

ALGUMAS CONSIDERAÇÕES A RESPEITO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS ATUAIS

*Emanuel Fernando Reis de Jesus **

RESUMO - Neste trabalho são apresentadas algumas considerações gerais sobre as mudanças climáticas atuais, focalizando, dentre outros aspectos, os reflexos das atividades antrópicas sobre o ambiente climático a nível local. Assinala também as principais anomalias climáticas registradas durante os anos 80 nos diferentes hemisférios e suas repercussões espaciais.

ABSTRACT - In this work some considerations about the current climatic changes are presented. It focuses the reflex of antropic activities on the local climatic environment. It also points out the main climatic anomalies which were recorded during the 80s, in different hemispheres as well as their space repercussions.

Nos últimos anos, muito se tem discutido sobre as questões referentes às mudanças climáticas. Desde o início da chamada era industrial, o homem adquiriu técnicas que lhe permitiram cada vez mais controlar a natureza; por outro lado, a atmosfera serviu, de certa forma, de depósito para as toneladas de detritos. Conseqüentemente, a resposta da natureza não tardou e os efeitos começaram cada vez mais a vir à tona, com alterações que tornam difícil separar as mudanças naturais das artificiais. Flutuações climáticas, de intensidade maior ou menor, ocorreram ao longo da história da Terra. O Quaternário, por exemplo, foi caracterizado, dentre outros aspectos, pelo avanço do gelo sobre grande parte da superfície hoje ocupada pelos países europeus e norte-americanos. As atuais superfícies geladas que recobrem a Groenlândia e a Antártica constituem, na realidade, vestígios da Glaciação Quaternária. O gelo recobre hoje, aproximadamente, a metade da superfície que conquistou durante o período de sua maior expansão.

As causas naturais responsáveis pelas mudanças do clima têm sido pesquisadas ao longo de vários anos, na tentativa de se compreender as flutuações climáticas. A origem dessas flutuações pode estar ligada a fatores externos e internos ao sistema climático. O primeiro deles tem suas origens relacionadas ao fator cósmico, tais como, as possíveis variações da emissão solar de energia radiante. Inúmeras teorias

* Prof. Titular do Dep. de Geografia do IFCH/UCSal. Prof. Adjunto do Dep. de Geografia do Instituto de Geociências/UFBA. Prof. Adjunto do Dep. de CHF/UEFS. Doutorando em Geografia Física/FFLCH-USP.

foram levantadas sob esta perspectiva; na Alemanha, Milankovitch (BERGER, 1984) acreditava em variações nos elementos da órbita terrestre (obliquidade da eclíptica em períodos de 40 mil anos e excentricidade da órbita em períodos de 100 mil anos), e outros pesquisadores, como De Marchi (BERGER, 1984), afirmavam que “nos períodos glaciais, o sistema solar teria atravessado uma extensa nebulosa”. Como fator interno do sistema climático que pode contribuir para uma oscilação climática, incluem-se, por exemplo, os fenômenos de natureza meteorológica (variação na velocidade dos fluxos atmosféricos zonais).

Segundo WILLETT (1949), *fluxo atmosférico muito rápido está associado a uma fase glacial, pois os jets stream se aproximam mais das baixas latitudes, ocorrendo o inverso com o fluxo lento.*

Deve-se, entretanto, reconhecer que a importância e a magnitude dessas causas variam em função da escala de tempo a ser considerada. Sem dúvida, não se pode atribuir a um único fator a responsabilidade pelas flutuações do clima. Outros parâmetros físicos integrantes da interação atmosfera-oceano (balanço energético) também devem ser considerados.

Numa escala espacial, os efeitos antrópicos são, de certa forma, uma interferência menor, se comparados com a magnitude da variabilidade climática natural.

O homem, como principal elemento do espaço geográfico, vem promovendo mudanças significativas sobre esse espaço, principalmente nas áreas altamente industrializadas, projetando assim, ao longo de várias décadas, alterações substanciais sobre os atributos climáticos locais.

Os efeitos das mudanças do clima sobre o meio ambiente e, mais particularmente, sobre as atividades humanas constituem questões extremamente importantes, no que diz respeito à sobrevivência e à qualidade de vida futura sobre a Terra. As atividades agrícolas, o consumo de energia, a cobertura vegetal, entre outros, são extremamente sensíveis às condições atmosféricas, em proporções que variam nas diferentes zonas climáticas do globo.

Apesar dos grandes avanços alcançados pelos estudos meteorológicos a respeito do futuro do clima, o tema projeta-se num quadro de ampla discussão, pertinente não apenas aos meteorologistas, geógrafos como também a outros profissionais preocupados com a temática ambiental.

As pesquisas destinadas à prognose dos climas e suas variações transitórias vêm revelando fatos inéditos sobre os movimentos em larga escala da atmosfera. A previsão do fenômeno El Niño, por exemplo, causado pelas interações dinâmicas e termodinâmicas entre a atmosfera e o oceano tropical, constitui o objetivo central do programa *Tropical Ocean and Global Atmosphere (TOGA)*, elaborado pela *World Climate Research Programme (WCRP)*. O referido programa tem a tarefa de analisar processos oceânicos e atmosféricos extremamente complexos, envolvendo desde nuvens isoladas e tempestades, até o estudo de ondas oceânicas da magnitude das bacias oceânicas. Outros projetos também vêm sendo desenvolvidos pelas WCRP, vinculados ao estudo das mudanças climáticas globais como *Global Energy*

and Water Cycle Experiment (GEWEX) e World Ocean Circulation Experiment (WOCE).

Criada desde 1979, a World Climate Research Programme vem contribuindo de forma significativa para o aprimoramento dos conhecimentos relativos aos mecanismos de interação do sistema atmosfera-oceano.

Cientistas de inúmeros países vêm desenvolvendo pesquisas voltadas para as questões inerentes às transformações que a atmosfera vem sofrendo desde o início do século e que, certamente, vêm se revertendo sobre as condições climáticas, sobretudo, a nível meso e microclimático. Convém ressaltar, entretanto, que, apesar de todas as transformações que vêm ocorrendo no ambiente atmosférico, em decorrência dos efeitos antropogênicos a nível de mesoescala, o grau de comprometimento dessas mudanças a curto prazo ainda é relativamente pouco significativo, quando comparado às respectivas influências numa escala microclimática.

As conferências ligadas às questões ambientais são cada vez mais freqüentes visando, acima de tudo, proporcionar um grito de alerta aos dirigentes governamentais sobre os problemas relacionados ao meio ambiente, e, particularmente, evidenciar o clima como um recurso natural básico à sobrevivência humana. Estudos realizados recentemente nos Estados Unidos por RAMANATHAN (1988) sublinham a urgência de como é preciso planejar medidas para permitir ao homem condições de enfrentar as mudanças climáticas ocasionadas pelo aumento da concentração do dióxido de carbono na atmosfera que produz de forma significativa o tão comentado *efeito estufa*. Alguns cientistas, como MANABE e WETHERALD (1987) prevêem uma situação altamente preocupante para o final deste século. Um dos prováveis indicadores relacionados à questão pode ser a ocorrência de elevadas temperaturas, nos verões dos países das latitudes médias, nos últimos anos, refletindo graves problemas sobre as atividades agrícolas.

Mas, de todas as causas que concorrem para as mudanças climáticas, os efeitos produzidos pela ação das atividades humanas constituem aquelas que, numa escala local, são mais perceptíveis a curto e médio prazos. As áreas urbanas, nas últimas décadas, vêm demonstrando tal efeito, através do chamado aquecimento urbano isolado, que se refere à *ilha de calor* sobre as metrópoles. O desprendimento de calor da superfície para a atmosfera, seja ele gerado pela produção ou utilização de energia, contribui, significativamente, para uma elevação das temperaturas a nível local.

Por envolver uma variedade de climas locais com intensidades de influências antrópicas heterogêneas, os mesoclimas constituem um ambiente climático em que os fatores de ordem dinâmica e geográfica assumem um papel preponderante sobre as influências das atividades humanas na caracterização dos climas sub-regionais.

O clima em sentido amplo é o resultado de uma série de fatores controladores que se configuram para cada faixa latitudinal do espaço geográfico. A organização geográfica das superfícies oceânicas e continentais no globo, a radiação recebida, os movimentos dos sistemas meteorológicos assim como a refletividade de energia

pela superfície constituem os dispositivos básicos para a definição do ambiente climático. Conjugam-se a esses fatores, além de outros, aqueles de natureza estática e geográfica bastante importantes para a análise do clima: a latitude, a altitude, a disposição do relevo, a continentalidade, a cobertura natural.

Numa breve avaliação, a nível global, com referência às áreas que nos últimos anos sofreram agressões de natureza antropogênica, assim como aquelas afetadas pela ocorrência de *azares climáticos* são apresentadas na Fig. 1 e constituem pontos de referência para uma reflexão vasta sobre o significado do clima na dinâmica da paisagem geográfica.

Contudo, observa-se que, cada vez mais, nas últimas décadas, o clima torna-se mais instável a cada ano, e o tempo mais imprevisível que nunca. Estaria a Terra se tornando mais fria progressivamente, em função de uma nova era glacial? É um processo cíclico natural? Eis a questão... Outras teorias sugerem o inverso: se a concentração de dióxido de carbono atingir duas vezes o nível pré-industrial, isto é, aproximadamente 550 partes por milhão/por volume, a atmosfera será submetida a um aquecimento entre 1,5°C a 4,5°C, aproximadamente. Um aquecimento dessa proporção afetaria diretamente os aspectos físicos globais da Terra, pois variações planetárias de temperaturas afetariam o ciclo hidrológico de diversas formas. As temperaturas mais elevadas estimulariam a concentração do vapor d'água na atmosfera alterando com isso os padrões de precipitação atmosférica. O nível dos oceanos subiria de 40cm a 120cm, devido à expansão termal dos mesmos e ao derretimento das geleiras, MANABE (1987). Um impacto dessa natureza traria sérios entraves como a inundação de áreas costeiras, a destruição dos manguezais, estuários, recifes de corais, entre outros.

Convém salientar que a elevação das temperaturas das superfícies oceânicas contribui para a formação de ciclones tropicais e para outras perturbações meteorológicas que afetam, sobretudo, a vida das populações das áreas costeiras.

Seja de uma forma ou de outra, o fato é que o clima da Terra tem registrado desvios inéditos nas últimas décadas, ocasionando a ocorrência de episódios extremos em várias partes da superfície terrestre. Como resultado dessas anomalias globais, nos últimos anos, os jornais de várias partes do mundo vêm expondo, cada vez mais, manchetes com referência a problemas de natureza ambiental e climática, em particular.

No Brasil, a questão também vem sendo tratada por vários estudiosos na área da Climatologia e da Meteorologia, a exemplo dos trabalhos realizados por CONTI (1979), DANNI (1980), TITARELLI (1982), KOUSKY e CAVALCANTI (1982), NOBRE e MOURA (1984), dentre muitos outros trabalhos.

1 OS REGIMES CLIMÁTICOS DO PASSADO RECENTE

As oscilações ou flutuações climáticas constituem, na realidade, extremos das

médias de uma série temporal de dados climáticos relativamente ampla, ou seja, representam variações seculares do clima. O Quaternário inferior, em particular, foi caracterizado por quatro fases glaciais, com duração, aproximadamente, de 50 mil anos, intercaladas por períodos interglaciais. Segundo HARE (1979), existem provas crescentes de que essa sucessão de climas glaciais e interglaciais conserva uma relação com a variabilidade da órbita terrestre em torno do Sol. Em linhas gerais, o Quaternário é caracterizado, portanto, por uma grande instabilidade climática, o que motivou migrações significativas das zonas morfoclimáticas.

Durante as glaciações do Quaternário, as baixas latitudes sofreram alternância de fases secas e úmidas. Os canais esporádicos de escoamento superficial do continente africano, os atuais *oueds*, transformaram-se em rios perenes, assim como ocorreu formação de vários lagos interiores.

Segundo LAMB (1972), durante o máximo Glacial do Pleistoceno, no verão do hemisfério setentrional, aproximadamente 16% da superfície recoberta pelo gelo atingiu a latitude de 57° norte, enquanto que, no inverno, o gelo recobria 34%, equivalente à latitude 41° norte. Para o hemisfério sul: 21%, no verão (correspondendo à latitude 53° sul) e 24% da superfície gelada, no inverno (correspondendo à latitude de 50° sul).

Após a última glaciação, houve o chamado *ótimo climático*, e, provavelmente, o clima era mais quente e úmido nessa fase. No período histórico, houve o avanço dos glaciares, entre os anos de 1500 à 1850, aproximadamente, esse avanço foi tão nítido que esse período veio a ser denominado de pequena idade do gelo. As geleiras se expandiram aproximadamente até 1890 e vêm se contraindo de 1920 até o presente (SERRA, 1976). Muitos indícios científicos podem ser encontrados, indicando serem os climas passados completamente diferentes dos atuais. Segundo MCBEAN e MCEWAN (1990), no final da última idade glacial, a temperatura média do ar era uns 10°C mais baixa que as atuais, e a concentração do CO₂, aproximadamente 100ppm menos do que os valores atuais, antes do início da industrialização. As pesquisas atuais ainda não revelaram de forma definitiva os processos pelos quais a biosfera ou os oceanos causaram essa alteração na concentração do CO₂, contudo, sabe-se que a existência de climas extremamente frios no passado não poderiam ter existido sem o enfraquecimento do efeito estufa, causado pela redução da quantidade do CO₂ na atmosfera.

Enfim, as informações referentes aos climas do passado devem ser utilizadas com muita cautela, ao mesmo tempo que deve ser desenvolvida uma metodologia que possibilite, a partir daquelas informações paleogeográficas, deduções às possíveis modificações da variabilidade climática sobre as paisagens. O aquecimento contemporâneo que atinge inúmeras áreas coincide, por outro lado, com o ressecamento que se verifica nas regiões subtropicais, e na expansão considerável de áreas afetadas pelas condições de desertificação natural. As últimas décadas têm sido testemunhas de secas severas, a exemplo da que atingiu a região Saheliana, no Continente Africano, entre os anos de 1968 a 1973, e que motivou um despertar de

uma consciência mundial para o problema da desertificação. A conferência das Nações Unidas sobre Desertificação, realizada em Nairobi, no ano de 1977, teve por objetivo traçar um plano de ação mundial para combater o problema. A desertificação é um aspecto da deterioração generalizada dos ecossistemas sob as pressões combinadas de um ambiente climático extremamente adverso e flutuante e de uma exploração excessiva. DREGNE (1976) afirma que "enquanto mudanças climáticas dirigidas a uma maior aridez possam estar ocorrendo ..., o efeito antrópico parece ser dominante". As causas da desertificação muitas vezes não se restringem apenas ao aspecto climático traduzido por uma forte tendência à semi-aridez e secas severas. É pouco provável que unicamente as condições atmosféricas possam provocar uma desertificação em um lapso de tempo relativamente curto e que somente os fatores humanos combinados à interação de fatores climáticos adversos podem conduzir uma área ao processo de desertificação.

2 OS REFLEXOS DAS ATIVIDADES HUMANAS SOBRE AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS LOCAIS

As pesquisas que vêm sendo realizadas indicam que a influência das atividades antrópicas não originou, até então, um comportamento anômalo do clima em escala planetária, exceto em escala microclimatológica. O homem, como elemento ativo do espaço geográfico, tem demonstrado através dos tempos, muitas vezes, uma total desarmonia em relação às condições naturais do ambiente em que vive. Nos países tropicais, particularmente, a desarmonia entre o homem e a terra é mais acentuada, sobretudo no que se refere ao manejo inadequado dos recursos naturais.

A questão do desmatamento, por exemplo, vem se tornando um grave problema nos dias atuais, pois o solo, perdendo a sua cobertura inicial, perde as suas propriedades físicas e químicas e, conseqüentemente, diminui a sua capacidade de retenção de água. Em relação às condições atmosféricas, o desmatamento, em geral, reduz gradativamente a taxa de evapotranspiração local, o que pode acarretar uma redução da precipitação pluviométrica.

A queimada representa outro tipo de prática agrícola que é utilizada em larga escala, sobretudo nas superfícies recobertas por cerrados e, nos últimos anos, mais acentuadamente, em extensas áreas da Amazônia. Durante o período da estiagem é que as queimadas se intensificam por diversas áreas do mundo tropical e, segundo KIRCHHOFF (1988), *se considerarmos o mundo todo, as queimadas para a agricultura produzem uma quantidade de dióxido e monóxido de carbono da mesma ordem de grandeza que a parte industrial*. Para a transformação do uso da terra em atividades agrícolas ou pastagens, a queimada é o método mais barato que existe, porém, a sua conseqüência mais grave é que o ecossistema, como um todo, fica empobrecido. As formações vegetais em particular tendem a se tornar cada vez mais xerófitas e degradadas gradativamente, podendo vir a desencadear um

processo de desertificação ecológica do ambiente, de caráter irreversível, se medidas não forem adotadas de imediato.

Entre as diversas razões apresentadas para justificar esta forma popular de manejo do solo, podemos citar a necessidade de obtenção de forragem fresca para o alimento do gado, por ocasião em que esse tipo de alimento torna-se escasso. Dentre os vários efeitos que as queimadas podem proporcionar ao ambiente climático, o mais imediato deles é, sem dúvida, a elevação momentânea da temperatura local. Recentemente, pesquisas realizadas sobre o problema dos desmatamentos em áreas tropicais, demonstraram indícios de mudanças climáticas locais com uma tendência para a elevação dos atributos térmicos médias e amplitudes térmicas anuais, (VIANELLO, 1976).

As aglomerações urbanas também são responsáveis pela produção de um ambiente climático muito peculiar, ou seja, um clima local produzido pelo efeito da progressiva intensidade da urbanização. Certamente o clima das grandes cidades, nos dias atuais, não corresponde àquele que atuava há alguns anos atrás. Toda área urbana possui um tipo de clima, que é resultante de fenômenos de reação (modificação do ambiente) determinados pelo conjunto dos elementos e fatores que constituem as características do espaço urbano.

O clima urbano representa o exemplo mais nítido da transformação do clima local sobre o espaço efetivamente ocupado pelo homem. É nos países altamente industrializados e, sobretudo, nas grandes metrópoles, que as indústrias e a quantidade de veículos concorrem, em larga escala, para as profundas modificações do seu ambiente climático, devido à imensa quantidade de gases poluentes colocados em suspensão.

Na metrópole paulista, foi constatado que o calor dos edifícios e o adensamento das edificações, dentre outros aspectos, têm uma influência localizada no clima. O crescimento da área urbana, por outro lado, coincidiu com o aumento das temperaturas mínimas anuais. Em aproximadamente 40 anos, a média das mínimas elevou-se em cerca de 2 graus centígrados. A técnica do sensoriamento remoto, utilizada com êxito por LOMBARDO (1985) no estudo da ilha de calor na metrópole paulista, evidencia as singularidades típicas do clima urbano para fins de gerenciamento ambiental.

Dessa forma, dentro de uma concepção geográfica escalar, o conhecimento do clima urbano e seus atributos emerge como um importante campo de estudo a ser investigado no que se refere às mudanças do clima em escala local.

3 AS IMPREVISÕES DO TEMPO, NOS ANOS 80

A ocorrência de chuvas torrenciais, provocando enchentes em contraste com secas severas, tem ocupado grande parte dos noticiários dos meios de comunicação nos últimos anos. A compreensão dos fenômenos meteorológicos exige o conheci-

mento da situação climática global, pois há uma grande correlação entre os fenômenos. Dessa forma, o que acontece com o clima no hemisfério sul afeta também o quadro climático no hemisfério norte, e vice-versa. Por incrível que pareça, as imprevistos do tempo são capazes de provocar problemas de magnitudes extremamente diversificadas. Uma forte chuva que de repente se precipita sobre uma cidade pode causar sérios transtornos à vida rotineira dessa cidade, gerando uma verdadeira desorganização urbana, ou, por outro lado, pode comprometer todo um programa de lazer previsto para um final de semana, ou, em alguns casos, pode provocar uma situação de desconforto ambiental para as pessoas.

Os anos 80 caracterizaram-se por uma série de anomalias ou distúrbios climáticos, inesperados e inclementes, por vezes fatais, que resultaram em inúmeras vítimas decorrentes de enchentes ou mesmo de longos períodos de estiagem. O Quadro 1, apresentado a seguir, enumera alguns episódios de natureza meteoroclimática que, certamente, ficaram na memória de muitas pessoas. O Quadro 2 apresenta, de forma esquemática, algumas localidades que, durante os anos 80, foram castigadas por certos desvios climáticos, o número de vítimas e o valor monetário dos prejuízos registrados, durante o ano agrícola de 1982-83, em diversas partes do globo.

4 OS TRÊS PROTAGONISTAS VINCULADOS ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS ATUAIS

El Niño, O Clorofluorcarbono e o Efeito Estufa

Atingida por diversas agressões pelo homem, a atmosfera e o clima, em particular, começam a reagir a essas influências sob diferentes aspectos. Muitos pesquisadores acreditam que o impacto dessas mudanças pode ser muito drástico. Embora saibamos que a direção geral e a magnitude total dos impactos possam ser previstos atualmente, não será possível avaliar a precisa distribuição espacial dos seus efeitos. Como se não bastassem o dióxido de carbono e o metano para perturbar o equilíbrio térmico da Terra, o homem também produziu outros elementos maléficos para a atmosfera.

No início dos anos 80, surgia um sinal de alarme com referência à existência de um buraco na camada de ozônio que protege a Terra da radiação ultravioleta, o que traria conseqüências desastrosas para a existência da vida sobre a terra. Paralelamente a essa questão, os cientistas descobriram que a elevada quantidade de concentração do dióxido de carbono na atmosfera bloqueava a liberação do calor, provocando o chamado *efeito estufa*. Inicialmente, essas duas questões se confundiram embora tenham diferenças significativas.

Nos anos 70, mais precisamente por volta de 1974, os químicos americanos Sherwood Roland e Mario Molina descobriram que o clorofluorcarbono é um elemento extremamente prejudicial à atmosfera. Os clorofluorcarbonos são produtos químicos utilizados, em larga escala, em equipamentos de refrigeração, para a fabri-

QUADRO 1 - Cronologia de episódios atmosféricos

Episódios	Algumas anomalias climáticas dos anos 80
Ano	Fenômenos Meteoroclimáticos
1980	Prolongada estiagem atingiu o Nordeste do Brasil. A seca castigou cerca de 62% da área do polígono das Secas do Nordeste. Não chovia há dois anos na área.
1982	O fenômeno ENOS (configuração EL NIÑO-OSCILAÇÃO SUL) Seca severa atingiu as área subtropicais do Brasil. As latitudes médias no hemisfério norte foram castigadas por fortes chuvas. Na Amazônia houve uma redução de até 70% das chuvas de Jan./Fev.
1983	Chuvas e secas assolaram os continentes. Cientistas de todos os países se mobilizaram para explicar o fenômeno do <i>El Nino</i> . A seca do Nordeste do Brasil se agravou ainda mais. O clima do Brasil começou a apresentar desvios inéditos: colossais correntes (JET STREAM) sopravam do oeste para o leste (em níveis mais baixos) a 10 km de altitude. Chuvas torrenciais provocaram enchentes no Sul e Sudeste do Brasil.
1986	Grandes desvios do clima apareceram em escala planetária: anomalias climáticas na Austrália e chuvas em excesso na Indonésia. No Alasca, temperatura de 16 graus acima do normal onde eram de 30 graus negativos. Nos Estados Unidos, as temperaturas no inverno caíram 7 graus abaixo do normal, intensificando a neve em diversos estados da costa leste. No Brasil, as temperaturas do mar na costa do Nordeste aumentaram 1 grau acima do normal, provocando chuvas intensas na Bahia, Pernambuco e Minas Gerais. A seca do Sul do Brasil provocou uma diminuição do volume de água das cataratas do Iguaçu.
1987	A Escandinávia registrou temperaturas quase de 50 graus negativos, sendo as mais baixas do século. Chuvas extremamente abundantes em Madagascar, com 300% acima da média. No Brasil, as chuvas voltaram a causar inundações no Sul do país. A desertificação conquistou mais área do território africano.
1988	Chuvas intensas no Norte e Nordeste do Brasil e seca no Centro-Sul. O fenômeno <i>La Niña</i> age sobre o Brasil. Ocorrência de bloqueios de frentes ocasionam chuvas torrenciais sobre a cidade do Rio de Janeiro no mês de fevereiro, ocasionando enchentes e muitas mortes.

QUADRO 2 - Perdas ocasionadas pelas anomalias do clima em 1982-83

Episódios Meteorológicos			
Localidades	Natureza do Fenômeno	Vítimas	Prejuízo (US\$)
Austrália	secas (com incêndios)	71 mortos, 8 000 sem casa	2,5 bilhões
Sul da China	chuvas em excesso	600 mortos	600 milhões
Sul da África	secas	população doente e faminta	1 bilhão
Sul do Brasil e Norte da Argentina	enchentes	600 000 evacuados, 170 mortos	3 bilhões
Taiti	furacão	3 mortos	50 milhões
Europa Ocidental	enchentes	25 mortos	200 milhões
Sul do Peru e oeste da Bolívia	secas	-	240 milhões
Equador e Norte do Peru	enchentes		650 milhões

Fonte: Revista Brasileira de Tecnologia, vol. 17(1), 1986.

cação de espumas plásticas, desodorantes, perfumes, inseticidas e outros produtos em forma de aerossóis.

As pesquisas realizadas sobre o clorofluorcarbono detectaram que suas moléculas funcionam como catalizadores, ou seja, elas entram e saem das reações químicas nas quais decompõem o ozônio, prontas para prosseguirem na destruição de mais e mais moléculas, acarretando um efeito acumulativo. As conseqüências mais preocupantes da presença desse elemento na atmosfera ocorrem, justamente, quando o mesmo alcança a estratosfera. Ai, as moléculas de clorofluorcarbono se dividem com a ação dos raios ultravioletas do sol, liberando os átomos de cloro. As reações químicas, em prosseguimento, passam a desencadear outros processos, porém o perigo mais grave ocorre no momento em que o ozônio transforma-se em oxigênio comum que, combinando-se com outros átomos liberados em reações sucessivas, contribuem para a elevação da taxa de oxigênio na atmosfera. O resultado desses efeitos implica uma grande probabilidade de ocorrência de incêndios nas áreas de matas, provocados por causas naturais. Convém ressaltar que, nos últimos anos, os noticiários dos diversos meios de comunicação vêm registrando a ocorrência de inúmeros incêndios em diversas partes do globo, principalmente por ocasião do período das longas estiagens, com temperaturas máximas muito elevadas.

A destruição da camada de ozônio, que corresponde ao nosso manto protetor, foi primeiramente descoberta no ano de 1974, porém, somente seis anos depois, foi divulgada para todo o mundo por uma equipe americana liderada por Joseph Farman, do British Antarctic Survey. Em meados dos anos 80, o mundo ouvia falar muito sobre a existência de um buraco na camada de ozônio sobre a Antártica, que vem crescendo de forma assustadora. Inicialmente, representava um mistério quanto à sua localização sobre as latitudes polares, porém, posteriormente, foram explicadas em função das correntes atmosféricas que emigram para as altas latitudes. A área compreendida na Antártica, afetada pelo buraco na camada de ozônio, corresponde, aproximadamente, a 15% da superfície do globo.

Diante desses fatos, as previsões não são nada favoráveis para a humanidade. Entre os graves perigos, citam-se mudanças no clima, aumento da incidência de câncer na pele, mutações genéticas e danos comprometedores para a agricultura.

Outro protagonista que se incorpora no contexto das mudanças climáticas em escala zonal é o fenômeno conhecido por *El Niño*. Na realidade, este fenômeno envolve relações extremamente complexas entre as variáveis atmosféricas e as interrelações oceano-atmosfera. Ocorrendo em intervalos irregulares de dois a sete anos, e com uma duração aproximada de dois anos, o fenômeno do *El Niño* está intimamente associado a um fenômeno de escala maior, conhecido como Oscilação Sul, com repercussão na Austrália, Indonésia e na América do Sul.

O referido fenômeno, sob o ponto de vista meteorológico, aparece quando as pressões atmosféricas no Pacífico Sul se apresentam muito baixas na costa da América do Sul, ocorrendo o inverso sobre a Austrália. Essa variabilidade em escala global das pressões atmosféricas sugere, esquematicamente falando, a figura de uma gangorra. A Oscilação Sul descoberta pelo meteorologista britânico Gilbert Walker corresponde ao efeito de um pêndulo, ou seja, pressões muito baixas

no Pacífico Oriental indicam períodos de chuvas na América do Sul, enquanto que pressões muito altas sobre a Austrália estão associadas à ocorrência de secas e vice-versa, num movimento mais ou menos cíclico. Sob condições normais, a costa leste australiana é bastante úmida, enquanto a costa ocidental da América do Sul é bastante seca.

Como fenômeno oceanográfico, *El Niño* aparece periodicamente, nas proximidades da costa do Peru e Equador, com mais frequência a partir dos meses de outubro a março, aproximadamente. O fenômeno acontece quando ocorre um enfraquecimento dos ventos oriundos do quadrante leste, em baixos níveis. Neste momento, a corrente de Humboldt, que transporta águas frias em direção às baixas latitudes, sofre enfraquecimento no impulso de sua trajetória, acompanhado também pela ausência de ressurgência. Sob essas condições, as águas quentes equatoriais penetram até o litoral do Equador e do Peru, que normalmente são banhados por correntes oceânicas frias. Por outro lado, o aquecimento generalizado das águas do Pacífico Sul ocasiona um grande impacto ao ecossistema marinho da região. A Fig. 2 apresenta, em forma esquemática, a distribuição de alguns episódios relacionados de forma direta ou indireta como fenômeno *ENOS* (Conexão entre El Niño-Oscilação Sul).

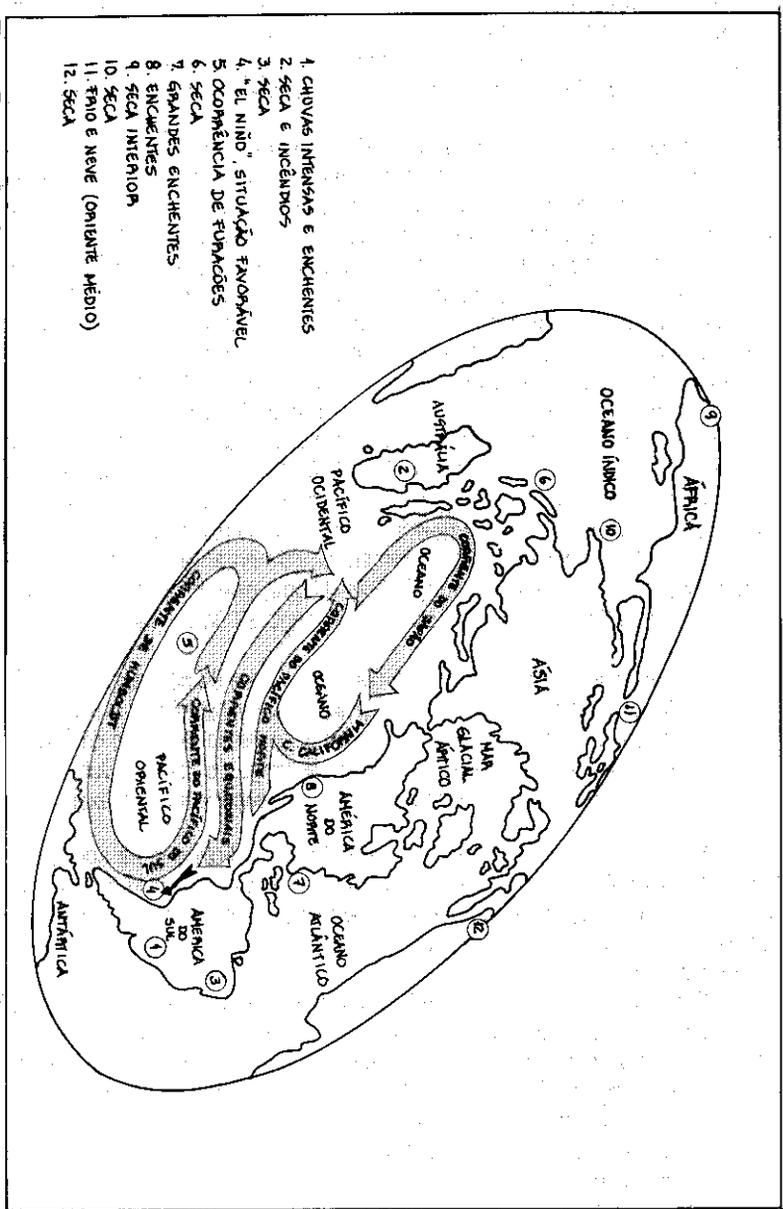
A excepcional intensidade do fenômeno *El Niño*, ocorrida nos anos 80, corresponde a um indício bastante forte a ser considerado sobre a questão das flutuações climáticas que vêm ocorrendo ultimamente. As principais anomalias climáticas, ou, meramente, distúrbios climáticos, que estão vinculadas às prováveis mudanças no clima global ligadas ao fenômeno *El Niño* são:

1. Chuvas em excesso ocorridas durante os anos 80 no Equador e no Peru;
2. Secas extremamente severas que atingiram a Austrália e a Indonésia;
3. Chuvas e inundações no Sul e secas intensas no Nordeste do Brasil;
4. Aumento da intensidade de furacões ao longo do Pacífico Sul;
5. Maiores desvios climáticos entre os anos denominados de excepcionais.

Sabe-se hoje que *El Niño* se associa a condições mais secas que o normal no Sudeste da África, na Índia, no Pacífico Ocidental e a condições mais úmidas no Sudeste dos Estados Unidos. Para efeito de análise, o Quadro 3 evidencia as influências do evento *El Niño* sobre as chuvas ocorridas no Sul e Sudeste do Brasil, no ano de 1983.

O episódio *El Niño*, de 1983, distinguiu-se dos demais, em função da sua durabilidade, intensidade e efeitos climáticos globais, como, pelo seu desenvolvimento inicial anormal. Como consequência, observaram-se as maiores anomalias climáticas já registradas, merecendo com isso um destaque especial para aquele fenômeno nas páginas do *New York Times* (02-08-1983).

Mais recentemente, na literatura meteorológica, surgiu o termo *La Niña* ou anti-*El Niño*, que corresponde a uma diástole do centro anticiclônico instalado sobre as águas do Pacífico, na direção oeste, intensificando com isso a atuação da



1. CHUVVAS INTENSAS E ENCHENTES
2. SECA E INCÊNDIOS
3. SECA
4. "EL NIÑO" SITUACÃO FAVORÁVEL
5. OCORRÊNCIA DE FURACÕES
6. SECA
7. GRANDES ENCHENTES
8. ENCHENTES
9. SECA INTERIOR
10. SECA
11. FRIO E NEVE (ORIENTE MÉDIO)
12. SECA

Fig. 2 - Repercussões do evento El Niño
 Fonte: Jornal do Brasil, 1983. (Adaptação)

QUADRO 3 - Precipitação pluviométrica normal (mm) e a de 1983
 Repercussões do evento El Niño no ano de 1983 e seus efeitos na intensidade das
 chuvas no Sul e Sudeste do Brasil

MESES	Referencial Climático											
	São Paulo(SP)		Curitiba(PR)		Campos Novos(SC)		Florianópolis(SC)		Porto Alegre(RS)			
	Normal	1983	Normal	1983	Normal	1983	Normal	1983	Normal	1983		
Janeiro	254	239	198	268	147	113	171	280	120	88		
Fevereiro	227	278	175	77	130	304	164	237	104	159		
Março	172	179	125	108	135	158	141	152	78	166		
Abril	81	101	78	149	156	160	133	178	102	90		
Maiο	54	191	85	331	125	382	107	205	114	172		
Junho	55	221	89	227	135	187	78	177	139	100		
Julho	43	42	82	265	134	716	74	514	128	219		
J/F/M	653	696	498	453	412	575	476	669	313	413		
A/M/J/J	233	555	334	972	550	1 445	392	1 074	483	581		

Fonte: Boletins Agrometeorológicos, INMET

circulação dos alísios. As águas do Pacífico Oriental tornam-se mais frias e as temperaturas oceânicas do Pacífico Ocidental equatorial são mais elevadas que a normal.

Se em condições normais a costa peruana é seca, sob essas condições, a mesma se agrava ainda mais, sobretudo nos desertos costeiros do Norte do Chile e Sul do Peru. Convém ressaltar que o fenômeno *La Niña* só ocorre também em condições extremamente anômalas da pressão atmosférica entre o continente sul-americano e australiano. A ocorrência da *La Niña* está associada em nosso país com a ocorrência de muitas chuvas em toda a sua porção setentrional. Já se atribuiu ao efeito *La Niña* a causa da intensa seca registrada em 1990, no verão do meio norte-americano, as grandes enchentes em Bangla-Desh (em 1989) e os violentos furacões ocorridos na região do Caribe e no golfo do México.

Finalmente, o outro elemento relacionado às mudanças do clima, no futuro, é o problema do efeito estufa. Segundo algumas estatísticas, a concentração do gás carbônico já aumentou cerca de 25%, desde o advento da revolução industrial, o que implica diretamente num aumento substancial da temperatura e, conseqüentemente, na profundidade e intensidade das mudanças climáticas futuras.

Além do gás carbônico, outros gases, como o metano, o óxido nitroso, e os próprios clorofluorcarbonos, desempenham importante papel no balanço energético da Terra. A elevada concentração desses gases nos níveis inferiores da atmosfera forma um verdadeiro anel ao redor do planeta e desencadeia fluxos energéticos secundários a longo prazo.

A denominação *efeito estufa* deve-se à analogia que tem com as estufas de plantas cobertas com vidro. O vidro permite a passagem das ondas curtas provenientes do Sol, mas não permite a passagem das ondas longas emitidas pela Terra aquecida no interior da estufa e, em vez de serem absorvidas pelo vidro, são refletidas para dentro outra vez. O efeito estufa, que é responsável pelo aquecimento geral da baixa atmosfera, é causa também de um resfriamento compensador da atmosfera superior.

O dióxido de carbono é geralmente considerado como a principal causa do aquecimento radiativo elevado da Terra; qualquer gás que absorva a radiação infravermelho contribui para o efeito estufa. Segundo RAMANATHAN (1985), a quantidade de dióxido de carbono na atmosfera já absorve a maior parte da radiação da sua faixa de comprimento de onda. Em especial, a absorção por outros gases em diferentes comprimentos de onda tem uma importância desproporcional no efeito estufa como um todo. Por essa razão, um aumento do metano tem vinte e cinco vezes o efeito de se adicionar o mesmo número de moléculas de CO_2 , e os freons têm um efeito 10 000 vezes maior do que o CO_2 . Estima-se que o excesso de aquecimento de estufa devido a todos elementos já citados anteriormente está aumentando mais ou menos linearmente com o tempo, embora a concentração de dióxido de carbono esteja crescendo em ritmo mais acelerado. A menos que os mecanismos ainda desconhecidos possam neutralizar esse aumento, a humanidade, no futuro, poderá

enfrentar um aquecimento significativo no clima da Terra.

O sinal de que o efeito estufa já começou a se manifestar pode estar relacionado com as temperaturas insuportáveis que se registraram no último verão nos Estados Unidos, na Índia e na Grécia, com valores superiores a 44°C, causando algumas mortes.

Essas alterações provocadas no ambiente atmosférico também repercutirão sobre o equilíbrio natural dos principais ecossistemas terrestres. Não menos encorajadora é a previsão que muitos cientistas fazem no que diz respeito ao derretimento das geleiras em função da elevação das temperaturas e conseqüente elevação do nível dos oceanos. Apesar de todos os avanços tecnológicos assimilados pela sociedade moderna, o homem ainda continua, de certa forma, dependendo das nuances do clima. Várias alternativas vêm sendo levadas em consideração, com vistas a se estabelecer uma estratégia para uma sensível redução da taxa de futuras emissões de *gases estufa* para a atmosfera.

Embora a proteção do ambiente climático seja fundamental para a saúde e bem-estar da humanidade, essa proteção apresenta uma quantidade considerável de desafios de natureza política e econômica. Esperar para ver o que acontece implica que não há necessidade de mudar as políticas vigentes sobre o tratamento das questões ambientais, à luz das incertezas sobre os futuros impactos decorrentes das mudanças do clima.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A dependência das atividades humanas em relação ao clima não se manifesta tão somente na produção de alimentos, mas, também, com respeito a outros fenômenos, tais como, inundações, secas ou temperaturas absolutas extremas que afligem de forma significativa as áreas altamente urbanizadas e prejudicam as atividades agrícolas, entre outros.

As mudanças do clima, como conseqüência das atividades antropogênicas, é, acima de tudo, inquietante e ao mesmo tempo preocupante. Em escala local, o clima é efetivamente afetado por emissões térmicas diretas das áreas industriais e urbanizadas. As emissões de produtos químicos e demais impurezas colocadas em suspensão na atmosfera, como resultado das atividades do mundo moderno, podem alterar substancialmente as condições climáticas, se não houver um controle com relação a essas atividades.

A natural variabilidade do clima também é igualmente preocupante, uma vez que tem levado muitos estudiosos da climatologia a avaliar se realmente está-se produzindo uma mudança climática em escala planetária, haja vista os atuais episódios que se vêm registrando em diversas áreas do globo, como chuvas excessivas que provocam grandes inundações, secas severas, temperaturas extremas além do normal, furacões devastando várias localidades e ceifando vidas

humanas. Ainda que essa mudança em escala global esteja ocorrendo por causas naturais, a transição climática seria provavelmente de forma gradual e quase que imperceptível, pois as flutuações, durante períodos curtos de tempo, são tão amplas que certamente encobririam as tendências a longo prazo.

Se o clima no passado foi tão variado em decorrência de causas naturais, devemos esperar que no futuro ele provavelmente continuará sofrendo variações. Enfim, deve-se ter em conta que as tendências climáticas globais, a longo prazo, são dissimuladas por flutuações menores e por mudanças climáticas regionais. Assim, condições excepcionais de precipitação pluviométrica e calor excessivo em uma região podem ser acompanhadas por estiagem prolongada e temperaturas baixas inusitadas em outras regiões da superfície terrestre.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERGER, A. Hays, J., SALTZMAN, B. *Milankovitch and Climate*. Reidel Publishing Company, 1984.
- CONTI, J.B. Crescimento urbano e mudanças climáticas: o exemplo de São Paulo. *Jornal O Estado de São Paulo*, São Paulo, 9 set. 1979, p.3, Suplemento Cultural.
- DANNI, I.M. A ilha térmica de Porto Alegre: contribuição ao estudo do clima urbano. *Boletim Gaúcho de Geografia*, Série Geo 8, p.33-48, 1980.
- DREGNE, H.E. *Desertification: process, problems and perspectives*. The University of Arizona. Tucson, 1976. p.11-24.
- HARE, F.K. Variación y variabilidad climáticas. In Conferencia sobre el clima y el hombre. Ginebra: Organización Meteorologica Mundial, 1979.
- KIRCHHOFF, V.W.J.H. *O ozônio na atmosfera terrestre*. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. INPE, 1988.
- LAMB, H.H. *Appendixes to part I. In Climate: present, past and future*. London: Methuen & Co, part 1, p.483, 1972.
- LOMBARDO, M.A. *Ilha de calor nas metrópoles; o exemplo de S. Paulo*. São Paulo: Hercitec, 1985.
- MANABE, S., WETHERALD, S. *Large-scale changes in soil wetness induced by an increase in atmospheric carbon dioxide*. S.A.S. v.44, p.1 211-1 253, 1987.
- McBEAN, G.A., McEWAN, A.D. Global Change. *A Scientific Review by World Climate Research Programme/World Meteorological Organization (WMO)*, January, 1990.
- NOBRE, P., MOURA, A.D. Large Scale Tropical Heat Surces and Global Atmospheric Energy Propagation Associated with Droughts in Northeast Brasil. In: SIMPOSIUM ON METEOROLOGICAL ASPECTS OF TROPICAL DROUGHTS, 2. 1984, Fortaleza. p.83-86.
- RAMANATHAN, V., KIEHL, J.T. *Trace gas trends and their potential role in climate change*. J.G.R., v.90, p.5 547-5 566, 1985.
- RAMANATHAN, V. *The Greenhouse Theory of climate charge: a teste by an inadvertent global experiment*. Science, v.240, p.293-99, 1988.
- SERRA, A. *O problema do oxigênio: a nova era glacial*. Conselho Nacional de Pesquisa, 1-11, Rio de Janeiro, 1976.
- TITARELLI, A.H.V. Alteração do clima local nos centros urbanos: efeitos adversos da

- urbanização. *Caderno Prudentino de Geografia* 3, IPEA-UNESP, Presidente Prudente, p.28-35, 1982.
- VIANELLO, R.L. Índicios de mudanças climáticas causadas por desmatamento/Município de Juiz de Fora (MG). *Boletim Geográfico*, IBGE, v.34, n.251, out-dez, 1976.
- WILLETT, H.C. Long-period fluctuations of the general circulation of the atmosphere. *Journal of Meteorology*, Lancaster, 34-50, 1949.