NewsLetter do projeto *GOF-UK-CPTEC*

Ano1-#2 - Março2006 - Distribuição Semestral

Editorial

A produção de cenários de mudança climática com modelos regionais para América do Sul é uma tarefa árdua e complicada, e o CPTEC/INPE tem assumido esta tarefa como parte das atividades do *Programa Nacional de Mudança Climática do Ministério da Ciência e Tecnologia* (MCT) do Brasil. A elaboração desses cenários de clima futuro, conseqüência do aumento da concentração de gases efeito estufa, é feita a nível continental. Estas atividades tem avançado grandemente, graças ao financiamento do Global Opportunities Fund Climate Change and Energy Programme do Reino Unido GOF-UK-CPTEC, do Projeto PROBIO do Ministério do Meio Ambiente (MMA) e as atividades de modelamento da Mudança Climática do Ministério de Ciência e Tecnologia, atualmente desenvolvidas pelo CPTEC/INPE. Esperamos que a construção de cenários regionalizados do clima futuro seja de grande utilidade na avaliação de impactos e vulnerabilidade e no desenho de políticas públicas para os processos de tomada de decisões com respeito à mitigação e adaptação para os diferentes setores da sociedade.

"Em busca do Tempo Perdido", UPME.

Apesar da comprovada utilidade dos cenários de mudança climática como ferramentas estratégicas, é comum encontrar argumentos de desacordo, onde se diz que o processamento de cenários consome muito tempo e dinheiro com pouco benefício para a tomada de decisões, além das incertezas associadas aos modelos que geram as projeções climáticas do futuro. Contudo, é importante lembrar que a função dos cenários climáticos é mostrar aos tomadores de decisões todos os possíveis cenários futuros para os quais o clima poderia mudar e como essas mudanças podem afetar a sociedade. Portanto, o problema da mudança climática, que deixou de ser só científico, deveria obrigar os governos a questionar suas posições em relação ao méio ambiente e a reorganizar seus mapas internos da realidade, sendo assim, o problema não está nos cenários, mas também no processo da tomada de decisões conhecendo que poderia acontecer com o clima no futuro.

Os objetivos do projeto *GOF-UK-CPTEC* são os de gerar cenários de mudança climática regional para as três bacias mais povoadas e economicamente mais importantes da América do Sul (São Francisco, Amazônia e Paraná - La Plata), com a intenção de definir um conjunto de futuros climáticos, qualitativos e quantitativos possíveis para estas bacias, de tal maneira que possam servir para o desenvolvimento de estudos multidisciplinares que tenham como propósito chamar a atenção de governos e responsáveis em formulação de políticas, sobre o impacto climático, a análise de vulnerabilidade e as medidas de adaptação. Como os cenários são ferramentas de aprendizagem, a importância deles radicou em ativar a reavaliação, discussão e nova aprendizagem para os usuários e governos interessados. Os índices de vulnerabilidade serão implementados na região, com ênfases nos três casos de estudo.

As atividades do projeto *GOF-UK-CPTEC,* iniciaram no primeiro dia do mês de julho de 2005. Passados pouco mais de oito meses de atividades e durante esta primeira fase do projeto, estão sendo feitas as simulações dos modelos climáticos regionais. Antecipamos que até maio de 2006 iniciaremos a construção dos cenários futuros de mudança climática, que serão parte da informação fundamental para os decisores, usuários e responsáveis por políticas públicas. Foi publicado o primeiro Newsletter, em setembro de 2005. O projeto foi apresentado em diversas reuniões científicas e governamentais no Brasil e em outros países. No momento, está sendo construída uma base de dados e uma página de internet sobre o assunto da mudança climática, relevante ao projeto (resultados, cénarios, mapas, etc).

Com satisfação entregamos esta segunda edição do Newsletter do projeto *GOF-UK-CPTEC.* Neste número, o Dr. Walter Baethgen, Coordenador das atividades na América Latina do *International Research Institute for Climate and Society IRI* manifesta seus planos de colaboração com o projeto, e comenta a importância da mudança climática na tomada de decisões.

Também discute-se alguns resultados preliminares dos prováveis efeitos da mudança climática na agricultura do Brasil, faz-se também uma análise do impacto da mudança climática nos regimes hidrológicos nas três bacias do projeto enfatizando a bacia do Rio São Francisco, como tambem as incertezas associadas às projeções dos diferentes modelos. Este ultimo tema é importante, pois na atualidade discute-se a Transposição das Águas do Rio São Francisco para irrigação de grandes áreas do interior do semi-árido brasileiro, que é uma das regiões mais pobres e mais vulneráveis frente a mudança climática. Este projeto poderia beneficiar a milhões de pessoas, mas sua implementação não considera como os regimes hidrológicos nesta bacia poderiam mudar no futuro, e havendo resultados contrastantes entre várias projeções climáticas e hidrológicas futuras das equipes científicas de modelamento do US Geological Survey e do Hadley Centre for Climate Prediction and Research do Met Office do Reino Unido, agrega-se mais incerteza. Este é um projeto grande e precisa ser debatido, e pensamos que os cenários do clima futuro gerados pelo projeto *GOF-UK-CPTEC* podem também contribuir com este debate.

Novamente reiteramos nosso interesse em disponibilizar todos os resultados gerados no projeto para toda a comunidade cientifica e tomadores de decisão, com o propósito de propiciar um foro para a discussão acerca do tema da mudança climática e seus impactos, assim como também para a análise da vulnerabilidade e para a implementação de medidas de adaptação nas três bacias de estudo do projeto *GOF-UK-CPTEC*.

José A. Marengo, marengo@cptec.inpe.br, Editor Científico e Coordenador Geral do projeto

Diana Raigoza, draigoza@cptec.inpe.br, Editora Técnica e Pesquisadora do Projeto

Nesta edição

A Mudança Climática na Tomada de Decisiões
Pagina 2

Impactos Hidrológicos da Mudança Climática em Três Grandes Bacias do Brasil: Amazonia, Paraná - La Plata y São Francisco
Pagina 2

Mudança Climática e seus Efeitos Sobre a Agricultura Brasileira
Pagina 4

A Mudança Climática na Tomada de Decisões

Walter E. Baethgen
Diretor, Latin America and Caribbean (LAC) Regional Program
International Research Institute for Climate and Society (IRI)
The Earth Institute at Columbia University
New York, USA e Montevideo, Uruguai

Os decisores ou tomadores de decisão (incluindo os que desenvolvem as políticas) que trabalham nos setores públicos e privados de países em vias de desenvolvimento, tipicamente confrontam a pressão de atuar em resposta aos problemas que necessitam ação imediata. Além disto, o efeito de tais ações deve ser evidente durante os prazos, usualmente curtos, nos quais tais decisores operam. Conseqüentemente, dão prioridade relativamente baixa aos assuntos que são vistos como problemas de um futuro muito distante, como é o caso da "*Mudança Climática*". No Instituto Internacional de Pesquisa para o Clima e da Sociedade IRI - propomos que a *Mudança Climática* deve ser introduzida nas agendas dos decisores (incluindo os que desenvolvem as políticas) como uma decisão do presente, diretamente ligada ao desenvolvimento sócio-econômico sustentável.

Alguns dos mais importantes impactos esperados pela mudança climática nas sociedades são os causados por possíveis aumentos na variabilidade climática, incluindo eventos extremos a maior freqüencia e intensidade. Conseqüentemente, propomos no IRI uma maneira efetiva de ajudar às sociedades a estarem preparadas e adaptá-las a qualquer cenário possível de mudança climática, ajudando-as a lidar melhor com a variabilidade climática atual. Isto requer o estabelecimento da avaliação do risco climático e das estratégias de manejo de risco (diferente da gestão da crise), incluindo a identificação de políticas e práticas que ajudem a reduzir a vulnerabilidade sócio-econômica às condições climáticas adversas, a eventos extremos e a aproveitar as condições climáticas favoráveis. As estratégias de manejo do risco climático também incluem ações para transferir riscos associados à variabilidade do clima, por exemplo, através do estabelecimento de programas adequados de seguros.

Uma clara vantagem desta abordagem é fornecer assistência imediata aos setores público e privado: enquanto ajuda aos interessados a confrontar possíveis cenários climáticos futuros, assistí-os no manejo da variabilidade climática existente que atualmente afeta as sociedades. Além disso, os impactos das ações tomadas são também evidentes e possíveis de verificar em termos imediatos, tornando-os mais atrativos aos decisores e responsáveis pela formulação de políticas.

O alcance do IRI para a adaptação à mudança climática baseada na gerência de risco climático, corresponde com as atividades da pesquisa do projeto "*Uso de Cenários de Mudança Climática Regional em Estudos de Vulnerabilidade e Adaptação no Brasil e na América do Sul (GOF-UK-CPTEC)*". O estabelecimento de atividades de colaboração entre a equipe científica do GOF-UK-CPTEC e o *Programa Regional para América Latina e o Caribe LAC*- do IRI, resultarão em melhores e efetivas comunicações com a comunidade e usuários da região.

Propomos que a "*Mudança Climática*" deve ser introduzida nas agendas dos decisores como uma decisão do presente, diretamente ligada ao desenvolvimento sócio-econômico sustentável.

Por outro lado, o IRI está atualmente comprometido com muitos projetos de pesquisa no sudeste da América do Sul e no Nordeste brasileiro. Este trabalho está sendo desenvolvido em coordenação próxima de decisores, dos setores público e privado da agricultura e dos recursos hídricos, e estas atividades serão grandemente ampliadas pela colaboração com o projeto de *GOF-UK-CPTEC.*

Impactos Hidrológicos da Mudança Climática em Três Grandes Bacias do Brasil: Amazônía, Paraná - La Plata e São Francisco

José Marengo
Líder e Pesquisador do Projeto GOF-UK-CPTEC
Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos -CPTEC-
São Paulo - Brasil

No Brasil, os rios São Francisco, Amazonas e Paraná - La Plata são muito importantes por suas contribuições ao potencial agrícola, de transporte e hidrelétrico do Brasil, assim como por suas implicações ecológicas e sociais. A vulnerabilidade do ecossistema e da biodiversidade da Amazônia, da população no semi-árido do Nordeste do Brasil, e da agricultura e da produção de energia elétrica na bacia do Paraná - La Plata, às mudanças climáticas, já sugerem impactos fortes de mudança climática na economia do Brasil. Grandes projetos como a Transposição de Águas do Rio São Francisco poderão ter um impacto social diferente se o regime hidrológico desta bacia mudar no futuro.

Dois estudos recentemente publicados sugeriram que há uma evidência de mudança no regime hidrológico e fluxo do rio por todo o mundo, devido a um aumento na concentração de gases de efeito estufa na atmosfera e o conseqüente aquecimento global. O primeiro estudo foi preparado por um time de cientistas da US Geological Survey, e foi publicado pela Nature em novembro de 2005 (Milly et al. 2005). Este trabalho avalia os impactos da mudança climática no fluxo global dos rios em climas futuros mais quentes. Um conjunto de doze modelos climáticos do IPCC [CCSM3, CGCM3.1(T63), ECHAM5/MPI-OM, ECHO-G, FGOALS-g1.0, GFDL-CM2.0, GFDL-CM2.1, GISS-AOM, MIROC3.2(hires), MRI-CGCM2.3.2, UKMO-HadCM3 e UKMO-HadGEM1] mostraram habilidade qualitativa e quantitativamente significativa na simulação de tendências regionais de vazão, observadas nas medidas hidrológicas de 165 estaciões de vazão desde o início do Século XX. Em integrações para o Século XXI, o mesmo conjunto de modelos projeta robustamente as regiões de aumento e

diminuição de vazão na América do Norte, América do Sul, África e Eurásia. A Figura 1, mostra a porcentagem de mudanças na vazão para o Século XXI estimada pelo conjunto de modelos. A mudança na vazão da média do conjunto pelo período entre 2041-2060 em relação ao clima atual, mostra um padrão geralmente consistente com aquele da mudança observada no Século XX, embora amplificado e com diferenças qualitativas importantes. Em geral, as áreas de incremento de vazão diminuem, enquanto que as áreas de descréscimo de vazão aumentam no Século XXI em relação ao Século XX. Inicialmente tendências de incremento de vazão no Século XX são projetadas para que mudem no Século XXI na África do Leste, as planícies centrais do oeste da América do Norte e grande parte da Austrália. A seca modelada da região Mediterrânea estende-se mais ao norte em direção a Europa no Século XXI.

Quase todas as rodadas dos modelos estão de acordo quanto a direção das tendências do Século XXI em algumas regiões (Figura 1) para o cenário futuro A1B. Esta concordância inclui tendências positivas em altas latitudes da América do Norte e Eurásia, na bacia Prata na América do Sul, na África oriental equatorial, e em algumas ilhas maiores do Oceano Pacífico oriental equatorial. Regiões importantes que mostram concordância nas tendências negativas de vazão incluem o sul da Europa, o Oriente Médio, e o oeste da América do Norte em médias latitudes, o sul da África, leste da Amazônia e nordeste do Brasil. O aumento ou diminuição de vazão, está relacionado com a mudança na distribuição ou quantidade de precipitação e a maioria dos modelos simulam reduções na precipitação da Amazônia e nordeste do Brasil (algumas incertezas estão presentes desde que os modelos HadCM3 e GFDL mostram mais ou menos precipitação, em relação ao clima do presente, respectivamente), enquanto para a bacia do Paraná - La Plata todos os modelos projetam aumento na precipitação. As temperaturas em todas estas regiões aumentaram de 2 a 8 ºC para 2100 nas três regiões para o cenário A2 de alta emissão, e de 1.5 a 6 ºC no cenário B2 de baixas emissões (com o mais quente na Amazônia). As projeções do modelo para o Século XXI no trabalho de Milly et al (2005) dependem de várias suposições quanto a, por exemplo, emissões futuras de gases de efeito estufa, atividades vulcânicas e variabilidade solar.

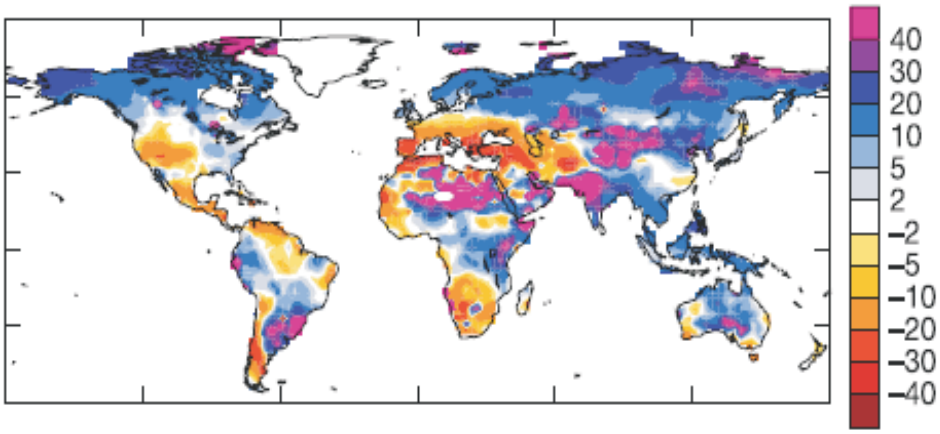

Figura 1. Média do conjunto (aritmética) da mudança relativa da vazão (porcentagem) para o período 2041-60, computado como 100 vezes a diferença entre o vazão de 2041-60 nos experimentos SRESA1B e do vazão de 1900-70 nos experimentos de simulação do clima do Século XX, referido como 20C3M, divididos pela vazão de 1900-70. (Milly et al. 2005).

O Segundo trabalho é um relatório do Hadley Centre for Climate Prediction and Research, do Met Office do Reino Unido (UK Met Office 2005). Este relatório mostra as primeiras previsões para o Século XXI do novo modelo climático do Hadley Centre, HadGEM1 (que é o modelo global ambiental do UK Met Office) com mudanças previstas na vazão. Diferente do trabalho do Milly et al. (2005), estas simulações incluem os dois processos mais importantes: o efeito direto na mudança climática e do efeito do CO_2 nas plantas, que não foram incluídos nas projeções do HadCM3. Eles fizeram duas previsões para o Século XXI. Quando o efeito direto do CO_2 nas plantas é omitido, é previsto um incremento na média global da vazão dos rios de 2%, entre os períodos de 2000-2020 e 2080-2100. Quando o efeito direto do CO_2 é incluído, o incremento previsto aumenta para 7%. Contudo, preve-se que, o efeito direto do CO_2 seja dominante numa escala global. As previsões têm sido com o HadGEM1 para os cenários SRES A1B e A2. Em ambos os casos preve-se que a vazão total global dos rios diminuirá levemente até a metade do Século XXI, e depois aumentará até 2100 (Figura 2). O aumento total da vazão dos rios no Século XXI é de 4% e 8% para os casos A1B (moderado) e o cenário de altas emissões A2 (pessimista), respectivamente. Na América do Sul, a vazão dos rios no Século XXI no semi-árido do Nordeste do Brasil crescerá entre 50% e 200%. Na região da Amazônia a vazão dos rios diminuirá entre 25% e 50%, e no Paraná - La Plata crescerá cerca de 50% na parte baixa e media da bacia, junto com 25% na parte alta da bacia e na região do Pantanal. Existe uma grande diferença (tendências opostas) entre as projeções de descargas para a bacia do São Francisco incluindo e omitindo o efeito direto do CO_2, enquanto que nas outras regiões as diferenças são pequenas mas do mesmo sentido.

O novo modelo global ambiental do Hadley Centre "HadGEM1" inclui o efeito direto do CO_2 nas plantas, isto agrega realismo à simulação do sistema climático.

A diferença está na tendência no fluxo da vazão do rio São Francisco, e as projeções contrastantes poderiam acrescentar às incertezas destas tendências. No clima presente, a experiência em previsão climática sazonal do CPTEC mostra que a bacia do São Francisco apresenta baixa previsibilidade climática sazonal e os modelos não mostram um bom desempenho para as partes médias e altas da bacia. Se assumirmos que a previsibilidade permanece igual, então as projeções para o clima futuro terão um alto grau de incerteza.

Por outro lado, a inclusão dos efeitos de comportamento das plantas nas projeções do clima futuro acrescentariam realidade à simulação do sistema climático. Por um lado, se isto não é feito, existe o perigo de que o risco das cheias seja subestimado, enquanto que as das secas sejam superestimadas em algumas áreas. Isto também destaca a necessidade de considerar o comportamento do sistema climático em seu conjunto, incluindo tanto aspectos físicos como biológicos. Por outro lado, as tendências positivas na vazão do rio São Francisco, projetadas para finais do século são simuladas por apenas um modelo, e mais experimentos e o uso de outros modelos reduziriam as incertezas.

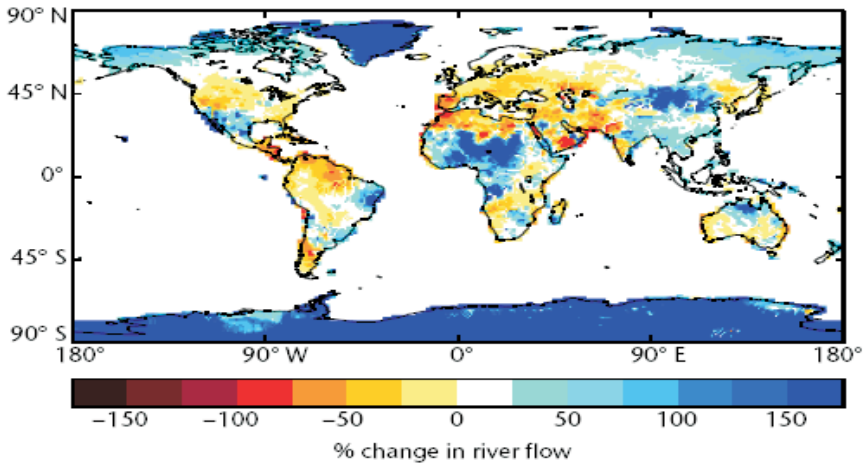

Figura 2. Mudança prevista no caudal global dos rios (%) entre o presente e finais Século XXI para os cenários de emissão SRES e A1B, novo modelo climático do Hadley Centre, HadGEM1 (UK Met Office 2005).

Referências

Milly, P. C. D., K. A. Dunne e A. V. Vecchia (2005). Global pattern of trends in streamflow e water availability in a changing climate. Nature, Vol 438, 17 November 2005|doi:10.1038/nature 04312.

UK Met Office (2005) Climate change, rivers and rainfall. Recent research on climate change science from the Hadley Centre December 2005.

Mudanças Climáticas Globais e seus Efeitos Sobre a Agricultura Brasileira

Marco Aurélio de Mello Machado, Doutorando (mello@cptec.inpe.br)
José Marengo, Líder e Pesquisador do Projeto GOF-UK-CPTEC
Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos -CPTEC-
São Paulo - Brasil

Introdução

Segundo Marengo (2001), desde a década de 1980 as evidências científicas são cada vez mais fortes acerca da possibilidade de mudança do clima global. Em 1988 o PNUMA (Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente) e a Organização Meteorológica Mundial (OMM) estabeleceram o IPCC, sigla em inglês para Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas, esforço de pesquisa para avaliação do atual estágio do conhecimento científico sobre mudanças climáticas e suas conexões com as atividades humanas. De acordo com o IPCC, os resultados científicos sobre as conseqüencias na atmosfera do aumento na concentração de gases de efeito estufa são cada vez mais eloqüentes. Diversos estudos vêm apontando que aumentos nos níveis de dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), monóxido de carbono (CO), óxido nitroso (N_2O), óxidos de nitrogênio (NOx) e ozônio (O_3), em parte devidos às atividades antropogênicas (aquelas oriundas dos seres humanos) têm causado uma aceleração no aquecimento da superfície terrestre e alterações na precipitação. De acordo com o mesmo IPCC o século XX experimentou um aumento de 0,65°C na média da temperatura global, sendo que o aumento mais pronunciado foi verificado na última década deste século. Entretanto, as causas para estes aumentos podem tanto ser de ordem natural quanto aquelas advindas da pressão humana sobre os ecossistemas. Para as próximas décadas projeções computacionais indicam um aumento na temperatura média global entre 1,4°C e 5,8°C até o final do presente século. Desta forma, ações globais seriam demandadas no sentido, tanto de intervir em sistemas de emissões daqueles gases (reduzindo-as), quanto na implementação de esforços de adaptação a novos panoramas climáticos. Sob qualquer cenário de mudança climática, contudo, é de se esperar o aumento na ocorrência de eventos extremos como inundações, secas e ondas de calor, fazendo com que o sistema biosfera-atmosfera seja afetado de maneira intensa.

2. As relações biofísicas entre os fatores e elementos do clima e a agricultura

Existem fortes relações causa-efeito entre o clima e os sistemas agrícolas, tanto nos países desenvolvidos quanto nos chamados países emergentes, apesar dos avanços nas estratégias de manejo e dos avanços tecnológicos como irrigação, engenharia genética e incremento no uso de corretivos e fertilizantes, os sistemas agrícolas dos países das regiões tropicais e subtropicais possuam intrinsecamente uma maior vulnerabilidade.

A vulnerabilidade de um país ou de uma região pode ser entendida como a extensão dos danos atribuídos às mudanças climáticas sob determinado setor ou sistema de produção e será tanto mais intensa quanto maior a sensibilidade dos mesmos e sua capacidade de absorver ou se adaptar àquelas mudanças.

O tempo meteorológico e o clima afetam os sistemas agrícolas de diversas maneiras, na produção e produtividade das culturas, na incidência de pragas e doenças e na execução das operações de campo. Assim, os fatores e elementos climáticos afetam de maneira direta a distribuição geográfica das culturas assim como questões sócio-econômicas. Dessa forma, os impactos das mudanças climáticas na agricultura podem adicionar desafios ainda maiores à garantia de um crescimento e desenvolvimento que garanta segurança alimentar e redução da pobreza.

3. Impactos sobre a agricultura brasileira. O que fazer? Esperar ou adaptar-se?

O Brasil, país de dimensão continental e possuidor de grande heterogeneidade de solos, relevo e climas, sofrerá conseqüências bastante diversas da intensificação do aquecimento global.

Do ponto de vista agrícola, é de se esperar uma pronunciada modificação nos zoneamentos que indicam a aptidão de determinadas culturas em algumas regiões. De tal maneira que quanto maior a amplitude da mudança, menor a possibilidade de aptidão. Culturas tolerantes às altas temperaturas podem ser beneficiadas diretamente, enquanto algumas outras poderiam vir a ser produzidas em locais onde antes haveria restrições, como a ocorrência de geadas.

Diante de incertos cenários climáticos futuros, a ciência vem propondo que se implementem medidas adaptativas que minimizem ou anulem os prováveis impactos negativos da mudança climática. No caso dos sistemas agrícolas, podem ser citados como medidas adaptativas mudanças nas datas de plantio e colheita, o emprego criterioso da engenharia genética (pela seleção de variedades melhor adaptadas aos climas regionais), a adoção das melhores práticas de manejo e a observância das recomendações dos zoneamentos agroclimáticos.

Existem poucos estudos sobre impactos do aquecimento global na produção agrícola da América Latina e especialmente do Brasil. Alguns trabalhos já realizados para as condições brasileiras [SIQUEIRA et al. (2000) e SIQUEIRA et al. (2001)] indicam reduções na produção das culturas de milho e trigo, e aumentos nas de soja. Outro trabalho interessante é o de Assad et al. (2004), em que os autores avaliam os impactos que as mudanças climáticas promoveriam devido a alterações na temperatura (aumentos de 1ºC, 3ºC e 5,8ºC) e na precipitação (aumentos de 15%), na atual distribuição geográfica do café em alguns estados produtores das regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul. Os resultados apontam para um progressivo aumento, até o final do século, de áreas não aptas para o café, em decorrência do aumento das temperaturas, fazendo com que a cultura seja "empurrada" para o Sul e para regiões mais elevadas.

4. Simulações feitas no CPTEC/INPE

Da mesma forma, alguns resultados envolvendo o uso de modelos climáticos regionais vêm apontando para altas significativas das temperaturas médias e das temperaturas máximas e mínimas ao longo do século XXI para algumas das maiores regiões produtoras de grãos do país, como o Centro-Oeste, o Sudeste e o Sul. Dentre estes trabalhos encontram-se os do grupo de estudo de clima do CPTEC/INPE, localizado em Cachoeira Paulista-SP. Tais trabalhos têm enfocado os impactos das mudanças climáticas futuras na produção de grãos nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste do país. É importante frisar que estas regiões respondem por 62,8%, 82,4% e 96,7% da produção nacional de milho, soja e trigo, respectivamente.

5. Resultados parciais obtidos

As Figuras 1 e 2 referem-se às anomalias esperadas nas médias anuais de precipitação e temperatura. A partir delas pode-se inferir que muito provavelmente esses cenários repercutirão de forma intensa (e provavelmente negativa) na maioria das culturas, em especial o milho, o trigo, a soja, o arroz e o feijão, cereais de grande importância não só em termos de segurança alimentar para a população como na garantia de superávits fiscais por intermédio de exportações.

Contudo, a par dessa importância e levando em conta que parte dos cereais é cultivada no inverno (como o trigo) e a maior parte no verão (demais culturas), é preciso que se façam também análises sazonais. Nas Figuras 3 a 8, tem-se as representações das anomalias sazonais para temperatura (°C) e precipitação (mm), referentes aos períodos de Dezembro a Fevereiro (verão), Junho a Agosto (inverno) e Março a Maio. A inclusão deste último período se justifica pela importância nos estados da região Sul do cultivo do chamado "milho safrinha" ou milho de segundo cultivo, com plantio anterior ao cultivo dos cereais de inverno (trigo, em especial).

No tocante à precipitação de verão (Figura 3), observam-se aumentos para acima de 100 mm na parte central da Região Oeste (notadamente no sul de Mato Grosso do Sul e ao norte e centro de Mato Grosso), além de aumentos da mesma ordem de magnitude a Leste de Minas Gerais e ao Norte do estado de São Paulo. Nas demais porções territoriais os aumentos estão presentes, mas da ordem de pelo menos 20 mm. Contudo, a precipitação de inverno (Figura 4) aponta para uma diminuição de ao menos 20 mm se estendendo do sul e leste do estado de São Paulo, tomando quase todo o estado do Paraná e o sul do Mato Grosso do Sul. Nas demais regiões não haveria mudanças significativas.

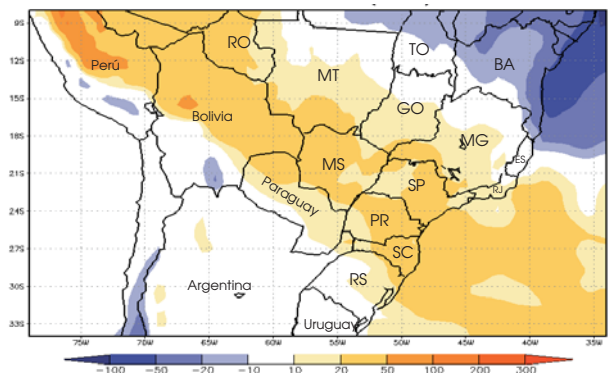

Figura 1. Anomalias (cenário A2 e climatologia), esperadas na precipitação média anual (mm), entre 2070-2100 para algumas regiões brasileiras.

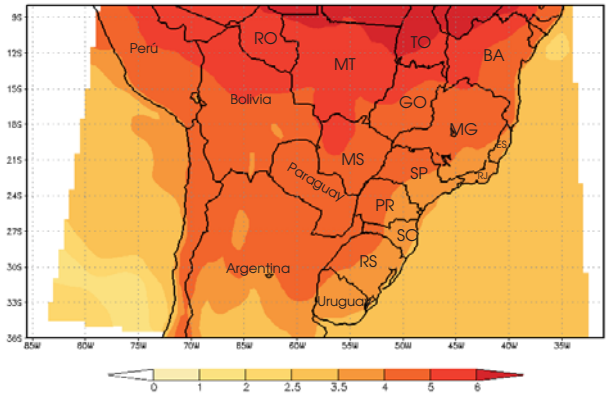

Figura 2. Anomalias (cenário A2 e climatologia), esperadas na temperatura média anual (°C), entre 2070-2100 para algumas regiões brasileiras.

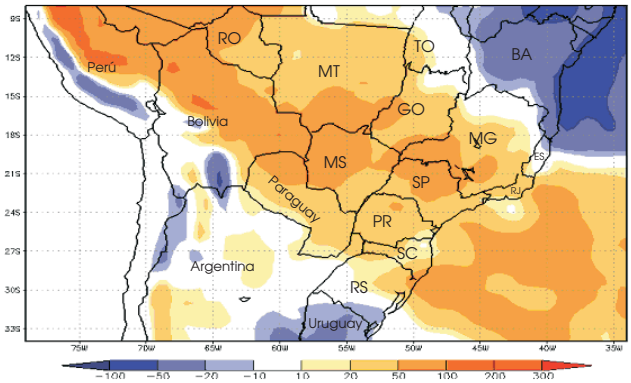

Figura 3. Anomalias (cenário A2 e climatologia), esperadas na precipitação média (Dezembro-Fevereiro), entre 2070-2100 para algumas regiões brasileiras.

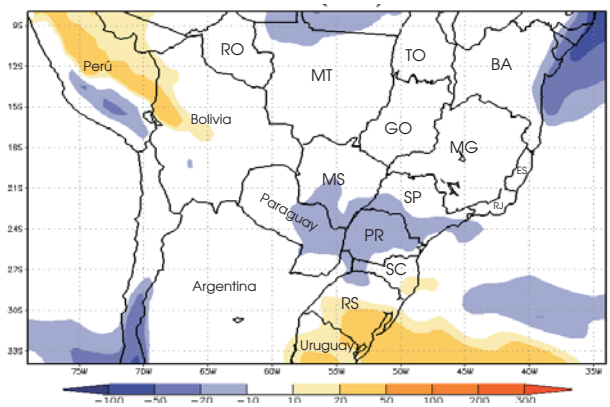

Figura 4. Anomalias (cenário A2 e climatologia), esperadas na precipitação média (Junho-Agosto), entre 2070-2100 para algumas regiões brasileiras.

Por fim, na precipitação de pré-inverno (Figura 5) haveria um aumento de ao menos 20 mm ao centro e norte do Rio Grande do Sul e por todos os Estados de São Paulo, Mato Grosso do Sul e Mato Grosso, além da faixa central de Goiás.

Já com relação às temperaturas sazonais, vê-se uma contundência mais acentuada dos sinais de aquecimento, em especial no verão. Nessa estação verificou-se variações positivas de cerca de 4,0°C da faixa oeste dos estados da Região Sul do Brasil (Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná), até quase todo o Mato Grosso do Sul e Goiás, sendo que as anomalias positivas iriam para acima de 5,0°C ao norte do estado de Mato Grosso. Para o inverno permanecem as tendências de aumentos, embora em menor grau. Vão de acima de 3,5°C ao norte do Rio Grande do Sul, leste e norte de Santa Catarina e quase todo o Paraná e Mato Grosso do Sul. Do leste do Paraná ao Centro/Leste e norte do estado de São Paulo as anomalias positivas vão a acima de 4,0°C. Ao norte de Mato Grosso do Sul, quase todo o Mato Grosso, leste de Goiás e sul/ centro do estado do Tocantins os aumentos poderão ser de 5,0°C. No caso das temperaturas, o padrão de variabilidade das anomalias verificado para o período de Março-Maio é bastante similar ao de Junho-Agosto.

Do exposto, vê-se que, muito provavelmente as culturas a serem mais afetadas serão aquelas com menores tolerâncias às altas temperaturas durante seu ciclo, o que pode fazer com que sejam "deslocadas" de suas atuais zonas de cultivo, ou até descartadas do sistema produtivo (como poderia acontecer com o trigo). Com relação às demais culturas os efeitos de fertilização dos aumentos do CO_2 atmosférico combinados com altas temperaturas precisam ser melhor entendidos, muito embora estes efeitos dar-se-ão forma diferenciada entre as espécies. O que se pretende agora é modelar e simular os rendimentos dos cultivos sob estas condições, utilizando para isso modelos de culturas (crop models) sob duas condições de manejo distintas: as atuais e outra levando em conta alguns processos adaptativos, como já descritos anteriormente.

Percebe-se, assim, que estudos sobre mudanças climáticas e seus possíveis efeitos sobre os sistemas agrícolas tem significativas conexões com segurança alimentar, estratégias de adaptação, políticas públicas e privadas e com o comportamento micro e macroeconômico, que deveriam representar, de fato, preocupação para as administrações locais e os governos regionais e nacionais.

REFERÊNCIAS

Assad, E.D., H.S. Pinto, J. Zullo Jr. e A.M.H. Ávila. Impacto das mudanças climáticas no zoneamento agroclimático do café no Brasil. (2004). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 39, 11, 1057-1064.

Marengo, J.A. (2001). Mudanças climáticas globais e regionais: avaliação do clima atual do Brasil e projeções de cenários climáticos do futuro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, 16, 1, 1-18.

Siqueira, O.J.W., S. Steinmetz, L.A.B. Salles e J.M. Fernandes. (2001). Efeitos potenciais de mudanças climáticas na agricultura brasileira e estratégias adaptativas para algumas culturas. In: Lima, M.A.; Cabral, O.M.R.; Miguez, J.D.G. **Mudanças Climáticas Globais e a Agropecuária Brasileira.** Campinas: EMBRAPA. 33-63.

Siqueira, O. J.W, S. Steinmetz, M.F Ferreira, A.C Costa e M.A. Wozniak. (2000). Mudanças climáticas projetadas através dos modelos GISS e reflexos na produção agrícola brasileira. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, 8, 311-320.

Projeto "Uso de Cenários de Mudanças Climáticas Regionais em Estudos de Vulnerabilidade e Adaptação no Brasil e na América do Sul (GOF-UK-CPTEC)"
José Marengo, Líder y Coordenador. Carlos Nobre, Pesquisador. Cassiano D´Almeida, Pesquisador
Igor Andreevich Pisnitchenko, Pesquisador. Diana Raigoza, Pesquisadora e editora
Josiane C.M de Oliveira, Assistente Administrativa
Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos -CPTEC-. Rodovia Presidente Dutra, Km 40, SP-RJ
12630-000, Cachoeira Paulista, SP, Brasil
Telefone: +55 (12) 3186-8633. Fax: +55 (12) 3101-2835
Email contacto: marengo@cptec.inpe.br / draigoza@cptec.inpe.br / josi@cptec.inpe.br

A figura da editorial foi tomada do livro "Futuros para uma energía sostenible na Colombia". Unidad de Planeamiento Minero Energética -UPME-, 2000.

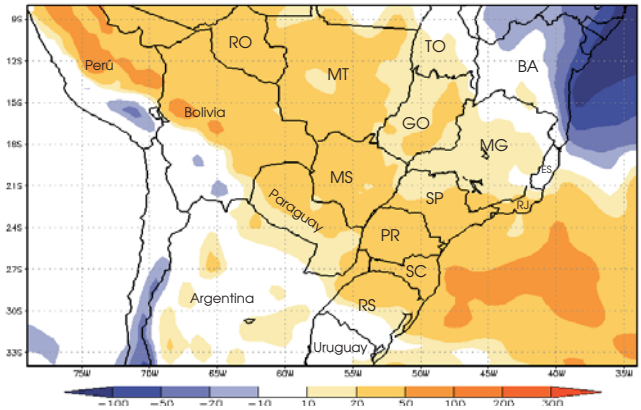

Figura 5. Anomalias (cenário A2 e climatologia), esperadas na precipitação média (Março-Maio), entre 2070-2100 para algumas regiões brasileiras.

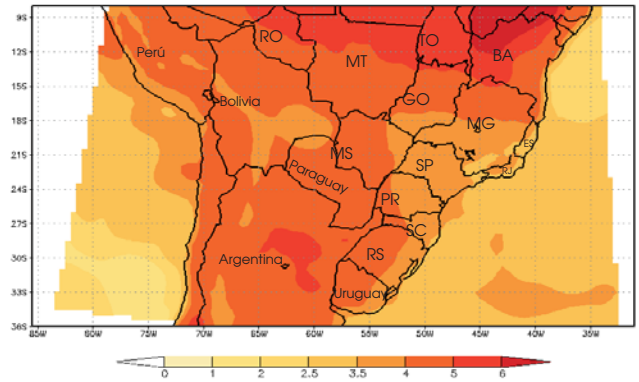

Figura 6. Anomalias (cenário A2 e climatologia), esperadas na temperatura média sazonal (Dezembro-Fevereiro), entre 2070-2100 para algumas regiões brasileiras.

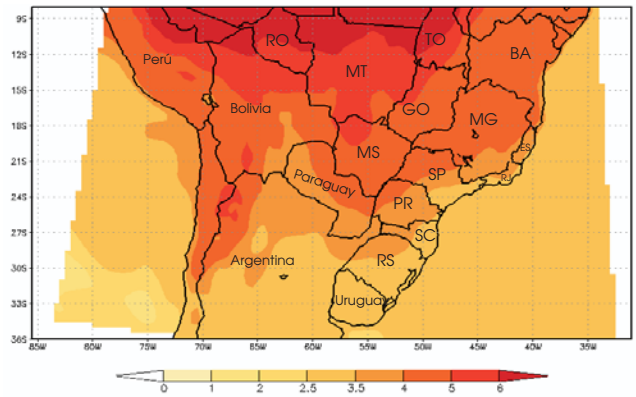

Figura 7. Anomalias (cenário A2 e climatologia), esperadas na temperatura média sazonal (Junho-Agosto), entre 2070-2100 para algumas regiões brasileiras.

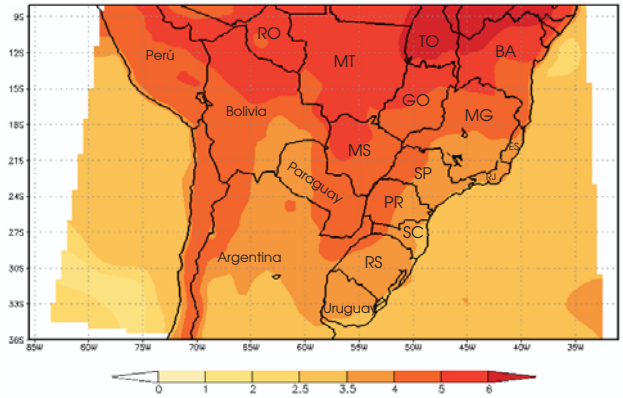

Figura 8. Anomalias (cenário A2 e climatologia), esperadas na temperatura média sazonal (Março-Maio), entre 2070-2100 para algumas regiões brasileiras.