

# CLIMA E ORGANIZAÇÃO DO ESPAÇO

João Lima Sant'Anna Neto<sup>1</sup>

**RESUMO.** Este artigo discute o clima como fenômeno geográfico e seu papel na organização do espaço, a partir de uma abordagem dinâmica e sistêmica. Apoiando-se na fundamentação teórica legada por Max Sorre, apontam-se questões metodológicas e problemas de escala para o estudo do clima tanto em áreas urbanas quanto no meio rural. Analisando-se o estado da arte e o estágio atual do conhecimento climatológico no Brasil, propõe-se procedimentos teóricos focalizando uma abordagem geográfica do clima.

**Palavras-chave:** clima; climatologia geográfica; organização do espaço; método

## CLIMATE AND SPACE ORGANIZATION

**ABSTRACT.** This article aims to discuss the climate as a geographical phenomena in the role of space organization, from systemic and dynamic scope. Since Sorre's theoretical basis, we point out methodological questions and scale problems to the study of the climate both at urban and rural areas. Analysing the state of the art and the actual knowledge of brazilian climatology, we propose theoretical procedures to geographical climatology approach.

**Key words:** climate; geographical climatology; space organization; methods.

## 1. INTRODUÇÃO

A preocupação do homem com os fenômenos originados na atmosfera e que repercutem na superfície terrestre é tão antiga quanto a sua própria percepção do ambiente habitado. Desde os primórdios da epopéia humana na Terra, o interesse pelo tempo e pelo clima se justifica pela indubitável influência que seus fenômenos, e os aspectos inerentes a eles, exercem nas atividades realizadas pelo homem.

Devem-se aos gregos as primeiras observações meteorológicas e a ruptura com as posturas teológicas empregadas pelas civilizações anteriores que atribuíam aos deuses o controle do tempo. Os filósofos alexandrinos, como Erastostenes e Aristarcus, acreditavam que as diferenças regionais e significativas do tempo só ocorriam do norte para o sul, originando o primeiro zoneamento climático, em que dividiam a Terra em zonas tórridas, temperadas e frígidas.

Segundo AYOADE (1988), apenas no século V antes da era cristã, passou-se a adotar uma atitude mais científica para o estudo da tempo, com o surgimento das obras de Hipócrates, autor de "Ares, Águas e Lugares" e de Aristóteles, através de sua "Meteorologia".

Foram necessários quase dois milênios para que ocorresse, na Renascença Européia, com as grandes navegações e explorações geográficas, a sistematização dos conhecimentos científicos iniciando-se então, um processo de mensuração dos elementos do tempo, a partir da invenção dos primeiros termômetros, pluviômetros e demais instrumentos que viriam a compor as hoje conhecidas estações meteorológicas, graças à genialidade de Torricelli e Galileo, Bacon e Descartes entre outros, que construíram os vários aparelhos utilizados para observar e registrar os fenômenos atmosféricos.

Neste período, reconheceu-se que as variações climáticas não se restringiam apenas aos cinturões latitudinais, mas estendiam-se por áreas irregulares, sendo afetadas

<sup>1</sup> Professor do Departamento de Geografia da Universidade Estadual de Maringá.

pela circulação geral da atmosfera e pela distribuição e configuração dos oceanos e continentes (VIANELLO e ALVES, 1991).

Durante os quatro séculos seguintes, do XVI ao XIX, os cientistas se concentraram nas questões básicas de elucidação da estrutura e composição da atmosfera, bem como da distribuição de seus elementos na superfície terrestre. Ao longo deste período, os principais estudiosos das ciências naturais se desdobraram nas tarefas de compreender e identificar as leis gerais que regem os sistemas atmosféricos e o conhecimento mais específico dos elementos do clima, na sua concepção física.

Todo o conjunto de descobertas e a elaboração das leis gerais, como aquelas divulgadas por Isaac Newton e Nicolau Copernico que pretendiam dar conta da explicação e funcionamento da natureza, propunham uma visão mecanicista de um universo considerado linear e que funcionaria como um relógio. Estas novas concepções, no escopo da nascente ciência geográfica, proporcionaram o que veio a ser denominado *determinismo geográfico*.

Esta concepção privilegiava, exageradamente, o papel da natureza, e por extensão, do clima, como agentes determinantes inexoráveis da vida e do ambiente. Todos os mecanismos geradores do ambiente seriam responsáveis pela adaptabilidade (ou não) do *modus vivendi* das sociedades.

Isto gerou, entre outras características, o caráter de influência dos trópicos na formação dos povos latino-americanos, africanos e indo-asiáticos, que explicaria sua índole e potencialidade de exploração econômica.

Por outro lado, o avanço científico, desde o final do século XIX até a II Grande Guerra Mundial, associado à expansão imperialista européia (e depois norte americana) detonou um impressionante progresso tecnológico; uma verdadeira revolução paradigmática colocava o homem e suas potencialidades, como verdadeiros senhores da Terra. O antigo *determinismo geográfico* dava lugar ao que convençamos denominar *determinismo econômico* (BERRY, 1973).

Nesta concepção, a humanidade tudo poderia. O ambiente natural se adequaria às necessidades de provimento de alimentos, de recursos naturais e de vida das sociedades, a partir do conhecimento tecnológico, em que a natureza, se comportaria de maneira passiva às intervenções humanas.

Muitas décadas se passaram, com erros estratégicos acumulados, até que essa concepção se revelasse tão equivocada quanto a anterior e que a humanidade percebesse que neste complexo jogo de interações entre a sociedade e a natureza, nenhum destes agentes detem o monopólio ou o comando irrestrito desta relação.

Se, de um lado, o homem pode alterar significativamente o ambiente em escalas inferiores (micro e local), e influenciar nas escalas médias e regionais, por outro lado, de modo algum tem a capacidade de modificar radicalmente o ambiente nas escalas globais, pelo menos no atual estágio tecnológico e científico.

Com o advento da cibernética e das técnicas computacionais, aliado aos conhecimentos introduzidos pelas observações realizadas pelos satélites artificiais, através de sensoriamento remoto, pela primeira vez na história houve a possibilidade de se obter uma visão da Terra em escala planetária, como um planeta orgânico. Começa-se a perceber que o clima, mais do que um fato, é uma teoria, que longe de funcionar de acordo com uma causalidade linear herdada da concepção mecanicista de um universo regulado como um relógio,

“...ele se expressa num quadro conjuntivo ou sincrónico à escala planetária, num raciocínio ao qual ainda não estamos acostumados.” (MONTEIRO, 1991)

Estamos diante do início de uma nova grande revolução científica, onde as concepções aceitas até hoje não são mais suficientemente esclarecedoras para a explicação de um universo “caótico” e “desordenado”.

As novas revelações a respeito das teorias do caos e da catástrofe podem, ao que tudo indica, ser capazes de trazer a tona antigos problemas de ordem conceitual, que foram incapazes de explicar, em toda a sua magnitude, o complexo funcionamento dos fenômenos atmosféricos e, permitir, sob novas perspectivas, a compreensão da dinâmica climática completamente inimaginável sob as amarras metodológicas de uma ciência que ainda procede de modo simplista e, que anda tão necessitada de reformulações teóricas que sejam condizentes com estes novos espíritos científicos.

Neste final de século, nenhuma postura investigadora parece ser mais acertada do que a busca de uma nova razão para um novo conhecimento. Todo o esforço realizado nas últimas décadas, nos vários campos da ciência, tem provocado inevitáveis reformulações metodológicas, que tem convergido para uma tendência universal de busca de uma concepção transdisciplinar, que exige uma postura mais radical para a compreensão do que MONTEIRO (1991, capítulo IV) chama de "*imensa desordem das verdades estabelecidas*".

Estas observações parecem ser bastante apropriadas quando se toma como referência o estágio atual do conhecimento do clima no âmbito da ciência geográfica pois, há muito se percebe uma certa insatisfação de práticas e métodos entre aqueles que têm perseguido uma compreensão mais conjuntiva da importância e do papel da atmosfera no entendimento das relações entre a sociedade e a natureza, bem como da própria sobrevivência da civilização neste planeta.

Desde a mudança de paradigma, a partir da aceitação dos pressupostos teóricos de SORRE e do legado de MONTEIRO, a climatologia geográfica no Brasil tem sido eficiente na compreensão e explicação dos mecanismos da circulação atmosférica regional e dos sistemas produtores dos tipos de tempo.

Uma vasta produção científica tem se incumbido de elucidar como a dinâmica climática produz as variações temporais e espaciais dos principais elementos atmosféricos e sua repercussão no espaço.

Mas não se conseguiu, até hoje, obter um conhecimento suficientemente claro e sistemático para prognosticar e projetar para o futuro, o comportamento do clima. Tanto os modelos matemáticos, quanto as técnicas estatísticas mais usuais, não têm conseguido oferecer um instrumental adequado para o progresso da climatologia, de tal forma que esta possa responder e esclarecer os grandes problemas ainda não resolvidos neste final de século, principalmente no que se refere às questões relativas às mudanças climáticas.

Há que se buscar um entendimento dos fenômenos que responda às indagações e necessidades exigidas pela sociedade. Isto significa procurar novos métodos e paradigmas que possibilitem atingir um grau de conhecimento e uma nova visão desta ordem de problemas que ainda não foram suficientemente incorporados.

## 2. O PAPEL DO CLIMA NA ORGANIZAÇÃO DO ESPAÇO

Muito tempo se passou até que o homem percebesse o importante papel desempenhado pelos atributos da atmosfera na organização do espaço. Primeiramente considerado como determinante e, posteriormente, como irrelevante (uma vez que a tecnologia poderia "corrigir" suas variações), apenas a partir das reflexões de SORRE (*Les fondamentaux biologiques de la Géographie Humaine*, 1951) e das contribuições de CURRY (*Climate and economic life*, 1952), os condicionantes climáticos passaram a assumir seu real papel, ou seja, o de insumo natural nos processos físicos e econômicos.

Desta forma, a relação entre o clima e a organização do espaço depende do grau de desenvolvimento econômico e tecnológico de cada sociedade em particular e de quais atributos são fundamentais em cada ecossistema do planeta. Assim, se ainda é possível destacar o papel predominante do regime pluviométrico nas lavouras do Senegal, por exemplo, em função das práticas agrícolas rudimentares daquela região da África

Ocidental, não se pode dizer o mesmo da agricultura moderna, mecanizada e altamente desenvolvida da região nordeste dos Estados Unidos (como os Wheat belt ou Corn belt). Como afirma KNEESE (1973), a relação entre os atributos climáticos e a organização do espaço é mediada pelo grau de tecnificação possível e real.

As antigas concepções de tempo e clima que nos foram dadas tanto por HANN (1903), quanto por KOEPPEN (1948), ainda muito utilizadas em vários ramos da ciência (como na agronomia), fundamentadas em parâmetros estáticos e combinações médias dos estados da atmosfera, pouco podem nos auxiliar, na atualidade, no entendimento e compreensão do papel do clima como importante atributo natural no processo de construção e produção do espaço geográfico.

Entretanto, os progressos alcançados através da "escola escandinava" de meteorologia, com as valiosas contribuições de BJERKNES (1921, 1923 e 1934), BERGERON (1928 e 1930) e ROSSBY (1938 e 1947) sobre a dinâmica atmosférica e a circulação das massas de ar, baseadas nos princípios da termo-dinâmica, nos revelaram uma atmosfera movente, pulsante e turbulenta, fornecendo as bases teóricas para a construção de um novo paradigma para a compreensão do tempo e do clima. No escopo da Geografia, estes preceitos foram sintetizados por SORRE (1951) que, partindo da crítica aos valores médios e à análise separativa dos atributos meteorológicos, propõe uma concepção dinâmica, em que a sucessão dos tipos de tempo e o encadeamento dos sistemas atmosféricos, principalmente da troposfera (camada de mistura), nos revelaria as noções de ritmo e gênese.

Desta forma, somente o caráter dinâmico e genético dos tipos de tempo podem nos auxiliar no entendimento dos processos formadores dos sistemas geográficos, tanto naturais quanto antrópicos.

Tanto PÉDÉLABORDE (1959), quanto MONTEIRO (1962, 1963, 1964, 1968, 1971 e 1973) se preocuparam em instrumentalizar o paradigma que nos foi legado por Sorre, incorporando na análise geográfica do clima, os conceitos de sucessão e ritmo. Estes preceitos foram fundamentais para o desenvolvimento da climatologia dinâmica que, no âmbito da Geografia, assume o único caráter possível, compromissado com a compreensão do espaço, a despeito de ainda serem mal interpretados pelos nossos colegas meteorologistas e agrônomos.

A penetração da Teoria Geral dos Sistemas (BERTALANFFY, 1973) nas ciências naturais foi fundamental para o entendimento do papel dos atributos do clima nos processos e estruturas espaço-temporais, tanto dos ambientes naturais quanto antrópicos. A adoção do paradigma sistêmico na análise físico-geográfica, além de permitir valiosa contribuição metodológica, pois torna a análise dos elementos atuantes no sistema (geossistema) inexoravelmente interativos, também significou notável desenvolvimento na resolução de uma difícil tarefa: a de lidar com o problema das diferentes escalas de abordagem.

Neste sentido, tanto SOTCHAVA (1976), quanto BERTRAND (1972) e TRICART (1977) demonstraram a importância da abordagem sistêmica na revelação dos diferentes atributos naturais e antrópicos, bem como sua eficiência no tratamento da paisagem, enquanto categoria de análise geográfica.

Por estes aspectos o clima assume importante papel como insumo, tanto na produção agrícola quanto na construção do ambiente urbano. Também pode ser considerado como regulador de processos urbanos e agrários, além de agente de impactos, como nos afirma MONTEIRO (1976). Assim, o clima apresenta diferentes maneiras de influenciar e condicionar o espaço.

Quando tratamos de áreas urbanas, o clima original é constantemente modificado pela construção do espaço urbano, uma vez que é alterado, entre outros fatores, o balanço de energia, em função da concepção de cidade estabelecida pela civilização capitalista ocidental.

Nas áreas rurais, a variabilidade sazonal e as excepcionalidade climáticas afetam a produção agrícola pois, ao contrário do que se deseja, a irregularidade dos fenômenos

meteorológicos é mais provável e ocorre com mais frequência do que o que se considera como padrões habituais ou normais. Além disto, o desmatamento de áreas florestadas alteram o balanço hídrico, a radiação e o albedo.

Portanto, na concepção geográfica, o papel do clima na organização do espaço deve ser visto, fundamentalmente, como gerador de tipos de tempo cujas características são absolutamente dinâmicas, complexas e muito sensíveis a qualquer alteração imposta, influenciando cada parte do planeta, em função da interação entre as diferentes esferas do globo e da ação do homem.

As transformações ocorridas nos últimos 100 anos no uso e ocupação da superfície terrestre, provavelmente, trouxeram consequências tanto à qualidade ambiental de modo geral, como certamente a mudanças de comportamento da camada inferior da atmosfera, afetando o regime hídrico das precipitações pluviais e da disponibilidade de água no solo, além do balanço de energia.

Mesmo considerando uma série de problemas e dificuldades para a avaliação correta do grau de derivação do regime e distribuição dos fenômenos atmosféricos sobre a superfície terrestre, já há indícios de que venha ocorrendo mudanças climáticas.

As maiores dificuldades para a análise geográfica do clima se referem ao curto segmento temporal das séries históricas e às falhas e inconsistências dos dados meteorológicos. Desta forma, a tarefa de elucidação da gênese das alterações dos elementos do clima, como tem se verificado nas últimas décadas, fica obviamente prejudicada pois, a partir da análise de dados das séries temporais, que não são suficientemente longas, é muito difícil separar as oscilações climáticas naturais daquelas decorrentes dos processos antropogênicos (TARIFA, 1994).

### 3. QUESTÕES METODOLÓGICAS E O PROBLEMA DAS ESCALAS

Pressupondo o paradigma sistêmico como o mais adequado para a análise geográfica do clima e seu papel na organização do espaço, e com base nas considerações de **Monteiro** (1978), partimos da concepção de que o clima é parte fundamental na compreensão do espaço, tanto como insumo de energia no sistema, quanto como regulador dos processos a eles inerentes. Desta forma, os principais atributos climáticos devem ser considerados tanto em sua gênese, sua distribuição espacial e seus processos temporais.

A partir da análise de seus processos, como o encadeamento dos tipos de tempo, o reconhecimento de sua variabilidade, tendência e regime tempo-espacial, compreende-se os agentes que regulam os sistemas tanto em seu padrão habitual, quanto (e mais importante) em seus episódios excepcionais.

Em cada porção do território, as configurações espaciais determinadas pela topografia do relevo, cobertura do solo, rede de drenagem e escoamento hídrico, entre outros, interagem com os padrões climáticos. Esta interação resulta no desvendamento do estágio de desenvolvimento de uma dada paisagem (regressão, evolução, biostasia, resistasia).

A dinâmica da paisagem tem na gênese climática seu principal insumo de energia. Além disto, cada uma destas paisagens apresentam estruturas espaciais que vão sendo construídas pelo trabalho do homem e influenciadas por esta dinâmica.

A partir do momento em que o homem e sua organização econômica e social intervêm numa determinada paisagem, as condições iniciais do sistema são alteradas, desencadeando reações processuais que delineiam novas modelagens. Desta forma, realimenta o sistema, afinal, a natureza não se comporta de modo passivo às intervenções humanas.

Este método (sistêmico) propõe uma análise dos parâmetros climáticos (adequados a cada característica espacial) no tempo (processos) e no espaço (estruturas), de modo a produzir, a partir da análise rítmica, a compreensão da dinâmica e gênese dos tipos de tempo e a distribuição e interação espacial de seus atributos com os demais componentes da paisagem, gerando análises temáticas destes atributos nos diversos segmentos de tempo, e culminando com uma classificação tipológica (taxonômica e hierárquica) que identifique os processos geradores, sua evolução e distribuição.

Neste aspecto, a questão da escolha dos segmentos temporais, dos parâmetros climáticos prioritários e do método de abordagem, está fundamentalmente associada a escala espacial.

CLAVAL (citado por SANT'ANNA NETO, 1991) já argumentava que a escala regional é a que mais se adequa ao objeto e método da Geografia em função da possibilidade de se compatibilizar o binômio processos e estruturas nas relações sociedade – natureza. No escopo da Geografia Física, BERTRAND (1972) propõe que a escala do geossistema (muito semelhante ao nível regional de Claval), entre as escalas inferiores e superiores, seja a mais adequada aos propósitos da análise geográfica.

A respeito do problema das escalas do clima, RIBEIRO (1993), sistematizando trabalhos anteriores, dá especial atenção aos parâmetros climáticos fundamentais intervenientes em cada ordem de grandeza e propõe o grau de significância dos diversos elementos, bem como seu papel influenciador e determinante.

Desta forma, quando tratamos da escala global, ou zonal, por exemplo, a circulação atmosférica, o sistema de ventos, o balanço de energia (relacionados às latitudes) devem ser tratados como elementos prioritários nesta ordem de grandeza, pois estes fatores climáticos intervenientes são os principais responsáveis na dinâmica das paisagens.

Em "Clima e Organização do Espaço no Estado de São Paulo" MONTEIRO (1976), ao abordar o problema de adequação das escalas, destaca a importância de se escolher os parâmetros climáticos intervenientes corretos e aponta a escala regional como a mais propícia ao entendimento das relações causais, reafirmando as possibilidades de suas articulações com as escalas local e zonal.

Assim, ao contrário dos estudos oriundos da Meteorologia, que direcionam sua atenção prioritária aos fatores de grandeza global e daqueles provenientes da Agronomia, mais preocupados com as relações de micro escala (clima-água-solo-planta), a Geografia encontra na escala regional (e a Geografia Física na escala do geossistema) seu melhor desempenho.

#### 4. AS CONDICIONANTES CLIMÁTICAS NO ESPAÇO URBANO

Desde o final da pequena idade do gelo, em meados do século XIX, a temperatura média da Terra tem aumentado, lentamente até a década de 50 e mais rapidamente nos últimos 20 anos.

Este período coincide com o início da Revolução Industrial na Europa e nos EUA, quando se tornam mais intensas as intervenções da sociedade moderna nos ambientes terrestres. Estes fatos reforçam a hipótese de que as mudanças climáticas recentes tenham, senão a origem, pelo menos forte influência da ação antrópica.

Se por um lado, admite-se que o aumento do material particulado na atmosfera proveniente da emissão de poluentes industriais, pela terra transportada pelo vento dos campos agrícolas e pelas queimadas (que funcionam como verdadeiros *vulcões humanos*), criam um escudo frente ao sol provocando sensível alteração da temperatura. Por outro lado, o aumento progressivo do dióxido de carbono na atmosfera, devido à queima tanto de combustíveis fósseis quanto das matas e florestas além de outros gases

do efeito estufa, provocam aumento da temperatura pelo aquecimento da superfície terrestre.

Alguns autores chegaram a afirmar que estes dois efeitos se anulariam, o que já está descartado pelas pesquisas recentes que mostram um aumento de mais de 10% do dióxido de carbono na atmosfera nos últimos 100 anos e prevêem que a duplicação de sua quantidade (nos próximos 50 anos) provocaria um aumento de cerca de 2° C de temperatura global (nos pólos seria ainda maior). Outros autores, entretanto, permanecem céticos quanto ao que chamam de exagero de avaliação da influência destes fatores nas mudanças climáticas.

Os principais gases do efeito estufa que influem no aumento da temperatura da Terra, alteração do **albedo** (balanço de energia) e mudanças químicas na composição da atmosfera, se comportam como **transparentes** à entrada dos raios ultra violeta provenientes do Sol e **opacos** aos raios infra vermelhos refletidos pela superfície, que os retêm na atmosfera.

Alguns cientistas argumentam que o papel dos oceanos na absorção do gás carbônico tem sido subestimado apontando divergências na análise do comportamento da temperatura e na quantidade de dióxido de carbono, ou seja, a concentração deste não estaria relacionado diretamente com o aumento da temperatura.

O aquecimento global também é explicado pela possível diminuição da camada de **ozônio** provocada pela emissão de **aerossóis**, como o metano e o **CFC**, entretanto, ainda não se chegou a conclusões definitivas sobre o comportamento do ozônio e seu padrão de circulação.

Assim, estamos ainda diante de um impasse, pois ao mesmo tempo que não conseguimos maior precisão na compreensão da ciclicidade dos eventos naturais responsáveis pelas mudanças climáticas em escala geológica do tempo, ainda conhecemos pouco sobre a repercussão da ação do homem na atmosfera, pelo menos em escala global.

O processo de urbanização que a sociedade moderna tem experimentado desde o final da Revolução Industrial pode ser considerada como um dos mais impressionantes fenômenos da história de nosso planeta.

Para se ter uma idéia do crescimento demográfico e da urbanização mundial, basta lembrar que, no início da era cristã, cerca de 250 milhões de pessoas habitavam o planeta. Foram necessários cerca de 16 séculos (por volta de 1750) para que a população dobrasse de tamanho atingindo, aproximadamente, 500 milhões de habitantes. Em apenas um século, de 1750 a 1850, a população mundial dobrou novamente, quando superou o primeiro bilhão de pessoas. Nesta época, menos de 2% habitavam os centros urbanos.

Coincidência, ou não, foi exatamente a partir de 1850, ao final do período conhecido como a **pequena idade do gelo**, quando o planeta inicia nova fase de aquecimento das temperaturas, notadamente no hemisfério norte, que tanto o crescimento demográfico quanto a urbanização mundial se aceleraram como nunca antes havia ocorrido.

Em 1940, a população do planeta dobrou novamente, somando cerca de 2,3 bilhões de habitantes e cerca de 20% já vivia nas cidades. Na Europa e EUA, entretanto, mais de 50% da população já era urbana (LOMBARDO, 1985).

Estimativas recentes da ONU apontam para mais de 5,5 bilhões de pessoas vivendo na Terra em 1994. A população urbana já representa mais de 50% do total, sendo que, nos países desenvolvidos, ultrapassa 75%.

O significado que este processo de urbanização confere às transformações globais é dos mais complexos pois é na cidade que os problemas ambientais mais se agravam. O uso intensivo do território urbano pela grande concentração de atividades humanas como a industrialização, os transportes e os serviços urbanos essenciais (abastecimento de água e esgoto), provocam grande quantidade de poluentes no ar, degradação do solo e poluição da água.

A expansão das áreas urbanas provoca modificações significativas na paisagem natural. A substituição da vegetação por áreas construídas (cimento, concreto e alvenaria), a pavimentação asfáltica das ruas, a concentração de parques industriais e o adensamento populacional (incluindo-se aí todas as atividades humanas inerentes à sua vida na cidade, como transporte, alimentação etc.), são responsáveis pelo aumento da temperatura nas cidades.

Esta elevação da temperatura nas áreas urbanas ocorre em função de vários fatores. A verticalização das construções, por exemplo, cria um verdadeiro "labirinto de refletores", em que a energia proveniente do sol é refletida pelos edifícios, aquecendo o ar. A diminuição da evaporação, por outro lado, ocorre pela redução das áreas verdes e canalização dos rios e córregos, além da captura das águas pluviais, acarretando na atmosfera uma pequena capacidade de resfriamento do ar.

A energia antrópica, ou seja, aquela produzida pelo homem, também provoca aumento do calor, pois ela ultrapassa o balanço médio de radiação. Assim, o calor produzido pelo trânsito, pelas indústrias e pelas habitações eleva consideravelmente a temperatura do ar na cidade e reduz a umidade relativa, formando o que se convencionou denominar "ilha de calor".

A **ilha de calor** é um fenômeno típico das grandes áreas urbanizadas do mundo atual porque reflete as formas de intervenção do homem no meio ambiente urbano, reconstruindo uma nova "atmosfera" sobre as cidades.

As condições climáticas existentes nas grandes áreas densamente urbanizadas são totalmente diferentes das áreas rurais circunvizinhas. Em geral, a temperatura é bastante superior, na cidade de São Paulo, por exemplo, pode chegar a cerca de 10°C a mais do que as áreas verdes localizadas fora da cidade.

A umidade relativa do ar tende a ser menor nas zonas mais ocupadas e construídas, o que provoca a existência de névoa seca que, associada às elevadas taxas de poluição atmosférica, provoca grande desconforto térmico.

No inverno, quando estes fenômenos ocorrem sob baixas temperaturas, produzem as inversões térmicas, durante as quais o ar aquecido na cidade pelas atividades humanas é bloqueado por uma camada de ar mais frio de altitude e, não conseguindo subir (que seria o normal), acaba por aprisionar as partículas em suspensão (poeira e poluição) junto à superfície, provocando os piores episódios do clima urbano.

As altas temperaturas do verão fazem com que o ar quente ascendente (por causa do acréscimo do calor urbano) e o aumento dos núcleos de condensação (pelo grande acúmulo de poluentes na atmosfera) provoquem elevação da pluviosidade. Este aumento das chuvas urbanas acontece principalmente nas áreas mais densamente ocupadas, onde cada vez mais tem sido comum a ocorrência de enchentes de grandes magnitudes.

Assim, um dos exemplos mais marcantes da influência antrópica, através do processo de construção das grandes metrópoles, nas alterações e mudança do clima, pode ser resumido pela existência do fenômeno da **ilha de calor**, que nas cidades representam a maior derivação climática produzida pelo homem. A concentração de áreas construídas substituindo a antiga cobertura vegetal e a poluição atmosférica advinda tanto da atividade industrial quanto da queima de combustíveis fósseis, modificam a química da atmosfera (camada limite urbana) produzindo alterações no albedo (balanço de energia), aumentando a temperatura interna e interferindo no balanço da água (escoamento, infiltração e evaporação).

Tanto MONTEIRO (1976) em "Teoria e Clima Urbano", quanto LOMBARDO (1985), em "Ilha de Calor nas Metrópoles", demonstraram as significativas alterações que o complexo climático sofre em áreas urbanas. O aumento da temperatura e consequente diminuição da umidade geram o comprometimento do conforto térmico e da qualidade ambiental urbana. Os edifícios e construções modificam o padrão local dos ventos, ora induzindo, ora obstaculizando a ventilação. O nível de reflectância da radiação, através dos materiais utilizados na construção civil (cimento, concreto, espelhos) e no capeamento

das vias de circulação (asfalto) aumenta significativamente. O escoamento da água é dificultado pela canalização dos córregos e diminui a possibilidade de infiltração (LANDSBERG, 1968).

Segundo MONTEIRO (1976), a identificação do clima urbano e seu estudo deve partir do conhecimento da circulação atmosférica secundária (regional), para a compreensão da gênese da produção dos tipos de tempo que agem nas áreas urbanas. Os parâmetros climáticos mais importantes, pois os que mais se modificam, são a temperatura, a umidade, a velocidade e direção dos ventos, a insolação, a precipitação e a radiação (OKE, 1972).

A medição destes elementos, em postos instalados em pontos significativos do espaço urbano (áreas verticalizadas, áreas arborizadas, áreas de tráfego intenso), distribuídos tanto espacialmente quanto em altitude (edifícios), são fundamentais para o entendimento e análise das relações entre clima e cidade. Compreendendo a dinâmica climática e as alterações de seu ritmo e regime, pode-se estabelecer os diferentes graus de impacto que seus elementos podem produzir.

Em geral, nas cidades tropicais destacam-se os episódios de chuvas torrenciais que provocam as enchentes, pela dificuldade de escoamento superficial, principalmente no verão, e as inversões térmicas no inverno, com elevada proporção de partículas em suspensão (monóxido de carbono, etc.) que provocam diversos e graves problemas na saúde humana, afetando a qualidade de vida, em função do aumento de casos de doenças respiratórias e cardiovasculares.

Assim, a gestão do espaço urbano, no sentido de sua qualidade ambiente e conforto térmico, passa pela necessidade de implementação nos planos diretores de medidas que considerem o aumento da arborização e das áreas livres e de lazer, o aumento dos espelhos de água (incrementando a umidade relativa), o zoneamento urbano (legislação sobre verticalização e tamanho mínimo dos lotes urbanos) e a política pública de contenção das emissões de poluentes na cidade (filtros industriais e controle da frota de veículos).

## 5. CLIMA E AGRICULTURA

Em regiões tropicais, como o caso da maior parte do território brasileiro, a agricultura assume o papel de principal atividade humana mais intrinsecamente relacionada com os parâmetros climáticos. CURRY (1952) afirma que a análise geográfica do clima voltada para a organização do espaço agrícola deve, necessariamente, partir de uma concepção de clima como insumo nos processos naturais e de produção. Desta forma, tanto a radiação global quanto os principais elementos do clima passam a ser considerados como agentes econômicos e, portanto, intervenientes na produção e rentabilidade.

As relações solo-planta-clima, muito estudados pelos agrometeorologistas, em geral se limitam às micro escalas e ainda se baseiam nas concepções termo-higrométricas da climatologia descritiva e separativa propostas por Koeppen, que longe de explicar o comportamento dos fenômenos, apenas dão a noção de zoneamento e espacialização estática.

No âmbito da climatologia geográfica, vários autores (GUADARRAMA, 1971; SANTOS, 1979; BARRIOS, 1995; entre outros) demonstraram que o papel do clima nas atividades agrícolas deve estar relacionado à compreensão das interações entre ritmo climático e rendimento econômico. Em condições "normais", o zoneamento climático e a aptidão agrícola oferecem subsídios ao planejamento dos agrossistemas, entretanto, a variabilidade e a irregularidade dos principais atributos do clima (principalmente das precipitações pluviais em áreas tropicais) e as excepcionalidades e azares climáticos (climatic hazards) interferem na fenologia das plantas, diminuindo a eficiência da

produção e comprometendo os calendários agrícolas propostos pelas instituições públicas.

O estudo do balanço hídrico (em nível diário), o ritmo sazonal dos condicionantes termo-higrométricos, a ocorrência de geadas e veranicos devem merecer especial atenção nos estudos agroclimáticos (CAMARGO, 1960). Isto porque a extrema variabilidade dos fenômenos meteorológicos, antes de ser encarada como anormalidade, é a essência da própria irregularidade natural do clima.

As irregularidades temporais (sazonais) apresentam forte impacto nas atividades agropecuárias, pois interferem na fenologia das plantas (cultivos) oferecendo (ou não) as condições ideais e exigências de calor e água no ritmo e período que estas necessitam.

Se os solos, no primeiro momento de ocupação e expansão de uma determinada cultura, assumem papel de destaque entre os fatores naturais (como foi o caso da cafeicultura nos estados de São Paulo e do Paraná), após o seu esgotamento, as condições climáticas aliadas às possibilidades tecnológicas passam a ser fundamentais (no caso da cafeicultura, as condições hídricas e a ocorrência de geadas e veranicos acabou comprometendo de tal maneira esta cultura, que quase chegou a inviabilizá-la economicamente nestas áreas).

Ao se considerar o clima (e seus elementos) como insumo na produção agrícola, pretende-se afirmar que o seu papel não é o de determinante no sistema, mas sim, o de regulador do processo (tanto quanto o capital, a tecnologia e o trabalho humano). Isto significa que, quanto maior for a possibilidade de inversão de capital e maior a possibilidade de utilização e sofisticação da tecnologia, menor a dependência dos fatores do clima.

Os "azares" climáticos (climatic hazards), entretanto, pela sua própria natureza e magnitude, escapam ao controle do homem. Fenômenos como furacões, tomados, vendavais, ocorrências de granizo e geada, além dos veranicos e da influência do "el niño", pela sua potencialização, envolvem forças físicas superiores à capacidade de proteção que a sociedade contemporânea tem a seu dispor (MONTEIRO, 1989).

Pesquisas recentes (IPCC, 1995) tem demonstrado que não somente a temperatura do globo tem aumentado (aquecimento global), como provocado alterações nos regimes das chuvas em várias partes do planeta. O uso intensivo do solo sem o devido manejo, em muitas regiões, tem provocado maciços processos erosivos (ravinamento, assoreamento). As sucessivas queimadas, principalmente nos países tropicais, acarretam não apenas a retirada da cobertura vegetal e a exposição do solo às intempéries climáticas, como também levam à atmosfera uma enorme quantidade de partículas que interferem no balanço de radiação.

Esta combinação entre o uso irracional do solo e a mudança do regime pluviométrico, entre outros fatores, tem sido responsável pelo processo de desertificação, inutilizando enormes extensões de terras agricultáveis do planeta e remetendo populações inteiras à fome e à miséria, principalmente no continente africano.

Assim, o clima assume importante papel na produção do espaço rural pois, somente a partir do conhecimento da dinâmica climática, sua gênese e previsão, pode-se minimizar seus efeitos negativos às atividades humanas e direcionar este conhecimento no sentido de encontrar um equilíbrio, aproveitando a sua variabilidade temporal para o planejamento econômico.

## **6. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Neste final de século, quando grandes transformações ambientais assumem proporções de calamidade em função da intensidade da ocupação humana, tanto nas atividades agrárias, como nas grandes aglomerações urbanas, é inegável que a variável

"clima" seja a de mais difícil controle, manejo e gerenciamento, principalmente num país de características tropicais como o Brasil.

A sucessão de anomalias pluviométricas que ocasionam de modo dramático as secas no Nordeste, as cheias do Brasil Meridional, as enchentes nas áreas metropolitanas, associadas a uma caótica infra-estrutura urbana, as geadas e precipitações de granizo nas lavouras do centro-sul, as chuvas intensas que provocam deslizamentos e movimentos coletivos dos solos nas encostas abruptas do Planalto Atlântico, agravados pelo desmatamento acelerado das matas úmidas de encostas, são, apenas, alguns exemplos de fatos que a princípio nos revelam um conjunto de acontecimentos excepcionais mas que, em última análise, resultam do próprio caráter dinâmico dos fenômenos naturais, particularmente daqueles originados na atmosfera.

As condicionantes atmosféricas, encaradas sob o enfoque quantitativo através da análise da distribuição espacial e temporal de seus elementos, apesar de apresentar um viés importante na tentativa de compreensão do fenômeno, estão longe de responder às indagações da climatologia enquanto ciência geográfica. Esta só se consubstancia, na explicação qualitativa de sua gênese e repercussão no espaço.

O legado de Sorre inscreveu, definitivamente, no escopo da Geografia, as noções de ritmo, gênese e dinâmica nos estudos climatológicos que, instrumentalizados e aplicados por Monteiro, sem dúvida alguma impulsionaram a Climatologia Dinâmica no Brasil e sedimentaram o papel da atmosfera como fenômeno geográfico (MONTEIRO, 1989).

Neste sentido, a análise climática tem contribuído significativamente para a compreensão do espaço (território, ambiente, paisagem) na busca do entendimento de seu funcionamento no sentido da gestão e do planejamento geográfico e ambiental.

A percepção atual da complexa relação entre o ambiente (natural) e a organização sócio-econômica passa necessariamente pelo diagnóstico de como o clima e seus elementos/parâmetros interferem, modificam e são derivados da ação do homem na construção de um espaço cada vez mais antropizado.

Entender que o clima representa o insumo primário de energia no sistema terrestre e, portanto, a força inicial de todos os processos físicos, se faz mister. Há que se considerar, entretanto, que a indução às alterações na superfície do globo é determinada pela sociedade, seu grau de tecnificação e sua motivação econômica.

Conciliar estas duas forças geneticamente importantes em busca do conhecimento científico que propicie a construção de um mundo mais equilibrado, tanto em termos ambientais quanto de suporte à sustentabilidade dos sistemas terrestres, não só é fundamental para a qualidade ambiental como para a própria sobrevivência da espécie humana neste planeta.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AYOADE, J.O., 1988. **Introdução à climatologia para os trópicos**. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil.
- BARRIOS, N.A., 1995. **Z. O agrossistema do extremo oeste paulista**. São Paulo, USP/FFLCH, (tese de doutorado)
- BERGERON, T., 1928. Über die dreidimensional werknüpfende wetter-analyse. **Geof. Publ.**, Oslo, 5(6).
- \_\_\_\_\_, 1939. Richtlinien einer dynamischen klimatologie. **Met. Z.**, Braunschweig, 47:246-62.
- BERRY, B.J.L., 1972. Um paradigma para a Geografia Moderna. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, 34(3):3-18.
- BERTALANFFY, L., 1973. **Teoria geral dos sistemas**. Petrópolis, Vozes.
- BERTRAND, G., 1972. Paisagem e geografia física global. São Paulo, **Cadernos de Ciências da Terra**, 13, USP/IGEOG.

- BJERKNES, V., 1921. On the dynamics of the circular vortex with application to the atmosphere and atmospheric vortex and wave motions. **Geof. Publ.**, Oslo, 2(4).
- BJERKNES, V. e SOLBERG, H., 1923. Les conditions météorologiques de formation de la pluie. Le cycle de vie des cyclones et de la circulation atmosphérique expliquée par la théorie du front polaire. Paris, (Memorial, O.M.M, 6).
- BJERKNES, V. *et al.*, 1934. **Hydrodynamique physique avec applications à la météorologie dynamique**. Paris, P.U.F., 3 v.
- CAMARGO, A.P. de., 1960. Balanço hídrico no Estado de São Paulo. Campinas, Instituto Agronômico. **Boletim IAC**, 116.
- CURRY, L., 1952. Climate and economic life: a new approach. **The Geographical Review**, 42(3):367-383.
- GUADARRAMA, M.C.M. de., 1971. Ritmo pluvial e produção do arroz no Estado de São Paulo no ano agrícola de 1967/1968. São Paulo, **Climatologia**, 2, USP/IGEOG.
- HANN, J. von., 1903. **Handbook of climatology**. New York, MacMillan.
- IPCC – **Intergovernmental Panel on Climate Change**, 1996. Cambridge University Press.
- KNEESE, A.V., 1973. Introduction to Frisken's. **The Atmospheric Environment**.
- KOEPPEN, W., 1948. **Climatologia com un estudio de los climas de la Tierra**. Ciudad de Mexico, Fondo de Cultura Económica. (trad. ed. alemán – 1923)
- LANDSBERG, H.E., 1970. **Man-made climatic changes**. Science, 170:1265-74.
- LOMBARDO, M.A., 1985. **Ilha de calor nas metrópoles**. São Paulo, HUCITEC.
- MONTEIRO, C.A. de F., 1962. Da necessidade de um caráter genético à classificação climática (algumas considerações metodológicas a propósito do estudo do Brasil Meridional), **Revista Geográfica**, Rio de Janeiro, 31(57):29-44.
- \_\_\_\_\_, 1963. O clima da Região Sul. In: **Geografia Regional do Brasil – Grande Região Sul**. Rio de Janeiro, IBGE, vol. 4:117-169.
- \_\_\_\_\_, 1964. Sobre um índice de participação das massas de ar e suas possibilidades de aplicação à classificação climática. **Revista Geográfica**, Rio de Janeiro, 61(11):59-69.
- \_\_\_\_\_, 1968. A frente polar atlântica e as chuvas de inverno na fachada sul-oriental do Brasil (contribuição metodológica à análise rítmica dos tipos de tempo no Brasil) São Paulo, **Série Teses e Monografias**, 1, USP/IGEOG.
- \_\_\_\_\_, 1971. Análise rítmica em climatologia. São Paulo, **Climatologia**, 1, USP/IGEOG.
- \_\_\_\_\_, 1973. **A dinâmica climática e as chuvas no Estado de São Paulo: estudo em forma de atlas**. São Paulo, USP/IGEOG – FAPESP.
- \_\_\_\_\_, 1976. Teoria e clima urbano. São Paulo, **Série Teses e Monografias**, 25 USP/IGEOG.
- \_\_\_\_\_, 1976. O clima e a organização do espaço no Estado de São Paulo: problemas e perspectivas. São Paulo, **Série Teses e Monografias**, 28, USP/IGEOG.
- \_\_\_\_\_, 1978. Derivações antropogênicas dos geossistemas terrestres no Brasil e alterações climáticas: perspectivas urbanas e agrárias ao problema da elaboração de modelos de avaliação. In: **Simpósio sobre Comunidade Vegetal como Unidade Biológica, Turística e Econômica**, 4. São Paulo, Anais, ACIESP.
- \_\_\_\_\_, 1991. **Clima e excepcionalismo: conjecturas sobre o desempenho da atmosfera como fenômeno geográfico**. Florianópolis, Ed. da UFSC.
- OKE, T.R., 1978. **Boundary layer climates**. Londres, Methuen.
- PÉDÉLABORDE, P., 1959. **Introduction à l'étude scientifique du climat**. Paris, Centre de Documentation Universitaire.
- RIBEIRO, A.G., 1993. As escalas do clima. **Boletim de Geografia Teórica**, 23(45-46):288-294, Rio Claro.
- ROSSBY, C.G., 1938. **Fluid mechanics applied to the study of the atmospheric circulation. A study of flow patterns with the aid isentropic analysis**. Chicago, M.I.T. Press.
- \_\_\_\_\_, 1947. The scientific basis of modern meteorology. **U.S. Yearbook of Agriculture, Climate and Man**.
- SANT'ANNA NETO, J.L., 1991. A abordagem sistêmica nas relações sociedade-natureza. **Caderno Prudentino de Geografia**, 13:61-66, Presidente Prudente.
- SANTOS, M.J.Z. dos, 1979. A importância da variação do regime pluviométrico para a produção canavieira na região de Piracicaba – SP. São Paulo, **Série Teses e Monografias**, 35 USP/IGEOG.

- SORRE, M., 1951. **Les fondements de la géographie humaine. (les fondements biologiques – Le climat)**. Paris, Libr. Armand Colin.
- SOTCHAVA, V.B., 1976. O estudo dos geossistemas. São Paulo, **Métodos em Questão**, 16, USP/IGEOG.
- TARIFA, J.R., 1994. Alterações climáticas resultantes da ocupação agrícola no Brasil. São Paulo, **Revista do Departamento de Geografia**, USP/FFLCH.
- TRICART, J., 1977. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro, IBGE/SUPREN.
- VIANELLO, R.L. e ALVES, A.R., 1991. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa, Imprensa Universitária, UFV.

## ARTIGOS PUBLICADOS NA REVISTA GeoNotas - ISSN 1413-0646

### Volume 1 número 1 - Jul/Ago/Set 1997

#### Geografia Agrária

*Comentários das condições de estrutura fundiária no Estado de Paraná*

Autor: Dr. Jorge Ulisses Guerra Villalobos

#### Geografia Urbana

*A Procura do Lugar: A Luta pelo Espaço Urbano na Paraíba*

Autor: Celene Tonello

*Um pouco da cultura do concreto: Algumas experiências sobre a verticalização urbana*

Autor: Dr. Cesar Miranda Mendes

#### Geografia Política

*La crisis Argentina: Una sociedad en crisis económica, ideológica y militar*

Autor: Dr. El-Arby En-Nachouli

*El régimen egipcio y el intervencionismo árabe*

Autor: Dr. El-Arby En-Nachouli

### Volume 1 Número 2 - Out/Nov/Dez/1997

#### Geografia Física

*Notas: O campus da Universidade Estadual de Maringá (UEM) sob a ótica da hidrografia paleogenética*

Autoras: Dra. Vera Denysa Kötter Barros

Mis. Dalci Rey da Elza Queiroz

Magda Ribeiro da Silva

Marcos Rogério da Oliveira