

MUDANÇAS CLIMÁTICAS RECENTES E AÇÃO ANTRÓPICA

Magda Adelaide Lombardo*

1. INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas que ocorreram no paleoclima fizeram parte da evolução da atmosfera e foram causadas exclusivamente pela natureza. As pesquisas geológicas e biológicas em rochas e fósseis tem evidenciado a variação na extensão dos vários períodos climáticos. Estas mudanças climáticas de ordem natural tem ocorrido com maior ou menor intensidade. Entretanto, no Quaternário, estas mudanças ocorrem em espaços de tempo menores. Com a intensa atividade humana, mais especificamente, na era industrial, tem havido alterações na composição química da atmosfera. Com relação às mudanças climáticas provocadas pela ação antrópica, há que se levar em consideração todo o processo industrial e a exploração de recursos naturais e o consequente lançamento de gases e partículas poluidoras na atmosfera e seus efeitos no clima.

2. MUDANÇAS CLIMÁTICAS – CAUSAS NATURAIS

Órbita terrestre

As variações na órbita terrestre e na inclinação do eixo terrestre causam mudanças na sazonalidade e sua distribuição meridional.

Variação de atividade vulcânica

Quando um vulcão entra em erupção gases e material particulado são transportados até a estratosfera, alterando a composição química da atmosfera e contribuindo, desta maneira, para mudanças climáticas.

Depois da erupção do El Chichon, em 1982, astrônomos do observatório de Mauna Loa, no Havaí, observaram que a intensidade da insolação decresceu de 25 a 30%.

A recente erupção do vulcão Pinatubo (Filipinas), em 1991 pode ocasionar resfriamento nos 2 anos seguintes.

Outras causas naturais

Os movimentos das placas tectônicas podem interferir nas mudanças climáticas porque a distribuição terra-oceano tem uma variabilidade lenta. Isto também pode influenciar nas correntes oceânicas que transportam calor dos trópicos para latitudes mais elevadas.

Em tempos pré-históricos mudanças climáticas bruscas ocorreram frequentemente. Na última idade do gelo houve mais de 15 mudanças de temperatura regional, variando de 3°C a 5°C em períodos de 100 anos ou menos.

Nas últimas décadas, eventos como El Niño assumiram grandes dimensões. Este fenômeno é caracterizado por uma faixa de água quente na superfície do Oceano Pacífico que se estende ao longo da costa Peruana até 10.000 Km a oeste. Comumente, esta região é caracterizada pela resurgência de águas frias, com alto valor nutritivo. No evento do El Niño, a ressurgência é reduzida ou nula, portanto a superfície do oceano torna-se aquecida. A anomalia pode persistir durante aproximadamente um ano. Nas proximidades da Costa do Peru, a água pode se aquecer até 5°C.

Em 1982 e posteriormente, em 1987, o fenômeno El Niño teve seus efeitos não somente locais mas ocasionaram chuvas torrenciais, enchentes e secas em todo globo.

Durante o evento de 1982-83 houve aumento de precipitação no Pacífico Equatorial (80 vezes maior na Costa do Peru). Simultaneamente, na Indonésia, Austrália, África do Sul e Nordeste brasileiro ocorreram secas desastrosas.

Apesar dessas mudanças climáticas naturais bruscas descritas não serem relacionadas com a atividade

(*) Profª. Drª. do Departamento de Geografia – FFLCH – USP.

antrópica, são importantes para demonstrar as dimensões que as mudanças climáticas podem assumir de forma natural, afetando a atividade econômica regional e a população local.

Evolução da Variação da Temperatura

A história do clima é caracterizada por períodos glaciais e interglaciais. No hemisfério norte, a temperatura média variou de 9 a 11°C nos períodos glaciais e aumentou de 14° a 16°C nos períodos interglaciais. Algumas fontes indicam que o aumento de temperatura excedeu 16°C nos períodos interglaciais.

A diferença de temperatura entre o recente período glacial e o período interglacial é de 4 a 5°C, o que causou considerável redução na área continental coberta pelo gelo. Na história recente, de 1400 a 1850, durante a pequena idade do gelo a temperatura média global esteve abaixo dos 15°C. Subsequentemente, tem havido aquecimento considerável.

3. OS GASES QUE CONTRIBUEM PARA O EFEITO DE ESTUFA

A ação antrópica tem vários efeitos no clima, podendo causar aumento nos gases do efeito de estufa, influenciando conseqüentemente no aumento da temperatura, alteração no albedo e mudanças químicas, interferindo na composição da atmosfera.

Os gases de efeito de estufa são definidos como aqueles que interceptaram o comprimento de onda de absorção do infra-vermelho. Quando sua concentração aumenta, também aumenta o efeito de estufa causa aquecimento de superfície.

De acordo com a presente reconstrução da história climática, há uma correlação positiva entre concentração de CO₂ e a temperatura do ar. De acordo com resultados observados, concentrações de CO₂ variam de 180 a 200 ppm nos períodos glaciais até 280 a 300 ppm nos períodos interglaciais. Na época pré-industrial, por volta de 1800, essa concentração era de 280 ppm. Desde esta época tem havido um aumento constante.

Em 1958, o observatório de Mauna Loa, no Havaí, iniciou medições, com registros de até 315 ppm. Desde então, houve um aumento de aproximadamente 0,4% ao ano. Em 1987, este valor chegou a 348 ppm.

Em 1938, Calendar demonstrou que emissões de CO₂ devido a queima de combustíveis fósseis acumulam-se na atmosfera.

Os gases de efeito de estufa mais importantes são: Vapor d'água, CO₂, Metano (CH₄), óxidos de nitrogênio (NO_x) CFCs e Ozônio (O₃).

Vapor d'água e ozônio contém uma importância especial entre estes gases devido à curta permanência. Portanto suas concentrações podem variar grandemente numa escala tempo-espacial.

Nenhuma tendência tem sido identificada no conteúdo de vapor d'água médio atmosférico devido à falta de medidas precisas, entretanto, o aumento de temperatura nos últimos anos sugere que este deve ter aumentado.

Medidas tem mostrado que o ozônio troposférico tem aumentado no Hemisfério Norte. Na Europa Central seus valores tem quadruplicado desde o início do século, com aumento anual de 1%.

O aumento anual de CO₂ não é proporcional ao aumento de CO₂ lançado na atmosfera pelo homem. As concentrações de CO₂ aumentam nos períodos de El Niño. Durante este evento, a capacidade dos oceanos de absorver as emissões antrópicas de CO₂ é quase nula. Durante a atuação do El Niño, o Oceano Pacífico Tropical atua como fonte de CO₂.

Metano – por meio de bolhas de ar presas no gelo é possível provar que tem havido um aumento no CH₄ e NO₂ nos últimos 200 a 300 anos. Cientistas alertam para o fato de que há forte correlação entre o aumento destas concentrações e a intensidade da atividade antrópica, principalmente devido ao cultivo de arroz, criação de gado, queima de carvão, petróleo, gás natural, resíduos sólidos e biomassa. O nível de NO₂ tem aumentado de 0,2 a 0,3% ao ano desde 1700.

Desde 1960 a concentração atmosférica de CFC tem aumentado alcançando nível de 0,2 a 0,32 ppb., cer-

ca de 5% ao ano. Devido à falta de medidas diretas, não há meios de associar esse aumento numa escala global.

4. ANÁLISE DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS RECENTES

Análise das mudanças climáticas recentes envolve modelos numéricos, dados de sensoriamento remoto e medidas observacionais.

Modelos preditivos de mudanças climáticas.

Os modelos climáticos disponíveis atualmente são eficazes na previsão de mudanças de temperatura global associadas aos gases do efeito de estufa. Estes modelos geralmente preveem aumento de temperatura com a duplicação da concentração de CO₂, de 300 a 600 ppm. Neste caso, o aumento de temperatura varia de 1,5 a 4,5°C acima do nível pré-industrial. A maioria dos modelos prevêem aumento acima de 3°C. Entretanto os modelos sofrem algumas limitações:

- As resoluções temporais e espaciais são limitadas. Por esta razão, processos importantes como a troca de calor e momento entre a superfície terrestre e a atmosfera tendem a ser parametrizados.
- Processos não lineares, em particular, advecção, são representados por aproximações lineares.
- Modelagens de mecanismos sinérgicos, como o das nuvens, radiação e circulação de grande escala.

Dados de Sensoriamento Remoto e medidas observacionais.

Os dados de satélite apesar de contribuírem como dados iniciais no modelo possuem restrições quanto às resoluções temporal e espacial.

Os satélites registram a temperatura de superfície da água dos oceanos. Entretanto os modelos requerem a temperatura integrada da coluna de água de 60 cm de profundidade. Por outro lado, na superfície terrestre, as variações de padrões de uso do solo e da topografia in-

terferem na temperatura radiométrica registrada pelo satélite.

Com relação às mudanças climáticas, os dados observacionais são restritos e pontuais, concentrando-se na sua maior parte no Japão, parte dos Estados Unidos, Canadá e Europa Ocidental. Em regiões inóspitas, como áreas desérticas, florestas tropicais e na Antártica os dados são insuficientes.

Estas fontes de erro deverão ser reduzidas no futuro. Outra área que necessita avançar é a associação em tempo real de modelos atmosféricos com modelos oceânicos; modelos com movimentos de placas de gelo e de ciclos de carbono. Isto é necessário porque o oceano modifica consideravelmente o comportamento da atmosfera, podendo harmonizar vastas quantidades de calor e é portanto uma considerável fonte de variação regional do clima.

Fonte dos erros dos modelos climáticos.

- Parametrização da cobertura das nuvens, causando uma simulação distante da realidade.
- Interação entre nuvem e radiação é descrita de forma aproximada (com relação ao albedo).
- Fluxo de calor sensível e latente descritos de forma incerta.

As modelagens de efeito topográfico carecem de precisão.

A interferência do homem nas mudanças climáticas.

Os relatórios do IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) revelaram que as mudanças climáticas são evidentes nos modelos empregados pelos meteorologistas onde destaca-se uma acentuada elevação da temperatura neste século, ao redor de 0,3°C - 0,6°C. O maior aumento destes índices ocorrem à partir da década de 80. Estas alterações são decorrentes não somente da variabilidade natural mas também da interferência antropogênica.

As atividades humanas, principalmente aquelas ligadas ao processo industrial e consumo de energia, bem como a concentração urbana tem interferido nas alterações climáticas. Entretanto, estas questões devem ser consideradas de maneira integrada.

A análise dessa problemática envolve a necessidade da preparação mais eclética de meteorologistas e climatologistas com uma sólida formação interdisciplinar e por outro lado, uma preparação específica em climatologia de cientistas oriundos de campus das ciências humanas.

O desmatamento da Floresta Amazonica e sua contribuição para o Efeito de Estufa.

Segundo a análise de muitos pesquisadores, a Amazônia afeta o ambiente de todo o planeta através de sua influência na composição química da atmosfera e o clima global. É necessário incentivar à pesquisa na Amazonia para uma maior compreensão da bioma de floresta tropical e o papel fundamental que este bioma desempenha nos ciclos biogeoquímicos globais. Segundo estudos realizados por Andreas et al, 1988 e Crutzen et al, 1979, gases de estufa tais como já definido (CO_2), (CH_4), (N_2O) e outros produtos de combustão e decomposição da floresta estão sendo liberados em grandes quantidades pelas atividades humanas na Amazônia.

O desmatamento intenso da região Amazônica contribuiria para reduzir a evapotranspiração local, o que acarretaria à redução da precipitação. O resultado seria uma quantidade menor de calor latente liberada para a troposfera amazônica e, assim, menos calor disponível para ser transportado para regiões extra-tropicais. Um desmatamento em grande escala, portanto, no mínimo contribui para aumentar as concentrações de CO_2 e, como resultado, o efeito de estufa (Molion, 1988).

Um dos principais impactos do desmatamento diz respeito a alteração do ciclo das águas (Marques et al, 1977, Salati et al, 1978, 1979; Vila Nova et al, 1976). Os impactos sobre a precipitação estenderá às áreas vizinhas, tais como o centro sul brasileiro (Sabati & Vox, 1984).

Segundo Fearnside (1989), a conversão dos 5 X 10^6 Km^2 da Amazonia Legal brasileira para pastagens resultaria em um lançamento líquido de cerca de 50 gigatoneladas de carbono. Cálculos baseados nas estimativas muito baixas para biomassa da floresta, feito por Brown & Lugo (1984) resultam em contribuições menores de desmatamento tropical.

Segundo Molion (S/D) a revisão da literatura indica que a quantidade de carbono liberada através da queima de biomassa, em função da conversão de florestas para outros usos da terra, está sujeita a um grau de incerteza muito grande, chegando a apresentar um fator 73 entre a mínima e máxima estimativas. O total de carbono liberado é resultante do produto das quatro variáveis seguintes:

- porcentagem do elemento químico carbono presente na biomassa,
- densidade de biomassa da floresta,
- a taxa de desmatamento anual, e
- o fator de combustão, ou seja, o percentual de carbono liberado na primeira queima.

Com relação ao estoque da biomassa e carbono da região Amazônica, a sua grande parte está concentrada no tipo de vegetação de floresta densa. Como a biomassa da floresta varia grandemente em diferentes partes da região, além da alta variabilidade sobre distâncias de alguns metros, os dados globais são imprecisos.

Apesar de toda a controvérsia em relação a Região Amazônica e a sua contribuição ao efeito estufa, é necessário repensar a ocupação da Amazonia e o papel do desmatamento na liberação de gases. O impacto do CO_2 liberado pela conversão para pastagens acrescenta-se a lista dos custos humanos e ambientais do desmatamento e indica o bom senso de se implementar medidas políticas para controlar o processo.

Análise das negociações das reuniões das Nações Unidas e tendências futuras

Durante as seis negociações de mudanças climáticas realizadas pelas Nações Unidas, que culminaram na elaboração de um protocolo de intenções assinado pelos países membros, na conferência da Eco-92, no Rio de Janeiro pôde-se verificar uma dicotomia de interesses e intenções entre os países industrializados e aqueles subdesenvolvidos.

Desde 1986, o aquecimento global tem sido foco de interesse da comunidade científica, dos ambientalistas e dos governos. No verão de 1988, este assunto entrou em pauta nas agendas dos cientistas e nos discursos políticos sendo também bombardeado pela

popular mídia eletrônica, jornais e revistas, mostrando as consequências ambientais catastróficas caso medidas mitigadoras do fenômeno não fossem acionadas.

Devido a potencial magnitude e impactos do aquecimento global, as Nações Unidas e a Organização Meteorológica Mundial organizaram o Painel Intergovernamental de Mudança Climática (Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC). Com base na análise dos relatórios do IPCC, foram realizadas reuniões consecutivas com o intuito de elaborar um protocolo que foi assinado pelos países membros na Eco-92, Rio de Janeiro 1992.

No decorrer das negociações, pôde-se averiguar as posições de vários países e a tendência futura das atuações políticas e econômicas no controle dos gases do efeito de estufa. Os países desenvolvidos, apesar de assumirem a responsabilidade histórica pelo aumento do CO₂ desde a revolução industrial, resistem as propostas que seriam eficazes na sua redução devido às consequências econômicas. Os países subdesenvolvidos estão preocupados com a influência que medidas mitigadoras às emissões dos gases possam ter nos índices de desenvolvimento. O Leste Europeu e a ex-"União Soviética" advogavam a preocupação com o desenvolvimento e alegavam a ausência de recursos para atuarem nesse campo.

Os Estados Unidos na ocasião defenderam o enfoque conservador, afirmando que não há evidências científicas suficientes que justifiquem medidas dispendiosas na redução do CO₂. A posição americana baseia-se na suposição de que as reduções de emissão do CO₂ poderia impor um peso na economia americana, sem um benefício correspondente, uma vez que o país está alicerçado no consumo de combustíveis fósseis.

A atuação americana se limita a substituir o CFC seguindo a orientação do Protocolo de Montreal.

Um grupo de países formado pela Holanda, Alemanha, Suécia e Noruega consideram a necessidade de uma ação mais ativa na mitigação dos gases do efeito de estufa, com parâmetros quantitativos, levando-se em conta, no mínimo, a estabilização das emissões do CO₂ até o ano 2000, e subsequentemente uma diminuição.

As nações subdesenvolvidas, através da formação do grupo conhecido como G-77, que compreende mais

de 120 países, tem colocado suas posições, com o objetivo de articular seus interesses ao nível global.

Na conferência de Nova Dehi, em fevereiro de 1989, que reuniu cientistas, políticos e governantes, os participantes aprovaram a posição de que o aquecimento global está ocorrendo numa época em que muitos dos ecossistemas mundiais estão estressados pelo crescimento populacional, desenvolvimento industrial, necessidade de terras agrícolas e a exploração de recursos naturais. Nos países subdesenvolvidos, a poluição das águas, o desmatamento e a erosão estão associados à pobreza.

A contribuição das nações subdesenvolvidas no aumento das emissões dos gases de efeito de estufa é mínima. Entretanto, países como o Brasil, China e Índia estão atingindo um nível industrial que resultará num aumento significativo de gases do efeito de estufa.

O argumento da incerteza científica sobre o aquecimento, defendido por alguns países desenvolvidos foi descartada pelas nações subdesenvolvidas. Estas, justificam que não há razão pela qual a ação deva ser condicionada a uma prova científica definitiva, que poderá vir tarde demais. Além disso é improvável que o aumento contínuo das concentrações de CO₂ na atmosfera como vem ocorrendo desde a revolução industrial não tenha consequências no meio ambiente mundial.

Durante as negociações pode-se verificar a dificuldade na elaboração do protocolo devido às divergências vigentes nas reuniões preparatórias.

Finalmente, na penúltima reunião realizada em Nova York, em abril de 1992, foi elaborado o texto final que foi assinado no Rio de Janeiro, em junho de 1992.

O texto final expressa apenas uma intenção na mudança de posição dos países com relação ao problema de aquecimento global, mas não foi mencionado o controle quantitativo dos gases que contribuem para o efeito de estufa. No computo geral, o enfoque conservador defendido por uma ala de países desenvolvidos, liderados pelos Estados Unidos foi expresso no documento final.

No bojo das questões ambientais, e mais especificamente, aquelas relacionadas com mudanças climáti-

cas, está o dilema econômico e os conflitos de interesses dos diversos países, principalmente entre aqueles desenvolvidos e os países do terceiro mundo.

O quadro ambiental compõe-se de um Primeiro Mundo devastado por mais de um século de exploração e um Terceiro Mundo ainda com possibilidades de controle dos danos ambientais, mas marcado por profundas crises sociais. Estas, exigem soluções mais urgentes do que a preservação, sendo que o direito ao desenvolvimento está à frente das questões ambientais, argumentam os governos do Grupo 77.

Os países em desenvolvimento não podem arcar com gastos de preservação ambiental e exigem que os países ricos os financiem. A responsabilidade cabe sobretudo aos países do Primeiro Mundo, que, através do intenso processo de industrialização lançaram gases na atmosfera que alteraram a composição da mesma.

Na Eco 92, realizada em junho de 1992, no Rio de Janeiro, os países membros das Nações Unidas assinaram a Convenção Geral sobre Mudanças Climáticas. A partir deste evento, é necessário implementar estratégias internacionais, nacionais e regionais apropriadas visando atingir uma visão global do problema.

Considerando o fato que Mudanças Climáticas ocorrem em diferentes países, é necessário implementar estratégias nacionais apropriadas a situação cultural, política, sócio cultural visando atingir uma visão global do problema: Reconheceu-se a importância de integrar a agenda social e econômica aos aspectos de mudanças climáticas como também definiu-se algumas linhas de pesquisa da forma que se segue:

- A importância do ciclo hidrológico, especialmente em grandes bacias.
- O estudo de fluxos continentais da terra para o oceano especialmente enfocando grandes rios.
- A necessidade de parametrização para simular os efeitos antrópicos na mudança de uso do solo.
- O aprimoramento da compreensão entre a interação da costa e o oceano entendendo o papel da biomassa das florestas tropicais, o solo e ciclo do carbono.
- Determinar o impacto das mudanças globais em ecossistemas diversificados.
- O estudo do crescimento populacional, a dinâmica da população e padrões de consumo.
- O impacto de mudanças climáticas na população local.
- O uso da biodiversidade como um indicador de mudança climática.
- O entendimento da importância dos recifes de corais no ciclo de carbono marítimo e na poluição.
- Aspectos metropolitanos como poluição do ar e degradação ambiental.

A temática sobre mudanças climáticas deve ser discutida no contexto socio-econômico em diferentes países.

O que se propõe é uma nova ordem econômica mundial mais justa em que haveria mecanismos de proteção ambiental e ao mesmo tempo permitiria um desenvolvimento econômico mais acelerado nos países subdesenvolvidos.

5. BIBLIOGRAFIA

- BARTH, M. and J. Titus - Greenhouse Effect and Sea Level Rise, Van Nostrand Reinhold, New York, 1984.
- BOLIN, B. et al. Scope 29 - the Greenhouse Effect, Climate Change and Ecosystems. Scope of the ICSU with the support of UNEP and WMO, John Wiley & Sons, Chichester, 1986.
- ENVIRONMENTAL Socio-economic Impacts of Climate - Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva. Climate Change the IPCC Response Strategies WMO/UNEP.
- FEARNSIDE, P. M. Summary of progress in quantifying the potencial contribution of Amazonian deforestation to the global carbon problem. Proceedings of the workshop on Biogeochemistry, São Paulo, Centro de Energia Nuclear na Agricultura - CENA - Piracicaba, São Paulo, 1987.
- MOLION, L. C. B. A Amazonia e o clima da terra. in. Ciência Hoje, vol. 8 n. 48 SBPC 1988.
- NORDHAUS, W. and G. Yohe - Probabilistic Forecasts of Fossil Fuel Consumption in Changing Climate, National Academy Press, 1983.
- SCHÖNWIESE, C. D. Volcanism and air temperature variations in recent centuries. Recent Climatic Change, 20-29 - Belhaven Press, London, New York, 1987.
- WHITE, R. Greenhouse Policy and Climate Uncertainty - Bulletin American Meteorological Society, vol. 70, 1989.