

Estudos de mudanças de clima no Brasil. O que conhecemos e necessidade de cenários de clima do futuro.

**J. Marengo, T. Tarasova, I. Pistnitchenko, C. Nobre, L. Alves
Centro Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC/INPE)
Cachoeira Paulista, SP**

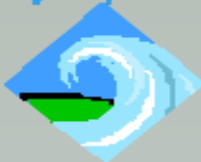
Climate Changes



Temperature



Precipitation



Sea-Level Rise



Health Impacts

Weather-Related Morbidity and Mortality
Infectious Disease
Air Pollution Respiratory Effects



Agricultural Impacts

Crop Yields
Irrigation Demands



Forest Impacts

Forest Composition
Geographic Range
Change in Water Quality



Water Resources Impacts

Change in Water Supply
Change in Water Quality



Coastal Impacts

Beach Erosion
Inundation of Coastal Land
Cost to Defend Coastal Communities

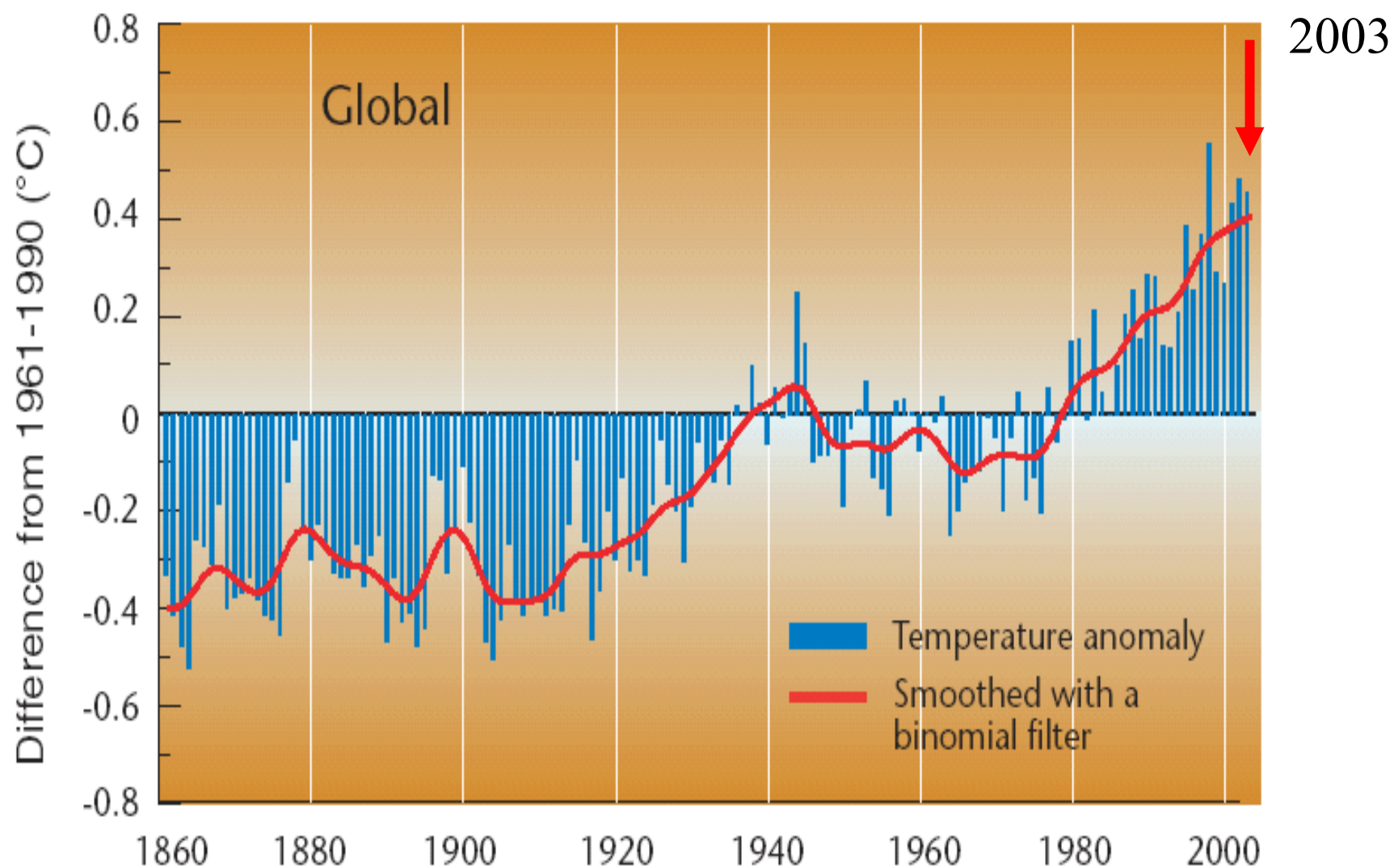


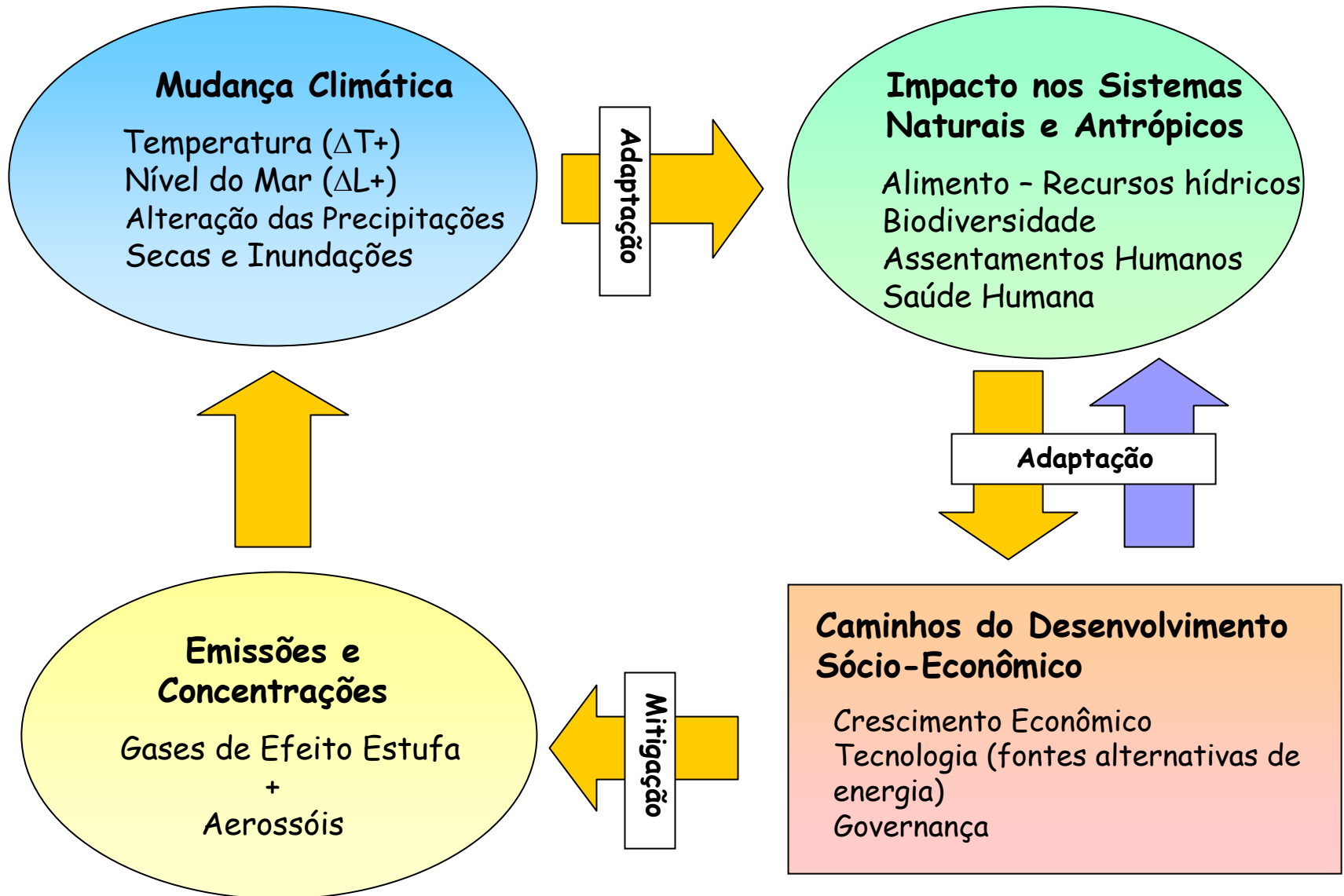
Species and Natural Lands

Loss of Habitat and Species
Shift in Ecological Zones

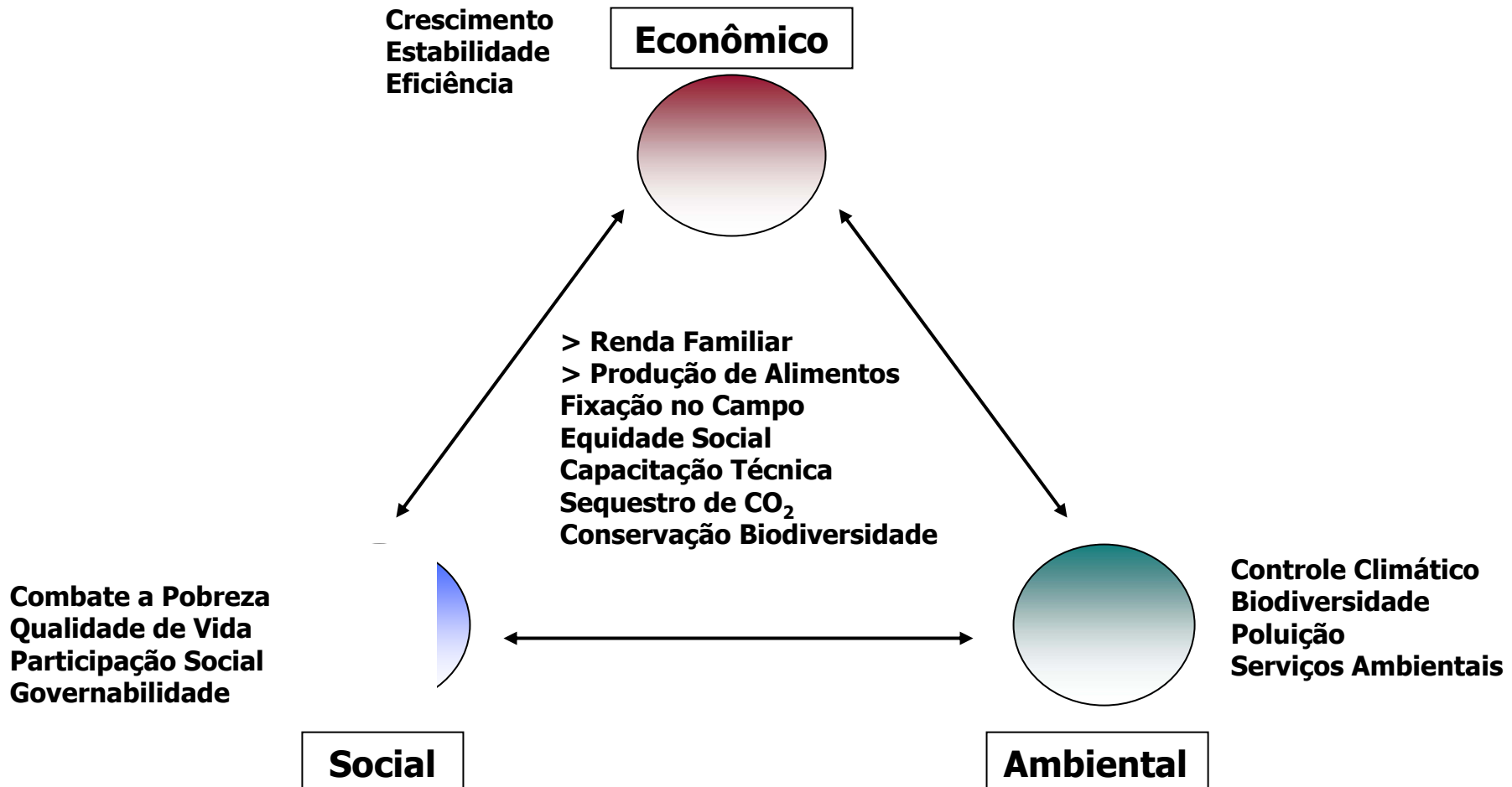
Combined annual land air and sea surface temperatures from 1861-2003 relative to 1961-1990 for the globe

(Sources: Climatic Research Unit, University of East Anglia and Hadley Centre, The Met Office, UK)





Elementos Chaves do Desenvolvimento Sustentável



Caos no clima ameaça um milhão de espécies

Aquecimento global pode causar extinção de um quarto dos animais e plantas terrestres até 2050, diz estudo

Roberta Jansen

• O aquecimento global pode levar pelo menos um milhão de espécies terrestres à extinção até 2050, alerta o maior estudo internacional já realizado sobre o tema, publicado na última edição da "Nature". No pôr do sol analisado pelos cientistas, a metade de todos os animais e plantas terrestres poderia desaparecer.

Especialistas das Nações Unidas alertaram para o fato de que tamanha destruição poderia ameaçar bilhões de pessoas em todo o mundo que dependem diretamente da natureza para sobreviver.

— No melhor dos casos, que na minha opinião é irreal, com o mínimo de mudanças climáticas e levando-se em conta que as espécies ocupam novas áreas, 9% das espécies seriam extintas — afirmou o coordenador do estudo, Chris Thomas, da Universidade de Leeds.

Como estimava-se que existam dez milhões de espécies, a perda mínima, de cerca de 10%, representaria a extinção de um milhão de plantas e animais até 2050.

— As conclusões são muito consistentes e alarmantes — disse Stuart Pimm, especialista em extinções e biodiversidade da Universidade de Duke, nos EUA.

Coete na emissão de gases minimizaria problema

O estudo foi realizado em seis grandes regiões do mundo, entre elas a Amazônia e o cerrado brasileiro, com base em 1.100 espécies. Usando modelos matemáticos, os cientistas consideraram o que aconteceria com cada uma delas em cenários de aquecimento global mínimo, médio e máximo — de acordo com as previsões do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas. O resultado final foi então extrapolado de acordo com a estimativa mais acurada de que há dez milhões de espécies de animais e plantas terrestres.

— Os estudos mostram que as mudanças climáticas têm impacto muito grande no equilíbrio dos ecossistemas — afirmou a bióloga Heloise Helena de Oliveira, diretora de parcerias corporativas da Conservação Internacional. — O regime de chuvas, as temperaturas e os tipos de vegetação são influenciados

Saiba mais sobre as ameaças

O novo estudo já analisado sobre o impacto das mudanças climáticas sobre a biodiversidade terrestre que o aquecimento global pode levar um quarto das plantas e animais à extinção até 2050. No pior cenário, até um terço e metade de todos os animais e plantas terrestres desaparecerão.

AS REGIÕES MAIS AFETADAS

As espécies são vulneráveis a mudanças no clima do mundo que têm habitat restrito e, por isso, dependem de condições muito específicas para sobreviver. Alguns exemplos de habitats, espécies e grupos de espécies particularmente vulneráveis ao aumento da temperatura:



Bat. Japonesa



COSTA RICA

Cercalões (ou borboletas) são muitas espécies endêmicas de plantas e animais. O pólo é verde a área com um animal de estimação por mudanças no clima. Tudo se de fato devido à alta precipitação, que desapareceu após uma seca severa.



NEEDCO

O (leão) de Dalmácia possui as altas taxas de extinção. O calor excessivo faz com que a espécie não sobreviva.

EUROPA

Intensamente urbanizada, a Europa já possui o menor número de espécies de aves nativas por espécie e áreas protegidas ao redor do mundo. Estima-se que a taxa de extinção de aves europeias possa chegar a 25%.



Canário



BRASIL

Amazônia

Das partes de este de América, o maior número de espécies endêmicas de plantas e animais.

Cerrado

Cerca de 85% das 10 mil espécies de plantas do Cerrado são endêmicas. Pesquisas indicam que entre 20% a 45% das espécies de plantas e animais podem ser afetadas por mudanças no clima com a desobrigação de vida para espécies agrícolas, podendo ser afetadas extintivas.

América



ÁFRICA DO SUL

A flor símbolo de país, o protea real, só é encontrada a temperatura de planta austral. O mesmo poderá acontecer com centenas de outras espécies de fauna sul africana.

AUSTRÁLIA

Borboletas. Há cerca de 400 espécies de borboletas endêmicas, podendo desaparecer até 2050.

Árvore da floresta de Eucalipto. O eucalipto é muito sensível a mudanças de temperatura e umidade. Há pesquisas que mostram que a produtividade para o eucalipto pode ser afetada.



Nymphalis tetragona

pelos climas. Por isso, quando há alterações climáticas, isso afeta diretamente a estrutura dos ecossistemas e existe a possibilidade de extinção de espécies. Mudanças na distribuição de plantas, por exemplo, têm efeitos sobre toda uma floresta, inclusive seus animais.

Heloisa frisa que os anfíbios são extremamente sensíveis a mudanças de clima. — A tendência de aumento no ritmo de extinção durante o ano está relacionada a mudanças climáticas — disse. — Por serem espécies de sangue frio, eles não controlam a tem-

peratura corporal, que se altera de acordo com o ambiente. Para o coautor do estudo Lee Hannah, as estimativas deixam claro que as mudanças climáticas são a maior ameaça à sobrevivência das espécies. — A combinação de mudanças climáticas com perda de

habitat é preocupante. As alterações no clima podem forçar a mudança de espécies, mas se os potenciais novos habitats já estão destruídos, elas não terão para onde ir. De acordo com os cientistas, uma redução na emissão dos gases que provocam o

Cerrado pode perder 2 mil espécies

• O cerrado brasileiro é um dos biomas mais ameaçados do mundo, segundo o estudo publicado na "Nature". A pesquisadora brasileira Marizete Ferreira de Siqueira, do Centro de Referência em Informação Ambiental, que participou do estudo, diz que a perda de espécies vegetais exclusivas do cerrado será de 39% a 48%.

— Se fizermos uma projeção para o número de total de espécies de árvores do cerrado, que passa de 900, chegando a números da ordem de centenas de espécies ameaçadas. Se pensarmos no total de plantas do cerrado (que pode chegar a 10.000), esse número pode passar para a ordem de milhares de espécies ameaçadas — afirmou a bióloga. Isso teria um efeito direto na fauna.

— Meu trabalho não levou em consideração os animais, mas é óbvio que uma possível extinção de uma espécie vegetal pode acarretar uma série de alterações na fauna associada a ela.

Além disso, frisa a bióloga, outro bom parte do cerrado já foi devastado — mais de 65% de sua área original foi modificada — as espécies poderão ter poucas alternativas de mudança.

O estudo da "Nature" frisa ainda a importância de ampliar áreas de proteção na Amazônia para garantir o habitat (R.J.)

► NO GLOBO ONLINE: Fotógrafos: conheça espécies ameaçadas de extinção www.iglobe.com.br/leaoe

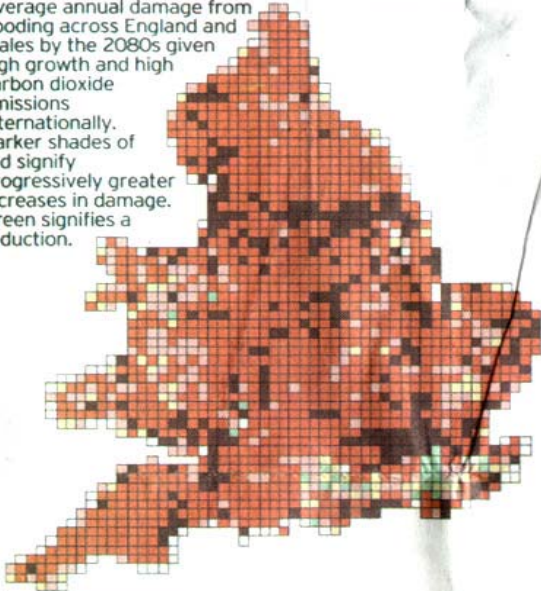
Fonte: The Foresight Report on Future Flooding, Department of Trade and Industry, UK Government

Floods bill 'could rise to £21bn a year'

Picture: GETTY IMAGES

Flood damage distribution

Average annual damage from flooding across England and Wales by the 2080s given high growth and high carbon dioxide emissions internationally. Darker shades of red signify progressively greater increases in damage. Green signifies a reduction.



Key Change from present day (2002)

- | | |
|---------------------------------------|-------------------------------------|
| Decrease ($\leq -£1k$) | Medium increase (£100k to £10,000k) |
| Negligible ($-£1k$ to £1k) | High increase (>£10,000k) |
| Low increase (£1k to £100k) | Outside IFP |

Source: Office of Science and Technology


Experts call for urgent action on sea and river defences to counter climate changes. Charles Clover reports



Flooding around homes in Chertsey, Surrey, in January last year. Predictions suggest that global warming will result in more rain in winter and fiercer storms

Fonte:
Revista *Veja*, Maio 2004

Elevação do nível do mar na
praia da Boa Viagem,
Recife

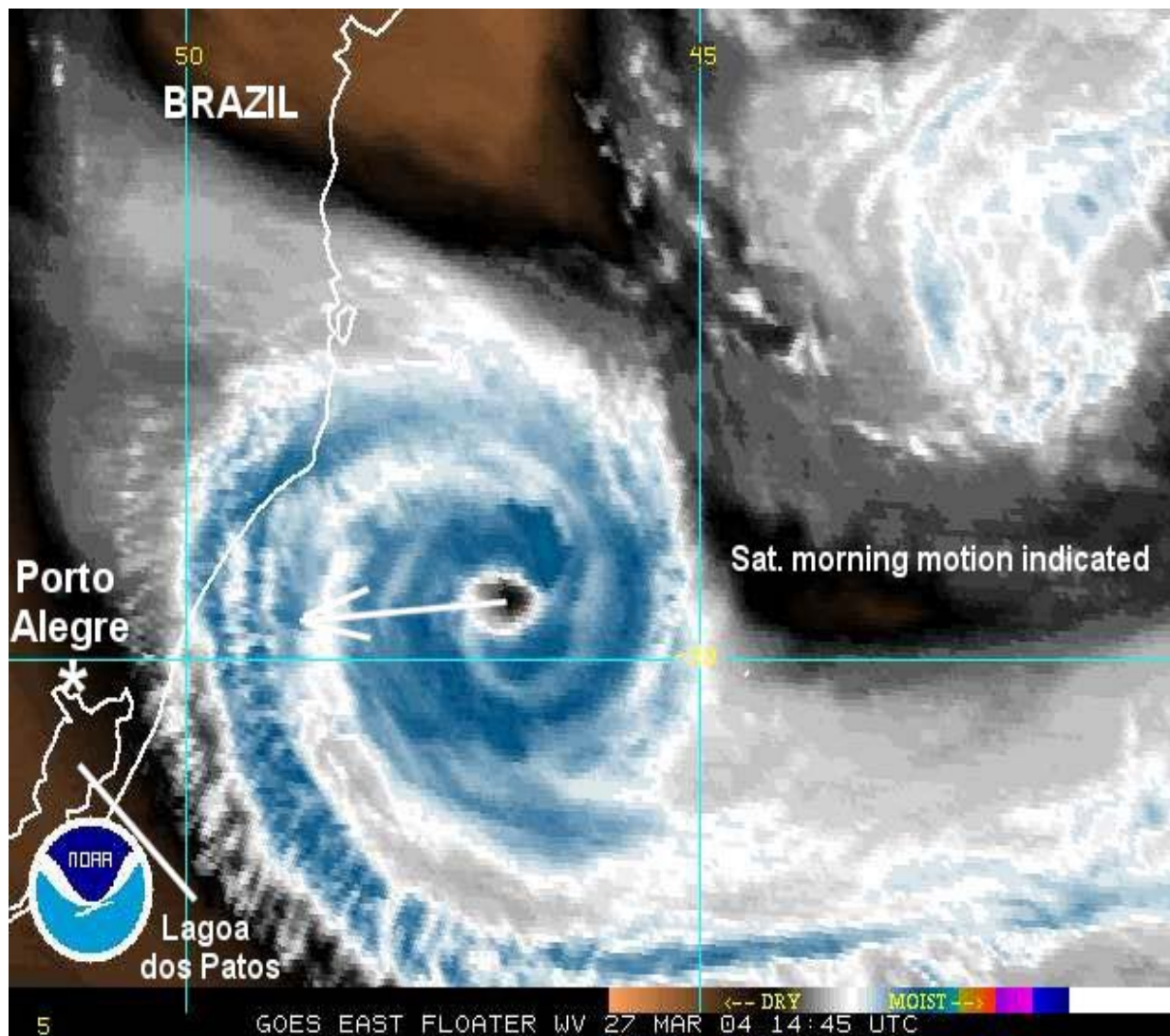


Nível do mar em
2100

Nível do mar em
1950

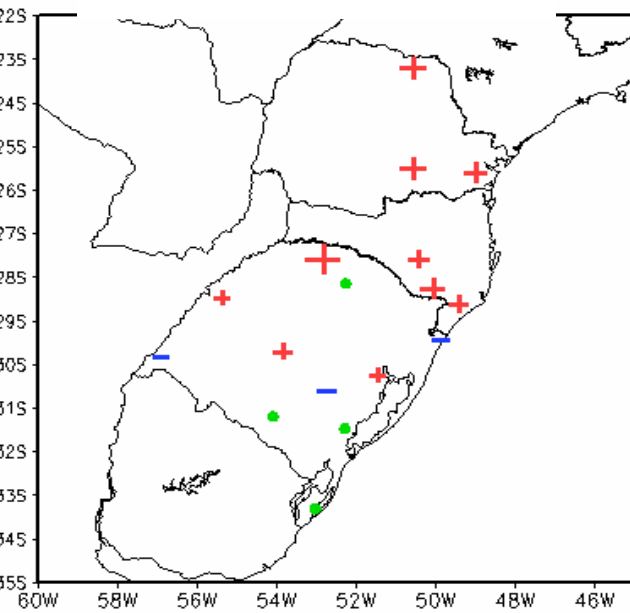
**Necessidade de projeções de elevação do
nível no mar de uma forma mais
quantitativa com estimações da incerteza**

Fenômeno Catarina: exemplo de mudanças climáticas?

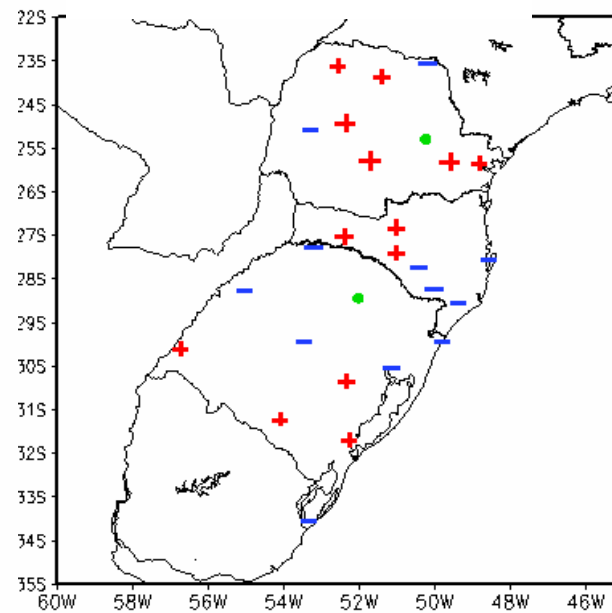


Fenômeno Catarina, 27 de março de 2004 as 11:45 Hora Local

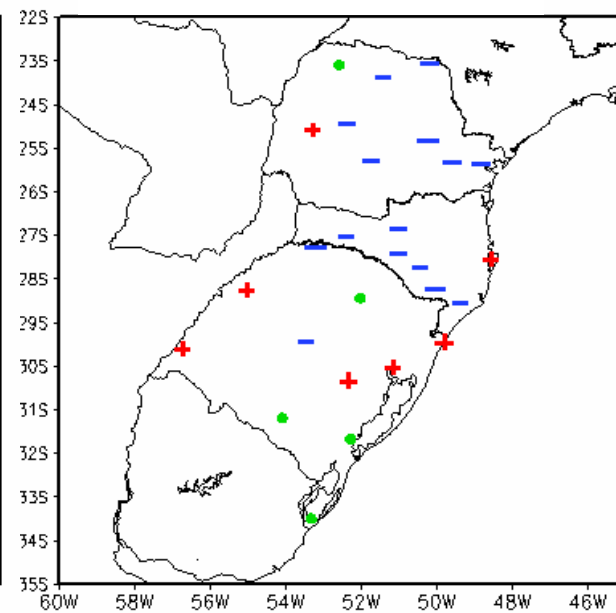
DTR anual 1960-69



DTR anual 1970-79



DTR anual 1980-89



DTR=Tmax-Tmin

**Fortes tendências positivas
Observadas na TMin**

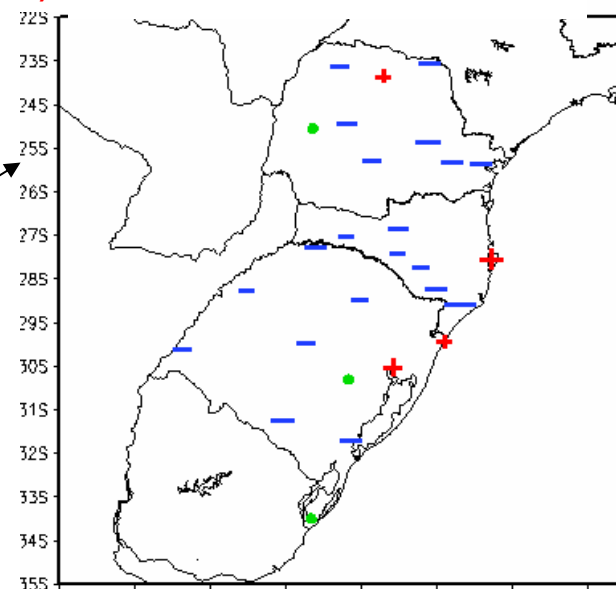
**Annual DTR 1950-93
(Carter et al 2004)**

Trend, Deg C / Decade

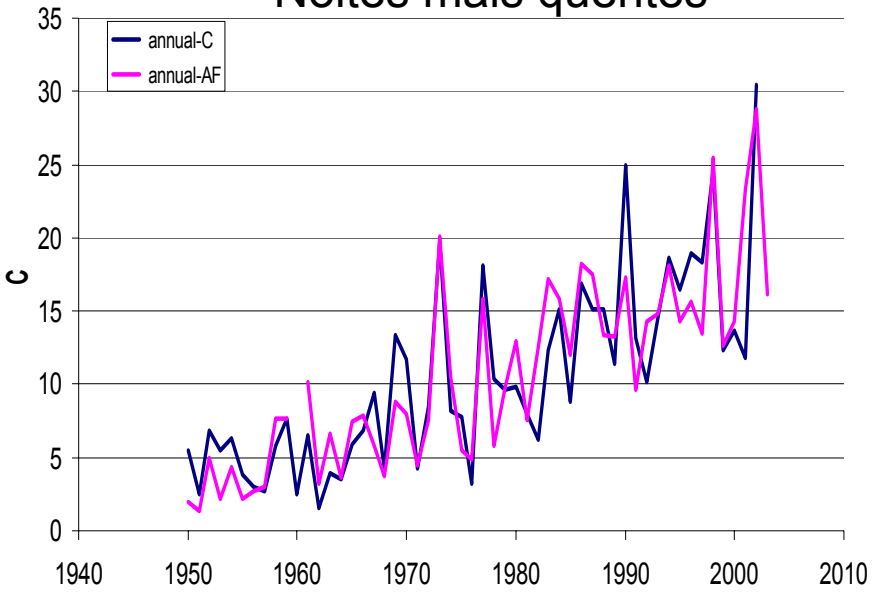


Campos and Marengo (2004)

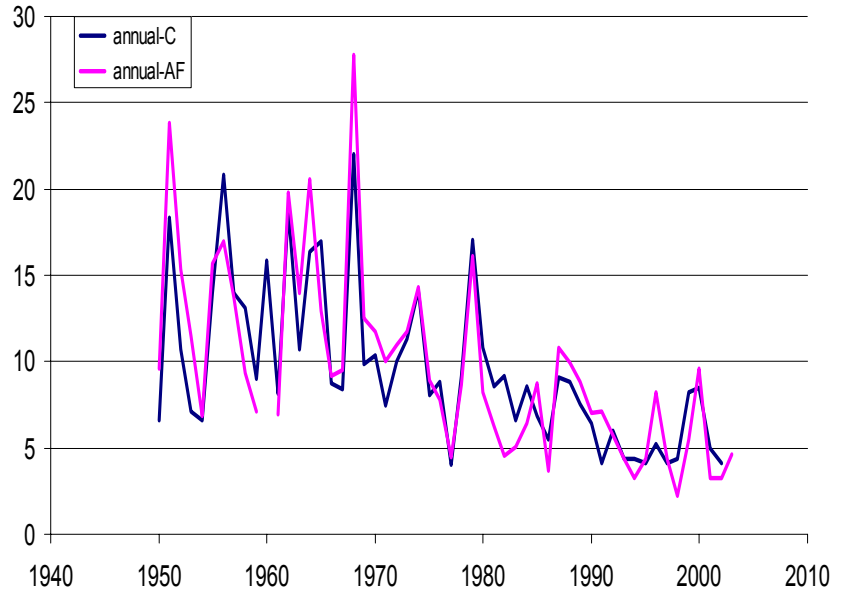
DTR anual 1990-2002



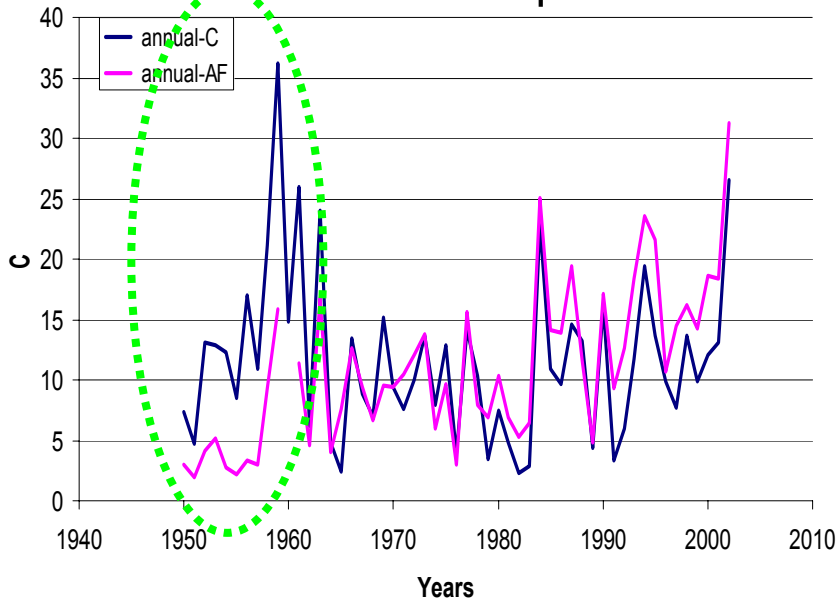
Campinas and Agua Funda TN90P
Noites mais quentes



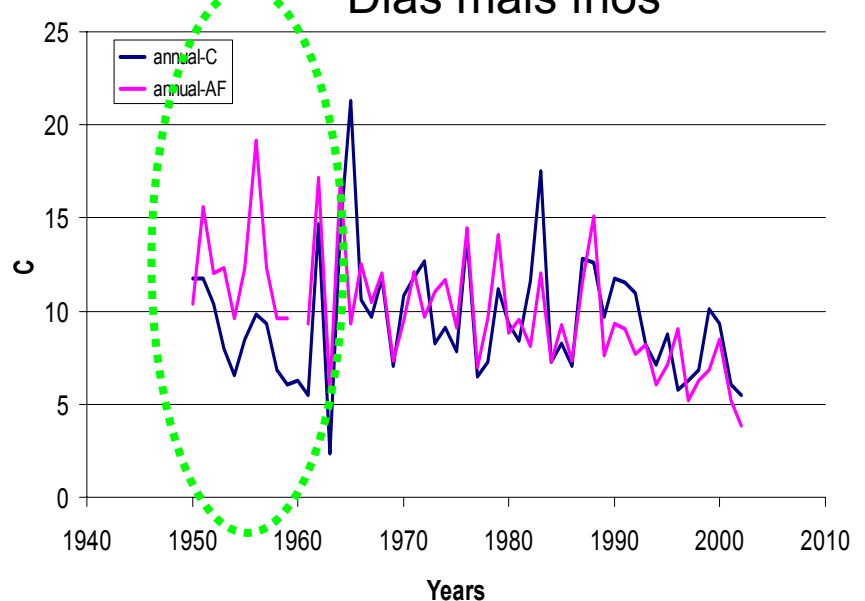
Campinas and Agua Funda TN10P
Noites mais frias



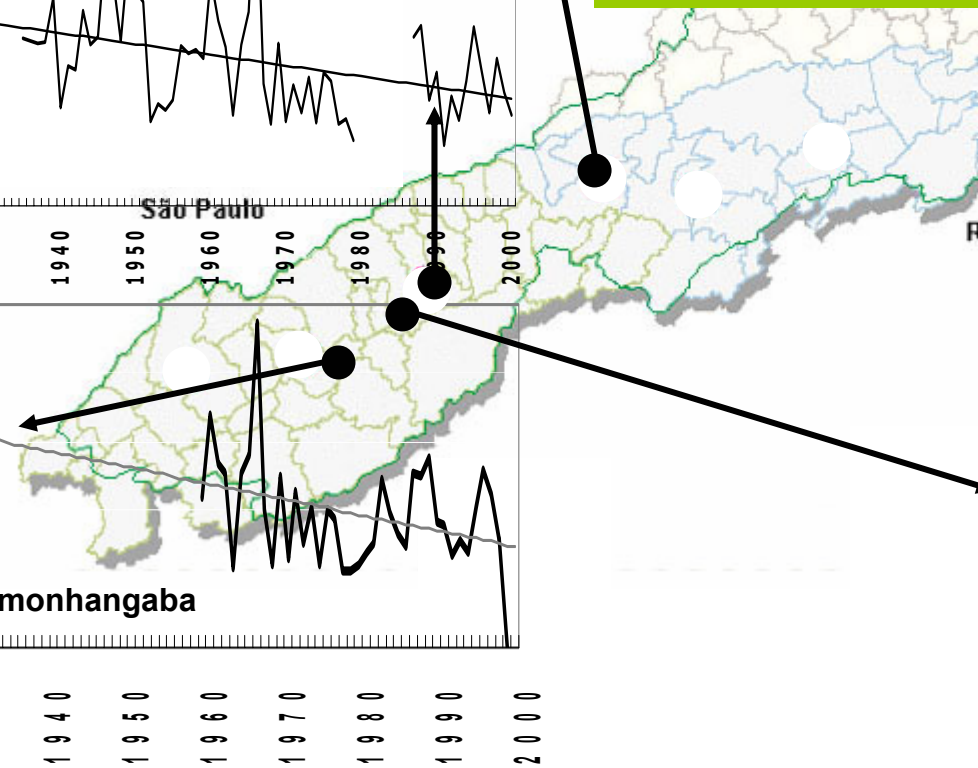
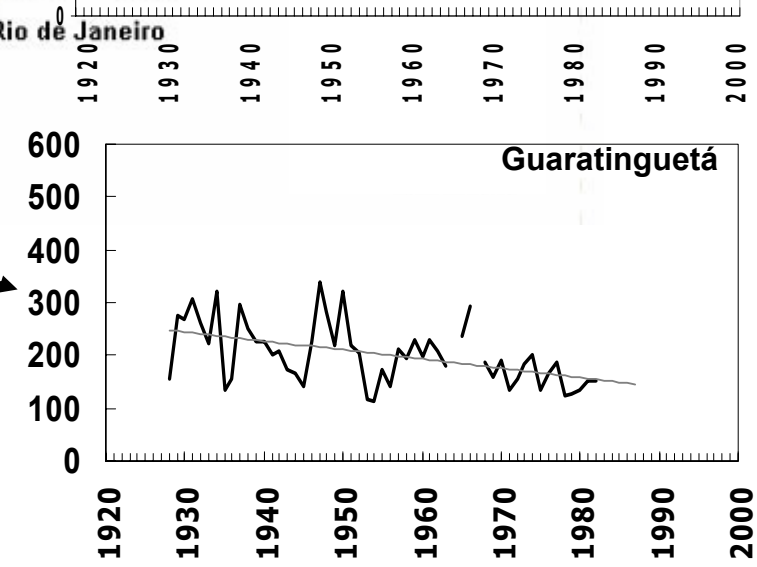
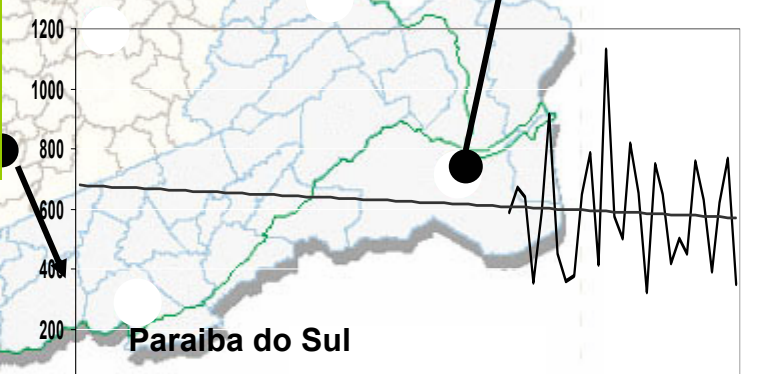
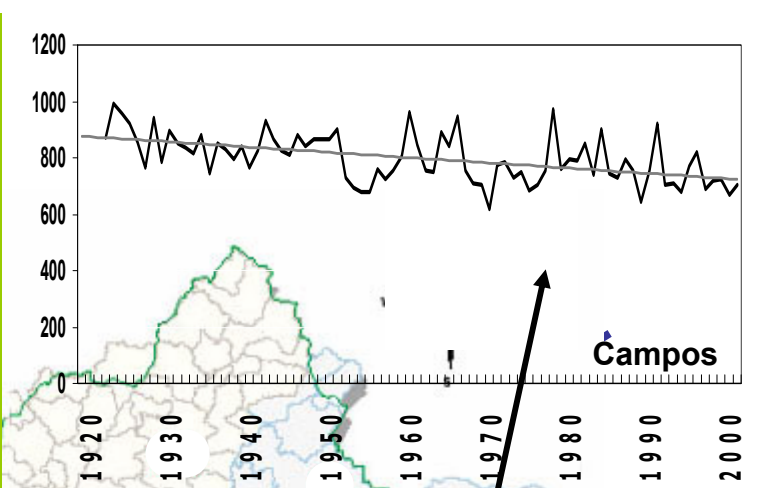
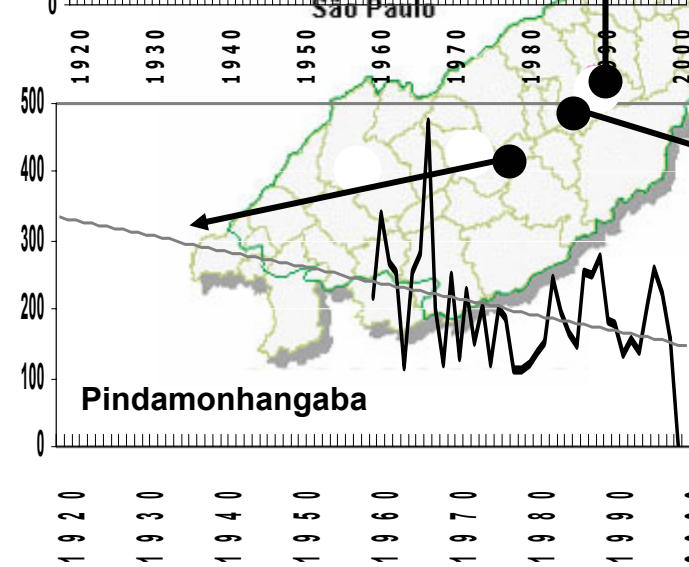
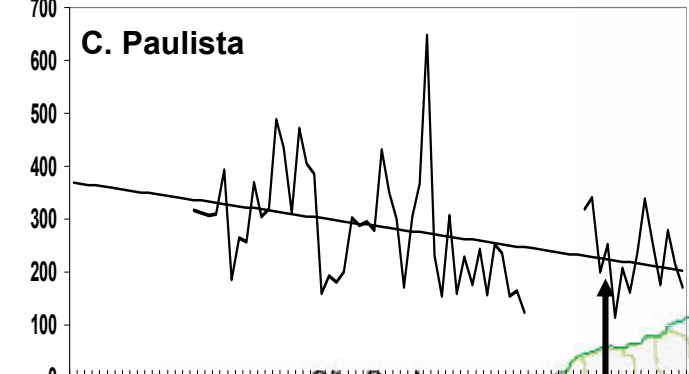
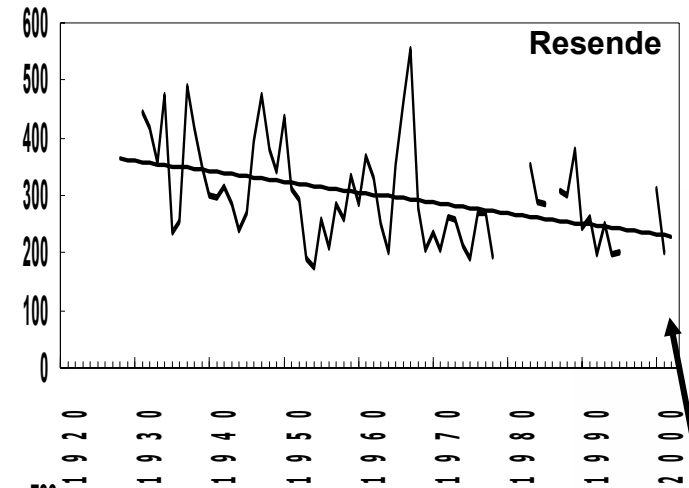
Campinas and Agua Funda TX90P
Dias mais quentes

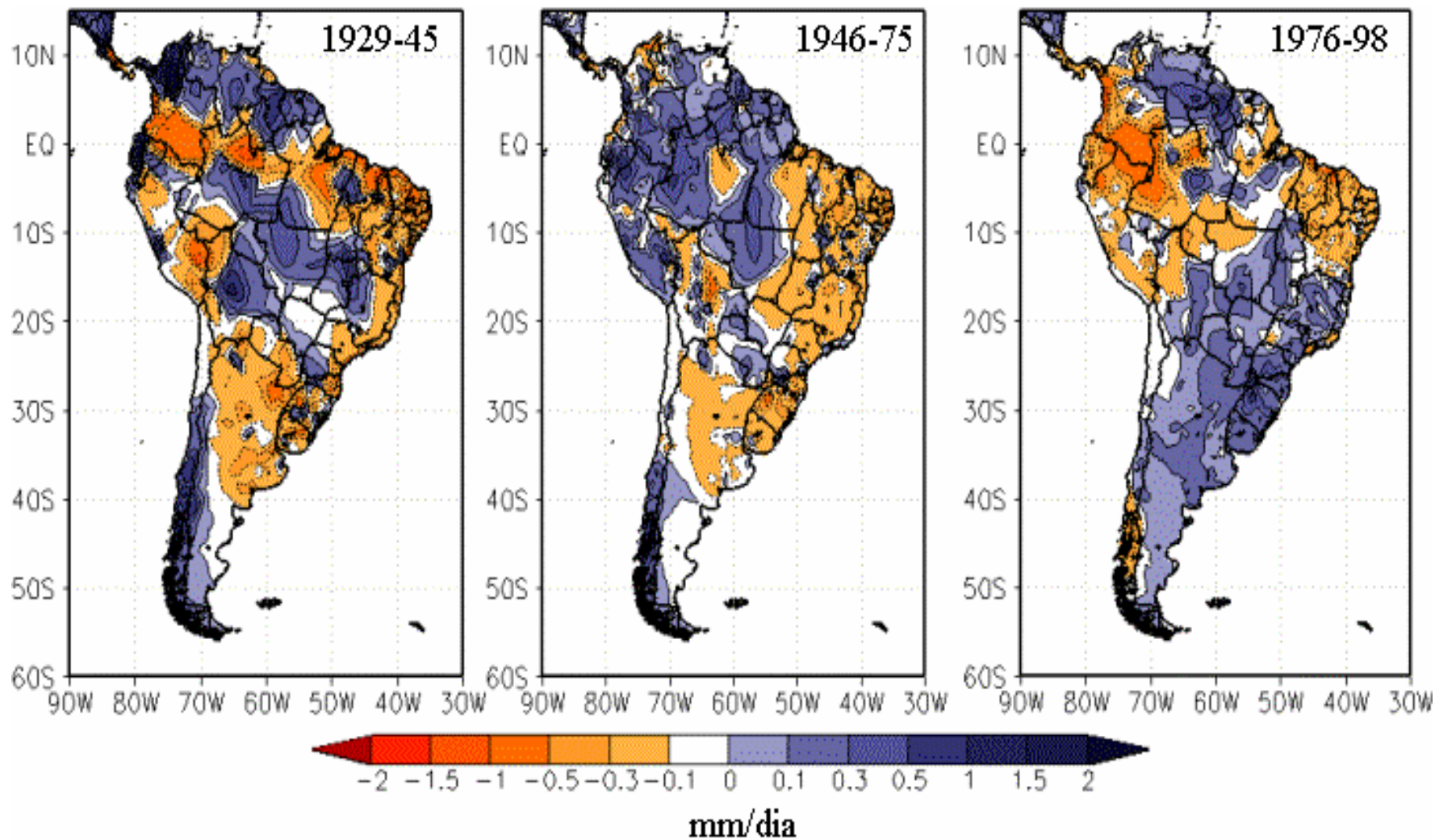


Campinas and Agua Funda TX10P
Dias mais frios

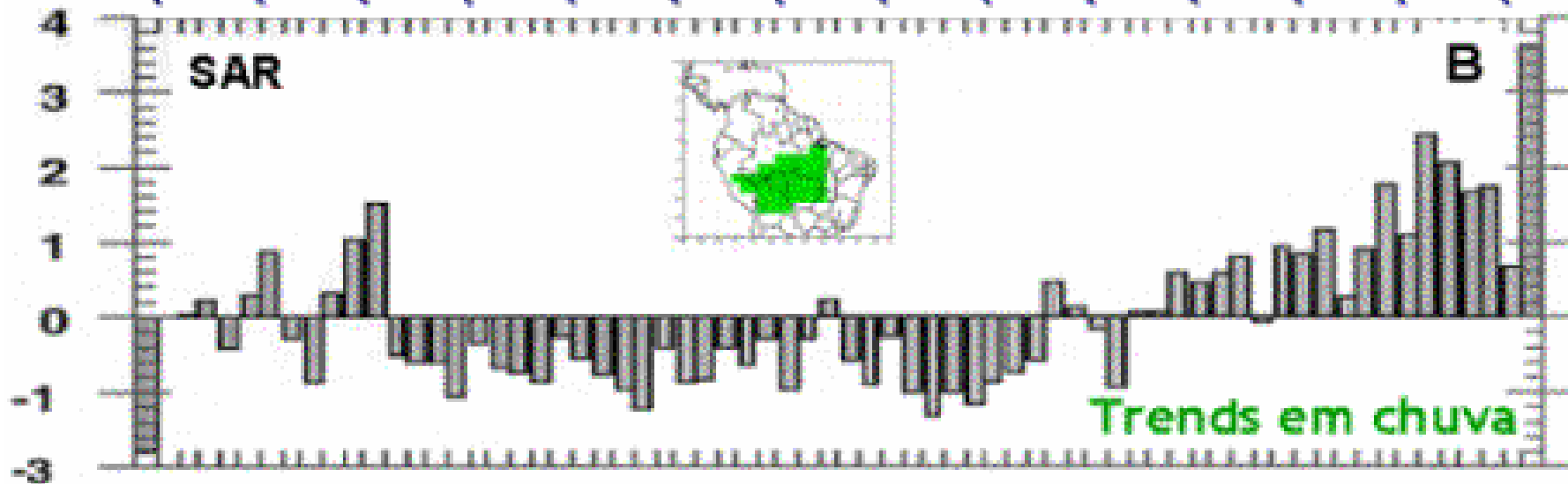
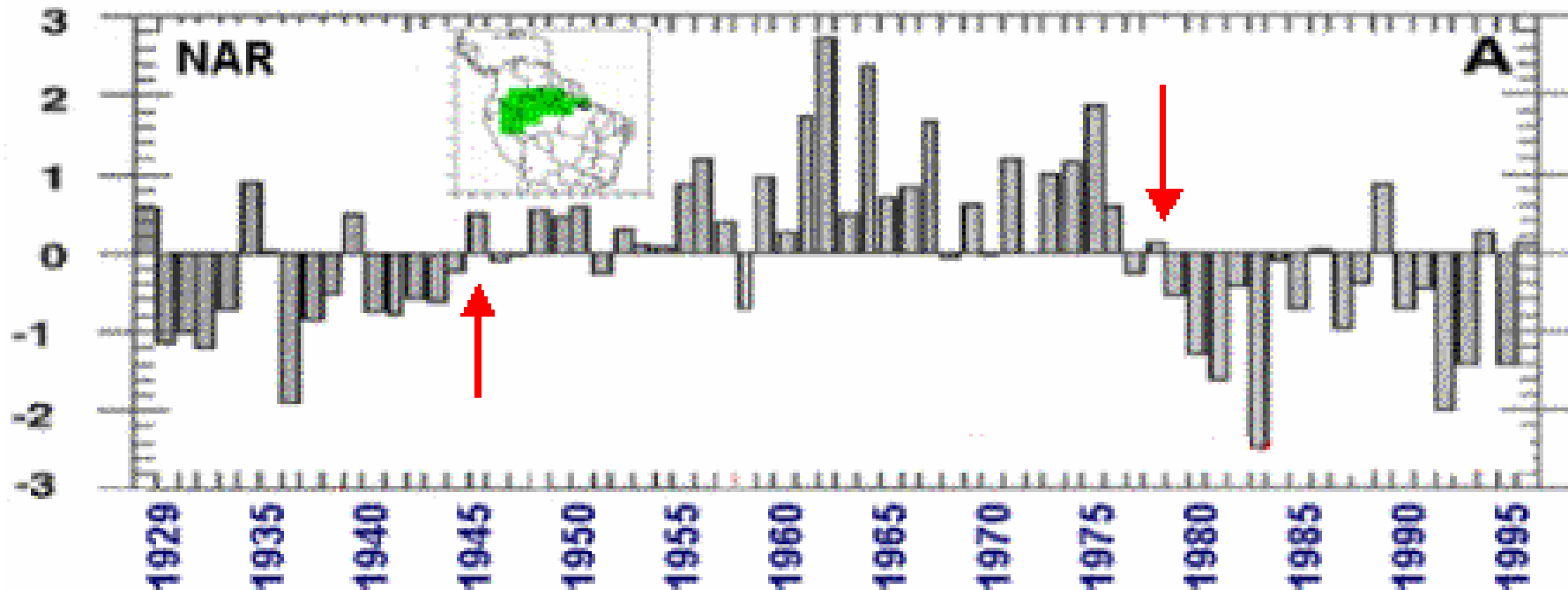


Tendências de Vazoes durante a estação chuvosa DJFM na Bacia do Rio Paraíba do Sul (1930-2000) (Fonte: DAEE, ANA)



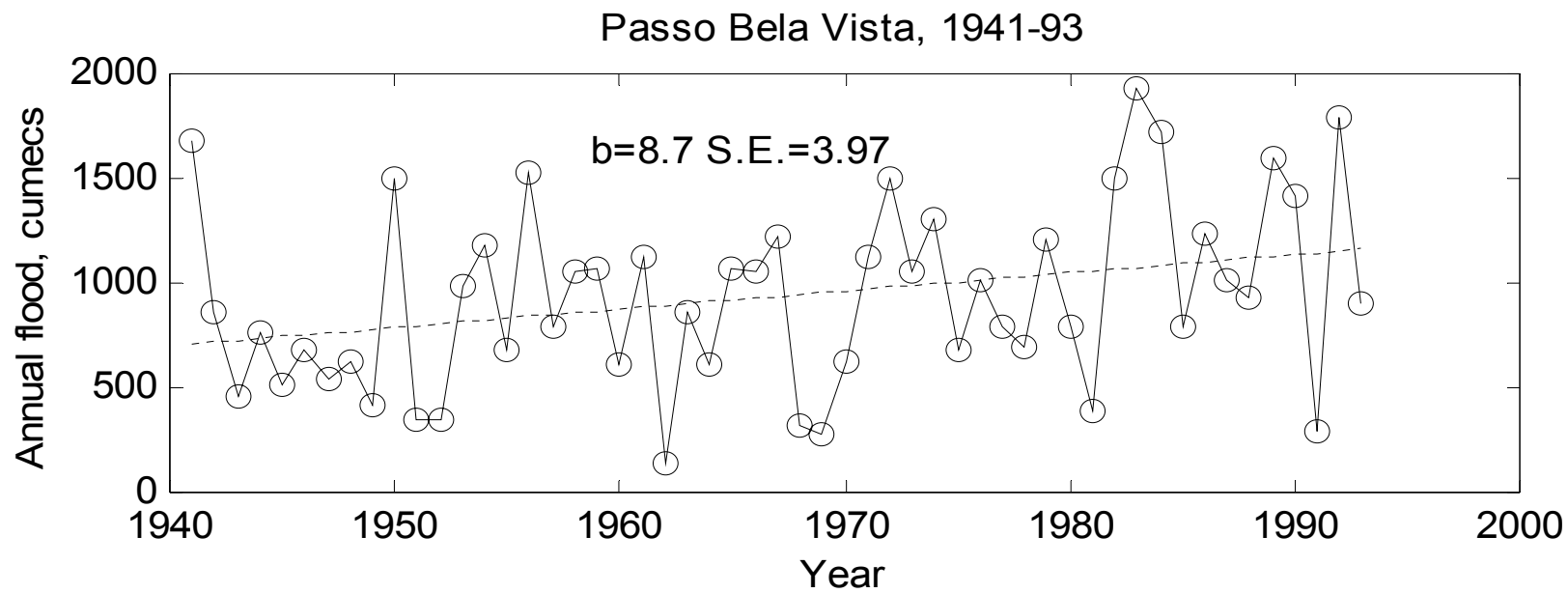
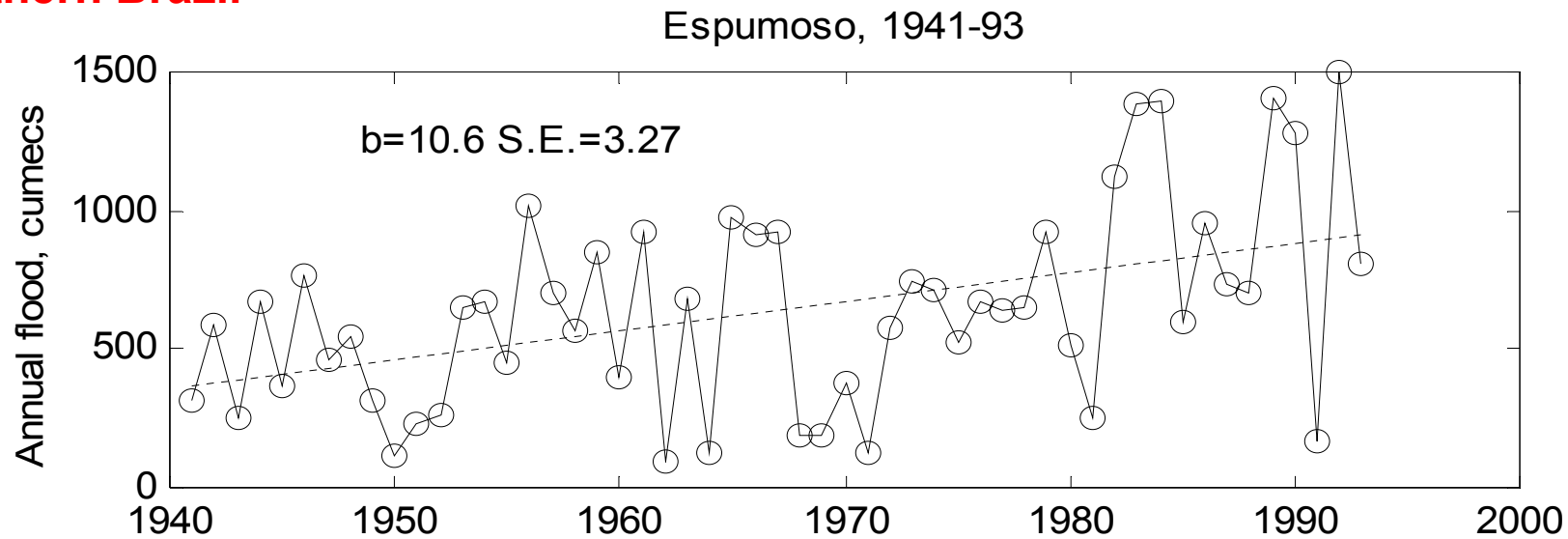


Variabilidade interdecadal de chuva na America do Sul durante 1929-45, 1946-75 e 1976-98, usando 1961-90 (Fonte: CRU- Marengo. 2004).



Rainfall trends in Amazonia

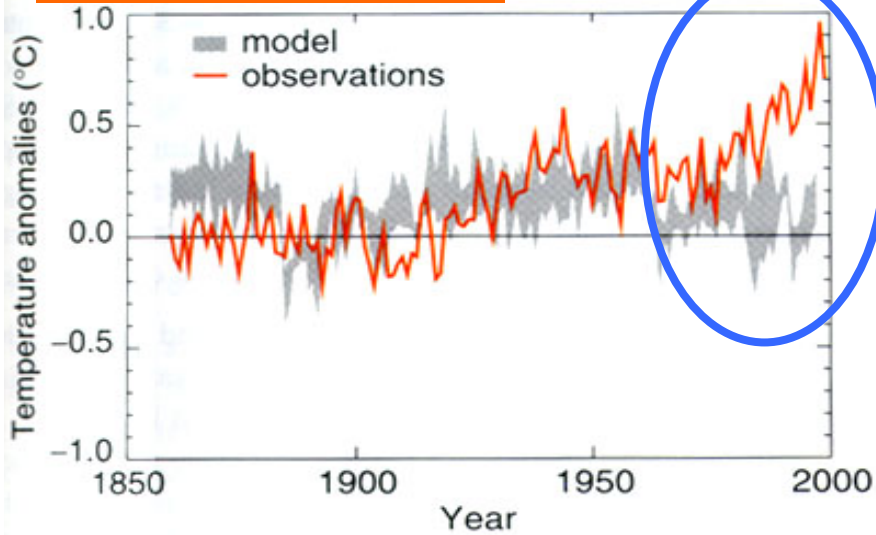
Southern Brazil



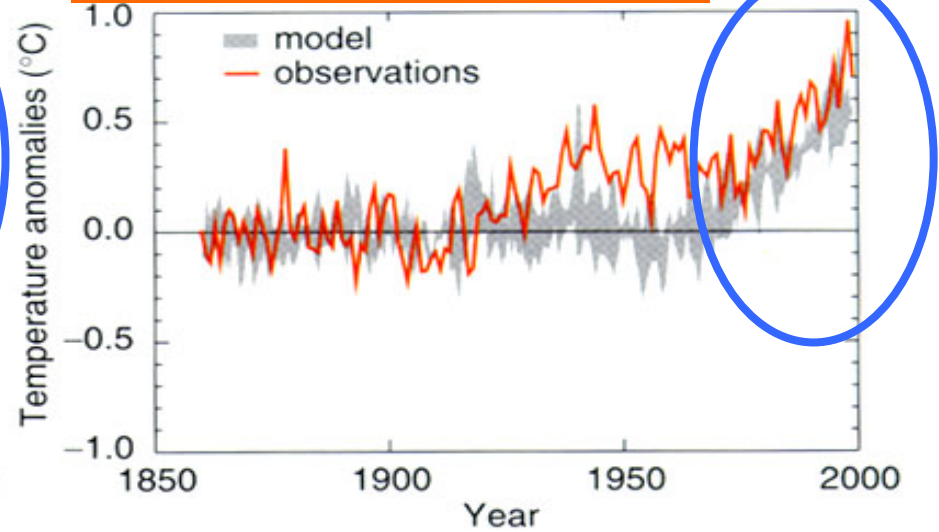
Vazões em Espumoso e Passo Bela Vista-Rio Jacuí, RS. (Cortesia: R. Clarke, IPH).

Observações e simulações de anomalias da temperatura do ar

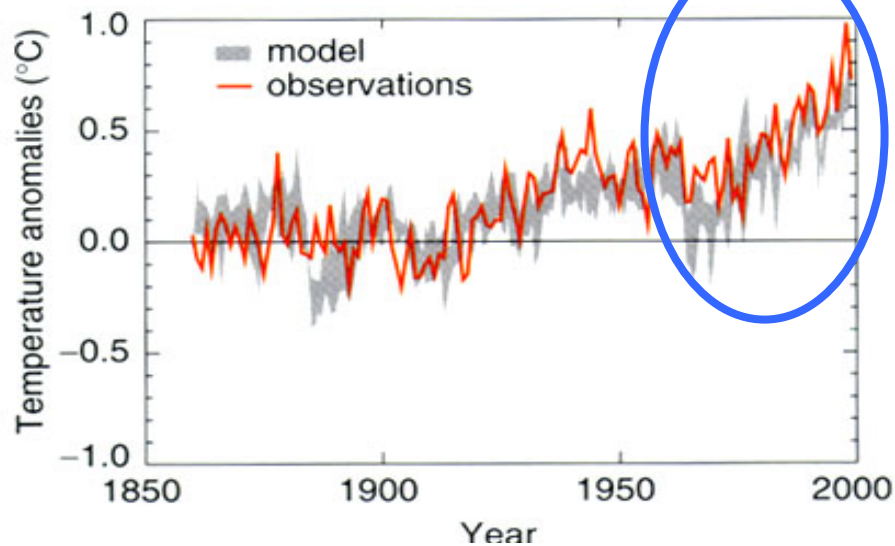
Forçantes naturais



Forçantes antropogênicas



Todas as forçantes



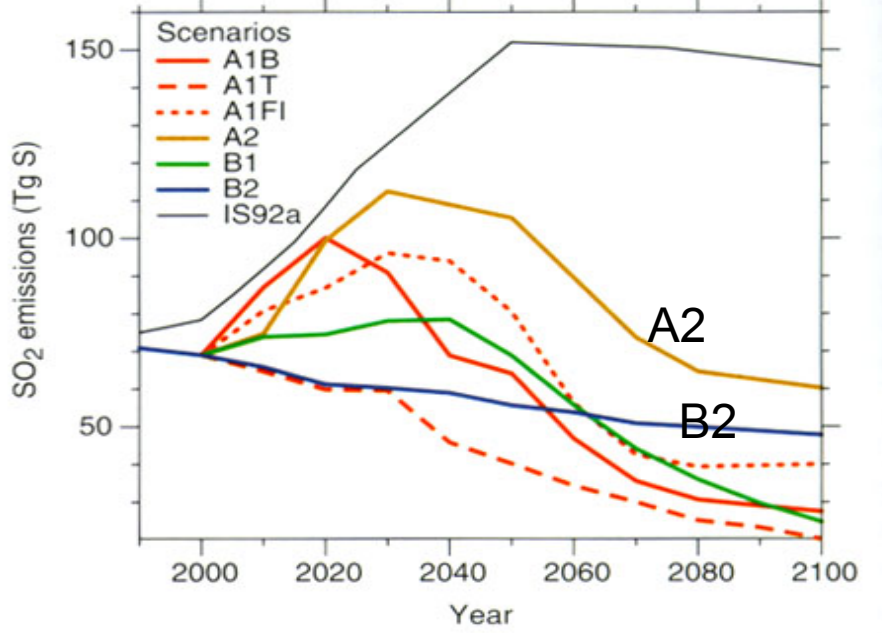
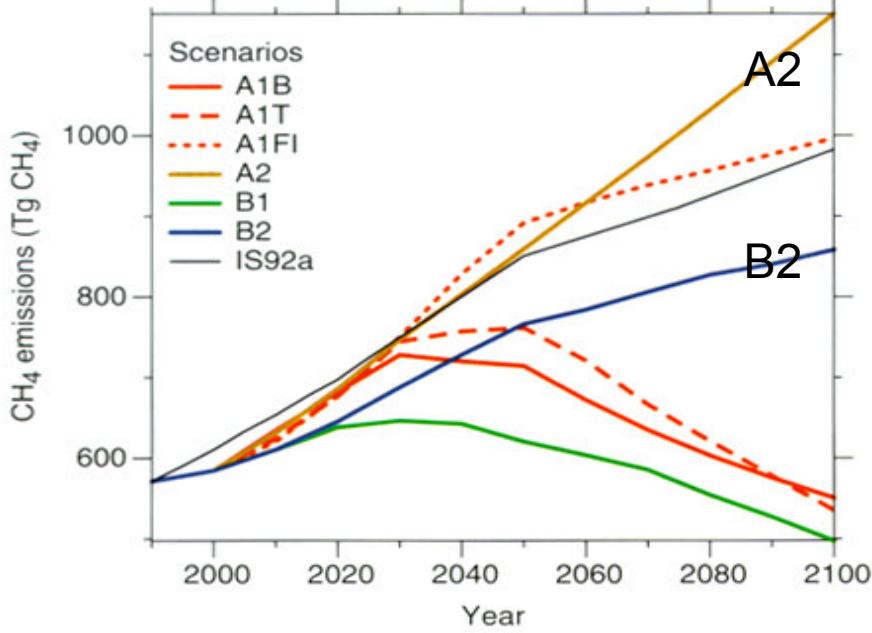
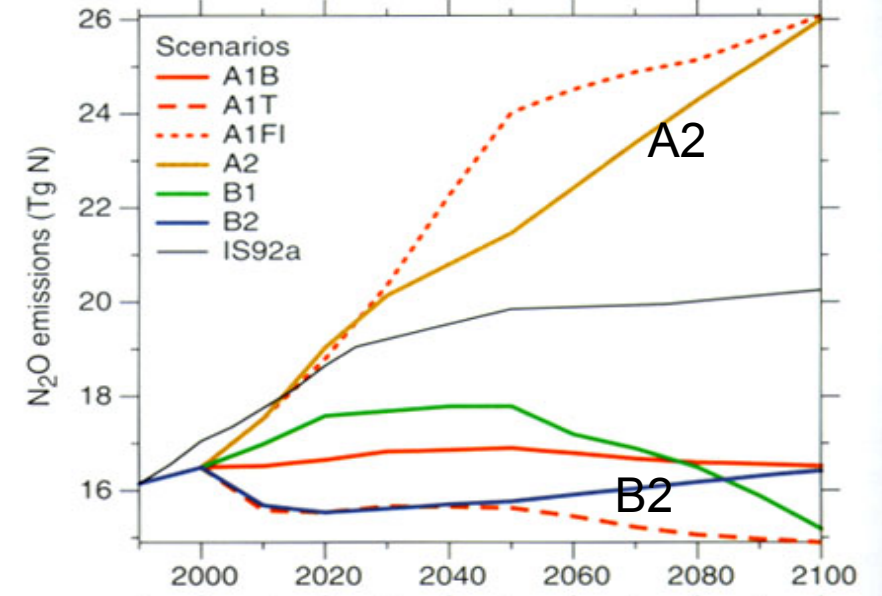
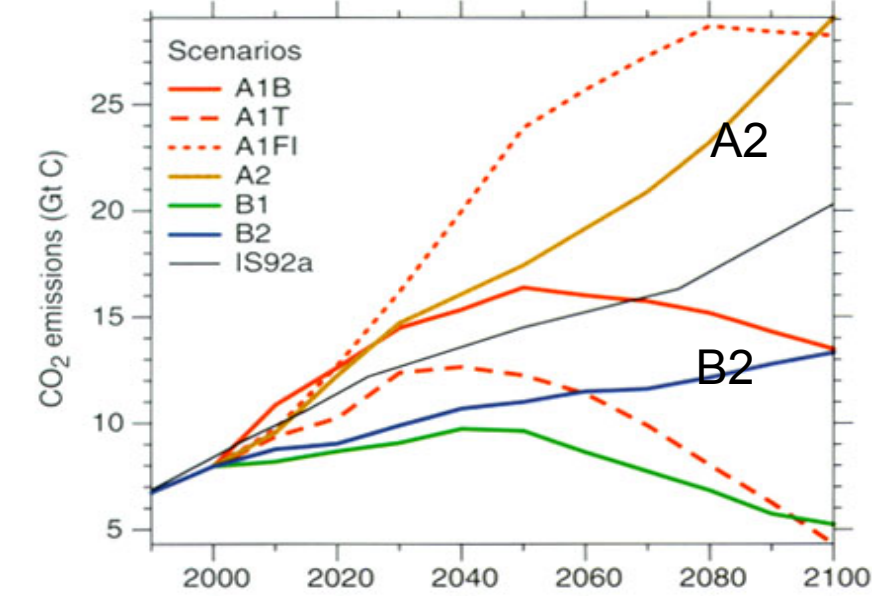
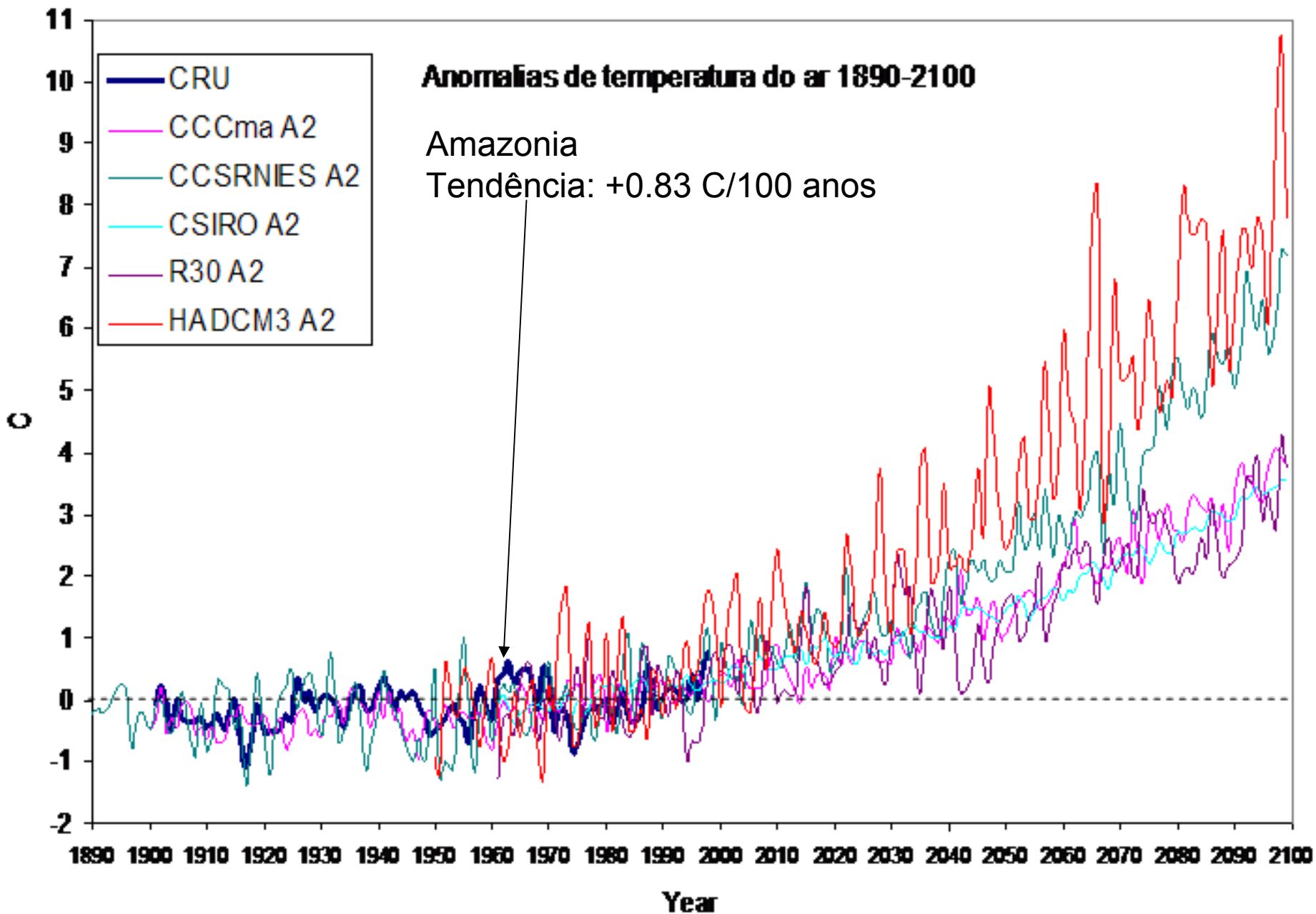


Figure 17: Anthropogenic emissions of CO₂, CH₄, N₂O and sulphur dioxide for the six illustrative SRES scenarios, A1B, A2, B1 and B2, A1FI and A1T. For comparison the IS92a scenario is also shown. [Based on IPCC Special Report on Emissions Scenarios.]

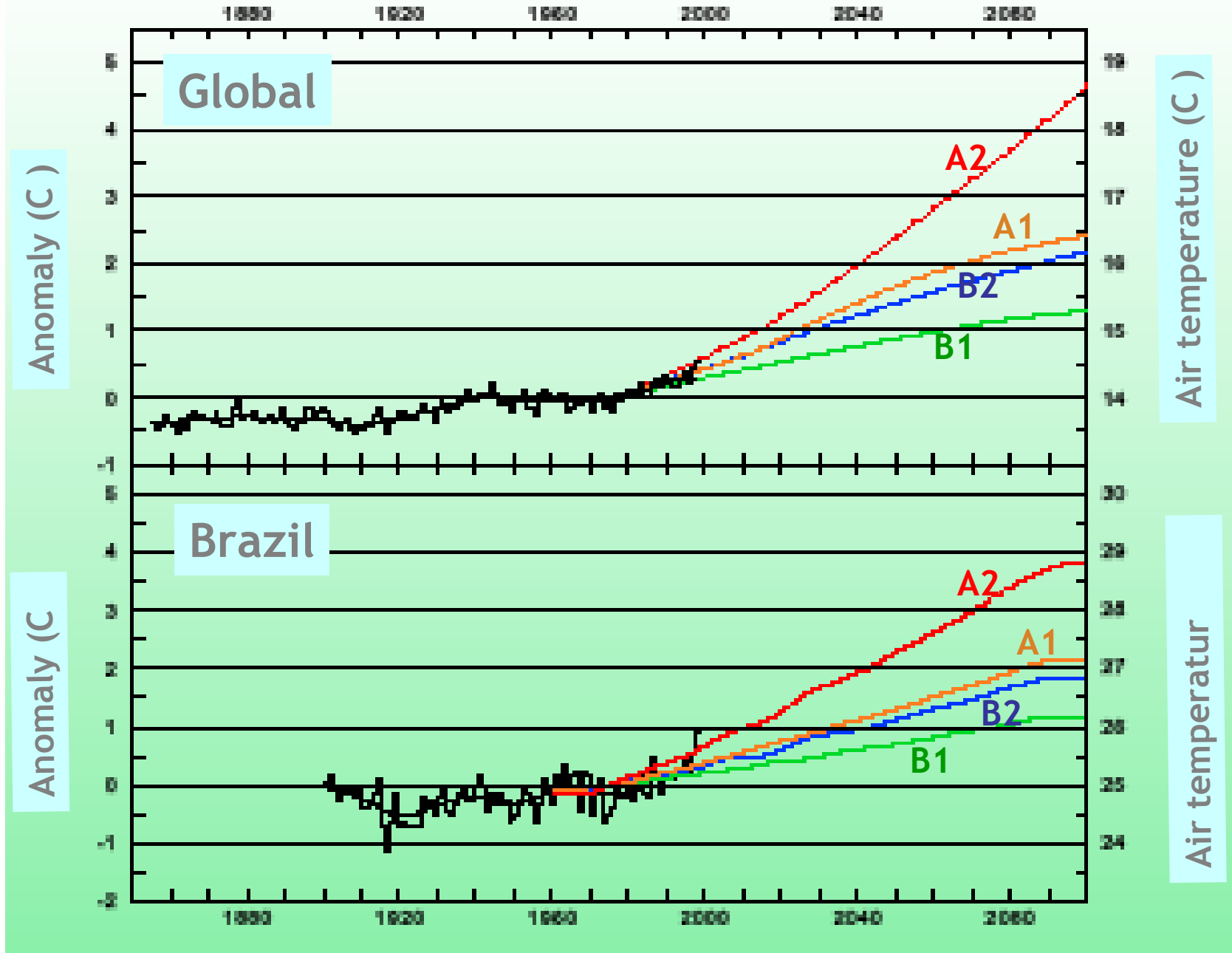
Anomalias de temperatura do ar 1890-2100

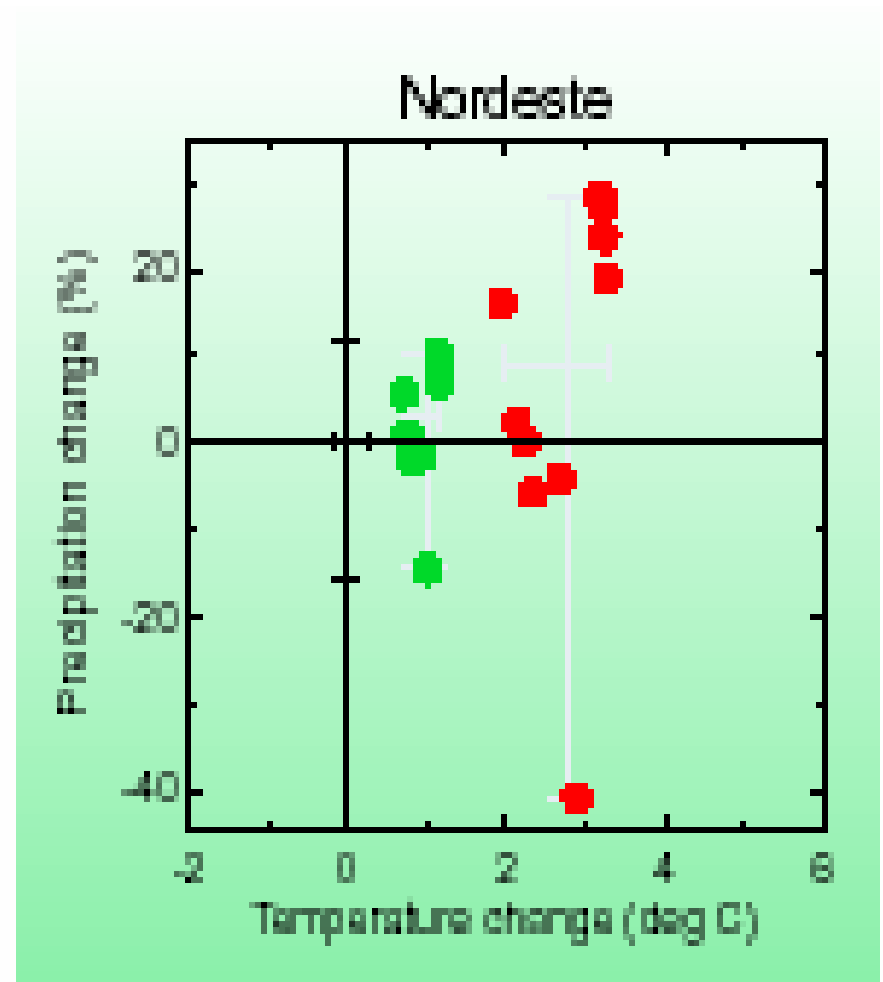
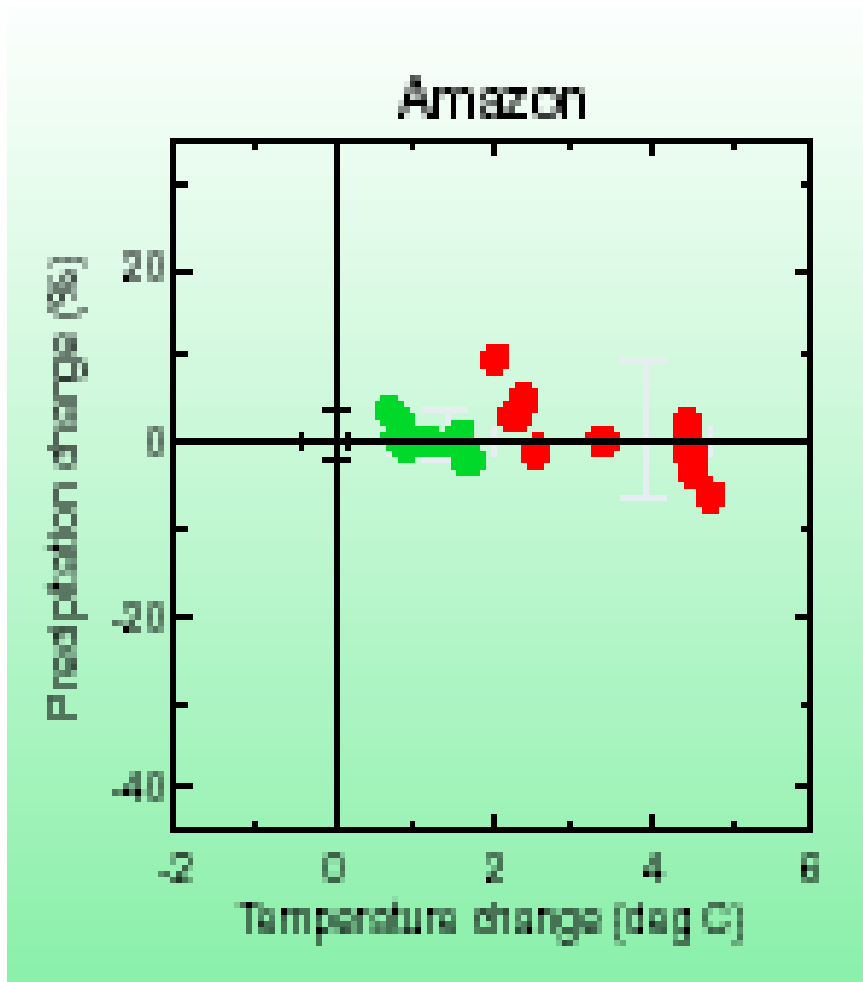
Amazonia

Tendência: +0.83 C/100 anos

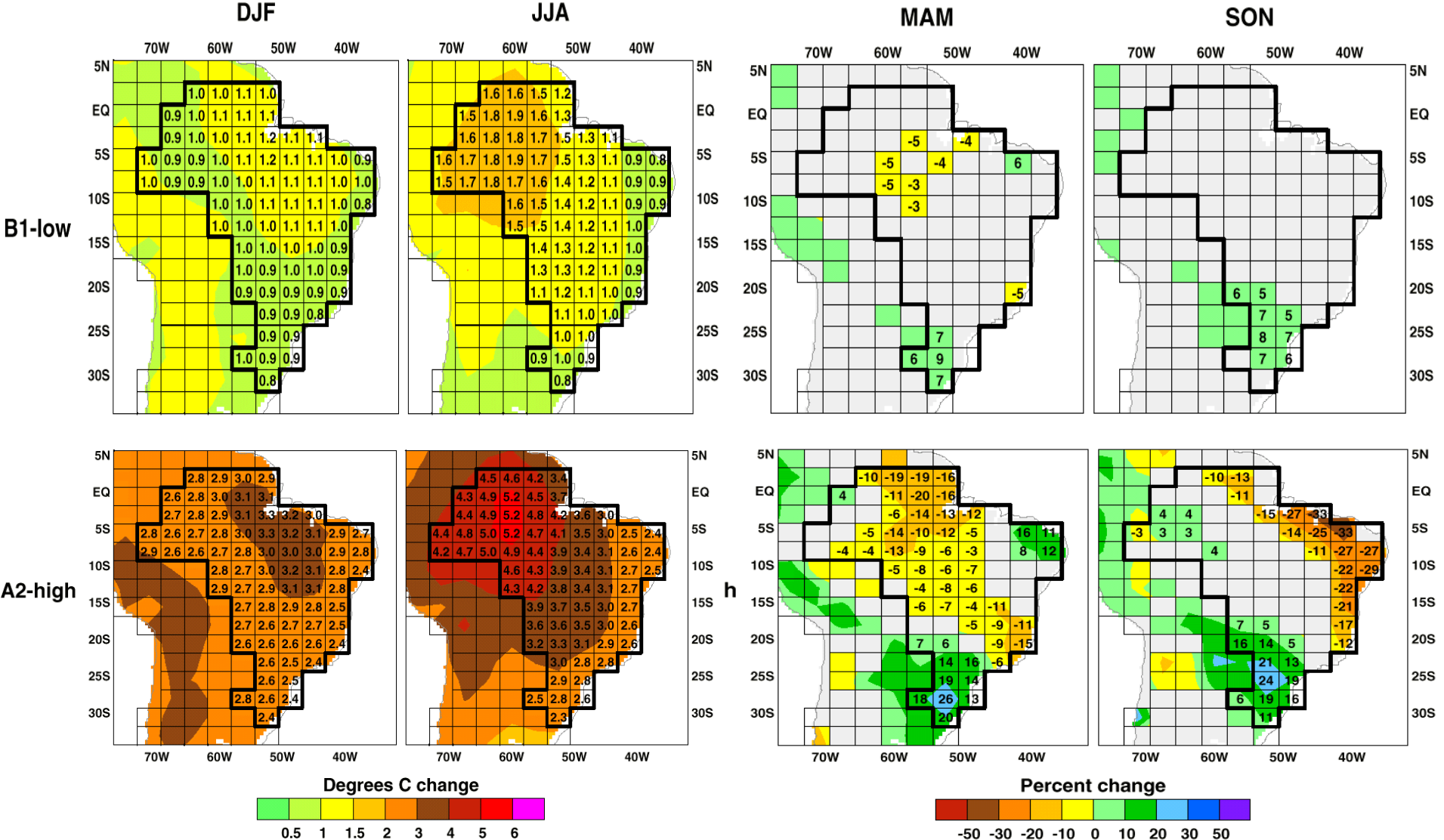


Tendências na temperatura do ar 1961-2010 (IPCC SRES)





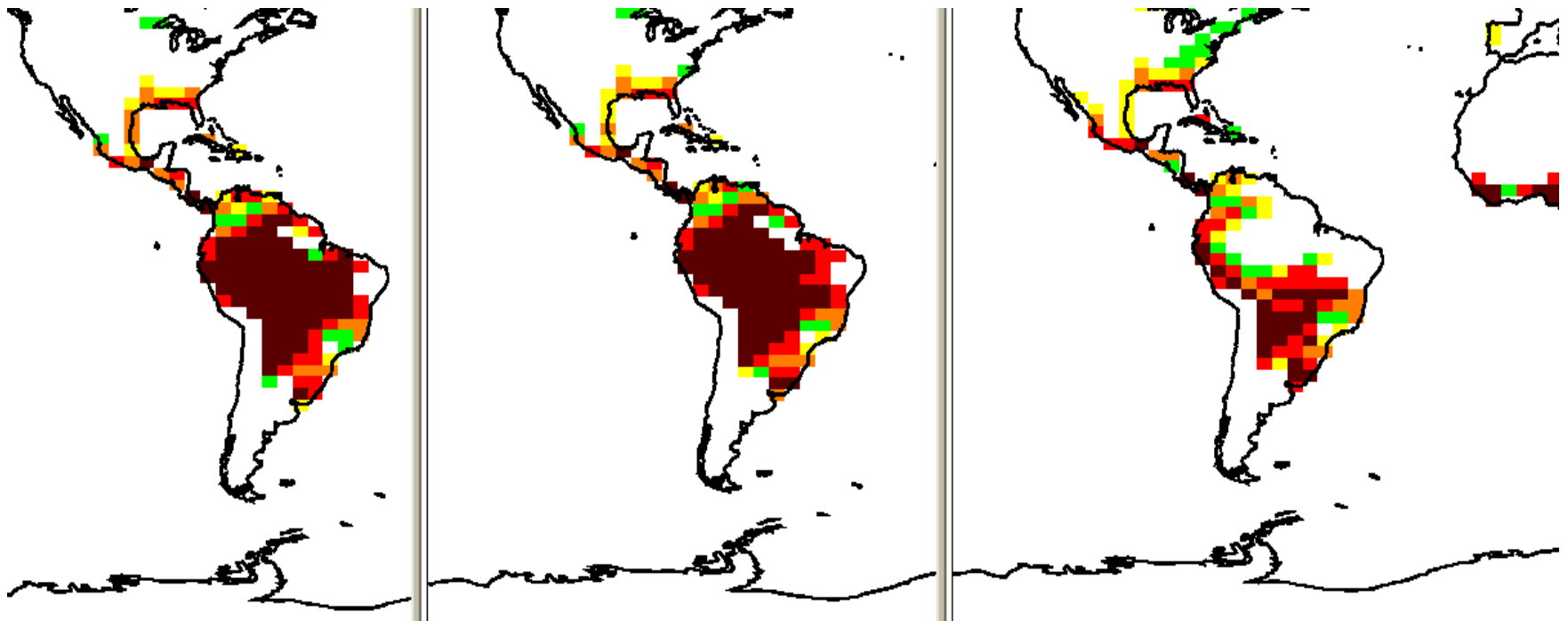
Mudanças na temperatura e precipitação na Amazonia e Nordeste (em relação a média de 1961-90), para o ano 2050, cenários B2 e A2. Cada ponto representa os diferentes modelos (Carter e Hulme 2000)



Anomalias de temperatura do ar e chuva, ano 2050 gerados por vários modelos do IPCC para o Brasil. Período base é 1961-90 (Hulme e Sheard 1999)

Climate-driven Amazon Dieback: The Amazon forest becomes savanna

South American forests



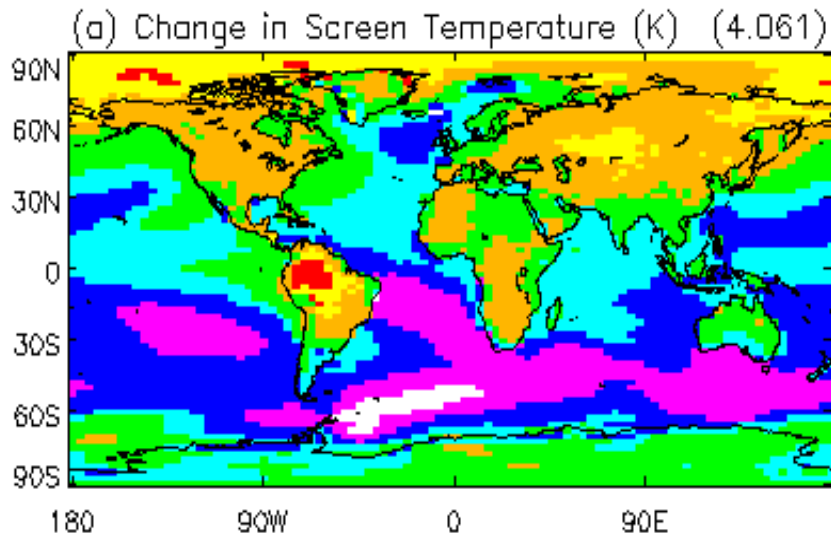
pré-industrial

present

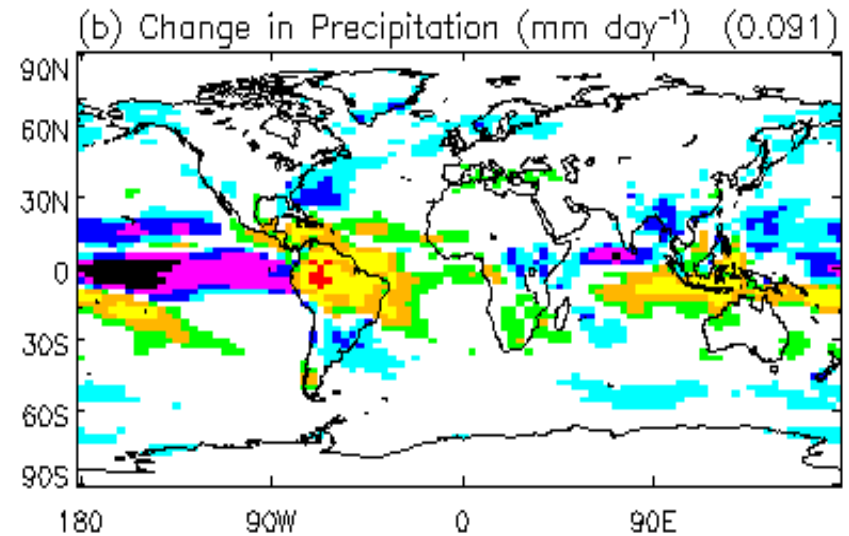
2100

Simulation of vegetation in the Amazon Basin by the HadCM3 with IPCC SRES scenarios → N. Amazon forests disappear → rainfall decreases → It is like a permanent El Niño after 2050.

Interactive CO₂ and Dynamic Vegetation 2090s - 1990s



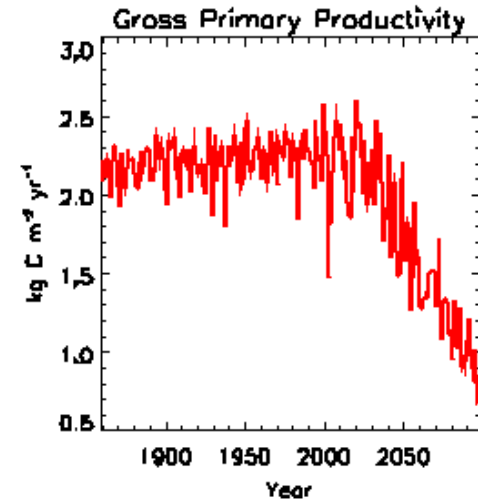
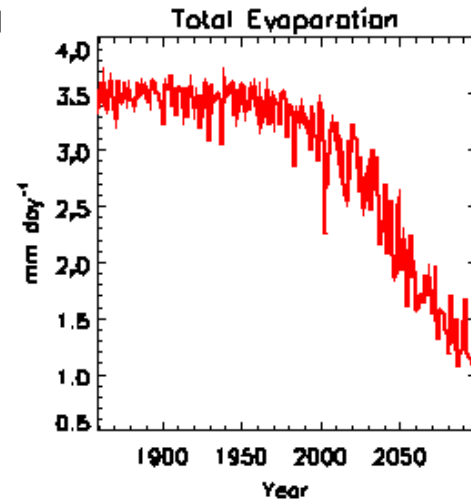
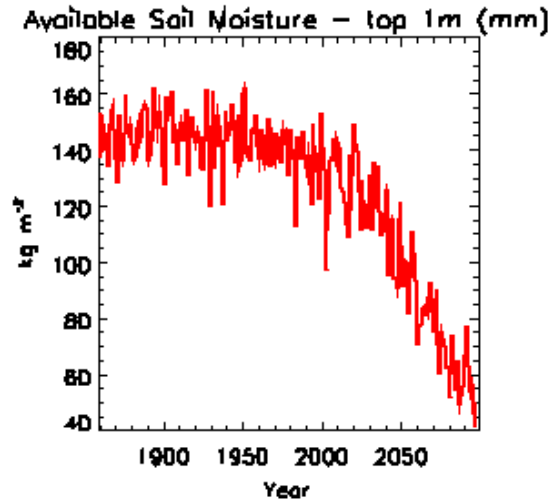
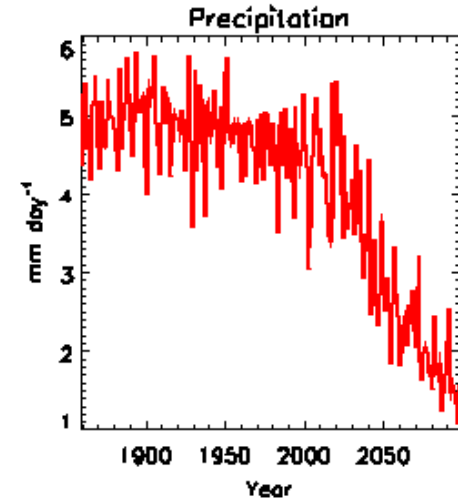
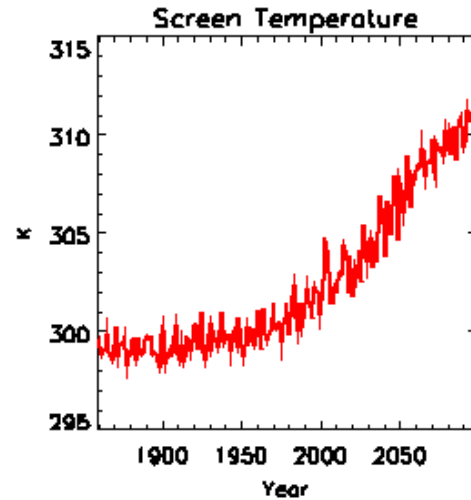
1 2 3 4 6 8 10 12



-4 -2 -1 -0.5 0.5 1 2 4

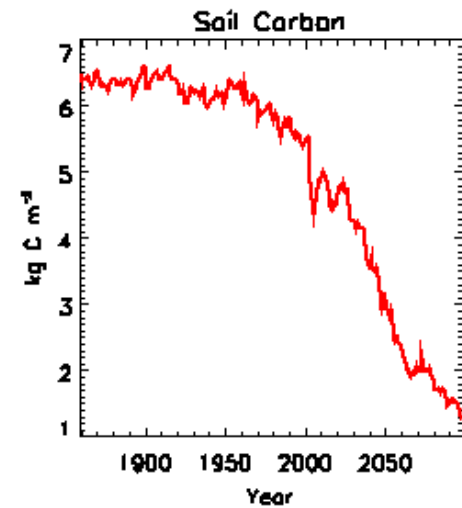
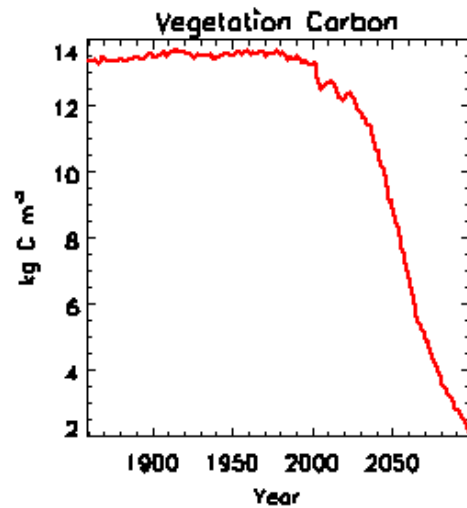
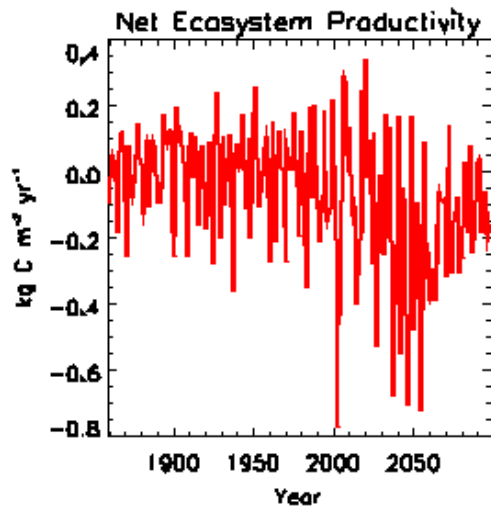
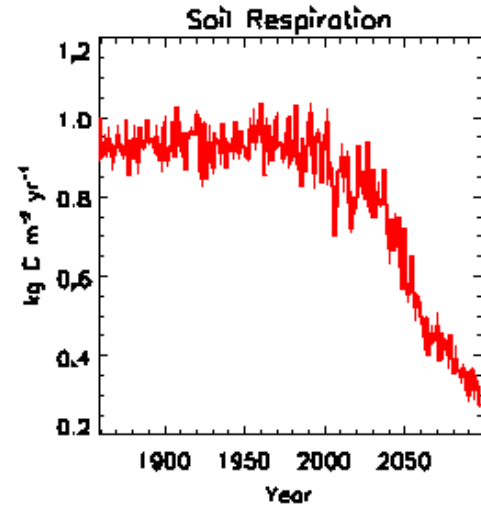
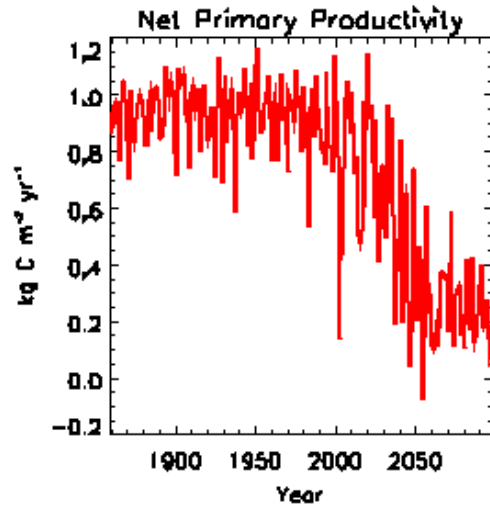
Change in Amazon Climate and Hydrology in HadCM3LC

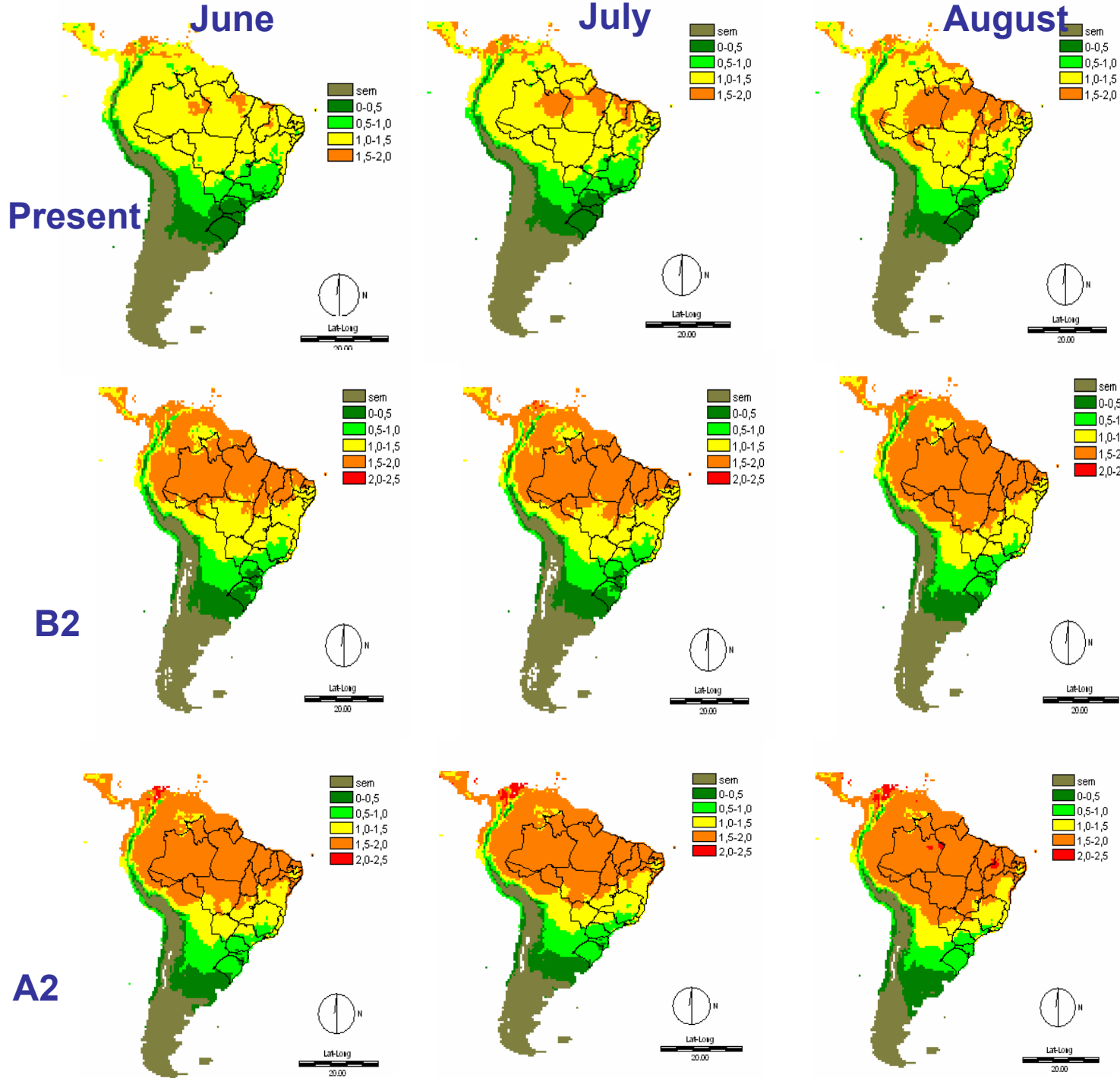
— Amazonia (CEC)
Lat: 15°S - 0°N
Lon: 70°W - 50°W



Change in Amazon Carbon Balance in HadCM3LC

— Amazonia (CEC)

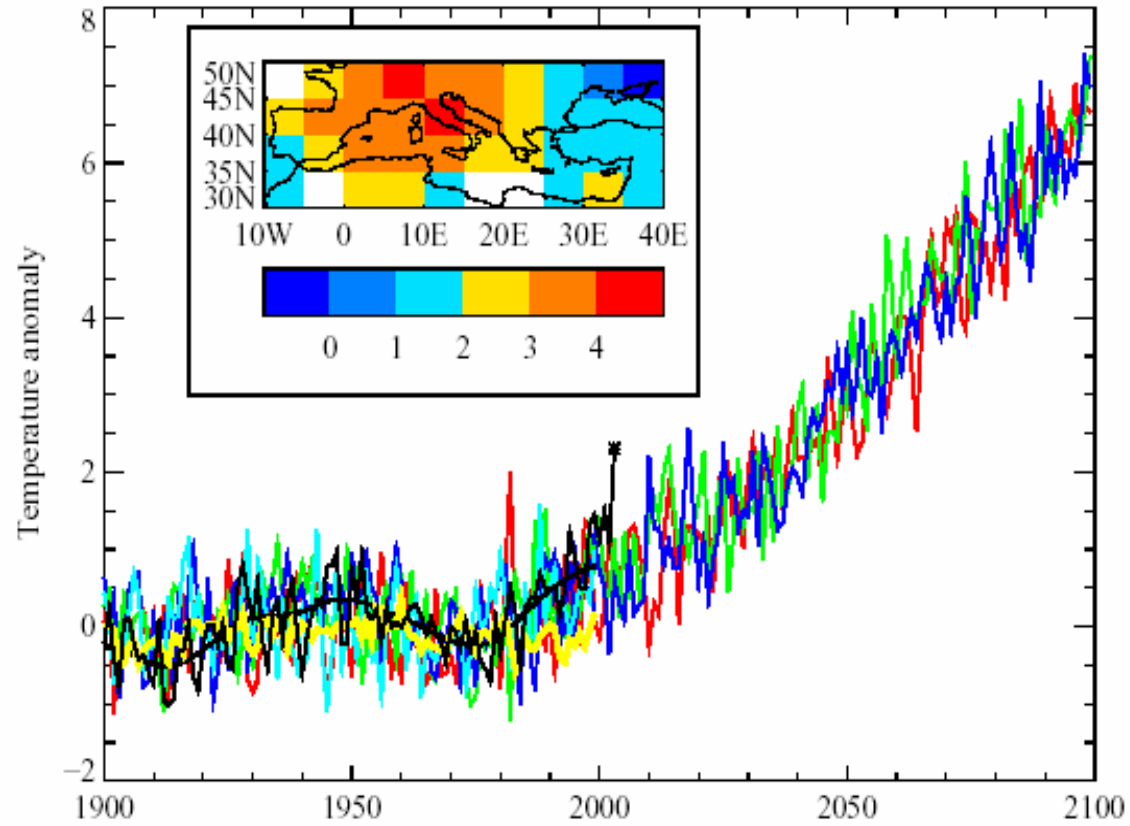




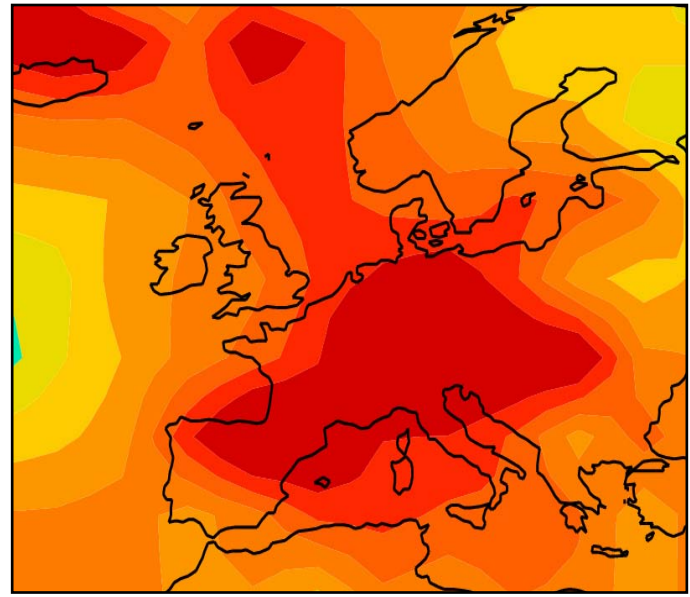
Preliminary maps of the number of coffee leaf miner cycles in the months of June, July, and August, for the present, A2-high, and B2-mid scenarios [EMBRAPA-CPTEC collaboration, Ghini et al (2004)]

Human contribution to Heat wave of 2003

European summer temperatures : 2003
hottest year in last 500 years



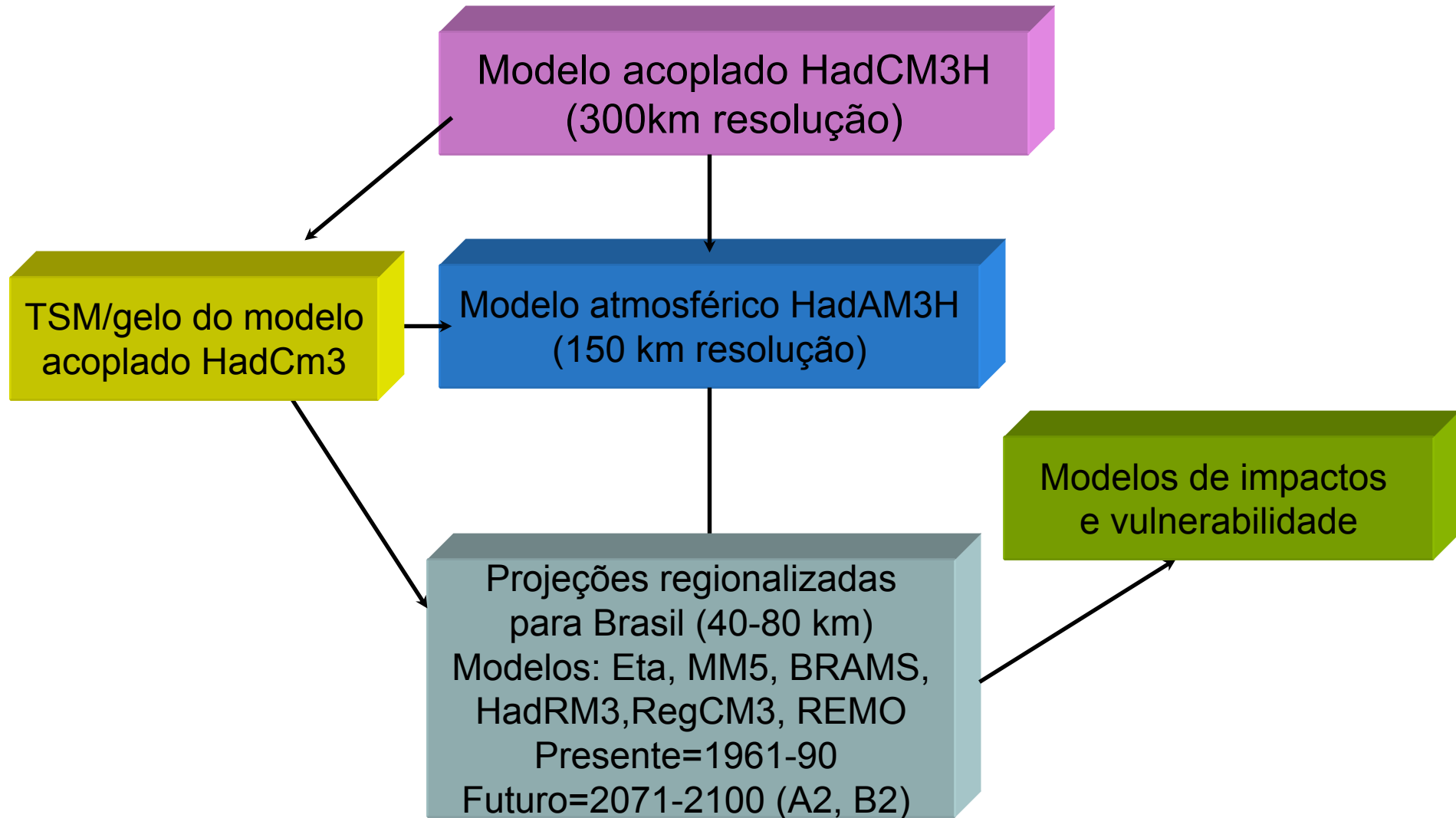
We estimate that it is very likely (a better than 9 in 10 chance, IPCC definition) that past human influence has more than doubled the risk of a heatwave of this or greater magnitude. (Stott, Stone and Allen, Nature, in press)



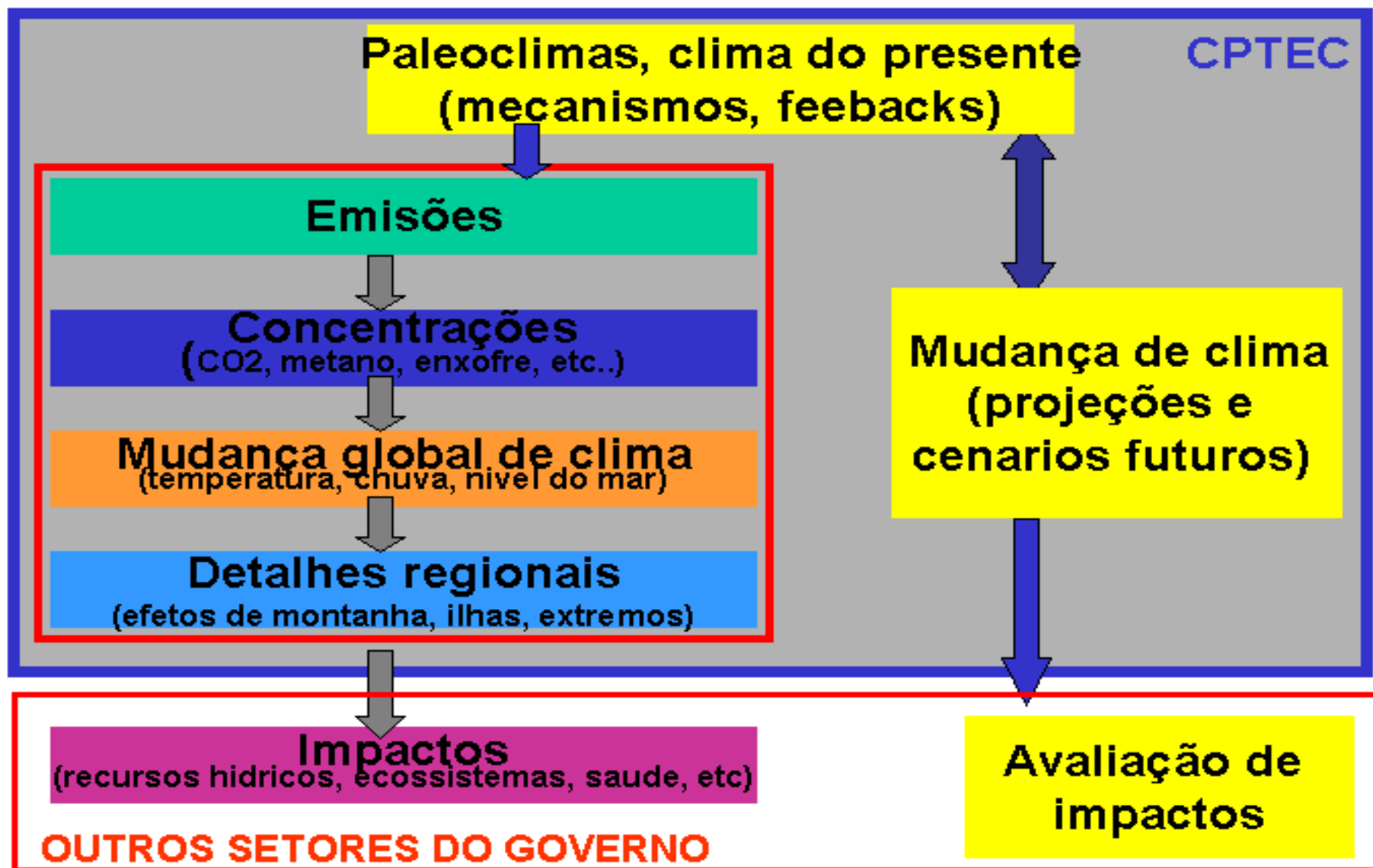
Objetivo do Grupo de Estudos de clima em relação a pesquisa em mudanças de clima (estudos observacionais e regionalização de cenários de mudanças climáticas)

1. Informar os interessados sobre o potencial e limitações do CPTEC/INPE na modelagem numérica da mudança do clima na América do Sul e na contribuição para diminuir as incertezas em relação aos impactos sociais e econômicos
2. Recolher informações de setores interessados sobre suas necessidades de previsões regionais da mudança de clima para subsidiar o seu planejamento, com vistas a incluir o atendimento dessas necessidades no plano de trabalho do CPTEC.
3. Desenvolver os fundamentos da atribuição de causa da mudança do clima como subsidio ao planejamento setorial.
4. Formular desafios e concatenar esforços para aumentar a contribuição da comunidade científica no tratamento da mudança do clima
5. Favorecer e apoiar colaboração entre o CPTEC e universidades e agencias estaduais e federais em estudos de mudanças climáticas, detecção e atribuição de causas, avaliação de impactos e análise de vulnerabilidade

Um sistema de modelagem regional de mudanças climáticas



Previsão de clima no futuro e seus impactos



Atividades de estudos de mudanças de clima a serem desenvolvidas no CPTEC.

Estudos prévios (ex. Desmatamento)

Paleoclimas

Clima-hidrologia do presente

Observações de clima-hidrologia (nível global e regional)

Tendências e variabilidade de clima

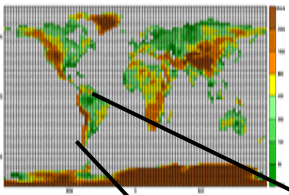
Mudança climática global e regional?

Cenários climáticos regionalizados (Século XXI)

Aplicações:
-Recursos Hídricos no século XXI
-Ecossistemas Naturais, etc...

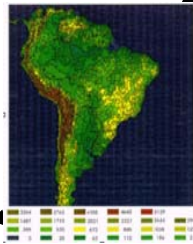
Banco De dados

Modelos globais do IPCC

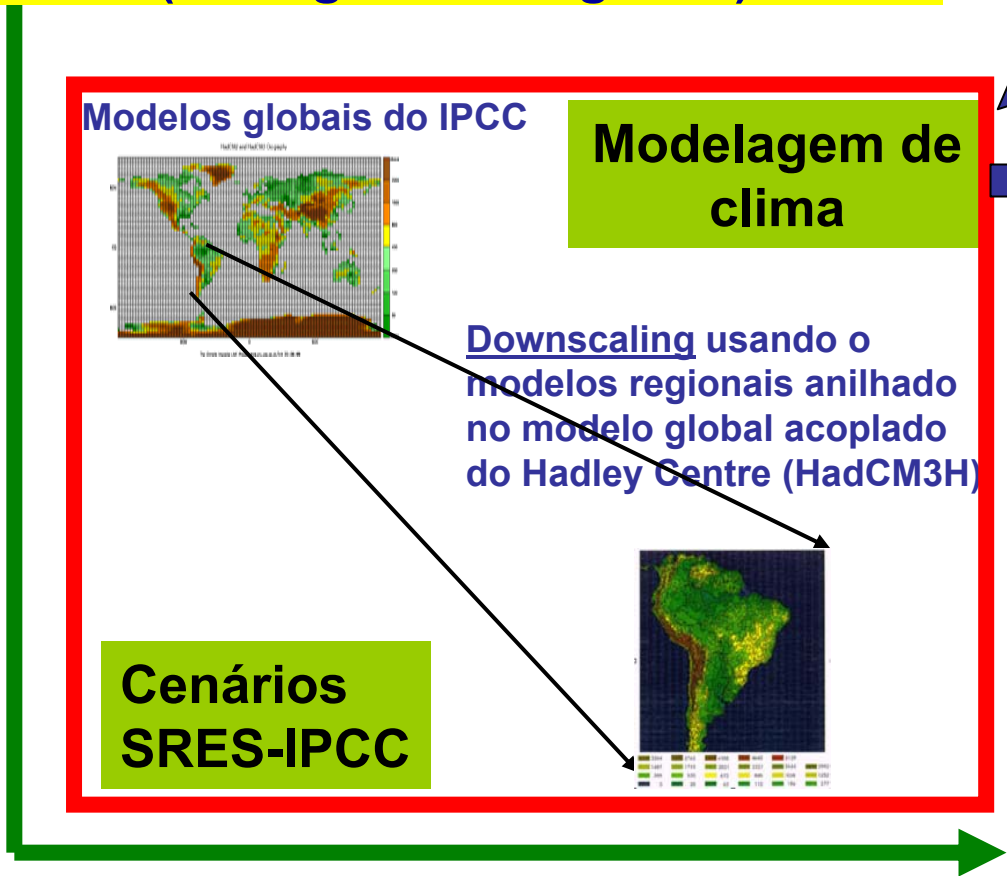


Modelagem de clima

Downscaling usando o modelos regionais anilhado no modelo global acoplado do Hadley Centre (HadCM3H)



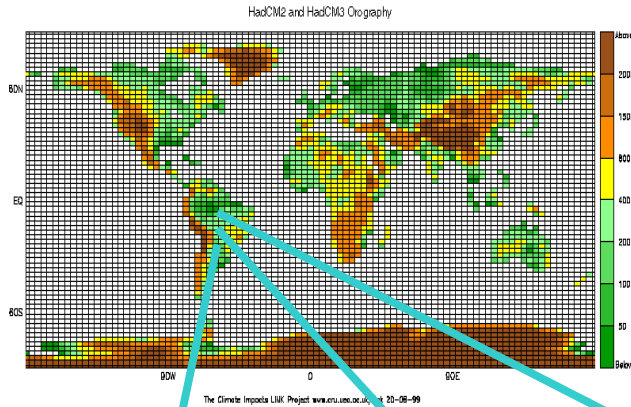
Cenários SRES-IPCC



PROBIO-IPCC Global models HadCM3

Downscaling

Modelos de IPCC: HadCM3



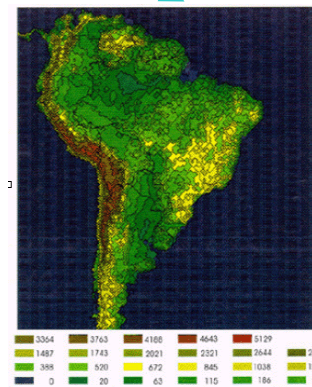
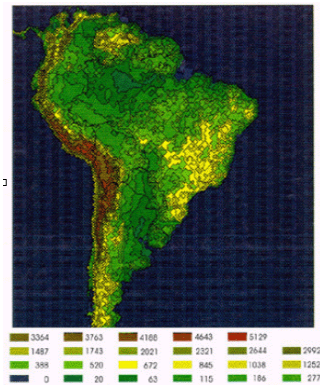
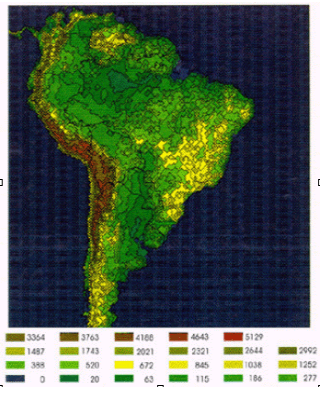
Climatologia
1961-90

Cenários IPCC
A2, B2

Mapas de cenários globais de mudança de clima (multimodel ensemble). Time slices, A2, B2

Climatologia
modelo regional
1961-90

Modelos regionais

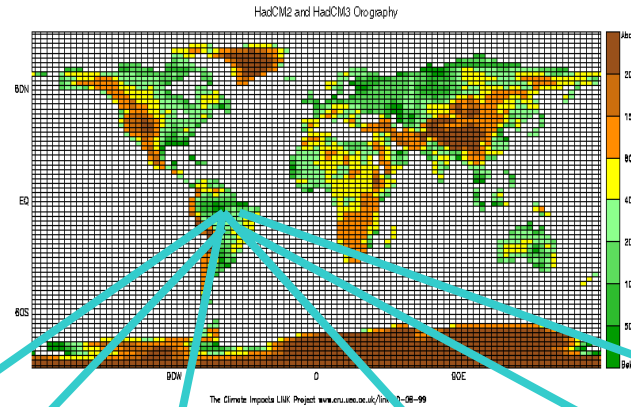


Mapas de cenários de mudança de clima (Regional multimodel ensemble) 2071-2100, A2, B2

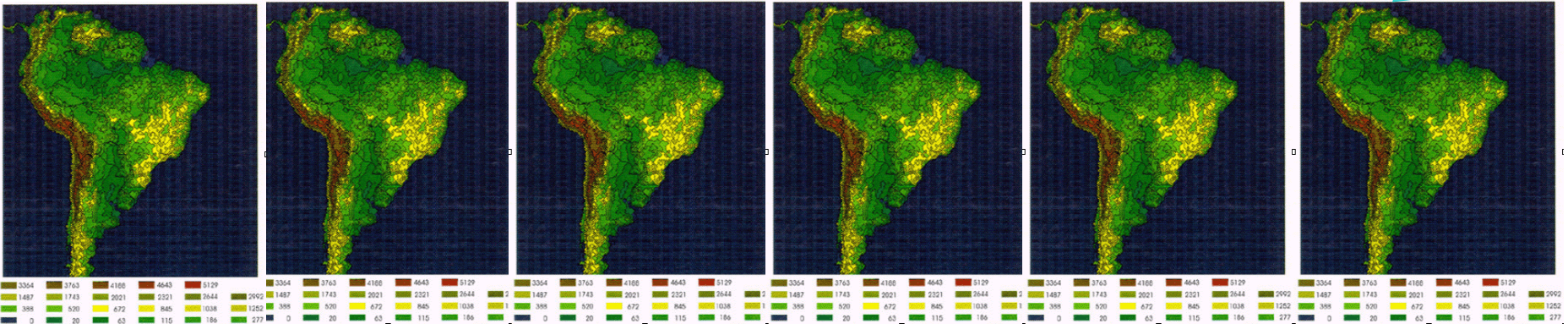
CPTEC-Downscaling de cenários de mudanças climáticas

Downscaling

Modelos Globais do IPCC: HadCM3, ECHAM



Modelos regionais



RegCM3

HadRM3

Eta/CPTEC

BRAMS

MM5

REMO

Periodo 2071-2100, cenários A2, B2

Campos diários disponíveis

- T_{2m} (K)
- Precipitation (mm/day)
- Total cloudiness (Fraction)
- Evapotranspiration (mm/day)
- Snow water equivalent (mm)
- total runoff (mm/d)
- soil moisture (mm)
- Surface pressure (hPa)
- MSLP (hPa)
- T_{2m_max} (K)
- T_{2m_min} (K)
- 10-m wind speed (m/s)
- 10-m daily max wind speed (m/s)
- 2m specific humidity (kg/kg)
- net and downward SW and LW radiation (W/m²) positive downward
-

Comparações com o projeto PRUDENCE na Europa:

PRUDENCE work on extremes

Better understanding of how European weather and climate extremes are likely to change:

- **Heat waves**
- **Precipitation** – heavy and low
- **Wind storms and storm surges**

Methodologies used in PRUDENCE

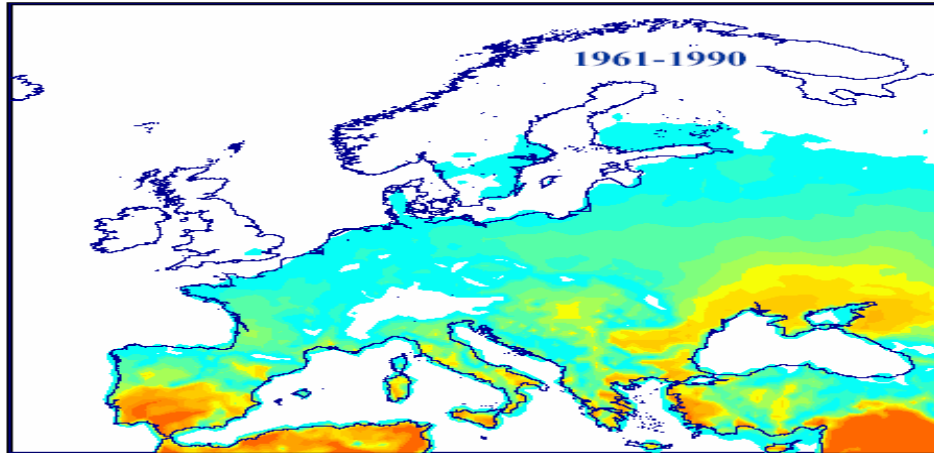
| | Maxima | Percentiles | Indices |
|----------------------|---|--|---|
| Temperature | | 99th percentile of daily maximum temperature | Number of exceedances of 30°C; number, frequency, duration, and intensity of heat waves (6 consecutive exceedances of 90th temperature percentile) |
| Precipitation | Maximum summer 1-day and winter 5-day totals | 95th percentile of summer 1-day totals | Annual maximum dry- and wet-spell lengths |
| Wind storms | Annual maximum storm surge | 90th and 99th percentiles of winter 10-metre wind speed; 10th percentile of winter sea-level pressure | Number of exceedances of 90th, 95th and 99th wind-speed percentiles; number of exceedances of Beaufort thresholds |

Alguns resultados do PRUDENCE

Number of days/yr $> 30^{\circ}\text{C}$

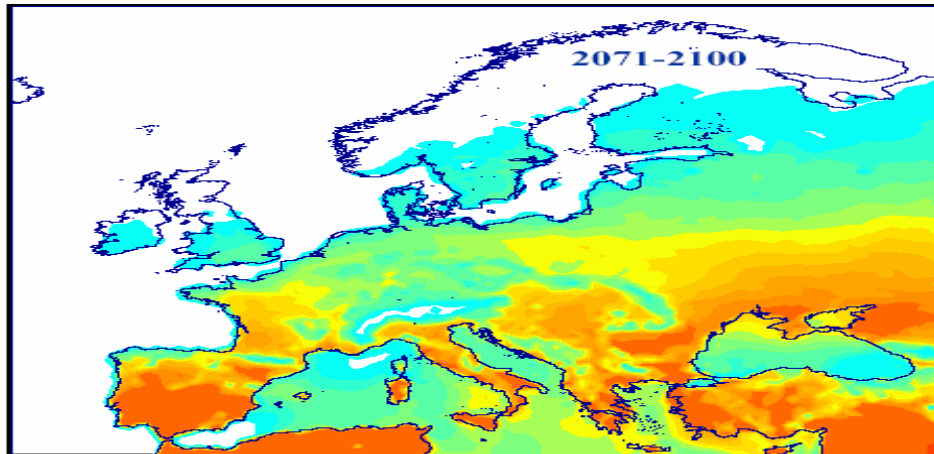
1961-90

HIRHAM CTL



2071-2100

HIRHAM A2

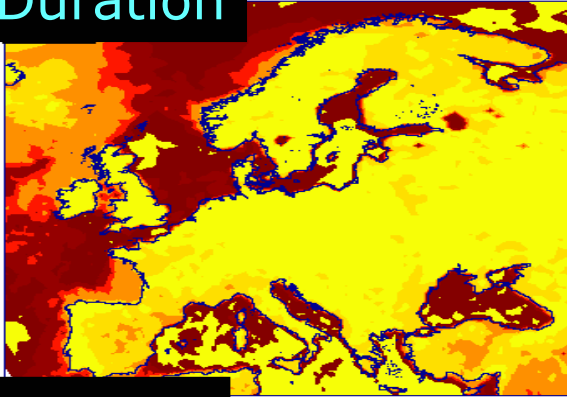


1 5 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 200

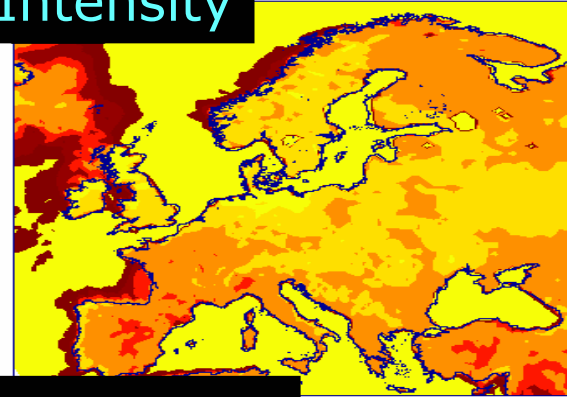
→ Northward shift of heat waves e.g. Paris: 9 days/yr → 50 days/yr

Relative changes in heat wave indices

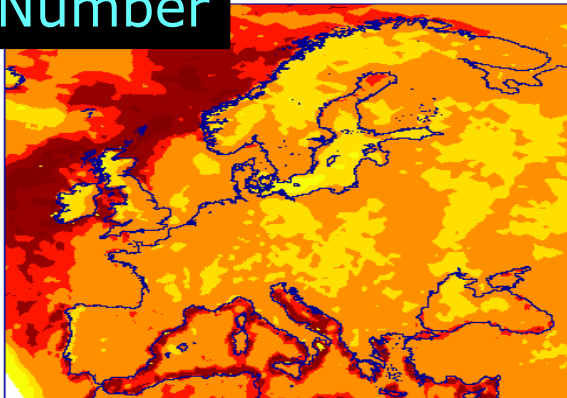
Duration



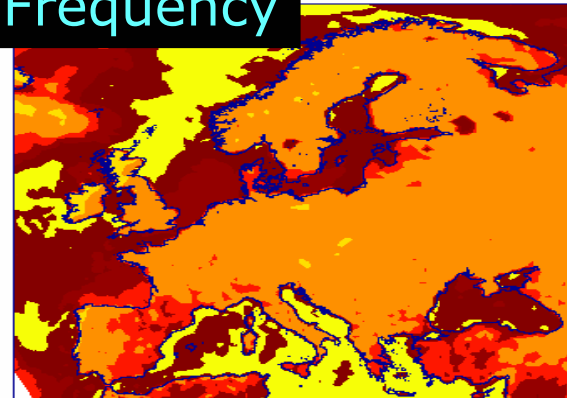
Intensity



Number



Frequency

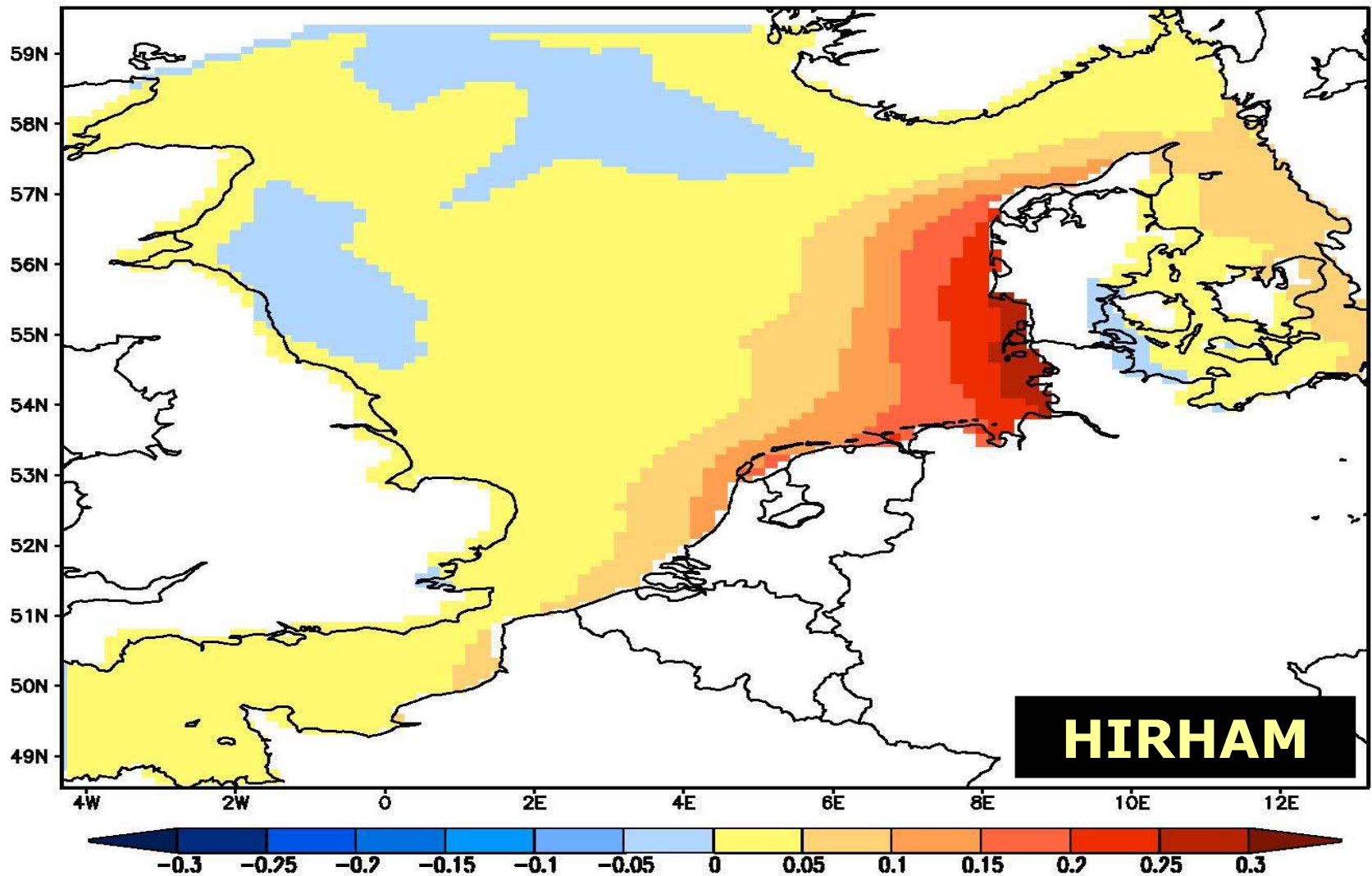


HIRHAM A2



→ Increased frequency, intensity and duration of heat waves

A2 changes in max winter surge heights



Changes (meters) in max surge heights from HadAM3H / HIRHAM.
→ Largest change of 0.3 metres on coasts near German bight

NOSSA ESTRATÉGIA DE AÇÃO:

-Incerteza no futuro cenário climático global, e em particular, no Brasil→diferenças observadas nas saídas dos modelos globais de clima, e a pobre cobertura observacional em grandes regiões do Brasil.

-**Primeira ação**→Utilizar as saídas de modelos climáticos globais do IPCC, rodados com diferentes concentrações de gases de efeito estufa (cenários SRES, sócio-econômicos/climáticos) para a América do Sul e Brasil→Usar vários modelos com a finalidade de avaliar a variabilidade nas suas saídas, e assim, conhecer e interpretar todos os possíveis cenários, levando em conta a dispersão entre as saídas dos modelos (uncertainty)

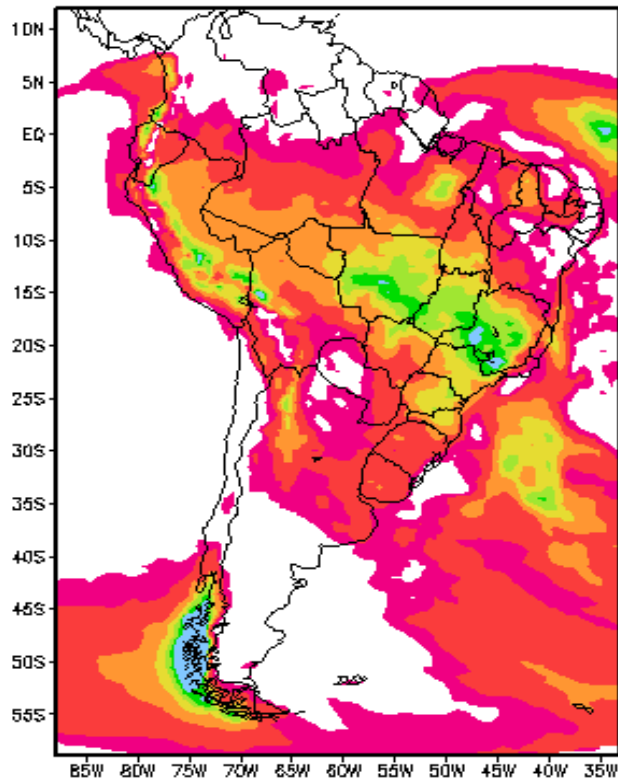
-**Segunda ação** → Modelo global acoplado HadCM3H e ECHAM (?) com varios modelos regionais anilhados a ser rodados no CPTEC com diferentes cenários SRES (A2, B2)

Desenvolvimento de uma capacidade de modelagem global-regional de mudanças climáticas no CPTEC, e gerar subsidios e dados para implementar modelos de impactos, vulnerabilidade por outros setores da sociedade

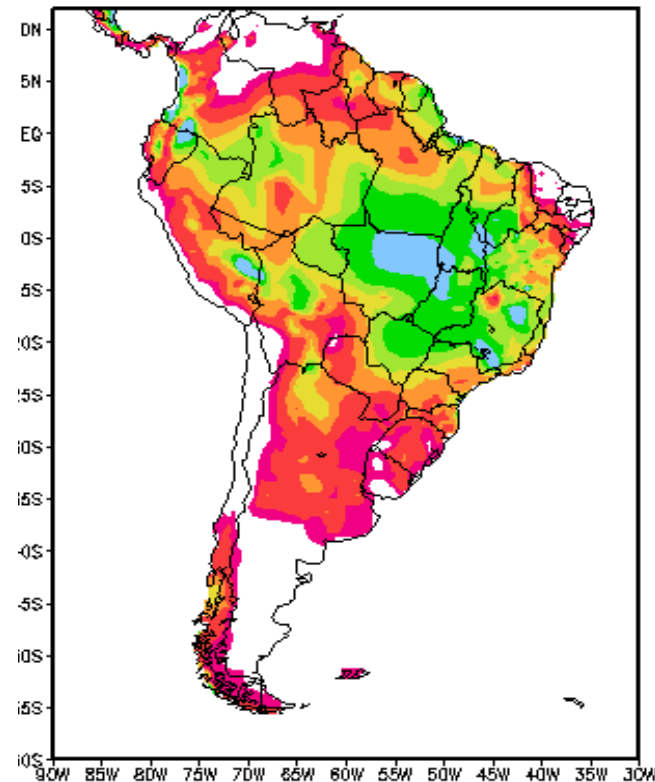
Dowcsnaling de cenarios climaticos do HadCM3H para

America do Sul: nAlguns resultados preliminares

Cenario regionalizado do HadAM3H para chuva em janeiro 1960 gerado pelo modelo Eta CPTEC 40 km



Chuva observada na America do Sul para janeiro 1960, (CRU-0.5 gaus lat-lon)



AÇÃO FUTURAS:

- Implementar um web site do projeto na pagina principal do CPTEC indicando os detalhes do projeto, dos modelos globais e regionais e das rodadas a ser implementadas, assim com uma listagem das variaveis a ser geradas.
- Incluir um questionário onde o usuário pode se cadastrar e identificar, e escolher as variáveis que vai a usar na lista, ou até solicitar alguma outra variável que não aparece na listagem
- Dependendo do tipo e da necessidade dos usuários, novas variáveis podem ser geradas pelo pos-processamento
- Estabelecer parcerias entre o CPTEC e institutos e centros de pesquisa aplicada, ONG e outros órgãos do governo e privados para estudos de impactos, avaliação de vulnerabilidade, e outras aplicações.