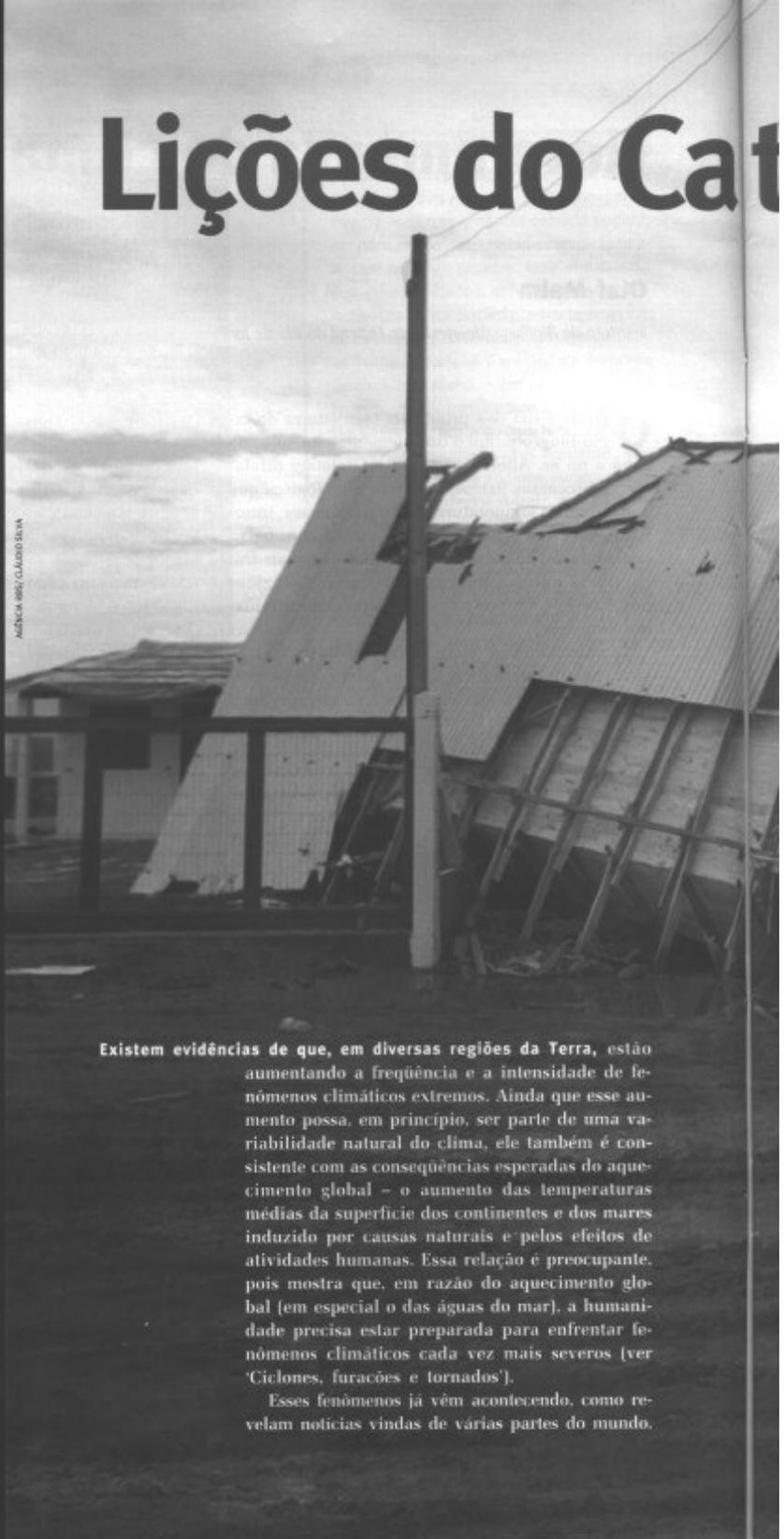


Nos últimos tempos, fenômenos climáticos de grande poder de destruição vêm ocorrendo em diversas partes do mundo, causando enormes danos materiais e alto número de mortes. Nem o Brasil escapou: o Catarina, primeiro furacão do Atlântico Sul, pegou de surpresa moradores do sul do país em março do ano passado. Alguns estudos indicam que o aumento da temperatura das águas oceânicas estaria tornando mais intensos esses fenômenos, mas ainda há incertezas quanto à real influência do chamado aquecimento global em mudanças na frequência de furacões e tufões e em sua ocorrência em locais onde não eram observados. Centros de pesquisa de vários países, usando modelos climáticos, tentam prever se esses eventos extremos tendem a aumentar, para evitar ou amenizar tragédias como a provocada pelo furacão Katrina em Nova Orleans, nos Estados Unidos.

José A. Marengo e Carlos A. Nobre
Centro de Previsão de Tempo
e Estudos Climáticos,
Instituto Nacional
de Pesquisas Espaciais

Lições do Cat



Existem evidências de que, em diversas regiões da Terra, estão aumentando a frequência e a intensidade de fenômenos climáticos extremos. Ainda que esse aumento possa, em princípio, ser parte de uma variabilidade natural do clima, ele também é consistente com as conseqüências esperadas do aquecimento global – o aumento das temperaturas médias da superfície dos continentes e dos mares induzido por causas naturais e pelos efeitos de atividades humanas. Essa relação é preocupante, pois mostra que, em razão do aquecimento global (em especial o das águas do mar), a humanidade precisa estar preparada para enfrentar fenômenos climáticos cada vez mais severos (ver 'Ciclones, furacões e tornados').

Esses fenômenos já vêm acontecendo, como revelam notícias vindas de várias partes do mundo.

Catarina e do Katrina

As mudanças do clima e os fenômenos extremos



causando imensos prejuízos materiais e a morte de grande número de pessoas. No entanto, os danos a cidades e populações provocados por ciclones, furacões, tufões e tempestades severas têm razões menos climáticas e mais demográficas e políticas. Grandes cidades já foram atingidas por tempestades muito fortes no passado, sem tantas mortes ou estragos. A diferença é que de lá para cá ocorreu uma explosão demográfica nas zonas costeiras e muitas áreas sujeitas à passagem de furacões e chuvas fortes foram intensamente ocupadas, com o consentimento dos governos e sem maior preocupação com os riscos associados.

Mesmo o Brasil não está imune a esses fenômenos. Em 27 de março de 2004 uma tempestade inicialmente classificada como ciclone extratropical atingiu a costa sul do Brasil, entre Laguna

(SC) e Torres (RS), com chuvas fortes e ventos estimados em cerca de 150 km/h, matando 11 pessoas no continente e no oceano e causando destruição em dezenas de municípios. Após estudos e debates, concluiu-se que o fenômeno – batizado de Catarina por causa do estado mais atingido (figura 1) – foi o primeiro furacão de que se tem notícia no país. O Catarina gerou muitas indagações sobre suas causas, e não está excluída a possibilidade de estar relacionado ao aquecimento global. Na verdade, ainda existe incerteza nos meios científicos sobre as possíveis consequências das mudanças climáticas associadas ao aquecimento global no aumento na frequência e na intensidade de furacões.

O que se sabe é que o aquecimento global é real e decorre principalmente, entre outros fato-

Casa destruída pelo furacão Catarina em Passos de Torres (SC), em março de 2004.

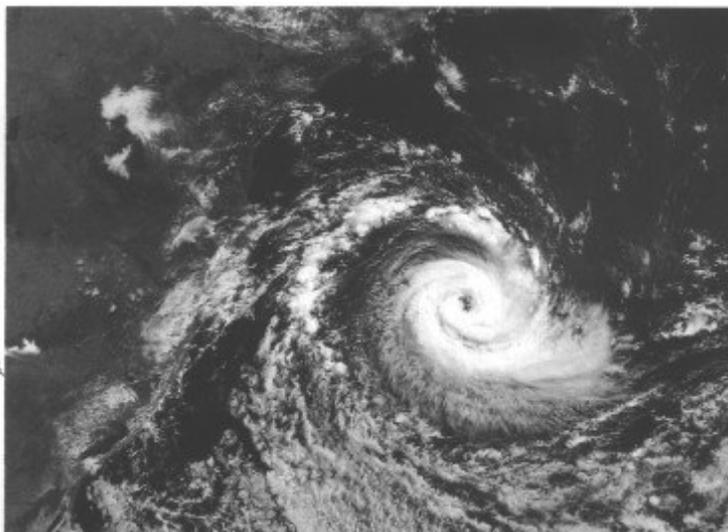


Figura 1. Imagem do Catarina, primeiro furacão conhecido no Atlântico Sul, que atingiu o sul do Brasil em março de 2004 – a fotografia, em cores naturais, foi obtida pelo satélite Terra

FOTO: NASA

elas tempestades tropicais e furacões) e de que regiões que raramente experimentam fenômenos extremos hoje podem ser afetadas por eles no futuro. A pergunta que se faz é: esse futuro já chegou?

Ao norte e ao sul do Atlântico

Os furacões do Atlântico Norte, que todos os anos surgem na região do Caribe e se deslocam em direção ao Golfo do México ou à costa leste dos Estados Unidos, são bem conhecidos pela exposição no noticiário mundial. No entanto, dados históricos sobre o número de furacões na região desde 1820 (figura 2) parecem não indicar uma tendência de aumento da frequência de furacões intensos ao longo do tempo. Há, porém, uma variação – de caráter natural – no número de furacões entre as décadas, como se fossem ciclos. É preciso ressaltar que essas estatísticas só são confiáveis após o surgimento dos satélites meteorológicos, ou seja, nos últimos 45 anos.

Para o Atlântico Sul, em comparação, não existem estatísticas confiáveis sobre esses fenômenos que cubram um longo tempo, além do período de observações por satélites. Portanto, não se pode afirmar com absoluta certeza que o furacão Catarina foi o primeiro evento desse gênero no Atlântico Sul, mas certamente nada comparável aconteceu nos últimos 50 anos e não há registros, na história brasileira, de fenômeno tão intenso na costa sul do Brasil.

Sabe-se que os ciclos observados nas estatísticas históricas sobre furacões e tempestades tropicais no Atlântico Norte são influenciados por fenômenos climáticos como o El Niño (o aquecimento das águas superficiais do oceano Pacífico tropical) ou

res, do aumento da concentração de gases de 'efeito estufa' na atmosfera. Essa maior concentração, gerada em grande parte pela queima de combustíveis derivados do petróleo e por desmatamentos, queimadas e incêndios florestais, acumulam-se na atmosfera e aumentam a retenção de calor pelo planeta, fazendo com que a baixa atmosfera se comporte como uma imensa estufa.

Para avaliar os efeitos desse aquecimento no clima, os países integrantes das Nações Unidas criaram em 1988 o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, na sigla em inglês). Existe no Painel o consenso de que as mudanças do clima vinculadas ao aquecimento global podem alterar as trajetórias das tempestades severas (entre

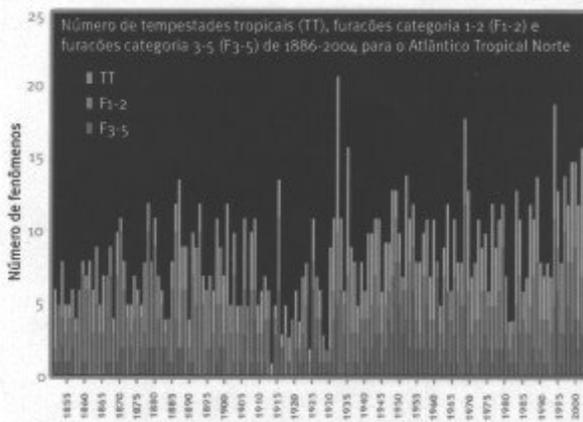


Figura 2. O registro de tempestades tropicais (em amarelo), furacões das categorias 1 e 2 (em laranja) e furacões das categorias 3, 4 e 5 (em vermelho) no Atlântico Tropical Norte, entre 1850 e 2004, indicam uma tendência no sentido de maior número desses fenômenos aproximadamente a cada 25 anos, sugerindo a existência de ciclos

FONTE: NOAA ESTIMOS INADDO

variações nas temperaturas do mar na região tropical do Atlântico Norte (entre 5° e 20° de latitude) (figura 3). Assim, a cada 25 anos, em média, há um pico no número de furacões, como pode ser percebido, no gráfico, no período 1940-1960 e em meados dos anos 90.

A estação de furacões deste ano, no Atlântico Norte, tem sido muito intensa, assim como a de 2004, com danos muito elevados. O furacão Katrina, que atingiu a região de Nova Orleans, na costa norte-americana do Golfo do México, em agosto de 2005, é considerado o que causou maiores prejuízos econômicos em todo o registro histórico desde 1820 (figura 4). Além disso, segundo números oficiais do final de setembro, o furacão matou mais de mil pessoas nos estados atingidos. A intensidade desse furacão, da mesma forma que a formação do Catarina no Atlântico Sul, em 2004, motivou especulações sobre possíveis influências do aquecimento global na frequência e na intensidade desses fenômenos e até no seu aparecimento em áreas onde sempre foram incomuns, como no Brasil.

De fato, estudo realizado pelo Centro Hadley de Previsões Climáticas, associado ao Serviço Meteorológico Britânico, sugere que cenários climáticos mais quentes, decorrentes do aumento na concentração de gases de efeito estufa, podem fazer de grande parte do litoral brasileiro uma região com condições favoráveis para o desenvolvimento de ciclones extratropicais intensos. A área em que isso pode ocorrer estende-se da costa sul do Brasil (onde as condições já são favoráveis no clima atual) até o sul do estado de Rio de Janeiro (para o período 2071-2100). Esse, porém, é o resultado de apenas um modelo matemático do clima, que precisa de maior comprovação. Ainda não há dados concretos que permitam associar inequivocamente o Catarina ao aquecimento constatado das águas do Atlântico Sul.

O conhecimento atual sobre a meteorologia tropical explica que não ocorrem furacões no Atlân-

FIGURA 3. Os registros históricos da temperatura da superfície do oceano no Atlântico Tropical Norte revelam anomalias (diferenças entre essa temperatura em determinada época e, na mesma região, a média do período 1961-1990, aceita internacionalmente como um indicador do clima atual) – os períodos anômalos com maior número de furacões são indicados pelas barras roxas abaixo do gráfico

FONTE: TRENBERTY (2005)

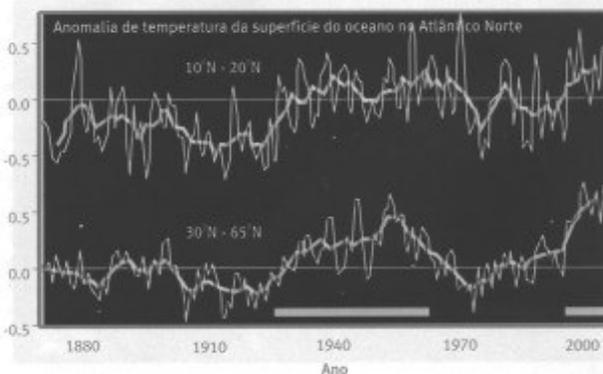
CICLONES, FURACÕES E TORNADOS

Ciclones são centros de baixa pressão atmosférica em torno dos quais ocorrem ventos giratórios, formando estruturas de grandes dimensões (atingem mais de 200 km de diâmetro). Os ventos giram no sentido anti-horário no hemisfério Norte e horário no hemisfério Sul. Os ciclones surgem principalmente sobre os oceanos, em geral em regiões tropicais, e podem durar vários dias e se deslocar por longas distâncias, tornando-se às vezes muito intensos. Quando ocorrem fora dos trópicos, caso do sul do Brasil, são chamados de ciclones extratropicais. Ciclones com ventos de mais de 119 km/h são classificados como furacões. A intensidade dos furacões é medida de acordo com a pressão no centro (o 'olho') e a velocidade de vento. A escala mais conhecida, baseada na velocidade do vento, inclui os níveis 1 (119 a 153 km/h), 2 (154 a 177 km/h), 3 (178 a 209 km/h), 4 (210 a 249 km/h) e 5 (acima de 250 km/h). Quanto maior o nível, maior o poder de destruição. Tufão é o nome dado aos furacões que ocorrem em regiões da Ásia. Já os tornados são ventos giratórios em forma de funil, formados geralmente em terra, com diâmetro (junto ao solo) entre alguns e dezenas de metros. O tornado é considerado o fenômeno meteorológico mais destrutivo, já que a velocidade do vento pode superar 400 km/h, mas, em comparação com os furacões, atinge áreas muito menores e dura menos tempo (de alguns minutos a cerca de uma hora).

tico Sul porque não existem, nessa região, as duas principais condições para o desenvolvimento e a intensificação desse fenômeno extremo. Essas condições são grandes áreas da superfície do mar com temperatura acima de 27°C e ventos relativamente fracos na alta troposfera (entre 5 e 10 km de altura), soprando de preferência, na mesma direção que os ventos de superfície.

O Catarina, porém, aconteceu. Pode-se então perguntar: essas condições ocorreram ou o furacão se formou mesmo sem elas?

Estudo recente de dois climatologistas da Universidade de Melbourne, na Austrália, o brasileiro Alexandre Pezza e o australiano Ian Simmonds, ▶



não deixa dúvida de que o furacão Catarina originou-se de uma combinação pouco usual de altas temperaturas na superfície do Atlântico Sul subtropical e de ventos mais fracos em altitude, possivelmente causados por uma situação meteorológica conhecida como 'bloqueio atmosférico' intenso na média-alta troposfera. Nessa situação, uma região de alta pressão permaneceu estacionária próxima à região onde ocorreu o Catarina e 'desviou' os ventos intensos bem mais para o sul, o que resultou em ventos moderados na média e alta troposfera (condição essencial aos furacões).

Esses autores reconhecem que foi esse o fator decisivo para a transformação do que se iniciou como um típico ciclone extratropical do Atlântico Sul em um furacão. O aquecimento global causa aumento das temperaturas da superfície do mar, mas para que furacões passem a ocorrer no Atlântico Sul serão necessárias mudanças nas circulações atmosféricas de grande escala. Ainda é uma questão científica em aberto se o aquecimento global causará tais mudanças de circulação.

Figura 4. Imagem do furacão Katrina, que atingiu os Estados Unidos em agosto deste ano, obtida pelo satélite climático GOES-12

— as cores rosa e vermelho indicam a radiação infravermelha (calor) emitida pelas nuvens do furacão

Intensidade pode estar aumentando

Uma característica de ciclones tropicais, furacões e tufões, no entanto, já vem revelando indícios de mudança. Segundo um grande especialista no assunto, o climatologista Kerry Emanuel, do Instituto Tecnológico de Massachusetts, nos Estados Unidos, o poder destrutivo desses fenômenos quase duplicou nos últimos 30 anos e o aquecimento da

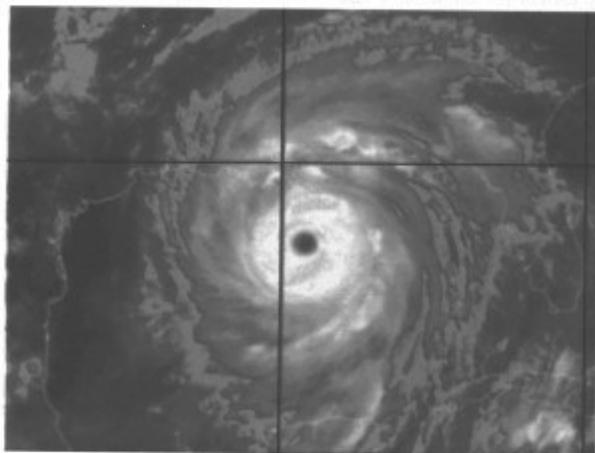
Terra tende a elevá-lo ainda mais, ainda que não seja cientificamente possível, no momento, associar o poder de destruição de um furacão como o Katrina isoladamente ao aquecimento global.

Recentemente, o climatologista Peter Webster e outros pesquisadores do Instituto Tecnológico da Geórgia, também nos Estados Unidos, reforçaram essa conclusão ao afirmar que, embora não seja possível culpar o aquecimento global pela presença do furacão Katrina e a devastação de Nova Orleans, é possível esperar mais furacões como o Katrina de agora em diante, como resposta às mudanças climáticas causadas por esse aquecimento. Eles detectaram que, embora o número total de eventos esteja estável ou até diminuindo, verifica-se uma tendência de aumento na quantidade de furacões nas categorias 4 e 5 (os mais intensos, com ventos entre 210 e 250 km/h e de mais de 250 km/h, respectivamente). Essa tendência pode estar sendo induzida pelo aquecimento global, considerando-se que entre 1970 e 2004 a temperatura média da superfície do mar aumentou 0,5°C.

Talvez a única maneira de saber se, no futuro imediato ou distante, haverá mais ou menos furacões em geral, se regiões onde furacões não ocorrem vão passar a conviver com esses fenômenos, ou se a frequência de furacões intensos vai aumentar, seja através de sofisticados modelos climáticos — ou seja, simulações em computador que tentam avaliar o que ocorrerá com o clima, reproduzindo suas características e suas possíveis mudanças.

Experimentos realizados com modelos climáticos em vários centros mundiais de meteorologia de nações como Estados Unidos, Reino Unido, Alemanha, Austrália e Japão não têm sido conclusivos. Em geral, revelam um aumento de 10% a 20% na intensidade de ciclones tropicais, incluindo furacões e tufões, quando as condições da atmosfera terrestre são simuladas com o dobro das concentrações de gases de efeito estufa em relação aos níveis existentes na época pré-industrial. Esses modelos, porém, não mostraram concordância em relação a mudanças na frequência desses fenômenos severos: alguns indicaram até redução do número de furacões e tufões em um planeta mais quente.

A temperatura da superfície do mar está aumentando em todas as bacias oceânicas, não só no Atlântico. Quanto maior for o aumento dessa temperatura, mais fenômenos como o Catarina ou o Katrina poderão ocorrer. Entretanto, as informações obtidas até agora pelos cientistas ainda não permitem fazer previsões confiáveis sobre como esses fenômenos serão em um planeta Terra mais quente. Existe a necessidade — urgente — de aperfeiçoar as projeções climáticas regionais a respeito dos efeitos do aquecimento global, e de, ao mesmo



MAGNUM PHOTOS/REUTERS/INFORMAZIONE



ENTENDER E PREVENIR

No Brasil, os autores desenvolvem, com a equipe do Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), estudos sobre a variabilidade de clima (desde a previsão climática sazonal até a avaliação dos efeitos, sobre o clima mundial, do aquecimento global e de mudanças no uso da terra) e estudos para a criação de um sistema nacional de informações ambientais para prevenção de desastres naturais, incluindo eventos meteorológicos e climáticos extremos, e a redução de suas conseqüências.

Entre as pesquisas estão a previsão de anomalias de clima associadas ao fenômeno El Niño e a realização de projeções de cenários futuros de clima para o século 21, em face do aquecimento global, dos desmatamentos e de outros fatores. Essas atividades incluem o trabalho com modelos globais de clima, desenvolvidos no próprio Centro e em órgãos de pesquisa do Reino Unido e do Japão, com o intuito de elaborar cenários regionalizados de clima no Brasil, usando computadores de alto desempenho. Esses cenários servem para avaliar como será o clima futuro do Brasil e quais os impactos de mudanças cli-

matias na sociedade, nos ecossistemas naturais, na agricultura etc. Os estudos incluem ainda detecção, monitoramento, simulação e projeções de eventos extremos de clima e tempo, como furacões, ondas de calor, tempestades, chuvas intensas e outros, e investigação das tendências atuais de eventos como o Catarina ou o Katrina, para entender como esses fenômenos poderão se comportar no futuro.

Quanto ao sistema nacional de informações ambientais para a prevenção de catástrofes, que vem sendo desenvolvido em parceria com institutos de pesquisa e órgãos dos governos federal, estaduais e municipais, seu objetivo é cruzar, de modo automático, observações e previsões de eventos meteorológicos e climáticos extremos com informações, para todos os municípios do país, sobre vulnerabilidades e riscos a desastres naturais, visando alertar os órgãos de defesa civil sobre a probabilidade de ocorrência desses desastres. O projeto, na fase-piloto, irá criar um sistema para prevenir riscos: 1. de deslizamentos em encostas para quatro regiões metropolitanas e para a serra do Mar; 2. de colapso de safras de subsistência para municípios do semi-árido do Nordeste; e 3. de incêndios florestais para a Amazônia.

tempo, investir mais em tecnologias de previsão do clima, principalmente através do uso de sofisticados modelos matemáticos do 'sistema terrestre' e da instalação de equipamentos para detecção e acompanhamento de fenômenos extremos. Isso é mais verdadeiro no caso de países em desenvolvimento, como o Brasil (ver 'Entender e prevenir').

A medida mais importante a ser adotada, diante do que se sabe, é a criação com urgência de programas de defesa da população em casos poten-

Figura 5. A destruição causada pelo furacão Catarina no sul do Brasil (na imagem, a cabeceira de uma ponte na BR 116 cai e deixa os municípios de Capão do Leão, Arroio Grande, Pedro Osório e Jaguarão isolados) aponta para a necessidade da adoção de medidas para a prevenção desses fenômenos e a defesa da população

SUGESTÕES PARA LEITURA

- GMC DONALD, R. e outros. 'Tropical storms: representation and diagnosis in climate models and the impacts of climate change', in *Climate Dynamics*, v. 25 (1), p. 19, 2005.
- PIZZA, A. & SIMMONDS, I. 'The first South Atlantic hurricane: unprecedented blocking, low shear and climate change', in *Geophysical Research Letters* (no prelo), 2005.
- TRENBERTH, K. 'Uncertainty in hurricanes and global warming', in *Science*, v. 308, p. 1-753, 2005.
- WEBSTER, P.J. e outros. 'Changes in tropical cyclone number and duration and intensity in a warming environment', in *Science*, v. 309, p. 1844, 2005.