

# Algumas considerações sobre o aquecimento global e suas repercussões

**Maria Elisa Zanella Veríssimo**

Professora Ms do Departamento de Geografia - UFC  
Doutoranda em Meio Ambiente e Desenvolvimento - UFPR  
Correio eletrônico: elizane@ufc.br

## **Resumo**

Nas últimas décadas, tem-se constatado através de pesquisas científicas relacionadas ao clima e áreas afins, um aumento progressivo da temperatura do ar, que se manifesta em escala local, regional e global. Contudo, ainda não se conhece bem qual é o grau de participação de fatores relacionados às atividades humanas e de fatores naturais quando trata-se de alterações nas temperaturas globais, mas várias interpretações e explicações surgem junto à comunidade científica. Para alguns pesquisadores, o principal responsável é o homem, que, principalmente pela queima de combustíveis fósseis, vem alterando a composição da atmosfera, contribuindo para o aumento do efeito estufa planetário, enquanto, para outros, as alterações estão relacionadas a fatores naturais, já que modificações climáticas sempre aconteceram no passado, vinculadas a ciclos estabelecidos por movimentos terrestres. Entretanto, a maioria dos estudiosos concorda com a idéia de que tanto atividades humanas quanto fatores naturais influenciam nessas modificações. Este artigo faz algumas considerações sobre essas diferentes interpretações e as repercussões das alterações climáticas na superfície terrestre.

## **Palavras-chave**

Aquecimento global – efeito estufa – radiação solar – temperatura atmosférica.

Terra Livre	São Paulo	Ano 19 - vol. I - n. 20	p.137-143	jan/jul. 2003
-------------	-----------	-------------------------	-----------	---------------

## Introdução

Inúmeras pesquisas realizadas por estudiosos do clima e áreas afins têm demonstrado, através de registros históricos, um aumento progressivo da temperatura atmosférica, principalmente a partir da segunda metade do século passado. Ela vem se manifestando tanto em escala local, relacionada principalmente ao maior aquecimento dos espaços urbanos, agrícolas etc., como em escala regional e global.

Contudo, ainda são muitas as incertezas sobre a participação de fatores relacionados às atividades humanas e de fatores naturais quando se trata de mudanças nas temperaturas globais, pois várias interpretações são colocadas por estudiosos desta área. Para alguns pesquisadores, o aquecimento global tem como principal responsável o homem, que através da emissão de gases de efeito estufa na atmosfera, principalmente pela queima de combustíveis fósseis, vem provocando alterações nas características da atmosfera. Para outros, o aumento está relacionado a fatores naturais, devido aos movimentos terrestres e atividades cíclicas do sol que afetam diretamente a quantidade de energia solar recebida no sistema Terra-atmosfera. Entretanto, para a maioria dos estudiosos, tanto atividades humanas quanto fatores naturais estariam influenciando nas alterações do clima em nível global.

Para um maior entendimento do aquecimento global, faz-se necessário inicialmente considerar alguns aspectos relacionados à radiação solar recebida, já que ela é a principal fonte de energia primária no sistema Terra-atmosfera.

De acordo com Ayoade (1996), 99,97% da energia recebida na Terra provém do sol, que chega ao planeta na forma de ondas eletromagnéticas e se distribui de forma desigual na superfície, sendo que, do total irradiado, 99% são de ondas curtas. A distribuição desigual da energia recebida na superfície terrestre deve-se a vários elementos que a influenciam diretamente, tais como a latitude, a época do ano, a hora do dia, o relevo, o tipo de superfície, entre outros.

A maior parte das ondas curtas passa através da atmosfera e parte delas é absorvida pela superfície terrestre que a aquece. A Terra aquecida torna-se fonte de energia de ondas longas.

A atmosfera, pela sua composição, permite a passagem da energia de ondas curtas, mas absorve grande parte da energia de ondas longas, resultando no efeito estufa, que é um fenômeno natural e necessário, pois do contrário as temperaturas sobre a superfície terrestre não possibilitariam o desenvolvimento da vida da forma como ela existe e se distribui na superfície terrestre. Os gases que constituem a atmosfera e que contribuem para o efeito estufa absorvendo a radiação de ondas longas são principalmente o vapor de água, com concentração variável no tempo e no espaço, seguido pelo gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ). Tem-se ainda o metano ( $\text{CH}_4$ ), o ozônio ( $\text{O}_3$ ), o óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) e os compostos de cloro e carbono (CFC) (Molion, 2001).

Desses gases, o que causa maior polêmica é o  $\text{CO}_2$ , já que seu aumento na atmosfera tem sido considerado o principal causador do efeito estufa intensificado, pois sua concentração cresceu 25% nos últimos 150 anos, sendo este crescimento atribuído às emissões pelas atividades humanas, principalmente pela queima de combustíveis fósseis (carvão e o petróleo) e pelas constantes queimadas de florestas.

Tendo em vista a tendência de aumento desses gases na atmosfera, inúmeros estudos vêm sendo elaborados prevendo e analisando os níveis de aquecimento para o futuro, bem como

suas conseqüências diretas e indiretas no planeta. Alternativas para controlar o efeito estufa também vêm sendo propostas. O seqüestro de carbono, por exemplo, é uma forma prevista no protocolo de Kyoto para reduzir os gases na atmosfera, principalmente o CO<sub>2</sub>.

## O aquecimento global e suas repercussões

Há várias décadas, os estudos já vêm demonstrando que o acúmulo, principalmente de CO<sub>2</sub>, bloqueia a radiação infravermelha terrestre, intensificando o efeito estufa e contribuindo para o aumento da temperatura do planeta (Conti, 1998).

Diversas pesquisas têm evidenciado que as temperaturas médias da terra apresentam tendência à elevação. De acordo com as previsões, em 2030, a temperatura média da terra será de 1,5 a 4,5°C superior à atual (Legget, 1992), sendo que a principal causa é atribuída ao aumento gradual dos níveis de gases estufa na atmosfera, causado em sua maioria pelas atividades humana. Todavia, apesar dos valores apontarem apenas a elevação média global da temperatura, esta não ocorrerá de forma homogênea em toda superfície terrestre. Os estudos prevêem que algumas áreas sofrerão mudanças maiores que outras. Contudo, não há local no planeta isento das suas conseqüências.

Em estudo elaborado pela Academia de Ciências dos Estados Unidos (Schneider, 1992), foram apontados os principais efeitos de um possível aquecimento na atmosfera. São eles:

- . Elevação das temperaturas médias da superfície da ordem de 1,5 a 4,5 °C;
- . Tendência a um aumento global das precipitações a partir da elevação nos níveis de vapor d'água presentes na atmosfera, contudo algumas regiões poderão ser afetadas pela diminuição nos seus índices;
- . Derretimento de gelo no mar;
- . Aumento do nível do mar causado pelo derretimento de geleiras e pela expansão térmica do volume de água. As estimativas são de que o nível subirá de 10 a 30 cm;
- . Resfriamento estratosférico causado pela retenção de radiação na baixa atmosfera e pela diminuição da retenção de radiação ultravioleta, devido à redução da camada de ozônio.

Além dos efeitos diretos do aquecimento global, existem os indiretos, tais como o empobrecimento da biota, com extinção de algumas espécies animais e vegetais, o aumento da aridez dos solos etc. As regiões que tenderiam a sofrer as maiores modificações seriam as áridas e semi-áridas e principalmente as planícies costeiras com a invasão marinha. A saúde humana também seria influenciada, pois doenças tropicais ganhariam outras regiões, já que vários agentes patogênicos (vírus, bactérias e fungos), além de animais vetores (mosquitos, por exemplo), se espalhariam por novas regiões geográficas, dada as novas condições de temperatura e umidade. Com relação à invasão marinha, há que se destacar que a maior concentração populacional e principalmente urbana, localiza-se nas planícies costeiras e, dessa maneira, todas as atividades humanas seriam afetadas.

Um exemplo de estudo que evidencia um aumento da temperatura global foi realizado por Nogarolli e Mendonça (2002), comparando a sua evolução em Iguape (SP) e Curitiba (PR). Os

autores observaram que, a partir de 1940, as cidades passaram a evidenciar um aquecimento progressivo da temperatura, confirmando nas duas cidades a ocorrência do aquecimento global, pois tal aumento ocorre indiferentemente aos níveis de preservação ambiental, urbanização e industrialização, distintos nessas cidades.

O aquecimento global, se de fato estabelecido, pode ter sua ação potencializada pelos seus próprios efeitos. Dessa forma, o efeito pode contribuir para a aceleração dos processos que o causaram (retroalimentação positiva) ou acaba por contribuir na redução da causa (retroalimentação negativa). Apesar de muitos estudos levarem em conta estas retroalimentações, os seus resultados representam apenas hipóteses sobre os efeitos causados pelo aquecimento global e seus impactos ainda são muito incertos. Um exemplo de retroalimentação positiva seria a elevação nos níveis de vapor d'água na atmosfera causada pela maior evaporação, sendo que este aumento potencializaria o efeito estufa. Um exemplo de retroalimentação negativa seria a possibilidade de melhoria na fotossíntese e o maior crescimento das plantas, promovido pelo aumento da concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera. Assim, as plantas aumentariam sua biomassa, levando a um maior consumo de dióxido de carbono da atmosfera (Lagget, 1992, citado por Nogarolli, 2000).

Apesar da maioria dos estudiosos concordar com a tendência de um aumento global da temperatura, existem correntes científicas que discordam da teoria do aquecimento global. Para alguns cientistas, o planeta inclusive estaria caminhando para uma nova era glacial, pois prevê-se que está se encerrando um ciclo de maior aquecimento iniciado no fim da última glaciação, há 10 mil anos (Conti, 1998). Esta hipótese se baseia nas atividades cíclicas do sol e nos movimentos cíclicos da terra, quando ocorrem alterações nos índices de radiação solar recebidos no planeta.

Conforme menciona Isla (1998), as variações da órbita terrestre em relação ao sol (conhecidas como ciclos de Milankovitch) conseguiram explicar variações climáticas de diferentes graus, que foram registradas em seqüências micropaleontológicas marinhas. Para ele, “as relações dos isótopos de oxigênio presentes nos carbonatos de organismos marinhos (*Cycladophora davisiana*), permitem estabelecer estádios isotópicos com os que se tem reconstruído os intervalos glaciais e interglaciais. Estas variações se ajustam razoavelmente bem aos ciclos orbitais” (p. 59). Segundo o autor, sobrepostos a estes ciclos orbitais, reconhecem-se os originados pelas manchas solares, que afetam o clima e têm dado uma explicação, por exemplo, ao fenômeno denominado “pequena idade do gelo”, que aconteceu entre os séculos XV e XIX.

Outros cientistas consideram a influência do vulcanismo nas alterações climáticas. Para Molion (1994), as variações ocorridas na temperatura são melhor explicadas a partir dos vulcões. Esse autor esclarece que tais alterações podem ter escala decenal ou até secular. Quando há uma intensa atividade vulcânica, com elevadas quantidades de aerossóis lançados na atmosfera, ocorre uma diminuição nas temperaturas da superfície terrestre devido à maior reflexão da radiação solar na alta atmosfera. Em seu estudo, o autor apresenta um acompanhamento de erupções vulcânicas associadas às variações na temperatura planetária no mesmo período. Para ele, os anos entre 1810 e 1900, chegando a 1920, apresentaram uma tendência à redução da temperatura justamente por ter tido intensa atividade vulcânica; entre 1900 e 1950 as atividades dos vulcões foram insignificantes, respondendo, portanto, a atmosfera terrestre com um aumento da temperatura média. A partir da década de 1950,

voltaram as atividades vulcânicas, porém com pouca intensidade, a contribuir na redução da temperatura. Complementa que a maior parcela do aquecimento global ocorreu antes da década de 1950, quando os níveis de consumo de combustíveis fósseis eram notadamente menores que na atualidade (Molion, 1994, citado por Nogarolli, 2000).

Ao analisar os resultados observados por Phil Jones, Molion (2001) faz as seguintes considerações:

*“...os desvios da temperatura média global do ar próximo à superfície, com relação à média do período 1961-1990, aumentaram cerca de 0,56°C desde 1850, ou seja, no limite inferior da previsão dos MCG (modelos matemáticos de simulação do clima global). Vê-se que, entre 1920 e 1945, a temperatura aumentou 0,37°C, entre 1945 e 1978 diminuiu 0,14°C e, entre 1978 e 1999, voltou a aumentar 0,32°C. O primeiro período de aquecimento (1920-1945) coincide com o período em que a atividade vulcânica foi a mais fraca dos últimos 400 anos. Neste período, o albedo planetário diminuiu, entrou mais energia solar e o sistema se aqueceu. Portanto, o primeiro período de aquecimento, cerca de 0,4°C, pode ser real e ter acontecido naturalmente devido a redução do albedo planetário. (...) O segundo período de aquecimento, entre 1978 e 1999, é o que está causando maior polêmica, pois ele não foi verificado em todas as partes do mundo.(...) É possível que esse segundo aquecimento não seja real, resultando de influências espúrias como, por exemplo, mudanças de instrumentos de observação ou sua falta de manutenção, mudanças do ambiente circundante à estação climatológica ou mesmo sua relocação. Dentre essas influências, merece destaque o efeito de urbanização, também chamado de ilha de calor”(p. 8-9).*

De acordo com Isla (1998), algumas interpretações dos aumentos da temperatura atmosférica em latitudes do Hemisfério Norte se realizaram em localidades onde se possuíam registros de dados prolongados. Essas estações meteorológicas antigas estão hoje englobadas em núcleos urbanos, transformados em ilhas de calor. Comparando imagens de satélites processadas segundo o índice de vegetação normalizado (NDVI) de diferentes épocas, notou-se uma diminuição das áreas verdes nas imediações das estações das localidades utilizadas. Isso sugere que o aumento pode estar relacionado às mudanças ocorridas no entorno das estações meteorológicas.

Caso esteja havendo um aquecimento global, o que de fato é colocado pela maioria dos pesquisadores, ele poderá ocasionar efeitos muito sérios. Entretanto, a maioria dos estudiosos ainda aponta muitas incertezas em suas análises, o que os leva a prosseguir em estudos para melhor compreender a dinâmica natural do clima e os processos complexos que envolvem o aquecimento global. Conforme menciona Isla:

*“...não podemos negar que o homem está alterando significativamente os ciclos biogeoquímicos. Porém (...) em muitos casos não conhecemos os antecedentes para discriminar os efeitos naturais dos antropogênicos. Em relação ao ciclo do Carbono (aquecimento global), não conhecemos sua produtividade atual, a do passado, nem os efeitos reguladores do oceano superficial e profundo” (1998, p. 64).*

Apesar das inúmeras incertezas que ainda envolvem o aquecimento global, algumas alternativas têm sido propostas no sentido de reduzir os gases de efeito estufa na atmosfera, principalmente o CO<sub>2</sub>.

*“O seqüestro de carbono é uma forma, prevista no protocolo de Kyoto, para reduzir as emissões de gases causadores do efeito estufa, principalmente o CO<sub>2</sub>. Há o processo natural dos vegetais de transformar em biomassa parte do dióxido de carbono disponível na atmosfera, através da realização da fotossíntese. Os projetos de seqüestro de carbono propõem o dinamismo e incremento desse processo natural através da manutenção e ampliação das áreas florestadas, apesar de também existirem controvérsias com relação a isso. Também, serão qualificados como sequestradores de carbono, os investimentos que consigam a redução dos níveis de CO<sub>2</sub> na atmosfera, através de alterações em atividades produtivas ou por utilização de novas energias denominadas limpa,beiro, 2002, p. 517).*

## Considerações finais

A atmosfera terrestre exerce papel fundamental ao desenvolvimento das diferentes formas de vida que se distribuem na superfície terrestre. Contudo, no decorrer da história o homem, ao se apropriar dos recursos naturais para garantir a sua sobrevivência, interferiu no meio ambiente e, dessa maneira, na atmosfera. Foi a partir da revolução industrial que as ações humanas tornaram-se cada vez mais expressivas e desencadearam processos de degradação até então sem precedentes. Uma das alterações mais discutidas e que causa muita polêmica junto à comunidade científica é a climática, atribuída principalmente às atividades desenvolvidas pela sociedade humana e que ocorrem de maneira diversa nas diferentes partes do planeta. Apesar das interpretações e explicações serem amplas e diversas, das quais algumas catastróficas, a maioria dos estudiosos tem concordado que um aumento na temperatura global vem se confirmado. Entretanto, eles ainda apontam muitas incertezas em suas análises, o que os leva a prosseguir em suas pesquisas no sentido de diferenciar os efeitos naturais dos antropogênicos e de melhor compreender a dinâmica climática.

## Bibliografia

- AYOADE, J. O. *Introdução à Climatologia para os trópicos*. Tradução de Maria Juraci Zani dos Santos. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. 332 p.
- CONTI, J. B. *Clima e Meio Ambiente*. 1. ed. São Paulo: Atual, 1998. 88 p.
- ISLA, F. I. Los fantasmas del planeta. *Ciencia Hoy*, v. 8, n. 46, p. 58-64, maio/jun. 1988.
- LEGGET, J. A natureza da ameaça do efeito estufa. In: LEGGET, J. (org.). *Aquecimento Global: Relatório de Greenpeace*. Tradução de Alexandre Lisovski et al. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1992. 516 p.
- MOLION, L. C. B. Efeitos de vulcões no clima. *Cadernos de Geociências*, Rio de Janeiro, n. 12, p. 12-23, out./dez. 1994.
- MOLION, L. C. B. Aquecimento Global: fato ou ficção? *Revista do Instituto de Edições Pedagógicas*, São Paulo, ano 1, n. 4, p. 6-9, nov. 2001.
- NOGAROLLI, M. *Aquecimento global: a participação de Curitiba e Iguape*. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2000. (Monografia de Bacharelado em Geografia), 92 p.

- NOGAROLLI, M. MENDONÇA, F. A. Aquecimento global: a participação de Curitiba/PR e Iguape/SP. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 5., Curitiba, 2002.
- RIBEIRO, P. R. Seqüestro de carbono: consensos e dissensos. Um debruçar analítico sobre o projeto “Ação Contra o Aquecimento Global” em Guaraqueçaba no Estado do Paraná. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 5., Curitiba, 2002.
- SCHNEIDER, S. H. A ciência da modelagem do clima e uma perspectiva do debate sobre o aquecimento global. In: LEGGET, J. (org). *Aquecimento global: relatório do*

#### RESUMEN

Mediante investigaciones científicas relacionadas con el clima y áreas afines, en las últimas décadas se ha constatado un aumento progresivo de la temperatura del aire, que se manifiesta en escala local, regional y global. Sin embargo, aún no se conoce bien cuál es el grado de participación de los factores relacionados con las actividades humanas y de los naturales cuando se trata de alteraciones de la temperatura global; pero muchas interpretaciones y explicaciones surgen en el seno de la comunidad científica. Para algunos investigadores, el principal responsable es el hombre que, especialmente por la quema de combustibles fósiles, viene alterando la composición de la atmósfera, contribuyendo para el efecto invernadero de la Tierra; para otros, tales alteraciones obedecen a factores naturales, ya que modificaciones climáticas siempre han existido en el pasado, vinculadas a ciclos establecidos por movimientos terrestres. La mayoría de los estudiosos acepta la idea que, tanto las actividades humanas como los factores naturales, inuyen en esas modificaciones. Este artículo formula algunas consideraciones sobre esos diferentes tipos de interpretación y sobre la repercusión de las alteraciones climáticas sobre la superficie terrestre.

#### PALABRAS-CLAVE

Calentamiento global – efecto invernadero – radiación solar – temperatura atmosférica.

#### ABSTRACT

In the last decades, scientific research on climate and other related areas has verified that there has been a progressive raise in air temperatures on a local, regional and global scale. It is still not clear however as to how much human activity has contributed to this change or whether the change is simply related to natural factors. Various interpretations and explanations have been proposed by the scientific community. In the opinion of some researchers the principle agent responsible for the raise in global air temperatures is the Man principally via burning of fossil fuels. Such activity has altered the composition of the atmosphere, contributing to an increase of the ‘greenhouse effect’. Other scientists believe that the alteration is simply related to natural factors and that climatic modifications have always occurred in the past and are part of the natural cycles of the earth. The majority of scientists however agree that both human and natural factors in uence these modifications. This article outlines considerations of these different interpretations and the resulting climate alterations for the planet.

#### KEY WORDS

Global warming – greenhouse effect – solar radiation – atmospheric temperature.

---

Recebido para publicação em 6 de dezembro de 2002.