Mudanças Climáticas

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais -INPE-

Centro de Ciências do Sistema Terrestre -CCST-

INPE

Boletim do Grupo de Pesquisa em Mudanças Climáticas -GPMC-

Número 7 - Abril de 2009 - Distribuição Semestral

Editorial

Consciente da responsabilidade de aumentar a base do conhecimento em mudanças ambientais globais, e atendendo aos desafios nacionais e internacionais, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) está criando o Centro de Ciências do Sistema Terrestre (CCST), cuja estrutura ficou pronta no final do ano 2008. O CCST tem como objetivo estratégico ampliar e consolidar a capacidade na previsão do tempo e clima e da mudança global, consolidando competências em ciência, tecnologia e inovação, utilizando modelos complexos nas áreas espaciais e do Sistema Terrestre. Sob a liderança do CCST encontra-se o **Grupo de Pesquisa em Mudança Climática (GPMC)** o qual continuará trabalhando na compreensão, estudo e capacidade de modelagem acoplada global e regional das interações entre a mudança climática, o ambiente e a sociedade, e maximizando a aplicação deste conhecimento na procura de um entendimento das mudanças climáticas de nosso planeta.

Os desafios para o futuro são grandes, mas esperamos poder fornecer cénarios climáticos e programar um modelo global integrado do Sistema Climático, que sirva de apoio na preparação do Plano Nacional em Mudança Climática pelo Ministério do Médio Ambiente do Brasil, também para a preparação do Quinto Relatorio de avaliação do IPCC (AR5), entre outras. Para que todo isso seja possível, o *GPMC* e o *CCST* devem se dedicar ao estabelecimento de parcerias com outros grupos nacionais e internacionais de modelagem climática e ambiental. Em relação à capacidade tecnológica, um novo supercomputador está sendo adquirido através de una parceria entre a Financiadora de Estudos e Projetos (Finep), vinculada ao Ministério da Ciência e Tecnologia, e a FAPESP, o que facilitará a elaboração de cenários futuros de mudanças climáticas de alta resolução para apoiar estudos de impactos e vulnerabilidade e fazer projeções de extremos climáticos para os países da América do Sul.

José A. Marengo
Diana Raigoza
CPTEC/INPE

Rede Brasileira de Pesquisas sobre Mudanças Climáticas Rede CLIMA

Carlos Nobre, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - Centro de Ciências do Sistema Terrestre. São Paulo, Brasil

A Rede Brasileira de Pesquisas sobre Mudanças Climáticas Globais (Rede CLIMA) foi instituída pelo Ministério da Ciência e Tecnologia MCT- no final de 2007 e tem como objetivo principal gerar e disseminar conhecimentos para que o Brasil possa responder aos desafios representados pelas causas e efeitos das mudanças climáticas globais. A economia brasileira tem expressiva base em recursos naturais renováveis, o que torna o país potencialmente vulnerável às mudanças climáticas, a vulnerabilidade esta acentuada pelas disparidades regionais de desenvolvimento.

A Rede CLIMA constitui-se em fundamental pilar de apoio às atividades de Pesquisa e Desenvolvimento e pretende estabelecer e consolidar uma comunidade científica e tecnológica preparada para atender plenamente às necessidades nacionais de conhecimento, incluindo a produção de informações para formulação e acompanhamento das políticas públicas sobre mudanças climáticas e para apoio à diplomacia brasileira nas negociações sobre o regime internacional de mudanças climáticas.

Abrangência e Foco Científico

A abrangência da Rede CLIMA é nacional, envolvendo dezenas de grupos de pesquisa em universidades e institutos, e seu foco científico cobrirá todas as questões relevantes das mudanças climáticas, notadamente:

1. a base científica das mudanças climáticas: detecção e atribuição de causas, entendimento da variabilidade natural versus mudanças climáticas; ciclo hidrológico e ciclos biogeoquímicos globais e aerossóis; capacidade de modelagem do sistema climático;
2. estudos de impactos, adaptação e vulnerabilidade para sistemas e setores relevantes: agricultura e silvicultura, recursos hídricos, biodiversidade e ecossistemas, zonas costeiras, cidades, economia, energias renováveis e saúde.
3. desenvolvimento de conhecimento e tecnologias para a mitigação das mudanças climáticas.

Objetivos

a) gerar e disseminar conhecimentos e tecnologias para que o Brasil possa responder aos desafios representados pelas causas e efeitos das mudanças climáticas globais;

b) produzir dados e informações necessárias ao apoio da diplomacia brasileira nas negociações sobre o regime internacional de mudanças do clima; realizar estudos sobre os impactos das mudanças climáticas globais e regionais no Brasil, com ênfase nas vulnerabilidades do País às mudanças climáticas;

c) estudar alternativas de adaptação dos sistemas sociais, econômicos e naturais do Brasil às mudanças climáticas;

d) pesquisar os efeitos de mudanças no uso da terra e nos sistemas sociais, econômicos e naturais nas emissões brasileiras de gases que contribuem para as mudanças climáticas globais; e

e) contribuir para a formulação e acompanhamento de políticas públicas sobre mudanças climáticas globais no âmbito do território brasileiro.

Organização em Sub-Redes Temáticas e Financiamento

A concepção e o desenvolvimento da Rede CLIMA têm como características de grande importância a participação de diversas instituições de ensino e pesquisa no Brasil. Estas instituições estarão distribuídas nas diversas regiões, buscando-se dessa maneira grande capilaridade para a Rede, assim como potencializar a transferência das informações geradas. A Figura 1. indica uma configuração inicial proposta para as sub-redes temáticas.

A Rede CLIMA é coordenada por um Conselho Diretor, já instituído, e será assessorada por um Comitê Científico. A Secretaria Executiva é exercida pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais -INPE-.

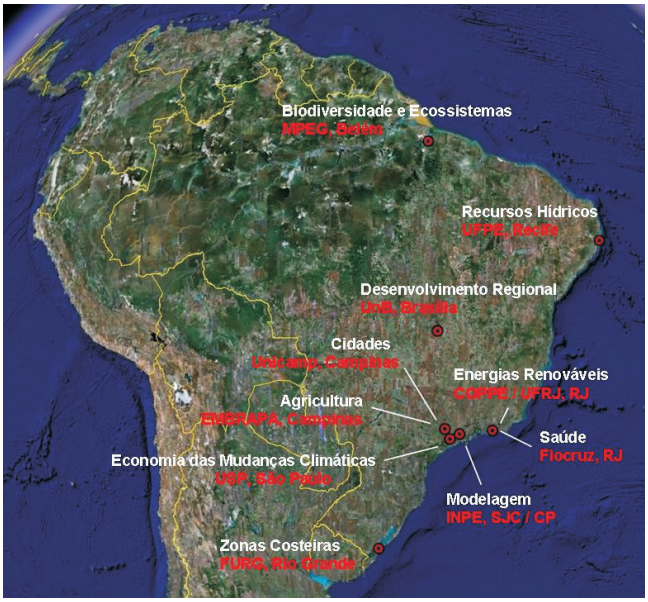

Figura 1. Proposta de sub-redes temáticas da Rede Clima

Ao Conselho Diretor competirá, entre outras coisas, definir a agenda de pesquisa da Rede, assessorado pelo Comitê Científico, promover a gestão da Rede CLIMA, tomando as decisões necessárias para o seu bom funcionamento, ressalvadas as competências das instituições participantes, e articular a integração da Rede, aos programas e políticas públicas na área de mudanças climáticas globais.

O Comitê Científico da Rede CLIMA será constituído por representantes das sub-redes temáticas e por cientistas externos à Rede. Ele assessorará o Conselho Diretor sobre temáticas de pesquisa e avaliação de resultados científicos, além de elaborar editais de chamada de pesquisas.

O MCT está investindo R$ 30 milhões em três anos para a implantação da Rede CLIMA. Além disso, a Rede CLIMA aprovou recentemente dois Editais de Pesquisa com recursos de Fundos Setoriais no montante total de R$ 18 milhões para estudos de mudanças climáticas e secas e sobre extremos meteorológicos sobre o Oceano Atlântico Sul.

Implantação do Novo Supercomputador da Rede CLIMA e Desenvolvimento do Modelo Brasileiro do Sistema Climático Global

Torna-se estrategicamente importante ao país ter autonomia e capacitação em modelagem do sistema climático global, de modo a permitir que, num intervalo de poucos anos, seja desenvolvido um **Modelo Brasileiro do Sistema Climático Global** para gerar cenários climáticos futuros com especificidades regionais apropriados aos interesses do país. O desenvolvimento de modelagem do sistema climático global e a geração de cenários climáticos futuros será coordenado pelo recém-estabelecido Centro de Ciência do Sistema Terrestre, do INPE, o qual, num esforço em rede, contará com o apoio de várias instituições nacionais e internacionais.

Para atingirmos este estágio de autonomia científica e tecnológica, faz-se necessário recursos de supercomputação de ponta. Para cobrir esta lacuna, o MCT está investindo R$ 35 milhões de reais do Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico FNDCT- para a aquisição de um poderoso supercomputador que irá prover a infra-estrutura computacional que permita os desenvolvimentos em modelagem do sistema climático global. A estes R$ 35 milhões, se somam cerca de R$ 15 milhões de recursos da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo FAPESP- para aquisição do novo supercomputador. Este novo supercomputador funcionará como um **Laboratório Nacional de Supercomputação** da Rede CLIMA, com acesso pleno por parte de todos os integrantes desta Rede.

A Rede CLIMA irá propiciar o acesso à infra-estrutura de pesquisa para todos os participantes, incluindo recursos de supercomputação de ponta para modelagem climática e disponibilização de cenários climáticos e outras mudanças ambientais globais que embasem estudos de impactos-adaptação-vulnerabilidade e mitigação. A Rede CLIMA irá propor o estabelecimento de novo sistema de observações de mudanças climáticas, visando detectar e acompanhar como as mudanças climáticas estão afetando sistemas biológicos, incluindo agro-ecossistemas, e sistemas físicos no país.

Previsões de Mudanças Climáticas para América do Sul: Resultados da Aplicação do "*Earth Simulator*"

Lincoln Muniz Alves e José Fernando Pesquero, Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. São Paulo, Brasil (Lincoln.alves@cptec.inpe.br)

1. Introdução

As alterações climáticas devido ao aquecimento global tem causado um grande interesse social nas últimas décadas. Por causa disso, há uma enorme demanda de informação mais exata e fiável de cenários futuros de clima (por exemplo, perguntam-nos freqüentemente se a ocorrência de tempestades severas tem aumentado ou não), existe abundância da informação sobre impactos climáticos regionais, incluindo os dados e estudos publicados no Quarto Relatório de Avaliação do IPCC, detalhando alguns desses impactos (IPCC 2007a). De outro lado, há comparavelmente menos resultados em simulações de sensibilidade climática na escala regional que podem ser usados para justificar e formular políticas de adaptação eficazes.

Embora o desenvolvimento de modelos nas duas décadas passadas tenha fornecido aproximações importantes na simulação de futuras alterações climáticas, a maioria de modelos climáticos não são suficientes para responder a todas as perguntas, principalmente porque a maior parte dos GCMs não apresentam uma resolução suficientemente boa para investigar impactos climáticos regionais.

Por essa razão, este artigo resume a aplicação de um modelo climático global atmosférico de alta resolução (AGCM-TL959L60) desenvolvido pelo "*Meteorological Research Institute (MRI)*" e a "*Japanese Meteorological Agency (JMA)*" para avaliar os impactos climáticos potenciais devido ao aumento da concentração atmosférica de gases efeito estufa sobre América do Sul.

2. The Earth Simulator

Em 1996, um relatório intitulado, "Para a Realização da Previsão da Mudança Global," publicado por um comitê consultivo da Agência de Tecnologia e Ciência do Japão, levou à criação de um supercomputador altamente avançado, o Simulador Terrestre (ES, em Inglês). Este supercomputador foi reconhecido como um dos três elementos essenciais - *Simulação*, junto com a *Observação* e *Modelagem* - que tinha sido identificado pelo acima mencionado relatório e foi promovido para alcançar melhores previsões de mudança climática. Ver a Figura 2.

O ES foi projetado como um computador vetorial paralelo apropriado para o cômputo numérico como os usados na simulação climática, usa um modelo de altíssima resolução com o método de "*time slice*" (aplicado para 10~20 anos ao clima presente ou futuro) e um modelo de clima regional. Desde sua criação, o objetivo do ES foi servir principalmente às ciências terrestres. Foi produzido pela Corporação NEC e lançado para a operação no Março de 2002, quando o IPCC começava suas atividades do Quarto Relatório (AR4) de Avaliação.

O ES tem uma memória principal de 10 terabytes e compõe-se de 640 nós de processador, uma rede de ligação para unir nós, discos de sistema, discos de usuário, e outros dispositivos relacionados incluindo redes exteriores. Cada nó de processador tem um desempenho máximo de 64 gigaflops e compõe-se de 8 processadores vetoriais (cada um dos quais tem um desempenho máximo de 8 gigaflops). O rendimento máximo teórico do ES é de 40 teraflops e tem mostrado um desempenho sustentado de 35.86 teraflops segundo o Teste "Linpack Benchmark". Ele mantém a posição No.1 no ranking mundial entre TOP500 supercomputadores desde seu lançamento a fim de 2004.

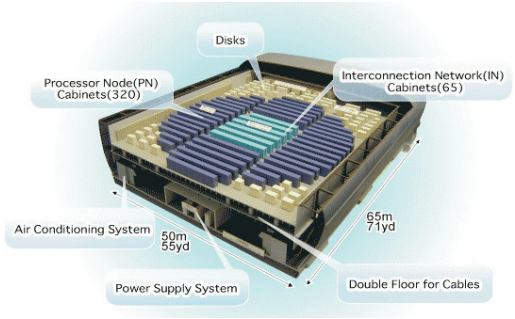

Figura 2. Representação gráfica do Simulador Terrestre. Fonte: RCCP 2004

3. Modelos, Dados e Metodologia

O modelo usado é um MRI-JMA *"Meteorological Research Institute and Japan Meteorological Agency" AGCM*, tem um número de onda de truncamento triangular de 959, com uma grade Gaussiana linear (TL959) que corresponde a uma resolução de grade de 20 km horizontal. Isto é atualmente a resolução mais alta de AGCM usado em experimentos de aquecimento global. O número de níveis verticais é 60, com o topo em 0.1 hPa. Maiores detalhes do modelo são descritos em Mizuta et al. (2006). A integração do modelo de 20 km e o processamento de dados foi executada no Simulador Terrestre (Habata et al., 2004).

Para as simulações do clima futuro foi assumido o cenário de emissão SRES A1B (IPCC 2001). O cenário A1B é um cenário de emissão intermediário caracterizado por um crescimento econômico mundial muito rápido, população global que chega ao ponto máximo no meio do século 21 e diminui depois disso, e por uma introdução equilibrada de novas e mais eficientes tecnologias de geração de energia (IPCC 2001).

Exploramos o desafio de usar projeções de clima regionais do modelo de alta resolução global na escala sazonal e comparamos as projeções do clima futuro usando varias resoluções, desde 20 até 180 km.

4. Resultados

A figura 3 mostra os cenários de mudança climática da precipitação sobre América do Sul. As figuras (a), (b), (c) e (d) correspondem a resolução de 20, 60, 120 e 180 km, respectivamente, mostrando as estações (I) DJF e (II) JJA. Durante o DJF, a característica principal, que concorda com outros modelos, é o deslocamento para o sul do ZCIT sobre o Oceano Pacífico Equatorial. Isto pode estar acontecendo pelo efeito do El Niño. A ZCIT sobre o Atlântico Equatorial mostra uma configuração semelhante mas não é tão pronunciada como ao longo do Oceano Pacífico. Somente os mapas com resoluções de 20 e 60 km mostram uma configuração de ZCAS, sendo que na resolução de 60 km se tem uma configuração mais intensa e um deslocamento para o norte segundo a sua posição climatológica. Dentro do continente, particularmente sobre o Brasil, os resultados da resolução de 20 km mostram um aumento de precipitação em todo o país. O modelo com outras resoluções parece aumentar a precipitação sobre o Sul dos oceanos Atlântico e Pacífico. Isto também acontece sobre o sul do Brasil. Somente o modelo de resolução de 20 km não reduz a precipitação no Sul do Brasil. A precipitação para o Nordeste do Brasil aparece na meia climatológica em todas as resoluções, o que também acontece para o norte do Brasil, a Bolívia e o litoral peruano. Durante o JJA, o padrão mostrado por todas as resoluções é uma configuração mais seca sobre a maior parte do centro de América do Sul, incluindo o Sul e o sudeste do Brasil, além do centro e sul da Amazônia.

Numa estrutura análoga, a Figura 4 mostra os cenários de alterações climáticas da temperatura na América do Sul. Todas as resoluções apresentam a mesma anomalia positiva de temperatura para toda América do Sul e oceanos circundantes. Tal variação de anomalia positiva estende-se desde 1.0º C no Pacífico e Atlântico Sul até 2.5 ºC nos Andes e partes centrais de América do Sul. A magnitude dessas diferenças é maior durante DJF do que durante JJA. Outra diferença entre todas as resoluções é a magnitude das temperaturas, com maiores valores nas partes centrais da América do Sul, leste da Argentina e os Andes.

5. Sumário e Conclusões

Este relatório mostra os resultados iniciais do desempenho do AGCM MRI-JMA-high-resolution na simulação do clima futuro na América do Sul. As análises foram executadas para o verão (DJF) e inverno (JJA) e para várias resoluções (20, 60, 120 e 180 km). As conclusões principais deste trabalho são:

(a) Os extremos da precipitação, como definidos pelo IPCC AR4, foram comparados com os conseguidos do MRI-JMA AGCM, mostrando a grande coerência de escala. Em particular, as resoluções de 20 e 60 km apresentam resultados muito semelhantes, exceto nas anomalias de precipitação do Nordeste do Brasil;

(b) A resposta climática no cenário A1B realizada pelo modelo de resolução de 20 km sugere aumento na freqüência e intensidade de eventos de precipitação extrema para a maior parte do Brasil. Segundo este resultado, as características de precipitação regionais do oeste da Amazônia aumentariam, em discordância com a maioria dos modelos globais e ainda com as projeções feitas mediante "downscaling" que mostram anomalia negativas de precipitação no oeste da Amazônia.

(c) As projeções de temperatura indicam um clima mais quente, com anomalias que vão desde 0.5 °C até 2.5°C.

Agradecimentos

Agradecemos especialmente ao doctor Shoji Kusunoki (MRI) por fornecer acesso à base de dados do "*Earth Simulator*", ajudando durante a nossa estadia em Tsukuba. Ainda, nós gostaríamos de agradecer ao pessoal do Banco Mundial, em particular ao Dr. Walter Vergara que forneceu um grande suporte técnico. Finalmente, graças ao Banco Mundial pelo financiamento e ao CPTEC/INPE por permitir a visita a Tsukuba.

Referências

Habata, S., K. Umezawa, M. Yokokawa, and S. Kitawaki. *Hardware system of the Earth Simulator*. Parallel Computing, 30, 12871313, 2004.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2001), *Climate Change 2001: The Scientific Basis: Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, edited by J. T. Houghton et al., 881 pp., Cambridge Univ. Press, New York.

Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC (2007a) *Climate Change 2007: The Physical Science Basis Summary for Policymakers Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change,* 18 pp.

Mizuta, R., K. Oouchi, H. Yoshimura, A. Noda, K. Katayama, S. Yukimoto, M. Hosaka, S. Kusunoki, H. Kawai and M. Nakagawa. *20-km-mesh global climate simulations using JMA-GSM modelmean climate states*. J. Meteor. Soc. Japan, 84, 165185, 2006.

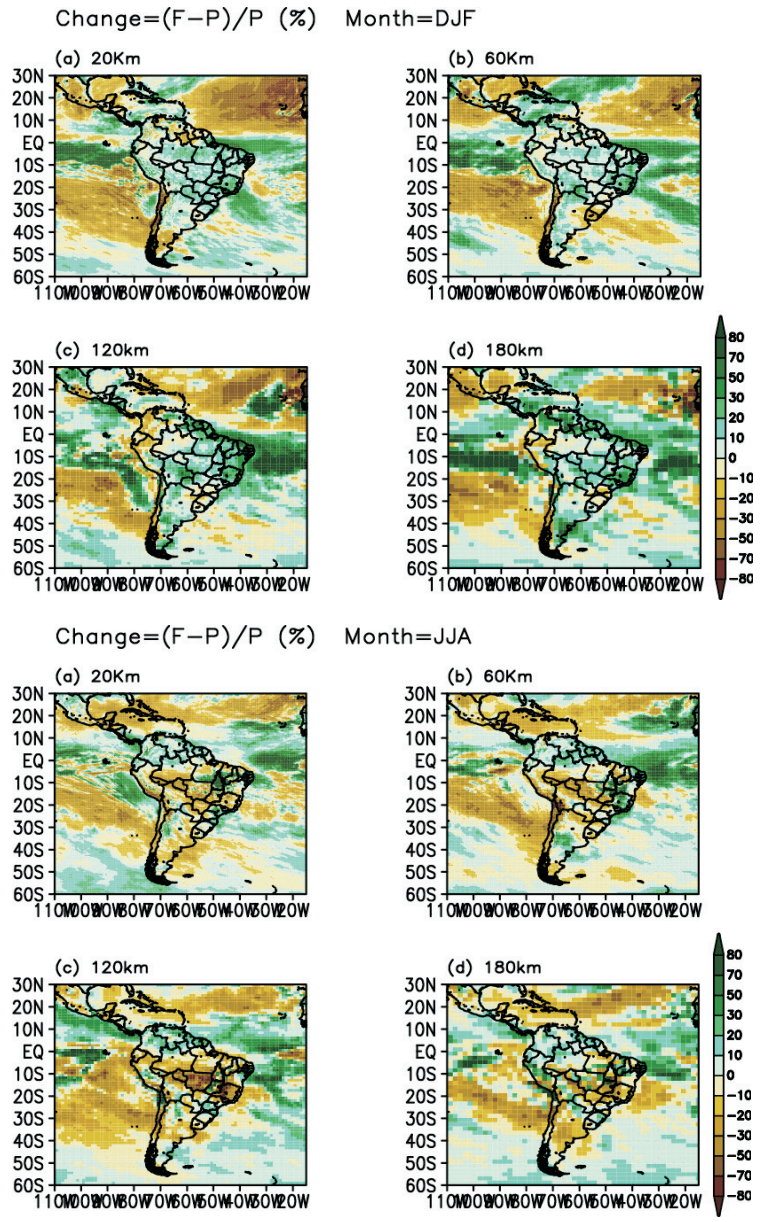

Figura 3. Mudanças na precipitação (futuro menos simulações atuais) de DJF (I) e JJA (II). A resolução horizontal é mostrada no topo de cada painel.

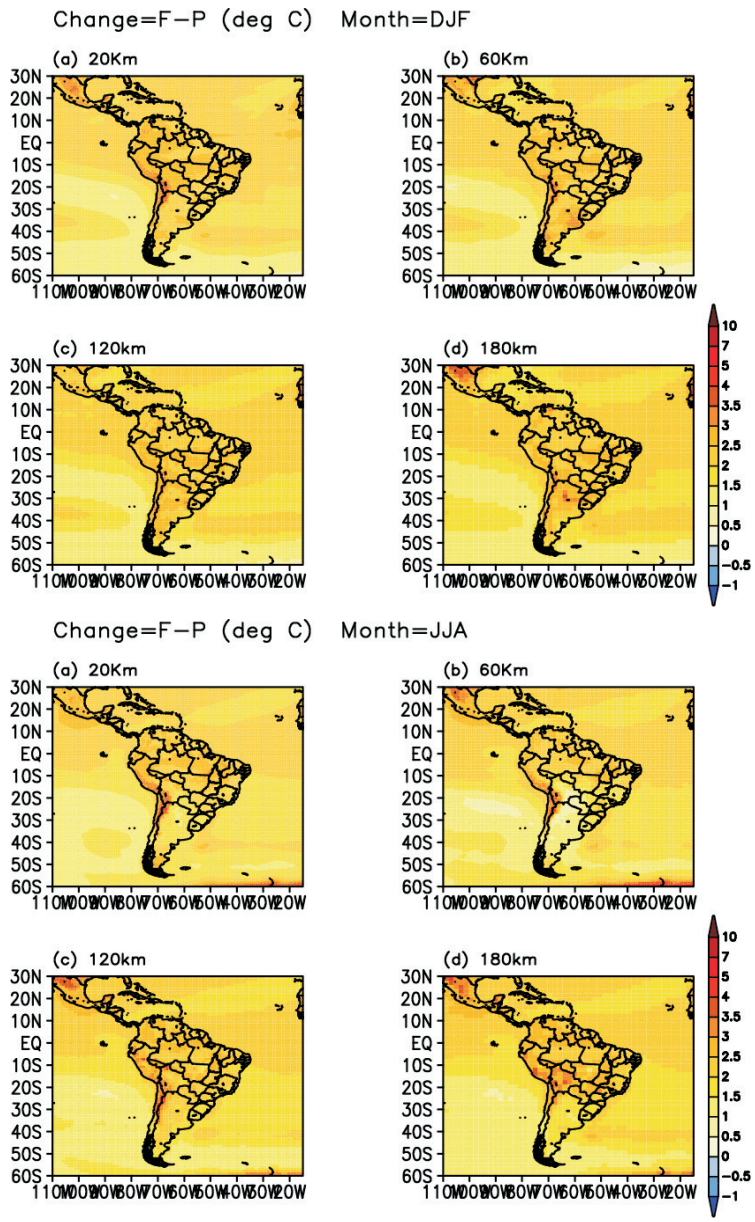

Figura 4. Mudanças na temperatura (futuro em relação as simulações atuais) de DJF (I) e JJA (II). A resolução horizontal é mostrada no topo de cada painel.

O Plano (Anti) Nacional de Mudanças Climáticas

Carlos Alfredo Joly, Universidade de Campinas. São Paulo, Brasil
(cjoly@unicamp.br)

Artigo publicado no Jornal da Ciência de 19 de Novembro de 2008

"Ao pararmos de incinerar nossa rica, e em grande parte desconhecida, biodiversidade estaremos, voluntariamente, atingindo uma meta significativa de redução de emissão de gases de efeito estufa".

Carlos Alfredo Joly é chefe do Departamento de Botânica e membro da Coordenação do Doutorado em Ambiente e Sociedade da Unicamp, membro da Coordenação do Programa Biota/Fapesp e coordenador do Comitê Brasileiro da Rede Latino-Americana de Ciências Biológicas (Relab). Artigo escrito para o Jornal da Ciência: No Brasil, a questão das mudanças climáticas está fortemente associada ao uso sustentável da biodiversidade, pois 75% das nossas emissões de gases do efeito estufa (GEEs) vêm da destruição de nossos ecossistemas nativos, especialmente o desmatamento da Amazônia.

O país teve a oportunidade de iniciar as negociações do Período Pós-2012 (Pós-Kioto), propondo uma diminuição voluntária de suas emissões de GEEs, com metas prefixadas de redução de desmatamento e com mecanismos de certificação e fiscalização internacional.

Mas, infelizmente, até hoje, a miopia idiossincrática de nossos governantes deixa o país na berlinda, pois é o único que pode reduzir significativamente suas taxas de emissão de CO_2 sem alterar sua matriz energética e, conseqüentemente, sem reduzir suas taxas de crescimento.

Portanto, reduzirmos voluntariamente nossa taxa de emissão de GEEs não é um empecilho para o progresso do país, e sim a base para um desenvolvimento econômico sustentável.

Roberto Schaeffer (Coppe/UFRJ), em seu estudo sobre cenários para fontes renováveis de energia, concluiu que não participar do esforço

internacional para redução da emissão de GEEs resultará no des-desenvolvimento do Brasil; Eduardo Viola, cientista político da UnB, afirma que "o Brasil tem uma posição equivocada no debate internacional sobre metas de redução de emissões de GEEs"; Eduardo Assad (Embrapa), Hilton S. Pinto e Jurandir Zulo (Cepagri-Unicamp) demonstraram recentemente o impacto negativo do aquecimento sobre o agrobussiness; Phillip Fearnside, ecólogo do Inpa, aponta o círculo vicioso da destruição da floresta contribuindo para o aquecimento global e este aumentando a velocidade de destruição da floresta.

Nas palestras apresentadas recentemente na Fapesp e na Fiesp, Sir Nicholas Stern, coordenador do Relatório Stern sobre os efeitos na economia mundial das alterações climáticas nos próximos 50 anos, foi enfático em frisar a necessidade de países como China, Índia e Brasil participarem do esforço na redução de emissões de GEEs.

Era de se esperar que, quando pesquisadores de instituições, áreas e matizes tão distintas concordam com a necessidade do Brasil contribuir significativamente com o esforço internacional para redução das causas do aquecimento global, o Plano Nacional de Mudanças Climáticas definisse uma meta, factível, verificável, fiscalizável e permanente, de redução de GEEs. Mais do que isso, incluísse metas específicas para os diferentes biomas, que destacasse a importância dos oceanos como sumidouros de CO2 e definisse o papel de estados e municípios na redução e controle de emissão de GEEs.

Estabelecer uma meta de redução na emissão de GEEs, e colocar o aparato do Estado brasileiro para fazer cumprir esta decisão, atende, sobretudo, ao interesse e à soberania nacional.

Chegar à 14ª Conferência das Partes da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (que acontecerá de 1 a 12 de dezembro), em Pozna, Polônia, sem esta definição significa atrasar o processo de negociação de um novo acordo, que precisa estar pronto até a 15ª Conferência das Partes, no final de 2009. Significa também reforçar a já desgastada imagem do Brasil no exterior como um país sem compromisso com a preservação de florestas e a redução de causas do aquecimento global.

Quem sabe, ao mudar de posição em relação à autodeterminação de metas de redução na emissão de GEEs, o governo brasileiro mude de postura também nas negociações da Convenção de Diversidade Biológica e aceite participar de iniciativas internacionais tão importantes para a comunidade científica brasileira, como o Global Biodiversity Information Facility/GBIF.

Em minha opinião, a posição do governo brasileiro apegando-se ao fato de historicamente termos contribuído com apenas 1% dos GEEs produzidos desde a revolução industrial, para justificar que o país não precisa ter metas de redução na sua taxa de emissão destes gases é moralmente insustentável, pois usa o passado para comprometer o futuro.

Ao pararmos de incinerar nossa rica, e em grande parte ainda desconhecida, biodiversidade, dando uma oportunidade para que as gerações futuras se beneficiem do uso sustentável deste nosso patrimônio natural, estaremos, voluntariamente, atingindo uma meta significativa de redução de emissão de gases de efeito estufa.

Evidentemente, este esforço tem custos que, a meu ver, devem ser financiados pelos países desenvolvidos, com a fiscalização e certificação do efetivo cumprimento das metas de redução de desmatamento estabelecidas.

Mudanças Climáticas

Grupo de Pesquisa em Mudanças Climáticas (GPMC)
Coordenador: Dr. José Antonio Marengo
Editora do Newsletter: Diana Raigoza

Centro de Ciências do Sistema Terrestre (CCST)
Rodovia Presidente Dutra, Km 40, SP-RJ. 12630-000,
Cachoeira Paulista, SP, Brasil
Telefone: +55 (12) 3186-8633. Fax: +55 (12) 3101-2835
Email contatos: jose.marengo@cptec.inpe.br /
diana.raigoza@cptec.inpe.br / eliana.andrade@cptec.inpe.br

Este boletim conta com o apoio do "*Fundo de Oportunidades Globais - Mudanças Climáticas e Programas de Energia*"

Visite nosso web site:
http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/