu a pedogênese (solos mais profundos) e propiciou melhores condições de armazenamento de água e elevação do lençol freático. A maior oferta de água para a vegetação foi capaz de supri-las mesmo nos períodos mais secos.

Figura 4 O “sistema” como modelo explicativo da realidade.



Lovelock (1988) também defende a idéia de interdependência entre os componentes que compõem a realidade, como a composição constante dos elementos químicos presentes na atmosfera (entre eles, a porcentagem de oxigênio em 21%) e a manutenção da temperatura média da Terra num dado patamar ao longo do tempo. Concentrações superiores aos níveis atuais de oxigênio (25%) desencadeariam incêndios florestais incontroláveis, mesma nas formações mais úmidas, ao passo que em concentrações inferiores (15%) não seria nem possível produzir fogo. No caso do controle da temperatura pela biota, o autor estabelece um paralelo entre um planeta hipotético, povoado por margaridas negras e brancas e a evolução do sol. Inicialmente, quando o sol está mais frio e emite menos luz, predominariam as espécies escuras, mais aptas ao aproveitamento da pouca energia solar. À medida que o sol expande e se aquece, ocorreria uma seleção no sentido de se privilegiar as espécies de cor clara, mais aptas a refletir a radiação solar de volta para o espaço e, conseqüentemente, dissipar o calor.

Nos dois exemplos a relação entre desenvolvimento da biota e demais fatores naturais é denominada de “coevolução”.

Os “climas urbanos” também se encaixam nesse contexto de relações sistêmicas e Monteiro (1975; 2003) fornece quadros representativos para cada subsistema, relativos às variações da temperatura e umidade do ar, impacto pluvial e poluição atmosférica, identificando neles os insumos energéticos, os componentes (e as relações entre eles), o impacto produzido e as formas de mitigação.

Embora o clima constitua-se em perfeito exemplo de sistema, há alguns aspectos que devem ser observados. As relações de interdependência garantem que, uma vez introduzidas modificações num dado componente, outros componentes serão afetados. Na verdade, isso é mais lógico do que verdadeiro, pois cada sistema possui suas próprias características. No caso dos sistemas naturais e, portanto, do clima, deve-se considerar os seguintes aspectos: (1) os componentes também são sistemas e, como qualquer sistema, possui “resiliência”, ou seja, maior ou menor capacidade de suporte frente aos impactos ambientais; (2) um dado impacto não afeta igualmente todo o sistema, mas, principalmente, alguns subsistemas. Exemplo disso são os efeitos catastróficos do fogo sobre domínios florestais úmidos, enquanto que nas savanas esse componente faz parte da dinâmica natural do sistema auxiliando-a em seu desenvolvimento (está descartado, evidentemente, as queimadas “criminosas” induzidas por práticas humanas inadequadas); (3) as transformações que afetam as organizações climáticas em escalas superiores afetam as organizações de escalas inferiores, embora o contrário tenha efeito limitado. Fato esse já discutido anteriormente por Ribeiro (1993) e Monteiro (2000).

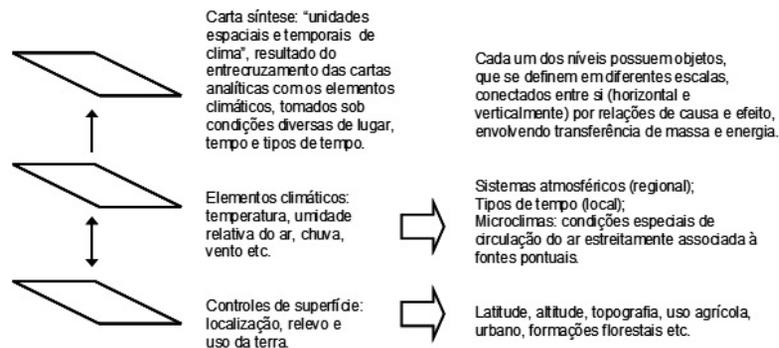
A partir da perspectiva esboçada ao redor da teoria dos sistemas, desloca-se da atmosfera para a paisagem o núcleo do sistema climático. Essa é uma mudança conceitual importante, já considerada sob diversos pontos de vista nos trabalhos de Monteiro (1978, 2000), cujo foco repousa no desenvolvimento da pesquisa climatológica integrando os sistemas naturais (ecossistemas e geossistemas) e antrópicos (“derivações antropogênicas”), e Christofolletti (1999) ao definir como campo de atuação da Geografia Física o estudo dos sistemas ambientais físicos ou geossistemas.

2.4 Unidade climática

Aquí novamente transparece a idéia de sistema de relações, ou seja, a unidade climática enquanto produto de relações e transformações do objeto ou de síntese das condições do meio. Não se trata de sobrepor os produtos analíticos (carta de isotermas, isoietas etc.) aos de superfície (relevo, uso da terra etc.) e delimitar as intersecções, mas identificar o produto das relações entre esses componentes sob as circunstâncias observadas. Como mostra a figura 05, o “produto” cartografável ou “impacto ambiental” deriva das relações entre os componentes do sistema inseridos numa estrutura hierárquica.

Figura 5

Roteiro simplificado de análise e construção da carta síntese.



O impacto ou repercussão espacial do clima enquanto produto da relação entre as características locais e de sucessão do tempo atmosférico seguiu o roteiro proposto de discussão no artigo: escala espacial/temporal → hierarquia → níveis de organização/sistema → unidade climática. Implicitamente, as questões a serem respondidas envolvem a localização do fenômeno, suas características, as circunstâncias sob as quais ocorreu, o comportamento do objeto sob as referidas circunstâncias e a relação do dado mensurado com os fatores identificados.

O conceito de síntese não é novo no âmbito da geografia/climatologia. Vários autores a propuseram considerando a variação dos elementos do clima, constando em diversas pesquisas voltadas ao planejamento urbano, zoneamento agrícola, estudos de impacto ambiental etc., dentro daquilo que Sorre (1934) considera como primordial à definição climática, ou seja, (1) abranger a totalidade dos elementos do clima susceptíveis de agir sobre o organismo e (2) sobre os elementos climáticos serem considerados em suas interações. Portanto, ao se pensar a definição de unidades climáticas, não se trata apenas de especializar a variação de determinado elemento atmosférico no tempo e no espaço, mas pensa-lo de forma integrada aos demais elementos do clima e componentes do meio e nas características do produto resultante dessa influência recíproca.

Considerações Finais

O primeiro aspecto a ser apontado quanto à discussão desenvolvida refere-se à necessidade de conhecimento do objeto de estudo, ou seja, de situá-lo em termos de posição num dado sistema de relações. Isso é importante na medida em que se considera a real influência do objeto de estudo. Um erro muito comum (executado de forma intencional ou não) refere-se às pretensas “provas” de aquecimento global (macroescala) utilizando-se de evidências em microescala ou de dados escassos incluindo pouco tempo de observação (degelo em vales glaciais de dimensão exígua, variações do nível dos oceanos a partir de estações maregráficas pontuais, extensão da banquisa no Ártico e Antártico etc.).

Do ponto de vista cartográfico, o produto pode ser semelhante quando se compara, por exemplo, a carta dos climas regionais do Brasil no atlas do IBGE (2002) com as unidades climáticas naturais do município de São Paulo (Tarifa e Armani, 2001). Embora ambas traduzam relações entre fatores e elementos climáticos, a escala espacial dos eventos/fenômenos ali representados é completamente diferente, o que se traduz por relações sistêmicas também diferenciadas. Trata-se, inclusive, de outra questão ainda não resolvida no âmbito da representação cartográfica em climatologia: como mapear unidades de clima ou impor limites a um meio de natureza fluída?

Deve-se esclarecer, também, que o propósito de compartimentar o espaço responde às necessidades de organização e exploração econômica por parte das sociedades humanas e, por que não, de conservação de seus recursos, uma vez que são colocadas em pauta tanto as limitações quanto as potencialidades de sua utilização a partir dos processos que ali se desenvolvem.

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, v.3, p.1-19, 1977.
- AZEVEDO, T. R. Derivação antrópica do clima na Região Metropolitana de São Paulo abordada como função do ritmo semanal das atividades humanas. 2001. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.
- CARACRISTI, I. A. Natureza complexa as poiéis 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.
- CASTRO, I. E. O problema da escala. In: CASTRO, I. E. *et al.* (Orgs.) *Geografia: conceitos e temas*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1995
- CHRISTOFOLETTI, A. Análise de sistemas em geografia. São Paulo: Hucitec: Editora da Universidade de São Paulo, 1979.
- CHRISTOFOLETTI, A. Modelagem de sistemas ambientais. 1.ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1999.
- DETWYLER, T. R.; MARCUS, M. G. Urbanization and environment. The physical geography of the city. Belmont: Duxbury Press, 1972.
- DREW, D. Processos interativos: homem-meio ambiente. 2.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1989.
- IBGE. Atlas Geográfico. Rio de Janeiro: IBGE, 2002.
- 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.
- LOVELOCK, J. As eras de Gaia. Uma biografia da nossa Terra viva. Portugal: Europa-América, 1988.
- 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.
- MATTOS, S. H. V. L. de; PEREZ FILHO, A. Complexidade e estabilidade em sistemas geomorfológicos: uma introdução ao tema. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, n.1, p.11-18, 2004.
- MONTEIRO, C. A. F. Teoria e Cima Urbano. Tese (Livre 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. A geografia no Brasil (1934 – 1977): avaliação e tendências. São Paulo: Instituto de Geografia/ Universidade de São Paulo, 1980.
- MONTEIRO, C. A. F. Clima e excepcionalismo: conjecturas sobre o desempenho da atmosfera como fenômeno geográfico. Florianópolis: Editora da Universidade Federal de Santa Catarina, 1991.
- MONTEIRO, C. A. F. O estudo geográfico do clima. *Cadernos Geográficos*, Florianópolis, n.01, 1999.
- MONTEIRO, C. A. F. Geossistemas: a história de uma procura. São Paulo: Contexto, 2000.
- MONTEIRO, C. A. F. Teoria e clima urbano: um projeto e seus caminhos. In: MENDONÇA, F.; MONTEIRO, C. A. F. (Orgs.). *Clima Urbano*. São Paulo: Contexto, 2003. p.9-68.
- MORIM, E. O método 1: a natureza da natureza. trad. Ilana Heineberg. Porto Alegre: Sulina, 2002.
- RIBEIRO, A. G. As escalas do clima. *Boletim de Geografia Teórica*, n.45-46, p.288-294, 1993.
- 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.
- VICENTE, L. E; PEREZ FILHO, A. Abordagem sistêmica e geografia. *Geografia*, Rio Claro, v.28, p.323-344, set./dez. 2003.
- TARIFA, J. R.; ARMANI, G. Os climas “naturais”. In: TARIFA, J. R.; AZEVEDO, T. R. (Orgs.) *Os climas na cidade de São Paulo: teoria e prática*. São Paulo: Pró-Reitoria de Cultura e Extensão. Universidade de São Paulo: Laboratório de Climatologia. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. Universidade de São Paulo, 2001. Cap. 2. p. 34-46. (Geousp - Coleção Novos Caminhos, 4).
- TRICART, J. *Ecodinâmica*. Rio de Janeiro: IBGE, Diretoria Técnica, SUPREN, 1977.