

# O estado da arte do estudo das conseqüências do aquecimento global para o Brasil

João Carlos Rodrigues Baptista

## Sumário

1. Introdução. 2. Efeitos no clima. 3. Efeitos para a agricultura. 4. Efeitos para a saúde pública. 5. Aumento do nível dos oceanos, redução das geleiras nos Andes e aumento do número de refugiados ambientais. 6. Efeitos sobre os ecossistemas. 7. Conclusão.

## 1. Introdução

O aquecimento global é o aumento da temperatura média da atmosfera e dos oceanos observado nas décadas recentes. A temperatura média da atmosfera próxima à superfície da Terra aumentou  $0,6 \pm 0,2$  Celsius no século XX. A opinião predominante na comunidade científica considera que a maior parte do aquecimento observado nos últimos 50 anos é conseqüência de atividades humanas (ORESQUES, 2004). Esse aquecimento decorre do acúmulo de gases que causam efeito estufa na atmosfera, principalmente o dióxido de carbono e o metano, que são produzidos em grande parte por atividades industriais e agrícolas humanas.

Os modelos matemáticos baseados em dados coletados dos oceanos, biosfera e atmosfera indicam que ocorrerá um aumento entre 1,4 e 5,8 Celsius na temperatura média global até o final do século XXI (INTERGOVERNAMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 2001b). Tal aumento de temperatura afetará o meio ambiente, os ecossistemas e a possibilidade de sobrevivência de diversas formas de vida no nosso planeta, e

também a qualidade de vida do próprio homem. Sendo assim, é fundamental a realização de estudos que analisem como a sociedade será afetada pelo aquecimento global nas próximas décadas para que seja possível aos agentes públicos avaliar quais medidas devem ser tomadas para se preparar e se precaver contra essas conseqüências.

O presente artigo procura resumir os estudos realizados, até o momento, sobre as conseqüências do aquecimento global para o Brasil e permitir que os agentes públicos do governo brasileiro tenham uma idéia dos desafios que nos esperam até o final do século. Desde agora, deve-se observar que, embora muitos estudos tenham sido realizados sobre as conseqüências do aquecimento global no hemisfério norte, mais estudos precisam ser realizados no Brasil para que se possa avaliar melhor as conseqüências para o nosso país.

## *2. Efeitos no clima*

O aumento da temperatura levará a um aumento da precipitação (INTERGOVERNAMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 2001a). Entretanto, os efeitos gerais sobre o clima são menos claros. Ainda assim, é possível que haja um aumento da ocorrência de condições climáticas mais extremas.

Embora o IPCC (2001a) tenha afirmado não existir qualquer evidência concreta indicando que as características das tempestades tropicais e extratropicais tenham mudado, existe evidência, limitada a um período de tempo relativamente curto, de que a força das tempestades extratropicais está aumentando (EMANUEL, 2005). Em termos mundiais, a proporção de furacões alcançando as categorias 4 e 5 aumentou de 20%, na década de 70, para 35% na década de 90 (PEARCE, 2005). Hoyos et al (2006) sugerem que o aumento do número de furacões de categorias 4 e 5 está relacionado ao aumento das temperaturas. Estudos realizados com modelos gerados em computador apontam resultados similares e indicam que

o aumento de temperatura causado pelos gases que geram efeito estufa pode levar ao aumento da ocorrência de furacões de categoria 5 com alto poder destrutivo (KNUTSON; TULEYA, 2004). Choi e Fisher (2003) acreditam que para cada aumento de 1% na precipitação anual o custo de tempestades catastróficas deve aumentar em 2,8%.

No entanto, Pielke et al (2005) notam que existem muito poucas evidências de que o aumento dos custos relativos à destruição causada pelo clima nos anos recentes tenha relação com mudanças na freqüência ou intensidade de eventos climáticos extremos e pode ser mais bem explicado como o resultado de tendências sociais – aumento demográfico, economia, etc. – que aumentaram a vulnerabilidade das populações locais a esses fenômenos.

Deve-se observar que, embora os furacões sejam considerados um fenômeno presente apenas no Atlântico Norte, em abril de 2004, o primeiro furacão se formou no Atlântico, ao sul do equador, e atingiu o Brasil na costa de Santa Catarina. Estudos realizados demonstram uma possível relação entre o fenômeno Catarina e o aquecimento global (PEZZA; SIMMONDS, 2005).

O aquecimento global também aumentará as taxas de evaporação do solo. Isso poderá causar aumento da pluviosidade, mas em regiões tropicais mais vulneráveis pode gerar desertificação e desflorestamento por queimadas (INTERGOVERNAMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 2001b). Não apenas os ecossistemas podem se tornar vulneráveis, mas a produção agrícola pode ser afetada por um aumento dos períodos de estiagem. Entretanto, até o momento não foi estabelecida uma relação causal entre o aumento da temperatura e a ocorrência de períodos de estiagem em regiões como a Amazônia (SCHMIDT, 2006).

## *3. Efeitos para a agricultura*

O IPCC (2001b) concluiu que os países pobres serão os mais afetados pelo aqueci-

mento global, com redução da produção agrícola em muitas regiões tropicais e subtropicais, devido à diminuição da disponibilidade de água e ao aumento da atividade de pragas. Devemos também observar que, mesmo havendo a irrigação, muitas das variedades agrícolas usadas na África e na América do Sul estão próximas ao seu limite máximo de tolerância à temperatura (INTERGOVERNAMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 2001b).

Assad et al (2004) calcularam que um aumento de 5,8 Celsius na temperatura média do planeta e um aumento de 15% na precipitação pluvial causariam a redução de mais de 95% da área apta para a cultura cafeeira em Goiás, Minas Gerais e São Paulo e uma redução de 75% na área apta ao cultivo do café no Paraná. Deve-se observar que esses resultados decorrem das atuais características genéticas e fisiológicas das cultivares de café arábica usadas no Brasil, que têm uma tolerância de temperaturas médias anuais entre 18 e 23 graus Celsius.

Em termos de produtividade global, ainda é discutível se o aumento de temperatura que será observado afetará a produção agrícola positivamente ou negativamente. Fischer (2002) concluiu que a produtividade da agricultura nos países em desenvolvimento se beneficiará do aquecimento global. Estudo similar realizado por Siqueira et al (2000), que avaliaram o impacto da luminosidade, aumento da concentração de CO<sup>2</sup> e aumento de temperatura, concluiu que no Brasil haverá uma redução média de 31% na produção de trigo, com maiores reflexos nas regiões centro-sul, um decréscimo médio de 16% na produção de milho, sendo a redução mais expressiva nas regiões norte e nordeste, e um aumento médio de 27% na produção de soja.

No entanto, é possível que efeitos como o aumento das estiagens e o aumento da evaporação do solo, exigindo maior uso de água por irrigação, afetem a produtividade de grãos do país. Streck e Alberto (2006) avaliaram os efeitos do aquecimento global na

disponibilidade de água no solo para as culturas de trigo, soja e milho na região de Santa Maria, RS. Os resultados demonstraram que o aumento da temperatura diminuiu a fração de água transpirável no solo pelas plantas (FATS) e “esta diminuição é mais preocupante nas culturas de verão (soja e milho) do que nas culturas de trigo”.

#### *4. Efeitos para a saúde pública*

Os efeitos do aumento da temperatura sobre a saúde humana podem ser diretos ou indiretos. O aumento das temperaturas no inverno pode reduzir o número de mortes decorrentes de gripes e pneumonias, e temperaturas mais elevadas no verão podem aumentar os casos de mortes decorrentes do calor.

Os efeitos diretos, obviamente, variam com a localização geográfica. Embora não haja uma análise para os efeitos diretos das mudanças de temperatura sobre a saúde humana para o Brasil, é possível comparar com a informação disponível para outros países. Palutikof (1997) calculou que, na Inglaterra e no País de Gales, para cada 1°C de aumento de temperatura, a diminuição do número de mortes decorrentes de gripes superará o número de mortes decorrentes do calor, resultando em uma diminuição da mortalidade média anual em 7.000.

A onda de calor em 2003 matou entre 22.000 e 35.000 pessoas na Europa, conforme estudo de Schär e Jendritzky (2004), baseado em taxas normais de mortalidade. Pode ser dito, com 90% de confiança, que o aumento de temperatura gerado pela influência humana é responsável por, ao menos, metade do risco de morte decorrente da onda de calor de 2003 na Europa (STOTT, 2004). Perceba-se que a perda de animais causada pelas ondas de calor na agropecuária não é bem documentada. Portanto, pode também estar havendo um efeito na produção agrícola decorrente das ondas de calor.

O aquecimento global pode indiretamente acarretar riscos para a saúde humana, por

permitir a propagação de doenças tropicais em áreas que anteriormente não apresentavam os vetores dessas doenças. Nos países mais pobres, isso pode significar mais altas incidências dessas doenças. Nos países ricos, onde essas doenças foram eliminadas ou mantidas sob controle por vacinação, drenagem dos pântanos e uso de inseticidas, as conseqüências serão sentidas mais em termos econômicos do que em termos de saúde pública, devido ao aumento de custos decorrentes em manter essas doenças sob controle (REITER, 2000).

Modelos matemáticos desenvolvidos por Yang e Ferreira (2000) para estudar a propagação da malária em decorrência do aquecimento global parecem indicar que um aumento de temperatura em torno de 1,5 Celsius levará um ambiente livre da doença a apresentá-la de forma endêmica ou a modificação de uma situação de baixa endemicidade para uma situação de alta endemicidade. No entanto, os autores enfatizam que aspectos socioeconômicos e culturais poderão ter forte influência na contenção da propagação das áreas endêmicas da doença.

##### *5. Aumento do nível dos oceanos, redução das geleiras nos Andes e aumento do número de refugiados ambientais*

Um dos maiores problemas relacionados ao aquecimento global será o deslocamento de populações em decorrência da destruição de suas habitações e dos seus meios de sustento econômico. O IPCC (2001b) estimou que 150 milhões de refugiados ambientais vão existir no ano de 2050, devido, principalmente, aos efeitos da inundação das áreas costeiras, à erosão da costa e ao colapso da agricultura.

Com relação à possibilidade de inundação e erosão das áreas costeiras, espera-se que o aumento da temperatura acarrete o aumento do nível dos oceanos. Com o aumento da temperatura, a água dos oceanos se expande e também água adicional chega

aos oceanos, devido ao degelo de geleiras localizadas, por exemplo, na Groenlândia e na Antártida. Um aumento de 1,5 a 4,5 Celsius deverá levar a um aumento do nível dos oceanos entre 15 a 95 cm (INTERGOVERNAMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 2001b). Dean (2001) informa que o aumento do nível dos oceanos, mesmo sendo reduzido, aumentará as taxas de erosão dos ambientes costeiros e poderá causar danos às propriedades e construções existentes à beira do oceano.

A redução do tamanho das geleiras está sendo observada em várias partes do mundo. A gravidade do fenômeno decorre do fato de que muitas regiões do mundo dependem dessas geleiras como fonte do suprimento de água para irrigação e consumo (GELBSPAN, 2004). Acredita-se que a cordilheira dos Andes perderá suas geleiras nas próximas décadas (FRANCOU, 2001), acarretando graves conseqüências para o abastecimento de água das populações que habitam essa região.

Devemos esperar, portanto, que, como conseqüência dos efeitos do aquecimento global, haja um aumento do deslocamento de populações dentro do território brasileiro ou para dentro do território brasileiro em decorrência do aumento do número de refugiados ambientais no Brasil e nos países limítrofes.

##### *6. Efeitos sobre os ecossistemas*

O aquecimento global possivelmente causará mudanças não apenas no limite dos biomas, mas, também, à distribuição de espécies dentro dos biomas (JOLY, 2002). Mudanças na distribuição e abundância de diferentes espécies foram observadas e relacionadas ao aquecimento global (PARMESAN; YOHE, 2003). Pelo menos uma extinção foi atribuída a efeitos decorrentes do aquecimento global (POUNDS; FOGDEN; CAMPBELL, 1999). Thomas et al (2004) estimaram o risco de extinção para as espécies de uma amostra de regiões que represen-

tam cerca de 20% da superfície terrestre e verificaram que 18% a 35% das espécies, dependendo da severidade do aquecimento global, sofrerão extinção até 2050.

No entanto, o impacto sobre os ecossistemas do Brasil é ainda incerto, dificultando o planejamento em longo prazo de medidas que devem ser tomadas para contrabalançar esses efeitos (SALATI; SANTOS; NOBRE, 2004). Biomas específicos como a Mata Atlântica estão fragmentados e sofrem forte pressão antrópica na atualidade (JOLY, 2002). Estudos que analisam o impacto do aquecimento global sobre esses ecossistemas estão esperando o desenvolvimento de ferramentas de modelagem preditiva da distribuição de espécies.

### 7. Conclusão

O aquecimento global afetará grandemente a qualidade de vida da população brasileira nas próximas décadas e é dever dos agentes públicos elaborar planos e programas que procurem evitar ou, ao menos, minimizar os problemas decorrentes.

Com relação ao estado da arte do conhecimento disponível sobre os efeitos do aquecimento global para o Brasil, algumas observações são pertinentes:

a) Muitos dos estudos foram realizados para os países ricos do hemisfério norte e provavelmente não se aplicam ao nosso país, dificultando o planejamento das ações necessárias. Um número maior de pesquisas precisa ser realizado, em especial o estudo do efeito do aquecimento global sobre os ecossistemas do país e a possível correlação entre fenômenos climáticos como estiagens e o aumento da temperatura.

b) A agricultura brasileira sofrerá grandes desafios à medida que a temperatura aumente e, embora seja possível que se mantenha o nível de produção de grãos no país, possíveis problemas, como o aumento das estiagens e o aumento da transpiração do solo, podem comprometer a produção. Outro problema é a utilização de cultivares que

não suportarão o aumento da temperatura média, as cultivares de café arábica sendo um exemplo. Deve ser iniciado um programa para o melhoramento genético das cultivares utilizadas para se desenvolver resistência às mudanças climáticas previstas. Novos estudos serão necessários para efetivar um novo zoneamento agrícola conforme o clima se modifique.

c) A migração das populações expulsas em decorrência do aquecimento global poderá ser um problema grave nas próximas décadas. É possível que haja um aumento da imigração ilegal para o nosso país se o desaparecimento das geleiras andinas causar um colapso no fornecimento de água nos países limítrofes.

d) Medidas de saúde pública devem ser implementadas para o combate e restrição à expansão dos vetores de doenças tropicais para regiões do país onde anteriormente esses vetores não estavam presentes. A conscientização da sociedade será fundamental para que essas medidas surtam efeito.

e) Diante dos problemas que o aquecimento global causará nas próximas décadas, é aconselhável que o Brasil assuma um papel mais ativo na arena política internacional, propondo programas que procurem atenuar ou talvez evitar o aquecimento global. Por exemplo, o desenvolvimento do uso de etanol e de biodiesel por veículos automotores pode ser expandido para outros países, bem como o desenvolvimento de programas que busquem seqüestrar o carbono da atmosfera por meio do reflorestamento.

### Referências

ASSAD, E. D. et al. Impacto das mudanças climáticas no zoneamento agroclimático do café no Brasil. *Pesquisa agropecuária brasileira*, Brasília, v. 39, n. 11, p. 1057-1064, 2004.

CHOI, O.; FISHER, A. The impacts of socioeconomic development and climate change on severe weather catastrophe losses: mid-atlantic region (MAR) and the U.S. *Climate Change*, [S. l.], v. 58, p. 149, 2003.

- DEAN, C. *Against the tide: the battle for america's beaches*. New York: Columbia University Press, 2001.
- EMANUEL, K. Increasing destructiveness of tropical cyclones over the past 30 years. *Nature*, London, n. 436, p. 686-688, aug. 2005.
- FRANCOU, B. Small glaciers of the Andes may vanish in 10-15 years. *UniSci*, Florida, 2001. Disponível em: <<http://unisci.com/stories/20011/0117013.htm>>. Acesso em: 28 ago. 2006.
- FISCHER, G.; SHAH, M.; VELTHUIZEN, H. van. *Climate change and agricultural vulnerability*. Johannesburg: IIASA, 2002.
- GELBSPAN, R. *Boiling point*. New York: Basic Books, 2004.
- HOYOS, C. D. et al. Deconvolution of the factors contributing to the increase in global hurricane intensity. *Science*, Washington, n. 512, p. 94-97, 2006.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. *Climate Change 2001: the scientific basis*. Cambridge: Cambridge University Press, 2001a. Disponível em: <[http://www.grida.no/climate/ipcc\\_tar/wg1/index.htm](http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/wg1/index.htm)>. Acesso em: 28 ago. 2006.
- \_\_\_\_\_. *Climate Change 2001: impacts, adaptation and vulnerability*. Cambridge: Cambridge University Press, 2001b. Disponível em: <[http://www.grida.no/climate/ipcc\\_tar/wg2/005.html](http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/wg2/005.html)>. Acesso em: 28 ago. 2006.
- JOLY, Carlos Alfredo. A mata atlântica e o aquecimento global. *Com Ciência*, São Paulo, n. 34, ago. 2002. Disponível em: <<http://www.comciencia.br/reportagens/clima/clima15.htm>>. Acesso em: 28 ago. 2006.
- KNUTSON, T. R.; TULEYA, R. E. Impact of CO<sub>2</sub>-induced warming on simulated hurricane intensity and precipitation: sensitivity of the choice of climate model and convective parameterization. *Journal of Climate*, Boston, v. 17, n. 18, p. 3477-3495, 2004.
- ORESQUES, N. The scientific consensus on climate change. *Science*, Washington, n. 306, p. 1686, 2004.
- PALUTIKOF, J. P.; SUBAK, S.; AGNEW, M. D. Impacts of the exceptionally hot weather of 1995 in the UK. *Climate Monitor*, [S. l.], v. 25, n. 3, 1997.
- PARMESAN, C.; YOHE, G. A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature*, London, n. 421, p. 37-42, 2003.
- PEARCE, F. Warming world blamed for more strong hurricanes. *Science*, Washington, n. 389, p. 1944, 2005.
- PEZZA, A. B.; SIMMONDS, I. The first south atlantic hurricane: unprecedented blocking, low shear and climate change. *Geophysical Research Letters*, [S. l.], v. 32, p. 1-5, 2005.
- PIELKE JÚNIOR, R. A. et al. Clarifying the attribution of recent disaster losses: a response to Epstein and McCarthy. *Bulletin of the American Meteorological Society*, Washington, v. 86, n. 10, p. 1481-1483, 2005.
- POUNDS, J. A.; FOGDEN, M. L. P.; CAMPBELL, J. H. Biological response to climate change on a tropical mountain. *Nature*, London, n. 398, p. 611-615, 1999.
- REITER, P. From Shakespeare to defoe: malaria in England in the little ice age. *Emerging Infectious Diseases*, Atlanta, v. 6, n. 1, p. 1-11, 2000.
- SALATI, E.; SANTOS, A. A. dos; NOBRE, C. As mudanças climáticas globais e seus efeitos nos ecossistemas brasileiros. *Com Ciência*, São Paulo, ago. 2002. Disponível em: <<http://www.comciencia.br/reportagens/clima/clima14.htm>>. Acesso em: 28 ago. 2006.
- SCHÄR, C.; JENDRITZKY, G. Climate change: hot news from summer 2003. *Nature*, London, n. 432, p. 559-560, 2004.
- SCHMIDT, G. A. Amazonian drought. *RealClimate*, [S. l.], ago. 2006. Disponível em: <<http://www.realclimate.org/index.php/archives/2006/08/amazonian-drought/>>, 2006. Acesso em: 28 ago 2006.
- SIQUEIRA, O. J. W. et al. Mudanças climáticas projetadas através dos modelos GISS e reflexos na produção agrícola brasileira. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Campinas, v. 8, n. 2, p. 311-320, 2000.
- STOTT, P. A.; STONE, D. A.; ALLEN, M. R. Human contribution to the european heatwave of 2003. *Nature*, London, n. 432, p. 610-614, 2004.
- STRECK, N. A.; ALBERTO, C. M. Simulação do impacto da mudança climática sobre a água disponível do solo em agrossistemas de trigo, soja e milho em Santa Maria, RS. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 36, n. 2, p. 424-433, 2006.
- THOMAS, C. D. et al. Extinction risk for climate change. *Nature*, London, n. 427, p. 145-148, 2004.
- YANG, H. M.; FERREIRA, M. U. Assessing the effects of global warming and local social and economic conditions on the malaria transmission. *Revista Saúde Pública*, São Paulo, v. 34, n. 3, p. 214-222, jun. 2000.