



Por Philip M. Fearnside

Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA)

C.P. 478, 69.011-970 Manaus-Amazonas, pmfearn@inpa.gov.br

Clima e Mudanças na Amazônia Brasileira

O aquecimento global é causado pela ação de gases de efeito estufa na atmosfera, que têm aumentado além do seu nível “natural” devido às atividades humanas nos últimos 200 anos. Cerca de 70% da emissão total desses gases, e portanto do aquecimento que já está em curso, são devidos à queima de combustíveis fósseis tais como petróleo, gás natural e carvão mineral. No Brasil, no entanto, mais de três quartos da emissão vêm do desmatamento amazônico. Este fato oferece uma oportunidade ao País, porque seria muito mais fácil para o Brasil diminuir substancialmente a sua emissão do que para muitos outros países. A mitigação do aquecimento global por meio da redução de desmatamento representa uma atividade econômica com muito mais valor em potencial por hectare do que a conversão da floresta em pastagens ou outros usos. Ao mesmo tempo, o Brasil é um dos países que mais tem a perder com o agravamento do aquecimento global, inclusive com a possibilidade de perder a própria floresta amazônica. A floresta enfrenta sérias ameaças à sua sobrevivência devido às mudanças globais, que estão projetadas em tornar a Amazônia mais quente e mais seca. Este efeito é muito mais intenso em simulações do clima global usando modelos que incluem a ligação entre o aquecimento da água no oceano Pacífico e a ocorrência do fenômeno El Niño. Eventos tais como os incêndios em Roraima em 1997/1998 e 2003 indica que a ligação com El Niño é real. Os impactos são piores em modelos que incluem as retroalimentações bioesféricas, com a morte da floresta e o aquecimento dos solos levando à emissão de carbono que, por sua vez, aquece mais o clima e mata mais floresta. Outro efeito que reforça a mesma tendência é o efeito direto do desmatamento, que diminui a reciclagem de água na região e torna o clima ainda mais seco e quente. Estes processos provocam a morte de grandes áreas de floresta, começando do lado oriental. A concretização, ou não, de um cenário deste tipo depende de decisões humanas sobre a limitação das emissões de gases do efeito estufa, tanto da queima de combustíveis fósseis quanto da continuação do desmatamento.

Palavras chave: Amazônia, Aquecimento global, Carbono, Ciclagem d’água, Desmatamento, Efeito estufa, El Niño

PREDIÇÕES DE MODELOS DE CLIMA

Diferentes modelos climáticos produzem uma gama extensiva de resultados para o clima futuro na Amazônia. Um modelo em particular, o modelo do Centro Hadley do Escritório Meteorológico do Reino Unido, indica uma mudança catastrófica para um clima mais seco e quente na Amazônia, resultando na morte de quase toda a floresta até 2080 (Cox *et al.*, 2000, 2004). Vários outros modelos indicam a Amazônia se tornando significativamente mais seca, dentre estes o modelo do Centro Nacional de Pesquisas Atmosféricas (NCAR), dos EUA, e o modelo ECHAM do Instituto Max Planck, da Alemanha. Alguns modelos, como o do CSIRO, da Austrália, não indicam nenhuma mudança na Amazônia, enquanto um modelo, do Laboratório Geofísico de Dinâmica de Fluidos (GFDL), nos E.U.A., indica, até mesmo, mais chuva na Amazônia (veja Kundzewicz *et al.*, 2007, pág. 183). Dado estes resultados contraditórios, é importante avaliar os modelos diferentes para o propósito específico de representar o clima futuro na Amazônia, assim como também considerar a melhor maneira de interpretar o significado da incerteza restante para a política.

Os resultados catastróficos do Centro Hadley foram publicados pela primeira vez na revista *Nature* em 2000. É extremamente inquietante que oito anos de trabalho intensivo de vários grupos de pesquisa não tenha identificado um erro específico que invalidaria este resultado, embora os resultados dos outros modelos sejam comparativamente menos catastróficos. Um pouco de conforto para nós derivada do fato de que o modelo Hadley indica um clima atual na Amazônia que é mais quente e mais seco do que é o real clima de hoje (Cândido *et al.*, 2007). Isto significa que, provavelmente, são exagerados também os valores numéricos para temperatura e seca no clima futuro simulado. Porém, o clima futuro simulado vai tão longe além dos limites de tolerância de árvores da floresta amazônica que causaria uma grande mortalidade até mesmo se as mudanças forem menos extremas do que as simulações indicam.

EL NIÑO E O EFEITO ESTUFA

A pergunta central com respeito aos resultados do modelo do Centro Hadley para a Amazônia é se a sua representação dos efeitos do fenômeno El Niño está correto. No modelo do Centro Hadley, continuação do aquecimento global leva o sistema climático permanecer em um “El Niño permanente”, resultando em severas secas e calor na Amazônia. Só parte desta seqüência é mostrada por outros modelos.

O Painel Intergovernmental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) observou no seu Segundo Relatório de Avaliação, de 1995, que a freqüência de eventos El Niño foram muito mais alta desde 1976 do que era o caso antes daquele ano, uma diferença estatística altamente significativa (Nicholls *et al.*, 1996, pág. 165). Eventos recentes, como os El Niños de 1997 e 2003, tiveram importantes impactos na Amazônia.

O Quarto Relatório de Avaliação do IPCC (AR-4), de 2007, conclui que a continuação do aquecimento global conduziria à formação de “condições tipo El Niño” (Meehl *et al.*, 2007, pág. 779). Isto se refere às águas superficiais mais mornas no Oceano Pacífico, que é o gatilho para o El Niño. Porém, o relatório do IPCC observa que os vários modelos de clima ainda não concordam em uma ligação entre o aquecimento global e o El Niño em si (Meehl *et al.*, 2007, pág. 780). Isto refere às secas e inundações em locais diferentes ao redor do mundo.

Infelizmente, nós sabemos de forma direta que condições tipo El Niño conduzem a seca e incêndios florestais na Amazônia; esta não é uma conclusão que depende dos resultados de modelos de clima. As secas do El Niño em 1982, 1997 e 2003 fornecem exemplos que são lembrados pela maioria das pessoas na Amazônia. O gráfico das temperaturas da superfície do mar no Oceano Pacífico (Hansen *et al.*, 2006; McPhaden *et al.*, 2006) é um retrato perfeito de eventos de seca na Amazônia. A ilustração usada por Al Gore no seu filme “Uma Verdade Inconveniente” é altamente pertinente. Da mesma maneira que os continentes da África e da América do Sul se ajustam perfeitamente demais para se tratar de uma coincidência, os gráficos de CO₂ atmosférico e de temperatura global se espelham um no outro tão bem que deve haver uma relação entre os dois. O mesmo se aplica para temperatura de superfície do mar no Pacífico e secas amazônicas. Isto significa que uma tabulação simples dos resultados de diferentes modelos de clima não é suficiente. Se um modelo mostra a água superficial esquentando no Pacífico mas nada acontecendo na Amazônia, então significa que há algo faltando no modelo, não que nós estamos mais seguros na Amazônia.

O El Niño é um fenômeno que é difícil de representar em modelos de circulação global (GCMs), em parte por causa da resolução espacial grosseira que é ditada pela capacidade de processamento da maioria dos supercomputadores de hoje. Porém, é inquietante que o Simulador da Terra, um enorme complexo de computadores em Yokohama, Japão, também produza resultados catastróficos quando programado com uma física de clima semelhante à do modelo do Centro Hadley. Picos de temperaturas na Amazônia central de mais de 50°C se tornariam comuns a partir de 2050 em cenários “negócios-como-sempre”. O Simulador da Terra representa o planeta em células de grade (“pixels”) de 10 x 10 km, enquanto outros computadores que executam GCMs usam células de grade de aproximadamente 300 x 300 km.

O El Niño produz um padrão de inundações e secas ao redor do mundo, com pesadas chuvas na costa do Peru, seca na parte norte da Amazônia (por exemplo o Grande Incêndio de Roraima de 1997-1998), inundações em Santa Catarina, seca no Bornéu (que também provocou incêndios em 1997-1998), seca na Etiópia (que matou mais de 200.000 pessoas em 1982) e calor na Europa (que matou aproximadamente 40.000 pessoas em 2003). Conseguir um modelo de clima para representar todos estes efeitos simultaneamente quando a água do Pacífico esquenta é uma tarefa difícil e, esta dificuldade explica porque os modelos diferentes atualmente não concordam entre si. Porém, do ponto de vista de seca amazônica, nós apenas precisamos representar esta parte do padrão global corretamente, e não o resultado em todos os outros locais que também são afetados pelo El Niño. Nisto, o modelo do Centro Hadley fez o melhor reproduzindo a conexão entre água morna no Pacífico (*i.e.*, “condições tipo El Niño”) e secas amazônicas. Entre 21 modelos testados para esta habilidade pelo Projeto em Conjunto de Intercomparação de Modelos (CMIP2), o modelo do Centro Hadley foi classificado em primeiro lugar (veja Cox *et al.*, 2004).

SAVANIZAÇÃO DA AMAZÔNIA

A perda de grandes áreas de floresta amazônica devido a mudanças climáticas não depende do modelo do Centro Hadley ser a melhor representação do clima futuro. Salazar *et al.* (2007) testaram 15 modelos diferentes para as implicações para a “savanização” na Amazônia. Mais de 75% dos modelos indicam que uma faixa que hoje é floresta ao longo das extremidades leste e sul da região será climaticamente imprópria para floresta até 2100, levando à substituição de árvores por outro tipo de vegetação, geralmente denominado como “savana”. Pelo menos 25% dos modelos indicam uma mudança deste tipo em toda a parte da região amazônica a leste de Manaus. O modelo do Centro Hadley, é claro, mostraria que a savanização ocorreria em toda a floresta amazônica brasileira neste prazo.

Os vários modelos de clima, inclusive o modelo do Centro Hadley, omitem vários processos críticos que podem fazer com que os eventos reais sejam até mais desastrosos do que aqueles indicados pelos modelos. Os modelos só mostram os efeitos do efeito estufa, mas a floresta amazônica está sujeita a outros estressores. O mais óbvio é o desmatamento direto, com derrubada de árvores por motosserras em lugar de morte por falta d’água. Isto não só elimina as árvores que são derrubadas diretamente mas também contribui com as outras mudanças climáticas que reforçam as mesmas tendências ao clima mais quente e mais seco para o resto da floresta, assim contribuindo com a morte da floresta como um todo. Perda de árvores reduz a evapotranspiração, reduzindo a chuva sobre o resto da floresta (*e.g.*, Lean *et al.*, 1996). Duas recentes simulações indicam que a continuada perda de floresta conduziria a clima mais quente e mais seco no resto da região (Foley *et al.*, 2007; Sampaio *et al.*, 2007). Se o desmatamento seguir os padrões espaciais projetados, uma queda abrupta da quantidade de chuva na estação seca ocorreria depois que o desmatamento alcançar 40% (Sampaio *et al.*, 2007). Até 2007, o desmatamento havia removido 18% da floresta original na Amazônia brasileira (Brasil, INPE, 2007). A estação seca é o período crítico do ano quando árvores podem morrer por falta d’água.

Incêndios florestais representam uma grande ameaça para florestas amazônicas e, são omitidos dos GCMs como o modelo do Centro Hadley. Especialmente em anos El-Niño, fogos podem se mover pelo sub-bosque da floresta, matando grandes árvores. No Grande Incêndio de Roraima de 1997-1998, uma área calculada em 11-13.000 km² de floresta foi queimada (Barbosa & Fearnside, 1999). Áreas grandes de floresta também queimaram no Pará (Alencar *et al.*, 2004; Cochrane *et al.*, 1999). As árvores mortas pelos fogos fornecem combustível para fogos subseqüentes, assim conduzindo a processos de retroalimentação positiva que destroem a floresta completamente ao longo de um período de vários anos (*e.g.*, Nepstad *et al.*, 2001). Uma vez que pode ser esperado que a mudança de clima aumente a frequência e a severidade de incêndios, a floresta poderia ser morta mais depressa do que os modelos indicam. Um estudo recente indica perda significativa de floresta por incêndios antes de 2030 sob a suposição otimista de que os padrões de clima dos últimos 10 anos continuem inalterados (Nepstad *et al.*, 2007).

O modelo do Centro Hadley foi o primeiro a incluir “retroalimentações bióticas”, onde o carbono liberado da mortalidade de floresta e do aquecimento do solo é incluído no cálculo do efeito

estufa futuro, que, em troca, conduz a maior liberação de carbono biosférico terrestre. Com o modelo do Centro Hadley, a temperatura média global em 2100 é 38% mais alta se as retroalimentações bióticas são incluídas. Porque apenas aproximadamente um quinto dos 20 modelos usados pelo AR-4 do IPCC tiveram a capacidade para incluir retroalimentações bióticas, essa parte de todos os modelos foi desativada nas execuções usadas para as estimativas do IPCC da temperatura global (*i.e.*, o aumento de 4°C em cima da temperatura pré-industrial até 2100 sob o cenário “A-2” que melhor aproxima as tendências atuais). Com certeza, as avaliações futuras do IPCC incorporarão estas retroalimentações, nas quais a Amazônia desempenha um papel principal.

RISCO E INCERTEZA

As predições de clima futuro indicam risco considerável para a Amazônia, assim como uma incerteza significativa. A maneira em que estes dois fatores estão incorporados em decisões sobre políticas públicas pode fazer uma grande diferença nas ações tomadas e, conseqüentemente na sobrevivência da floresta amazônica.

Incerteza se refere à falta de conhecimento sobre valores dos parâmetros ou sobre quais são as verdadeiras probabilidades de cada resultado diferente acontecer. A existência de incerteza tem sido usada repetidamente para evitar a tomada de difíceis decisões sobre a mudança climática. O caso mais notório é a recusa tradicional do presidente dos EUA, George W. Bush, em reconhecer a existência do efeito estufa, assim justificando a sua recusa de assumir compromissos específicos para reduzir as emissões. O Brasil adotou uma posição semelhante quando o relatório do IPCC sobre os impactos de mudança do clima foi aprovado em Bruxelas em abril de 2007, fazendo uma tentativa mal sucedida para retirar do resumo do relatório para formuladores de política a menção do risco de savanização na Amazônia (*Folha de São Paulo*, 2007). Enquanto os governos recusam admitir a existência de um problema não há nenhuma necessidade de ações sérias para evitar o problema.

No caso da contribuição do Brasil para a emissão de gases de efeito estufa por meio de desmatamento, houve uma longa história de estimativas oficiais que suavizam ou minimizam a magnitude e importância deste fator (veja Fearnside, 1997, 2000). A incerteza é freqüentemente invocada para justificar omissões. Por exemplo, a estimativa oficial das emissões do Brasil na Comunicação Nacional submetida à Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças de Clima (UN-FCCC) em dezembro de 2004 não contabilizar o carbono nas raízes das árvores por razões de incerteza (Brasil, MCT, 2004, pág. 148). Isto por si só aumentaria as emissões em aproximadamente 20%, no caso de floresta Amazônica, e mais do que o dobro no caso de cerrado. Uma série de fatores ou são omitidos completamente ou são representados por valores otimistas improváveis.

A maior parte daquilo que é discutido com relação à mudança climática, inclusive nos relatórios do IPCC, é exclusivamente baseado em médias ou estimativas “mais prováveis”. O caso “mais provável” significa que há uma probabilidade de 50% que o valor real é igual ou menor que a estimativa. Porém, o outro lado desta moeda é que há uma chance de 50% que o valor real é mais alto, e talvez muito mais alto. O que deveria ser a resposta para esta incerteza em termos de política? O princípio de precaução indicaria que políticas deveriam ser conservadoras para assegurar que limiares críticos não seriam ultrapassados. Em outras palavras, menos desmatamento deveria ser permitido e as emissões globais de gases de efeito estufa deveriam ser limitados em níveis mais baixos do que aqueles que seriam indicados por modelos usando valores “médios” ou “mais prováveis”.

Além da incerteza associada com o clima na Amazônia, há incerteza considerável relativo ao sistema climático global. Um fator chave que determina a severidade dos impactos do aquecimento global é a “sensitividade climática”, ou a quantia pela qual a temperatura média global em equilíbrio aumentaria como resultado de uma duplicação da concentração de CO₂ pré-industrial de 280 ppmv. Sob cenários tipo “negócio-como-sempre” esta duplicação ocorre até 2070. O “provável” valor para sensibilidade climática é aproximadamente 3°C, mas há uma chance de 50% que o verdadeiro valor seja mais alto que isto e a possibilidade de que é muito mais alto é significativa. Um valor de 6,2°C

precisaria ser usado para ter 95% de certeza que o valor real é incluído (Hegerl *et al.*, 2006). A projeção de uma elevação de 4°C da temperatura média global sobre os níveis pré-industriais até 2100 é baseada em uma sensibilidade climática de cerca de 3°C. Isto também é verdade para as várias simulações de savanização na Amazônia.

O perigo de usar valores médios ou “mais prováveis” em decisão sobre eventos catastróficos podem ser ilustrado por um exemplo simples. Imagine que alguém que mora em um prédio de apartamentos fosse perguntar para um engenheiro se o edifício desmoronará e cairá ao chão como o Edifício Palace II, que desmoronou no Rio de Janeiro em 1998. Se o engenheiro respondesse que é “provável” que o edifício continue de pé, o residente preocupado ficaria satisfeito? Claramente a resposta é “não”, já que pode ter, por exemplo, uma chance de 51% que o edifício continuar de pé porém uma chance de 49% que se desmorone! Seguramente uma pessoa que mora no edifício, para quem um colapso seria catastrófico, queria uma probabilidade de muito maior do que 99% que o edifício permanece de pé. Quanto mais catastrófico o resultado, mais garantia é requerida que a catástrofe não acontecerá. Eventos como a morte da floresta amazônica seriam catastróficos para o Brasil, e portanto o Brasil deveria estar exigindo cortes mais fundos nas emissões globais totais. Porém, ao invés disso, a posição do Brasil foi uma recusa para especificar um limite sobre as emissões globais.

A UN-FCCC, assinada em 1992 no Rio de Janeiro na ECO-92 tem como objetivo a estabilização de concentrações atmosféricas de gases de efeito estufa em níveis que evitariam interferência “perigosa” com o sistema climático global (UN-FCCC, 1992, Artigo 2). Negociações estão em curso para definir o que seria “perigoso” em termos de uma concentração máxima de gases de efeito estufa equivalente a CO_2 ou um valor máximo correspondente de elevação da temperatura global. A União Européia adotou 2°C de aumento da temperatura global sobre a média pré-industrial como a definição de “perigoso”. Isto corresponde aproximadamente aos limites de tolerância da floresta amazônica. Por que, então, o Brasil continua recusando apoiar a definição de 2°C como “perigoso?” A resposta, é clara, é que adotar um limite significa que todos os países, inclusive o Brasil, terão que fazer reais reduções nas suas emissões. Um limite global em termos de concentração ou em termos de temperatura significa que todas as emissões têm que ficar dentro do limite, independentemente de se eles são antropogênicos ou naturais, se eles são intencionais ou acidentais, e se eles vêm de países ricos ou pobres.

O Brasil deveria estar na liderança em fazer compromissos para reduzir as emissões porque é um dos países pesadamente afetados por mudança climáticas projetadas e por causa de sua posição praticamente única de ter o grosso das suas emissões vindo de desmatamento, que contribui pouco à economia. Ao invés disso, o Ministério das Relações Exteriores do Brasil tem constantemente recusado a assumir qualquer compromisso internacional para reduzir as emissões, ou até mesmo para fixar metas internas para redução das emissões. As afirmações repetidas do governo de que o desmatamento esteja sob controle deveriam levar em uma vontade para se comprometer em reduzir o desmatamento e as suas emissões associadas. Embora o desmatamento esteja menos “sob controle” do que implica a queda na taxa de desmatamento em 50% entre 2004 e 2007, muito poderia ser feito para reduzir o desmatamento se fosse dado a prioridade que o problema merece (*e.g.*, Fearnside, 2005). O custo de tais ações poderia ser compensado facilmente pelo valor das emissões que seriam evitadas se o desmatamento fosse reduzido e se o Brasil fosse vender créditos de carbono dessa fonte que sejam válidos para compromissos internacionais (*e.g.*, Fearnside, 2006). As contribuições brasileiras à Conferência das Partes (COP) da UN-FCCC em Nairobi em 2006 e em Bali em 2007 pelo menos abriu a porta à discussão deste assunto previamente considerado um tabu. Devido ao sistema climático levar décadas para responder a reduções de emissões, não há nenhum tempo para desperdiçar se é para conter a ameaça à floresta amazônica devido à mudança de clima.

AGRADECIMENTOS

O Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq: Proc. 306031/2004-3, 557152/2005-4, 420199/2005-5, 474548/2006-6), Rede GEOMA e Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA: PRJ02.12) contribuíram apoio financeiro. Agradeço a P.M.L.A. Graça, N. Hamada e S. Couceiro pelos comentários.

LITERATURA CITADA

- Alencar, A.C.; Solórzano, L.A.; Nepstad, D.C. 2004. Modeling forest understory fires in an eastern Amazonian landscape. *Ecological Applications* 14(4): S139-S149.
- Barbosa, R.I.; Fearnside, P.M. 1999. Incêndios na Amazônia brasileira: Estimativa da emissão de gases do efeito estufa pela queima de diferentes ecossistemas de Roraima na passagem do evento "El Niño" (1997/98). *Acta Amazonica* 29(4): 513-534.
- Brasil, INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). 2007. Projeto PRODES: Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite. INPE, São José dos Campos, São Paulo, Brasil. (Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/prodes/>).
- Brasil, MCT (Ministério da Ciência e Tecnologia), 2004. *Brazil's Initial National Communication to the United Nations Framework Convention on Climate Change*. Ministry of Science and Technology (MCT), Brasília, DF, Brasil, 271 p.
- Cândido, L.A.; Manzi, A.O.; Tota, J.; da Silva, P.R.T.; da Silva, F.S.M.; dos Santos, R.N.N.; Correia, F.W.S. 2007. O Clima atual e futuro da Amazônia nos Cenários do IPCC: A questão da savanização. *Ciência e Cultura* 59(3): 44-47.
- Cochrane, M.A.; Alencar, A.; Schulze, M.D.; Souza Jr., C.M.; Nepstad, D.C.; Lefebvre, P. Davidson, E.A. 1999. Positive feedbacks in the fire dynamic of closed canopy tropical forests. *Science* 284: 1832-1835.
- Cox, P.M.; Betts, R.A.; Collins, M.; Harris, P.P.; Huntingford, C.; Jones, C.D. 2004. Amazonian forest dieback under climate-carbon cycle projections for the 21st century. *Theoretical and Applied Climatology* 78: 137-156, doi:10.1007/s00704-004-0049-4.
- Cox, P.M.; Betts, R.A.; Jones, C.D.; Spall, S.A.; Totterdell, I.J. 2000. Acceleration of global warming due to carbon-cycle feedbacks in a coupled climate model. *Nature* 408: 184-187.
- Fearnside, P.M. 1997. Monitoring needs to transform Amazonian forest maintenance into a global warming mitigation option. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 2(2-3): 285-302.
- Fearnside, P.M. 2000. Effects of land use and forest management on the carbon cycle in the Brazilian Amazon. *Journal of Sustainable Forestry* 12(1-2): 79-97.
- Fearnside, P.M. 2005. Deforestation in Brazilian Amazonia: History, rates and consequences. *Conservation Biology* 19(3): 680-688.
- Fearnside, P.M. 2006. Mitigation of climatic change in the Amazon. p. 353-375. *In: Laurance, W.F.; Peres, C.A. (Eds.) Emerging Threats to Tropical Forests*. University of Chicago Press, Chicago, Illinois, E.U.A., 563 p.
- Fearnside, P.M.; Laurance, W.F. 2004. Tropical deforestation and greenhouse gas emissions. *Ecological Applications* 14(4): 982-986.
- Foley, J.A.; Asner, G.P.; Costa, M.H.; Coe, M.T.; DeFries, R.; Gibbs, H.K.; Howard, E.A.; Olson, S.; Patz, J.; Ramankutty, N.; Snyder, P. 2007. Amazonia revealed: forest degradation and loss of ecosystem goods and services in the Amazon Basin. *Frontiers in Ecology and the Environment* 5(1): 25-32.

- Folha de São Paulo*. 2007. "Conclusão de texto envolve debate intenso", 6 April 2007, p. A-14.
- Hegerl, G.C.; Crowley, T.J.; Hyde, W.T.; Frame, D.J. 2006. Climate sensitivity constrained by temperature reconstructions over the past seven centuries. *Nature* 440: 1029-1032.
- Hansen, J., M. Sato, R. Ruedy, D.W. Lea & M. Medina-Elizade. 2006. Global temperature change. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 203(39): 14288-14293.
- Kundzewicz, Z.W.; Mata, L.J.; Arnell, N.W.; Döll, P.; Kabat, P.; Jiménez, B.; Miller, K.A.; Oki, T.; Sen, Z.; Shiklomanov, I.A. 2007: Freshwater resources and their management. In: Parry, M.L.; Canziani, O.F.; Palutikof, J.P.; van der Linden, P.J.; Hanson, C.E. (Eds.). *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido, p. 173-210.
- Lean, J., C.B. Bunton, C.A. Nobre & P.R. Rowntree. 1996. The simulated impact of Amazonian deforestation on climate using measured ABRACOS vegetation characteristics. p. 549-576. In: J.H.C. Gash, C.A. Nobre, J.M. Roberts & R.L. Victoria (eds.), *Amazonian Deforestation and Climate*. Wiley, Chichester, Reino Unido, 611 p.
- McPhaden, M.J.; Zebiak, S.E.; Glantz, M.H. 2006. ENSO as an integrating concept in earth science. *Science* 314: 1740-1745.
- Meehl, G.A.; Stocker, T.F.; Collins, W.D.; Friedlingstein, P.; Gaye, A.T.; Gregory, J.M.; Kitoh, A.; Knutti, R.; Murphy, J.M.; Noda, A.; Raper, S.C.B.; Watterson, I.G.; Weaver, A.J.; Zhao, Z.-C. 2007. Global Climate Projections. In: Solomon, S.; Qin, D.; Manning, M.; Chen, Z.; Marquis, M.; Averyt, K.B.; Tignor, M.; Miller, H.L. (Eds.). *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido, p. 247-845.
- Nepstad, D.C.; Carvalho, G.; Barros, A.C.; Alencar, A.; Capobianco, J.P.; Bishop, J.; Moutinho, P.; Lefebvre, P.; Silva, Jr., U.L.; Prins, E. 2001. Road paving, fire regime feedbacks, and the future of Amazon forests. *Forest Ecology and Management* 154: 395-407.
- Nepstad, D.C.; Soares-Filho, B.; Merry, F.; Moutinho, P.; Rodrigues, H.O.; Bowman, M.; Schwartzman, S.; Almeida, O.; Rivero, S. 2007. The Costs and Benefits of Reducing Carbon Emissions from Deforestation and Forest Degradation in the Brazilian Amazon. Woods Hole Research Center (WHRC), Falmouth, Massachusetts, E.U.A. 26 p.
- Nicholls, N. & 98 outros. 1996. Observed climate variability and change. p. 133-192 In: Houghton, J.T., L.G. Meira Filho, B.A. Callander, N. Harris, A. Kattenberg and K. Maskell (eds.). *Climate Change 1995: The Science of Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido, 572 p.
- Salazar, L.F.; Nobre, C.A.; Oyama, M.D. 2007. Climate change consequences on the biome distribution in tropical South America. *Geophysical Research Letters* 34: L09708, doi:10.1029/2007GL029695.
- Sampaio, G.; Nobre, C.; Costa, M.H.; Satyamurty, P.; Soares-Filho, B.S.; Cardoso, M. 2007. Regional climate change over eastern Amazonia caused by pasture and soybean cropland expansion. *Geophysical Research Letters* 34: L17709, doi:10.1029/2007GL030612.
- UN-FCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change). 1992. United Nations Framework Convention on Climate Change. (disponível em inglês em <http://www.unfccc.de> e em Português em <http://www.mct.gov.br/clima>).