

UM SÉCULO E MEIO DE AQUECIMENTO GLOBAL?

Luiz Carlos Baldicero Molion

Departamento de Meteorologia/CCEN/UFAL
C.Universitária, BR 101, Km 14 - 57.072-970 Maceió, Alagoas
Filiação permanente: Instituto de Pesquisas Espaciais

RESUMO

A hipótese do aquecimento global está alicerçada em tres pilares básicos: a série de temperatura média global do ar dos últimos 150 anos, o aumento observado na concentração de gás carbônico e os resultados obtidos com modelos numéricos de simulação de clima. Discutem-se criticamente esses tres aspectos mostrando suas deficiências e conclui-se que o conhecimento atual que se tem sobre o clima global, o *efeito-estufa* e sua possivel intensificação pelas atividades humanas, e as limitações dos atuais modelos matemáticos de simulação de clima, não justificam a transformação da hipótese do aquecimento global em fato científico consumado. Apresentam-se argumentos que contrapõem-se ao aquecimento e advogam um resfriamento global, com base em observações que incluem testemunhos da região equatorial.

INTRODUÇÃO

A propriedade da atmosfera que permite a passagem da radiação solar e aprisiona boa parte da radiação infravermelha emitida pela superfície é denominada *efeito-estufa* e, graças a ele, a temperatura média global do ar próximo à superfície é cerca de 15°C. Caso ele não existisse, a temperatura da superfície seria 18°C abaixo de zero, ou seja, o *efeito-estufa* é responsável por um aumento de 33°C! Portanto, o *efeito-estufa* é benéfico para o Planeta, pois gera condições que permitem a existência da vida como se a conhece. Os gases constituintes da atmosfera que contribuem para o *efeito-estufa* são o vapor d'água (H₂O), o gás carbônico (CO₂), o metano (CH₄), o ozônio (O₃), o óxido nitroso (N₂O) e os compostos de clorofluorcarbono (CFC), vulgarmente conhecidos por freons. O vapor d'água é principal gás, sua concentração é extremamente variável no espaço e tempo. O CO₂ é o segundo gás em importância com concentração 30 a 200 vezes inferior a do vapor d'água. Embora sua concentração seja baixa, é o gás de *efeito-estufa* que tem causado maior polêmica, pois sua concentração vem crescendo à taxa de 0.4% ao ano. O CH₄, embora em concentrações muito pequenas, na ordem de 1,6 ppm por volume, também tem apresentado um significativo aumento de 1,0% ao ano. Os gases restantes apresentam concentrações ainda menores que as citadas, porém também estão aumentando. A hipótese do *efeito-estufa* intensificado é fisicamente simples: quanto maior for a concentração desses gases-traços, maior será o aprisionamento de calor e, conseqüentemente, mais alta a temperatura do Globo.

As previsões de mudanças climáticas em função do aumento de CO₂, feitas através de modelos matemáticos de simulação do clima global (MCG), são catastróficas! Elas sugerem que, dobrando a concentração de CO₂, a temperatura média do Globo aumentaria entre 1,5 e 4,5°C (IPPC, 1990). Uma das conseqüências seria a expansão volumétrica da água dos oceanos que, associada ao degelo parcial das geleiras e calotas polares, aumentaria os níveis dos mares entre 0,4 e 1,5 metros. Esse fato forçaria a relocação dos 60% da humanidade que vivem em regiões costeiras. Na seqüência, serão discutidos o estado atual do conhecimento sobre o assunto e algumas das limitações dos MCGs.

PREVISÕES VERSUS OBSERVAÇÕES

O aumento de 25% na concentração de CO₂, nos últimos 150 anos, já deveria ter causado um incremento na temperatura média do globo entre 0,5 e 2,0°C segundo os modelos. Jones (1990), mostrou desvios de temperatura, com relação à média do período 1951-1970, para o Globo aumentou cerca de 0,5°C, desde 1860. As anomalias computadas por Vinnikov et al. (1987) concordaram com as de Jones e as de Hansen e Lebedeff (1988) indicaram um aquecimento ainda maior, de 0,65°C. Segundo o Relatório do Painel Intergovernamental para Mudanças Climáticas (IPCC, 1990), o aumento estaria entre 0,3 e 0,6°C. Esse aumento está situado no limite inferior dos resultados produzidos por modelos climáticos, que foram utilizados para testar a intensificação do *efeito-estufa*

A polêmica que essas séries de anomalias tem causado é que, aparentemente, o aquecimento não é verificado em todas as partes do Globo. Jones (1990), por exemplo, mostra que foi observado um resfriamento de 1,0-1,5°C sobre o Atlântico e Pacífico e um aquecimento de 1,0°C sobre a Eurásia e o norte do continente americano no período pós-guerra 1947-86, quando já se tinha uma padronização da instrumentação usada nas estações climatológicas. Além da instrumentação, outro problema é a correção das temperaturas devido à urbanização, o chamado *efeito de ilha de calor*. Já o trabalho de Halpert e Ropelewski (1991) sugere que não se pode afirmar que esteja havendo aquecimento nos EEUU. Existem, portanto, problemas de representatividade, tanto espacial como temporal, das séries observadas de temperatura, o que torna extremamente difícil sua homogeneização.

LIMITAÇÕES DOS MODELOS DE SIMULAÇÃO DE CLIMA

Grotch (1988) comparou a distribuição latitudinal dos incrementos de temperatura, para o período do inverno do Hemisfério Norte, previstos por quatro dos mais renomados modelos matemáticos, em função da duplicação do CO₂. Todos os modelos concordaram que os incrementos de temperatura seriam maiores nas regiões polares que nas regiões equatoriais. Para o Ártico, por exemplo, os modelos previram um incremento entre 8 e 15°C no inverno. Rogers (1989), porém, mostrou que a média invernal das anomalias de temperatura do ar, observadas para o setor Atlântico do Ártico a partir de 1900, na realidade apresentou um decréscimo superior a 2°C de 1930 até o presente. Ou seja, exatamente na região onde os modelos previram os maiores incrementos de temperatura, têm se observado o oposto, principalmente no período de maior aumento da concentração de CO₂!

Que existem sérios problemas com as simulações dos MGC não é segredo para a comunidade meteorológica. Os MGC comumente têm dificuldade em reproduzir as características mais importantes do clima atual, tais como temperatura média global, diferença de temperatura entre equador e pólo, a intensidade e posicionamento das correntes de jato, se não for feito o que eufemisticamente é chamado de "sintonização". Núvens, seus tipos, formas, constituição e distribuição tanto em altura como no plano horizontal, são outro processo físico mal simulado nos modelos. Nos modelos, aquecimento global tende a aumentar principalmente as nuvens estratiformes na alta troposfera. Ora, nuvens altas, mais tênues e constituídas em parte por cristais de gelo, tendem a aquecer o Planeta, pois permitem a passagem de radiação solar mas absorvem a radiação infravermelha térmica que escaparia para o espaço exterior, ou seja, intensificam o *efeito-estufa*, enquanto nuvens baixas, mais espessas, tendem a esfriá-lo, pois refletem mais radiação solar de volta ao espaço exterior. Por exemplo, o modelo do Serviço Meteorológico Inglês inicialmente previu um aumento superior a 5°C para o dobro

de CO₂. Recentemente, Mitchell et al. (1989) relataram que, apenas mudando as propriedades óticas das nuvens estratiformes, reduziu-se o aquecimento para menos de 2°C, ou seja, **uma redução de 60%**!

Outro problema sério de modelagem é a simulação do Ciclo Hidrológico e seu papel como termostato do sistema Terra-atmosfera. Na Natureza, a superfície e o ar adjacente tendem a ser resfriados por evaporação, pois este é um processo que consome grandes quantidades de calor. Se não existisse convecção e o resfriamento dependesse apenas da perda radiativa, o *efeito-estufa*, nos níveis baixos, seria sensivelmente intensificado e a temperatura de superfície alcançaria 72°C! Entretanto, a convecção - que os modelos não simulam adequadamente - "curto-circuita" o **Efeito-estufa**, e não permite que a temperatura de superfície atinja valores elevados.

A discussão acima não esgota, de maneira alguma, os problemas de modelagem dos processos físicos e as possíveis fontes de erros dos MCGs atuais. Porém, são suficientes para demonstrar que as previsões feitas por eles podem estar superestimadas e que, portanto, a hipótese do aquecimento pelo **Efeito-estufa** intensificado, aceita pela maioria, pode não ter fundamento sólido.

A VARIABILIDADE NATURAL DO CLIMA

Dentre os fatores internos que afetam o Clima estão as variações do albedo planetário - resultante da variação da cobertura de nuvens e das características da superfície - e as variações das circulações atmosféricas e oceânicas. O albedo planetário controla a quantidade de energia solar que é absorvida pelo sistema Terra-atmosfera. Variações na circulação atmosférica como, por exemplo, alterações na frequência de ocorrência de eventos El Niño-Oscilação Sul (ENOS), causam mudanças significativas na temperatura global. Segundo Halpert e Ropelewski (1991), nos anos em que ocorre a fase quente do ENOS, isto é, temperaturas de superfície do Oceano Pacífico mais altas que as normais, existe uma tendência para registrarem-se temperaturas do ar acima da média. Na década de 80, ocorreram dois eventos ENOS fortes, sendo o de 1982/83 o mais forte do século. Portanto, o aquecimento da década de 80 pode estar parcialmente relacionado aos eventos ENOS que, segundo Jones (1990), sozinhos seriam responsáveis por 20-30% da variação da temperatura global. O papel dos oceanos na variabilidade climática ainda não é bem conhecido. Entretanto, sabe-se que existem mudanças de prazo mais longo, da ordem de milênio, nas circulações oceânicas e estas influenciam fortemente a distribuição horizontal de calor nos oceanos e, conseqüentemente, as temperaturas do ar devido às variações nas trocas de calor entre o oceano e a atmosfera.

Dentre os principais fatores externos, estão a variação da produção de energia do Sol, as mudanças dos parâmetros orbitais da Terra e o grau de intensidade das atividades vulcânicas. O Sol é, de longe, a principal fonte de energia para os processos físicos que ocorrem na atmosfera. Porém, sua produção de energia, em média 1370 wm^{-2} , não é constante. Observações recentes, feitas por satélite, confirmaram que sua produção varia de cerca de 0,1% de ano para ano, ou seja, 1,3 wm^{-2} , com o ciclo de 11 anos (ou 22 anos) das manchas solares e o Ciclo de Gleissberg com um período aproximado de 90 anos. A falta de conhecimento ainda não permite estabelecer se existe influência da variação da produção de energia do Sol no Clima, embora alguns acreditem que esta não seja significativa. Porém, convém notar que uma variação de 1,3 wm^{-2} corresponde a 30-50% do aumento de radiação infravermelha que, segundo as previsões dos modelos de clima, ocorreria em uma atmosfera com o dobro de CO₂. As erupções

vulcânicas explosivas lançam grandes quantidades de aerossóis na estratosfera e podem causar resfriamento significativo durante décadas. O efeito de uma erupção é sentido rapidamente a curto prazo. Minnis et al.(1993), usando dados do satélite ERBE, mostraram que a erupção do Pinatubo, Filipinas, ocorrida em junho de 1991, durante vários meses reduziu de 10 a 15 wm^{-2} o saldo de radiação planetário entre as latitudes 40^oN-40^oS. Os efeitos de uma erupção vulcânica no Clima, porém, podem ser de prazo mais longo se for considerada a inércia térmica dos oceanos ao responderem a essas variações de curto prazo. Bryson e Goodman (1980) mostraram que, no período de 1920-1940, a profundidade óptica da atmosfera esteve com os menores valores dos últimos 110 anos possibilitando maior entrada de radiação solar no sistema terra-atmosfera. É muito provável, portanto, que o aquecimento observado entre 1920-50 - 80% do aquecimento verificado por Jones (1990) - esteja relacionado à redução da atividade vulcânica. A erupção recente do Monte Pinatubo causou um resfriamento temporário.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em resumo, a variabilidade natural do Clima não permite afirmar que o aquecimento de 0,5^oC seja decorrente da intensificação - natural ou causada pelas atividades humanas - do *efeito-estufa* ou mesmo que essa tendência persistirá nas próximas décadas, como defendem os catastrofistas. A aparente consistência entre os registros históricos e as previsões dos modelos não significa que ele já esteja ocorrendo. Na realidade, as características desses registros históricos conflitam com a hipótese do *efeito-estufa* intensificado. O planeta aqueceu-se mais rapidamente entre 1920-50 quando a quantidade de CO₂ lançada na atmosfera era 70% menor que a atual e resfriou-se entre 1950-70 quando aconteceu o desenvolvimento econômico. O único fato incontestável é que a concentração de CO₂ aumentou de 25% nos últimos 150 anos. Porém, isso pode ter sido devido a variações internas ao sistema Terra-atmosfera. Por exemplo, se a temperatura dos oceanos aumentar, a absorção de CO₂ por eles seria reduzida e mais CO₂ ficaria armazenado na atmosfera. Dados paleoclimáticos indicaram que a concentração desse gás já atingiu níveis superiores aos atuais no passado. Existem testemunhos indiretos, como os anéis de crescimento de árvores, que indicam que o Clima, ao contrário, está resfriando. Ferraz et al (1993) analisaram um jatobá-mirim colhido na Amazônia Central e constataram que a densidade da madeira nos anéis aumentou nos últimos 400 anos. Infere-se que a árvore, durante esse período, esteve sendo submetida a um clima regional que paulatinamente vem ficando mais seco. E isso só poderia estar acontecendo se o clima global estiver se resfriando.