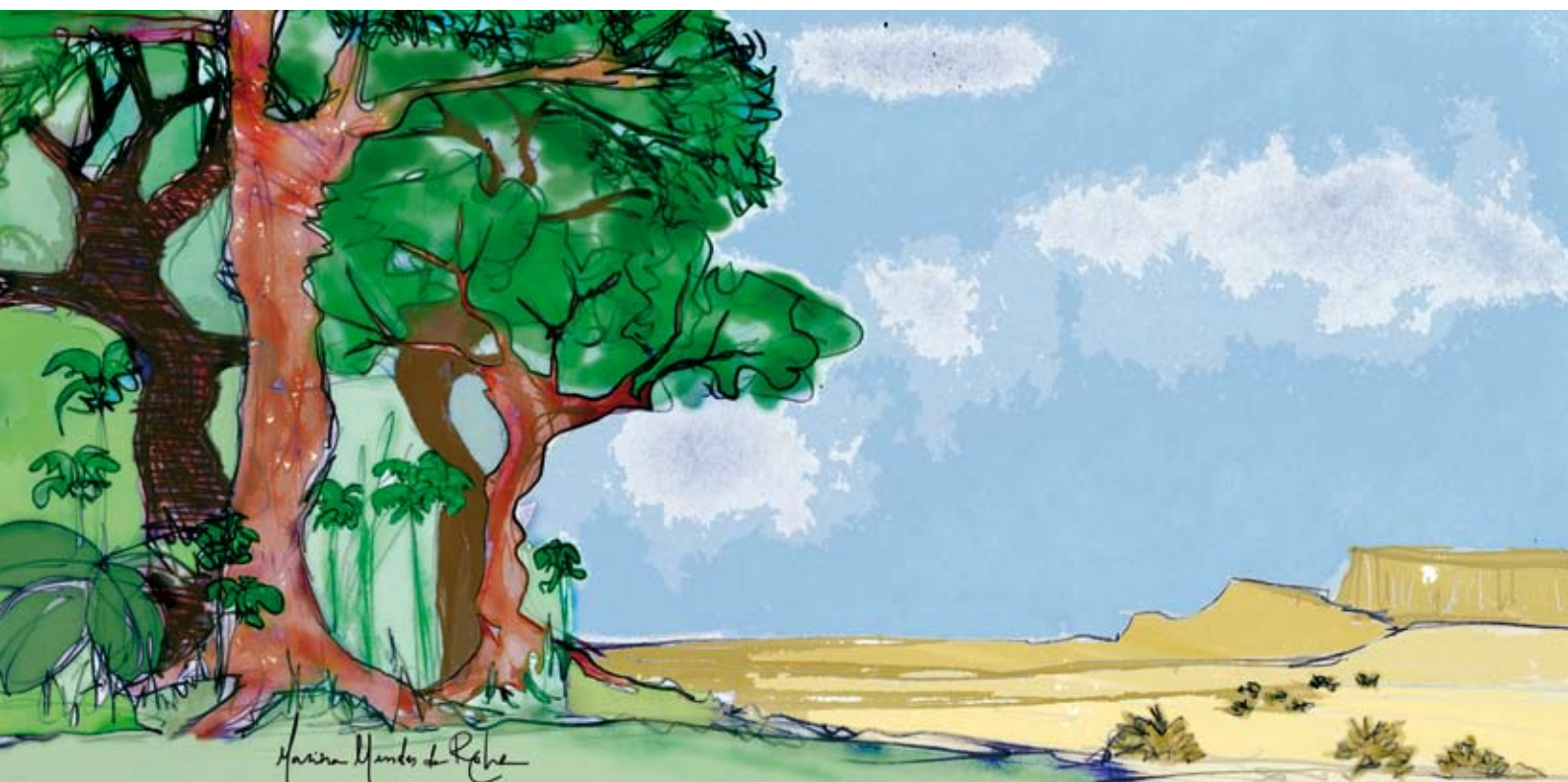


**Biblioteca Digital da Câmara dos Deputados**  
Centro de Documentação e Informação  
Coordenação de Biblioteca  
<http://bd.camara.gov.br>

"Dissemina os documentos digitais de interesse da atividade legislativa e da sociedade."

# Mudanças climáticas globais e o Brasil: por que devemos nos preocupar



---

\*<sup>1</sup> Carlos Afonso Nobre, pesquisador titular do INPE, presidente do Comitê Científico do Programa Internacional da Geosfera-Biosfera (IGBP) e membro do Grupo de Trabalho 2 do IPCC.

## Introdução: o que a ciência das mudanças climáticas tem a dizer

***Um grau nada desprezível de mudanças climáticas já se tornou inevitável, como enfatiza o relatório do IPCC, pois não é mais possível reverter completamente o aquecimento global.***

O Quarto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC), da ONU, que veio a público no primeiro semestre, é contundente ao afirmar, com 90% de confiança, que as atividades humanas são a causa principal do aquecimento global observado nos últimos 50 anos e aponta o acúmulo de gases de efeito estufa, notadamente o dióxido de carbono, o metano e o óxido nitroso, cujas concentrações atmosféricas são as mais altas em pelo menos 650 mil anos de história do planeta, como os principais responsáveis. É certo que o rápido aumento da concentração destes gases na atmosfera se deve à ação humana. Por exemplo, as emissões atuais de dióxido de carbono são 50 vezes maiores do que as emissões naturais da crosta terrestre ao longo da história geológica do planeta.

O relatório destaca igualmente que é inequívoco que o planeta vem aquecendo, com aumento de 0,74 °C na temperatura média global em cem anos, e que já são discerníveis uma série de mudanças climáticas como aumento das temperaturas do ar e dos oceanos, degelo de neve e gelo e aumento global do nível médio do mar de 17 cm durante o século XX. Onze dos últimos doze anos, o período de 1995 a 2006, foram os mais quentes do registro instrumental de temperaturas globais desde 1850. Associada ao aquecimento já registrado, observa-se a intensificação de alguns tipos de fenômenos meteorológicos extremos, como ondas de calor, secas, chuvas intensas e ciclones tropicais em várias partes do globo. Em resumo, praticamente estão descartadas causas naturais para o aquecimento das últimas décadas, o qual se deve, em sua quase totalidade, à mudança da composição da atmosfera por ações humanas.

O relatório projeta que o planeta continuará a aquecer numa taxa de 0,2 °C por década nas próximas duas a três décadas, taxa esta que é, até certo ponto, independente do cenário de emissões de gases de efeito estufa neste mesmo período. Até o final do século XXI a temperatura média global pode subir de 2 °C a mais de 4 °C; o nível médio do mar, entre 28 e 59 cm, com o risco de se elevar mais de 1 m, se a tendência de degelo das grandes massas de gelo da Groenlândia e da Antártica Ocidental se acelerar, como muitos estudos recentes já apontam.

Um grau nada desprezível de mudanças climáticas já se tornou inevitável, como enfatiza o relatório do IPCC, pois não é mais possível reverter completamente o aquecimento global. Os gases de efeito estufa presentes em excesso na atmosfera têm tempos de residência que variam de décadas a séculos e continuarão aquecendo a baixa atmosfera e a superfície terrestre por muitos séculos. O nível do mar continuará a subir por mais de mil anos, à medida que o aquecimento for penetrando nas suas camadas mais profundas.

## Mudanças climáticas abruptas

A aceleração do aquecimento global faz sair do terreno das especulações a questão das mudanças abruptas. Desde o primeiro relatório do IPCC de 1990 havia um claro alerta, ainda que subjetivo: esperemos surpresas. De fato, estamos começando a descobrir e observar um grande número de surpresas do tipo do “buraco na Camada de Ozônio” dobrando a esquina do cientificamente plausível e do concretamente possível. Mudanças abruptas trazendo impactos gigantescos nos sistemas físicos, biogeoquímicos e biológicos podem ocorrer em poucos séculos e não em milênios, como se previa até bem pouco tempo atrás. A aceleração dos processos nas geleiras e nos mantos de gelo, principalmente a perda de massa por derretimento e mais rápido deslizamento dos mantos de gelo em direção ao mar, faz o nível do mar se elevar a taxas de cerca de 2,2 mm/ano atualmente. A instabilidade do manto de gelo da Groenlândia e o conseqüente aumento de alguns metros do nível do mar nos próximos séculos é uma possibilidade real. Esse tipo de evento clama pela criação de instituições globais para lidar com fenômenos de baixa probabilidade, mas de catastróficos impactos.

Há muitas outras ameaças de impactos catastróficos. Uma delas vem dos oceanos. Se, por um lado, os oceanos estão prestando um relevante serviço ambiental ao assimilar uma boa parte do  $\text{CO}_2$  atmosférico de origem antropogênica, esse mesmo serviço pode, por outro lado, trazer a ruína para uma parte da vida marinha. A injeção de  $\text{CO}_2$  nos oceanos acaba por aumentar seu grau de acidez: já houve um aumento de 0,1 unidade de pH desde a Revolução Industrial e poderá aumentar em até 0,4 unidade até 2100. Se grandes áreas dos oceanos tornarem-se mais ácidas, a forma aragonita do carbonato de cálcio não irá mais saturar e continuará dissolvida na água do mar, impedindo a formação de estruturas ósseas numa infinidade de organismos marinhos.

Ainda sobre eventos catastróficos, e bem próximo de nossa realidade sul-americana, a preocupação vem da Amazônia: se as temperaturas na América do Sul tropical aumentarem mais de 4 °C, haverá um risco palpável de colapso parcial da floresta Amazônica, sua substituição por savanas empobrecidas, com o resultado de erosão maciça da biodiversidade.

## Mitigar é preciso: 2 °C, o limite possível e desejável

Estima-se subjetivamente que poderemos evitar as conseqüências mais perigosas das mudanças climáticas se o aumento das temperaturas globais não ultrapassar 2 °C em relação às temperaturas da época pré-industrial. Para não ficar acima desse valor, as concentrações de dióxido de carbono não poderão ultrapassar 550 partes por milhão em volume (ppmv) e tal concentração já atingiu 380 ppmv em 2006. As emissões atuais (principalmente a queima de combustíveis fósseis e as emissões advindas da mudança dos usos da terra como o desmatamento das florestas tropicais) atingem quase 9 bilhões de toneladas de carbono anualmente. Aproximadamente 55% das emissões de  $\text{CO}_2$  são absorvidas pelos oceanos e



***Em outras palavras, no futuro cada habitante do planeta terá que emitir em média não mais que 0,3 toneladas de carbono por ano.***

pela biota terrestre. Há razões fundadas de preocupação com o recente aumento na taxa de aumento de CO<sub>2</sub> (aproximadamente 2,3% ao ano desde 2000). Igualmente preocupantes são as recentes observações do ciclo global de carbono, indicando que a intensidade dos sumidouros oceânicos e da biota terrestre já dão sinais claros de prematuro declínio. Isso está acontecendo muito mais cedo do que previsto em estimativas anteriores. Acumulações atmosféricas anuais de 2 ppm de CO<sub>2</sub> ou mais altas parecem ter chegado para não mais sair de cena, até o momento em que as emissões antropogênicas, de fato, diminuam para valer.

Chegar à estabilização em 550 ppm impõe um limite às emissões globais de CO<sub>2</sub>. Poder-se-ia emitir um máximo de 750 bilhões de toneladas de carbono durante todo o século XXI. Em outras palavras, as emissões teriam que reduzir-se drasticamente e não ultrapassar 3 bilhões de toneladas anuais na segunda metade do século, significando uma radical “descarbonização” da sociedade global, notadamente dos sistemas de produção de energia a partir de fontes fósseis, tarefa essa que se afigura como um objetivo de difícil consecução sem uma radical transformação dos sistemas de produção e consumo em escala global. Ademais, este cálculo considera que a fração do CO<sub>2</sub> emitido pelas atividades humanas que permanece na atmosfera, cerca de 45% durante o século XX, continua a mesma durante este século. Entretanto, a capacidade dos oceanos e da biota terrestre de remover 55% do CO<sub>2</sub> em excesso na atmosfera começa a dar sinais de saturação, isto é, a fração atmosférica provavelmente será maior no futuro, o que limitará o valor permitido de emissões para se chegar à estabilização da concentração na atmosfera para um valor que pode ser substancialmente menor do que 750 bilhões de toneladas de carbono. Uma estimativa até certo ponto otimista da demografia é de que a população mundial tenderá à estabilização na segunda metade deste século entre 9 e 10 bilhões de habitantes, isto é, a explosão populacional prevista algumas décadas atrás não deve acontecer. Em outras palavras, no futuro cada habitante do planeta terá que emitir em média não mais que 0,3 toneladas de carbono por ano. Além disso, países em desenvolvimento terão que aumentar suas emissões inevitavelmente para fazer frente à eliminação da pobreza. Isto na prática significa que até o final deste século os países industrializados terão que cortar mais de 80% de suas emissões atuais, sem dúvida um grande desafio.

## **Incertezas científicas e ações**

É interessante observar que os valores de incerteza das estimativas para o clima futuro constantes dos relatórios do IPCC não têm variado substancialmente nos últimos três relatórios (1995, 2001 e 2007), ainda que tenha havido um gigantesco avanço científico na modelagem matemática do sistema climático, o qual envolve a atmosfera, os oceanos, a criosfera e a biosfera, incluindo o ciclo de carbono nos oceanos e na vegetação. Quando considerados todos os modelos climáticos globais utilizados e todos os cenários futuros de emissões de gases de efeito estufa, a faixa de projeções para o aumento da temperatura global média até o final do século situa-se entre aproximadamente 1,5 °C e 6 °C nos três últimos relatórios. Em números redondos, metade dessa incerteza se deve às diferenças entre projeções

dos modelos climáticos, e metade dela vem por não sabermos a trajetória futura das emissões de gases de efeito estufa.

Ainda que seja imperativo mitigar as emissões como a única solução aceitável ética e moralmente no longo prazo, a inevitabilidade de que algum grau de mudança climática acontecerá de qualquer maneira faz com que igual ênfase deva ser dada tanto à redução acelerada das emissões globais nas próximas décadas como à necessidade de adaptação às mudanças climáticas que já se tornaram inevitáveis. Poderá o Brasil atuar, com liderança, nessas duas frentes?

## **Emissões brasileiras e onde reduzi-las: o papel do desmatamento evitado**

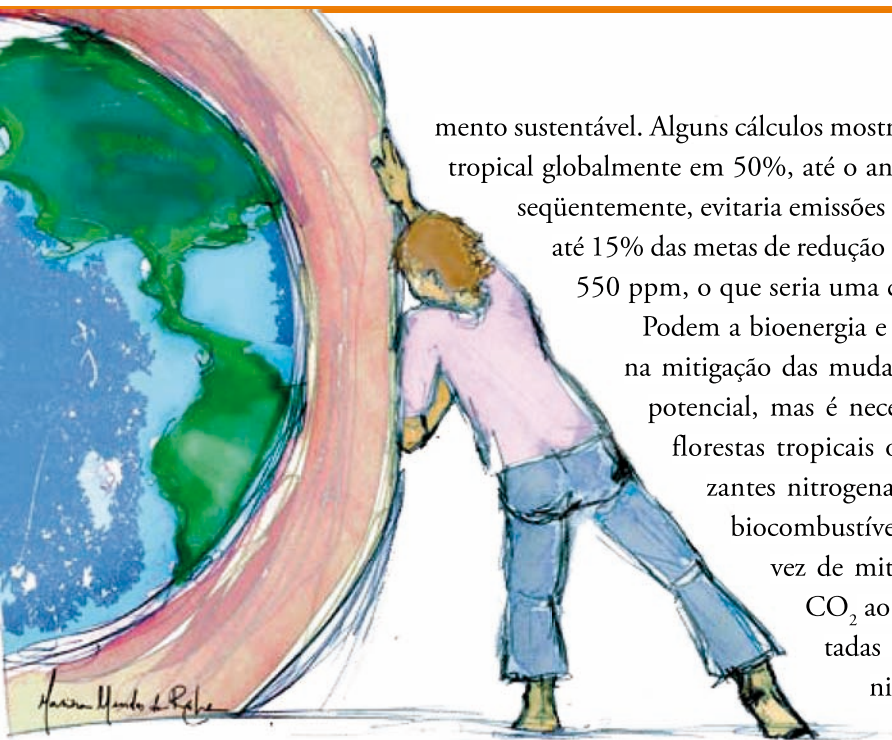
Sem considerar as emissões provenientes das mudanças dos usos da terra, a emissão de gás carbônico *per capita* do brasileiro estaria em torno de 0,5 tonelada de carbono por ano, bem abaixo da média mundial de aproximadamente 1,2 tonelada de carbono por ano, comparável às emissões da Índia e bem abaixo daquelas dos países industrializados, tipicamente entre 2,5 e mais de 5,5 (EUA e Canadá) toneladas por habitante por ano. Isto se deve à nossa matriz energética relativamente “limpa”. Porém, ao considerar que entre 70% e 80% das emissões brasileiras de gás carbônico – o principal gás de efeito estufa – provêm dos desmatamentos das florestas tropicais e do cerrado, as emissões *per capita* ultrapassam 1,5 tonelada por ano, bem acima das emissões *per capita* de quase todos os países em desenvolvimento do mundo, somente comparáveis às emissões da Indonésia, que apresenta o mesmo padrão de emissões do Brasil, isto é, a maior parte é proveniente do desmatamento de suas florestas tropicais, complicado pela queima de turfeiras, que multiplicam grandemente as emissões desse país, pois estas contêm grandes estoques de carbono.

Decorre desta simples aritmética que a contribuição do Brasil ao esforço mundial de mitigação do aquecimento global passa obrigatoriamente por reduzir as emissões dos desmatamentos das florestas tropicais e dos cerrados. Em princípio, é, sim, perfeitamente possível reduzir os desmatamentos da floresta Amazônica a valores próximos de zero, uma vez que existe um gigantesco estoque de áreas improdutivas, degradadas ou abandonadas

***Numa visão global, desmatamento evitado das florestas tropicais faz todo o sentido, independentemente de que maneira se aborde a questão, se do ponto de vista da mitigação das mudanças climáticas ou do ponto de vista do desenvolvimento sustentável.***

em todo o país – mais de 200 mil km<sup>2</sup> de áreas degradadas ou abandonadas somente na Amazônia –, as quais, com o concurso de modernas técnicas agronômicas, devem servir ao crescimento da cadeia de produção agropecuária, da agricultura familiar ao agronegócio. Além disso, reflorestamentos em grande escala nas áreas desmatadas funcionariam como sumidouro de gás carbônico atmosférico, através da fotossíntese, e contribuiriam para a mitigação das emissões, podendo se tornar atraentes Mecanismos de Desenvolvimento Limpo (MDL) para o país.

Numa visão global, o desmatamento evitado das florestas tropicais faz todo o sentido, independentemente de que maneira se aborde a questão, se do ponto de vista da mitigação das mudanças climáticas ou do ponto de vista do desenvolvi-



mento sustentável. Alguns cálculos mostram que a redução das taxas de desmatamento tropical globalmente em 50%, até o ano de 2050, e a manutenção destas taxas subsequentemente, evitaria emissões de 50 bilhões de toneladas de carbono, isto é, até 15% das metas de redução de emissões necessárias para estabilização em 550 ppm, o que seria uma contribuição inestimável.

Podem a bioenergia e os biocombustíveis ter um papel importante na mitigação das mudanças climáticas? Eu penso que eles têm esse potencial, mas é necessário muito cuidado. O desmatamento de florestas tropicais ou o uso de grandes quantidades de fertilizantes nitrogenados no cultivo agrícola direcionado para os biocombustíveis pode resultar em aquecimento líquido, em vez de mitigação, devido ao aumento das emissões de  $\text{CO}_2$  ao se desmatar e queimar a floresta, e às aumentadas emissões de  $\text{N}_2\text{O}$  oriundos dos fertilizantes nitrogenados.

## Adaptação às mudanças climáticas no Brasil: tudo por fazer

Por outro lado, traz preocupação a constatação de que, no tocante à adaptação às mudanças climáticas, praticamente está tudo por fazer no Brasil. Os poucos estudos brasileiros sobre os impactos das mudanças climáticas nos ecossistemas naturais e agroecossistemas, nas zonas costeiras, nos recursos hídricos, nas megacidades e na saúde humana não deixam dúvidas de que o país não sairá incólume. Tipicamente como na maioria dos países em desenvolvimento, a sociedade com larga população vivendo abaixo da linha de pobreza e com baixo IDH, a economia fortemente baseada em recursos naturais e a exuberante Natureza são vulneráveis às mudanças climáticas atuais e mais ainda àquelas que estão por vir.

O aumento da temperatura em alguns graus traz embutido um palpável risco para o semi-árido do Nordeste, com claríssimas repercussões sociais: diminuição da disponibilidade hídrica no semi-árido, menor tempo de permanência da água no solo, aumento da frequência e da intensidade das periódicas secas, em resumo, aceleração da “aridização” e desertificação da região semi-árida, o que tornaria mais marginal a agricultura de sequeiro, meio de subsistência atual de milhões de habitantes da zona rural.

As políticas públicas de desenvolvimento regional do Nordeste, que, além da eliminação da pobreza como principal bandeira, já procuram aumentar a convivência com a seca como fator de resiliência da sociedade rural, terão que obrigatoriamente levar em consideração um cenário de redução da disponibilidade hídrica no semi-árido para o futuro.

Ainda que o país não tenha grandes extensões territoriais litorâneas com baixas elevações (menos de 100 mil  $\text{km}^2$  abaixo de 10 m do nível médio do mar), é certo que o aumento do nível do mar e da intensidade das ressacas em toda a zona costeira irá afetar negativamente áreas mais baixas de grandes cidades costeiras, como Recife, Rio de Janeiro, entre muitas outras.

Estudos sobre as mudanças climáticas no Brasil mostram que as temperaturas à superfície aumentaram 0,75 °C nos últimos cinquenta anos e as temperaturas mínimas, quase 1 °C. Esses estudos também mostram que já ocorrem mais ondas de calor, menor número de noites frias e, pelo menos na parte sul e sudeste do país, onde há registros climáticos disponíveis, também aumento da ocorrência de chuvas intensas, respondendo, em parte, pelo crescente número de desastres naturais, como deslizamentos em encostas e inundações, responsáveis pelo maior número de vítimas. Em resumo, um quadro de mudanças climáticas preocupante para todo o país.

## Impactos das mudanças climáticas na Amazônia: o risco à floresta e à biodiversidade

***O efeito das mudanças climáticas nos ecossistemas naturais coloca em foco que somente políticas de adaptação não resolvem.***

A questão dos impactos do aquecimento global na Amazônia é complexa e preocupante. Subsistem ameaças concretas de colapso de parte da floresta amazônica, especialmente nas suas porções central e oriental, com erosão da rica biodiversidade. Aumentos acima de 3 a 4 graus centígrados nas temperaturas na Amazônia e no Centro-Oeste terão um impacto devastador na rica diversidade biológica da floresta e do cerrado. Estudos científicos indicam um risco de desaparecimento de mais de 50% das espécies arbóreas do cerrado e ameaças a mais de 90% das espécies arbóreas da Amazônia Oriental. Há que se considerar que o aquecimento global não é a única ameaça ambiental à floresta tropical. A sinergia entre aquecimento global, desmatamento e crescente incidência de incêndios florestais ameaça entre 20 e 40% da floresta Amazônica de sério risco de desaparecimento ou substituição por um tipo de savana empobrecida.

Os projetados impactos das mudanças climáticas na biodiversidade não deixam dúvidas da quase total impossibilidade de um retorno à convivência harmônica com a Natureza. Mesmo para os cenários mais otimistas (e algo irrealísticos) de estabilização das concentrações de CO<sub>2</sub> em 450 ppm, 10 a 15% de todas as espécies vivas estarão correndo risco de extinção. Para cenários de emissões pessimistas, até 40% ou mais da biodiversidade global estarão ameaçadas. E isso não é algo para o futuro. Está acontecendo agora: 74 espécies endêmicas de sapos Arlequim das montanhas da América Central e do Sul foram extintas e há ampla evidência científica de que aquelas espécies extinguíram-se em virtude do aquecimento global e não por desaparecimento ou fragmentação de seus habitats naturais.

Espécies da flora e da fauna, particularmente as endêmicas, dificilmente conseguiriam adaptar-se através de migrações à velocidade espantosa das mudanças climáticas atuais de décadas, em comparação ao ritmo de mudanças naturais de milênios. Tristemente, a extinção parece ser o caminho para um sem-número delas. O efeito das mudanças climáticas nos ecossistemas naturais coloca em foco que somente políticas de adaptação não resolvem. E que o esforço de mitigação das emissões tem que ser global, pois os países biologicamente multidiversos no seu conjunto contribuíram historicamente pouco para o acúmulo de gases na atmosfera, mas são os que mais perderão com a redução certa de riqueza biológica. No limite, os esforços do Brasil em reduzir desmatamentos na Amazônia – os quais têm sido



coroados de sucesso nos últimos três anos, quando os desmatamentos passaram de um valor altíssimo de 27 mil km<sup>2</sup> em 2004 para estimados 9 a 11 mil km<sup>2</sup> em 2007 – e, por conseguinte, reduzir em muito suas emissões, têm sentido somente como parte de uma ação global de mitigação das emissões em todos os setores, principalmente com a descarbonização dos sistemas de produção de energia.

## Sinais de alento: o Brasil acorda para a questão das mudanças climáticas

Após mais de uma década de aparente letargia, há claros sinais de que a sociedade brasileira começa a perceber a gravidade do problema e, ainda que de maneira tímida, se abre para discuti-lo. Os setores governamentais, empresariais e acadêmicos e a sociedade civil organizada vêm se articulando para aumentar a consciência sobre a questão, na busca de políticas ambientais e de desenvolvimento conseqüentes, e a prova disso é o surgimento de fóruns de mudanças climáticas em vários estados nos últimos anos.

O Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas trouxe ao primeiro plano de discussão a importância da redução das emissões por desmatamentos, assunto que vem ganhando importância estratégica para o país. Agora, esses fóruns passam a contribuir com idéias para o surgimento de um plano nacional de enfrentamento das mudanças climáticas. Um aspecto essencial de tal plano é o avanço do conhecimento científico sobre as mudanças climáticas e seus impactos no país, a identificação de nossas vulnerabilidades e desenvolvimento de estratégias de adaptação e mitigação. Como resposta a estes desafios, o Ministério da Ciência e Tecnologia está criando uma Rede Brasileira de Pesquisas sobre Mudanças Climáticas com o objetivo de fornecer as informações científicas e tecnológicas necessárias ao país para enfrentar os desafios das mudanças climáticas. Em sintonia a esta iniciativa do MCT, FAPs buscam desenvolver programas científicos sobre as mudanças climáticas no âmbito estadual.

***O Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas trouxe ao primeiro plano de discussão a importância da redução das emissões por desmatamentos, assunto que vem ganhando importância estratégica para o país.***

Esta preocupação chegou ao Congresso Nacional, que criou uma Comissão Mista de Mudanças Climáticas, e a Assembléias Legislativas e Câmaras de Vereadores de todo o país. Começam a surgir leis que buscam direta e indiretamente mitigar as emissões brasileiras. Por exemplo, são dignas de nota as leis do estado e do município de São Paulo que determinam a exigência de certificado de origem da madeira comprada por órgãos públicos, como freio à extração ilegal de madeira das florestas do país, principalmente da Amazônia.

## Considerações finais

Acima de tudo, o aquecimento global deve ser encarado com uma questão moral e ética: aqueles que menos contribuíram para o problema são os que vão sofrer as mais graves conseqüências.

O progresso tecnológico para a transição a uma nova sociedade, sustentável na utilização dos recursos naturais do planeta, é uma condição necessária para a habitabilidade a

longo prazo do *Homo sapiens* e de todas as outras formas de vida, porém não é condição suficiente. Há que haver conscientização sobre a gravidade da ameaça do aquecimento do planeta em escala global. De nada adiantará qualquer esforço brasileiro em reduzir emissões se elas continuarem a subir em outras partes do mundo.

Talvez um subtítulo oculto do recente relatório do IPCC seja o seguinte: “é mais tarde do que pensávamos”, na questão de quão comprometido já está o sistema climático com o aquecimento global. Isto transmite um senso de urgência e, no lado positivo, esse senso de urgência está finalmente tendo repercussão em todo o mundo. A recente premiação do IPCC e de Al Gore com o Nobel da Paz é uma manifestação política que demonstra a premência que as questões climáticas adquiriram globalmente. Urgência e premência são necessárias para superar a grande inércia institucional que resulte em ação, uma vez que muito pouco pode ser feito para contrabalançar a inércia do sistema climático.

Finalmente, quero voltar à questão das dimensões éticas das mudanças climáticas. Há uma questão básica de ética e justiça: as pessoas que vão sofrer os mais desastrosos impactos das mudanças climáticas são exatamente aquelas que menos contribuíram no passado e que irão contribuir no futuro ao aquecimento global. Impactos das mudanças climáticas inevitáveis irão atingir mais duramente os países mais pobres. Isto significa que devemos deslanchar sem mais demoras um esforço internacional concatenado e sem precedentes para criar programas de longo alcance que promovam rapidamente o aumento da capacidade de adaptação dos países em desenvolvimento às mudanças climáticas. Necessitamos urgentemente de um “Protocolo de Kyoto” para adaptação, onde o crescimento da capacidade adaptativa desses países acompanhe muito de perto o aumento de sua capacidade em C&T.