



Centro de Ciência do Sistema Terrestre



# Os extremos climáticos e perspectivas futuras no contexto da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco

**Lincoln Muniz Alves**

Pesquisador do CCST/INPE

lincoln.alves@inpe.br

XXVI Plenária CBHSF  
Agonia do São Francisco: escassez de governança

Maceió  
20/Novembro/2014

# MOTIVAÇÃO



“A América do Sul está entre as regiões do planeta que mais poderão ser afetadas pelas mudanças climáticas projetadas para o final deste século, principalmente a porção tropical do seu continente”

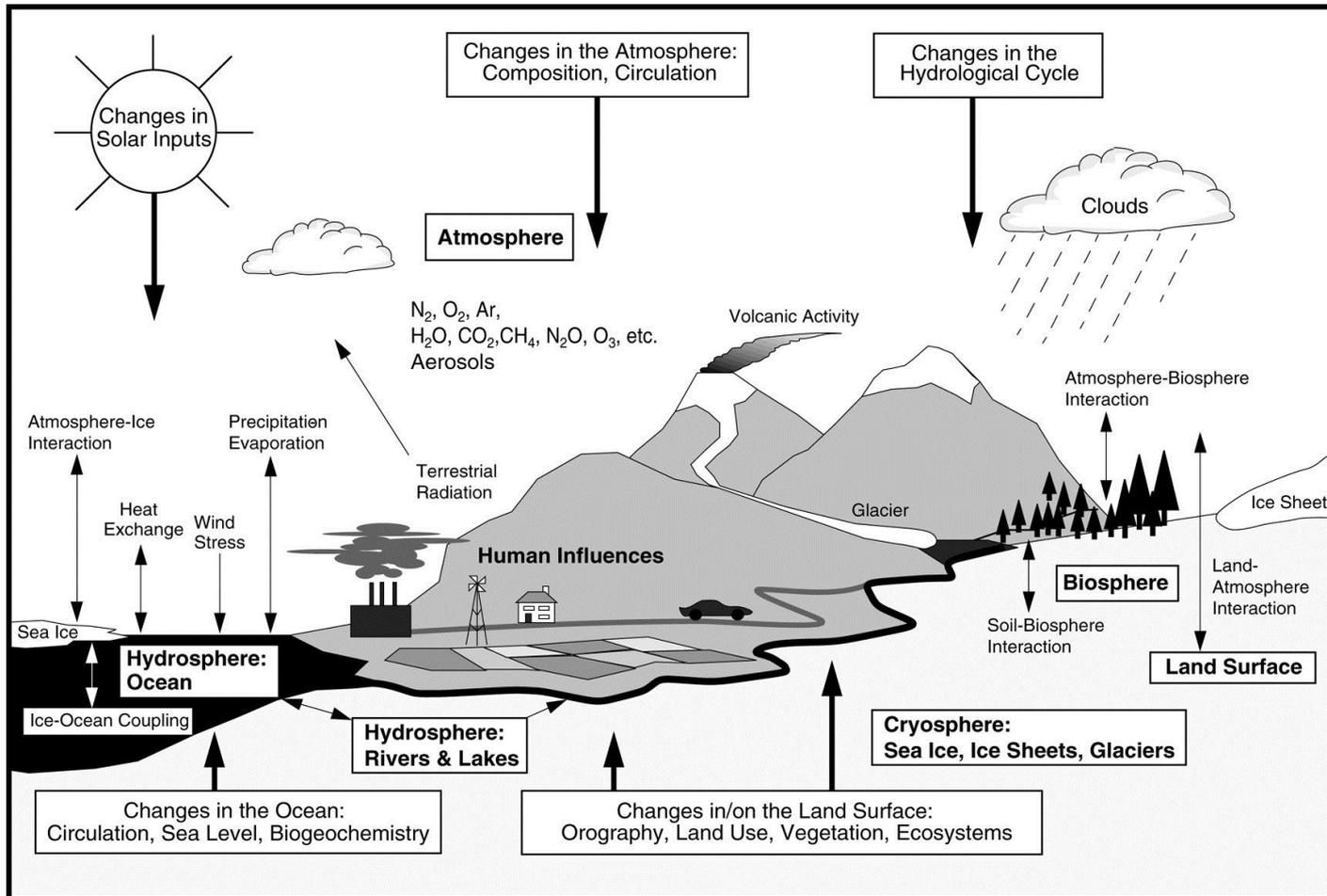
“O Brasil é país em desenvolvimento, com altos índices de pobreza e desigualdade social, portanto, é potencialmente vulnerável a extremos climáticos”

Em regiões vulneráveis, eventos de tempo e clima ainda que não sejam extremos podem ter ***impactos extremos***

# SUMÁRIO

- ✓ Entendendo o clima
- ✓ Extremos climáticos
- ✓ Evidências climáticas
- ✓ Cenários climáticos futuros
- ✓ Perspectivas futuras
- ✓ Considerações finais

# What is the Climate System?

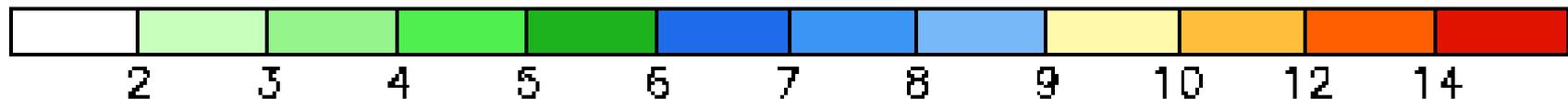
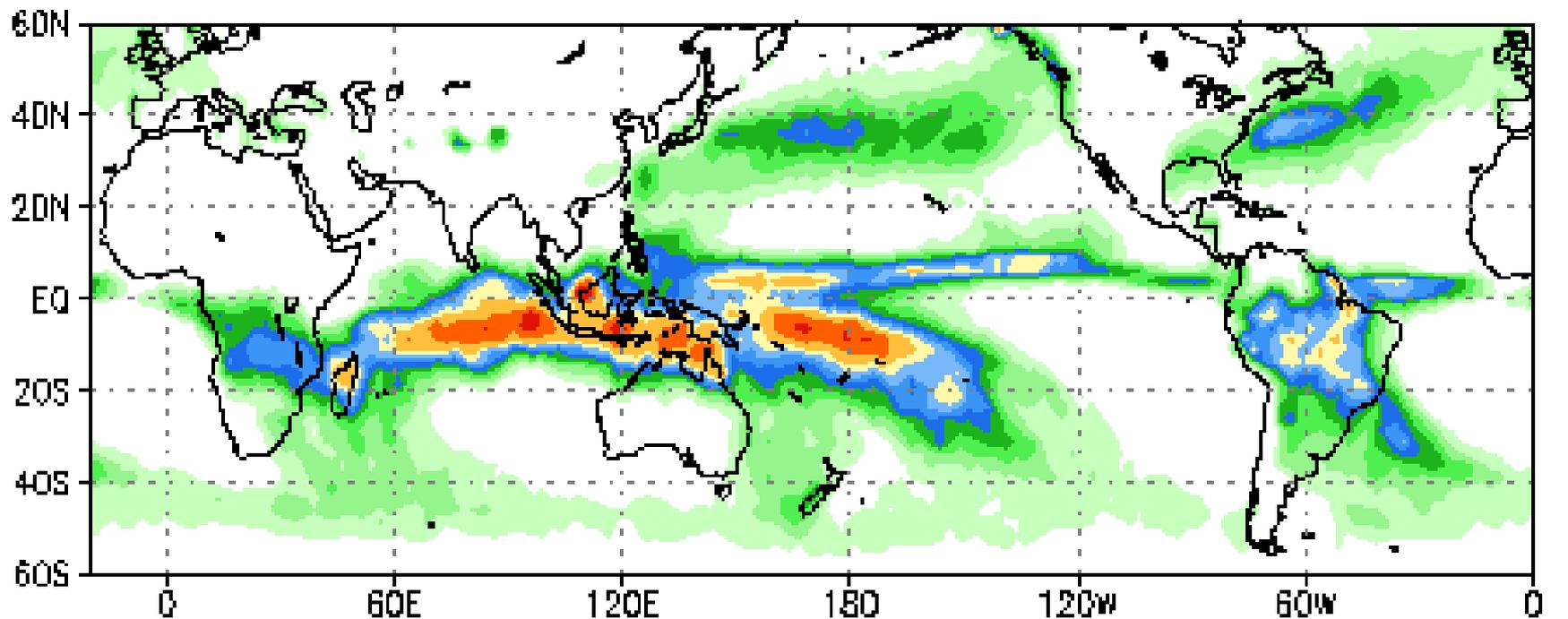


The complicated system consisting of various components, including the dynamics and composition of the atmosphere, the ocean, the ice and snow cover, the land surface and its features, the many mutual interactions between them, and the large variety of physical, chemical and biological processes taking place in and among these components.

# Precipitação: Animação

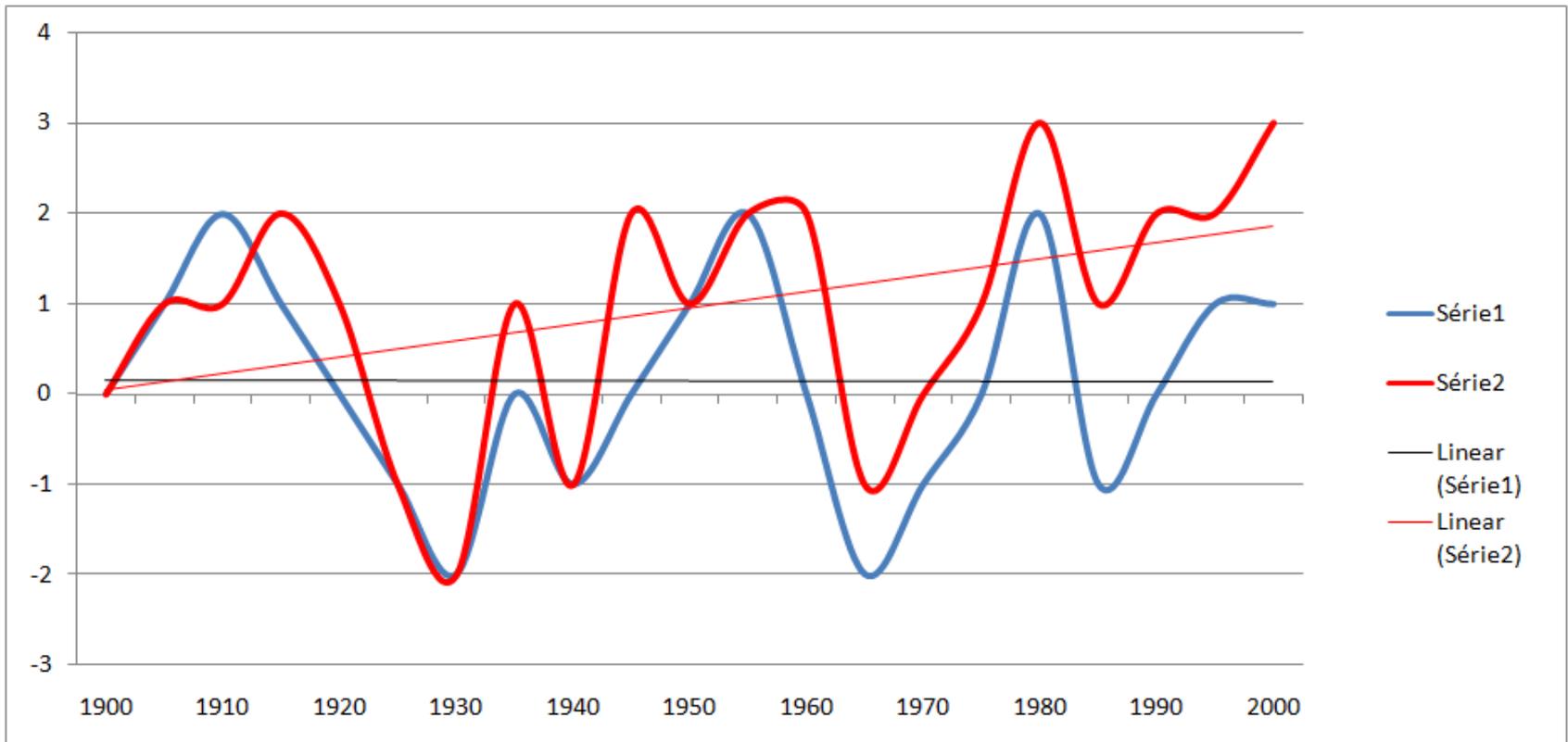
Precipitation (mm/day) (1979–1995)

JAN

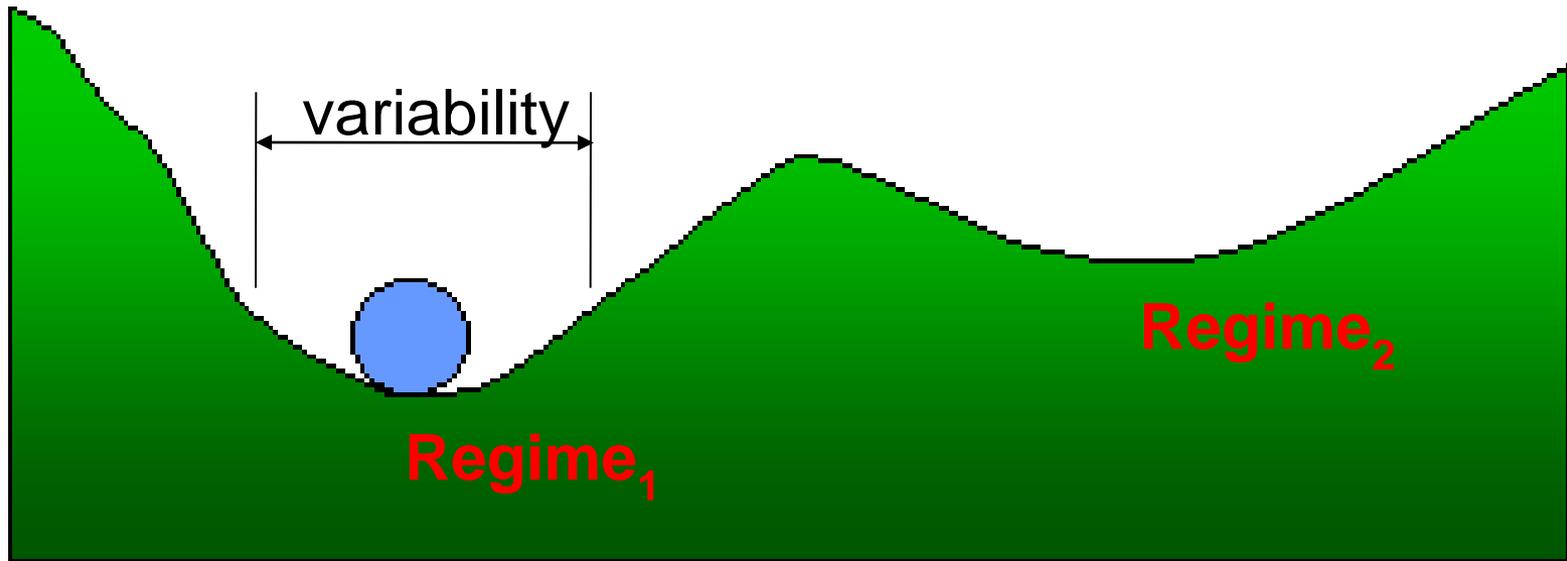




# VARIABILIDADE CLIMÁTICA X MUDANÇAS CLIMÁTICAS



# NOVO REGIME CLIMÁTICO



# COMPRESÃO DO CLIMA

## Longe de um consenso...



**Talvez a maior dificuldade em convencer as pessoas sobre os problemas ambientais é a velocidade com que eles acontecem**

# The definition problem:

**Gare Montparnasse, 22 October 1895**

Extreme events can be defined by:

- Maxima/minima
- Magnitude
- Rarity
- Impact/losses



# What are extreme climate events, *from a physical perspective*?

They are often a sequence of weather events whose cumulative affects over weeks or months can result in an extreme time averaged state.

- A severe seasonal drought as a consequence of too many, consecutive sunny days.
- A intense monthly heat wave as a consequence of an unbroken string of hot days.
- A record seasonal flood due to numerous heavy rain events on saturated soils.



# Many human systems are sensitive to climate and some are vulnerable

## Sensitive Systems

- Water resources
- Agriculture, forestry, fisheries
- Human settlements
- Industry, energy, financial services

## Vulnerabilities

- Food and water security
- Incomes and livelihoods
- Human health
- Infrastructure

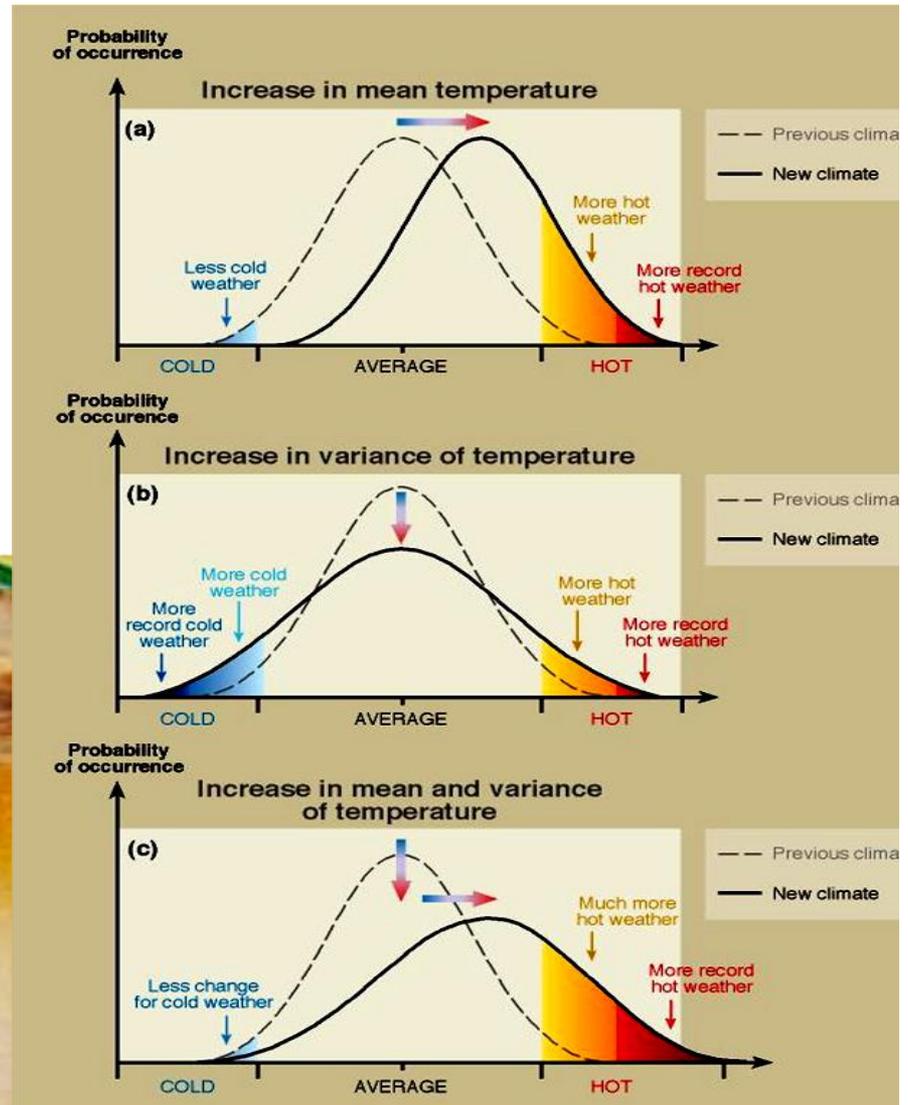


# Histórico de Eventos Extremos

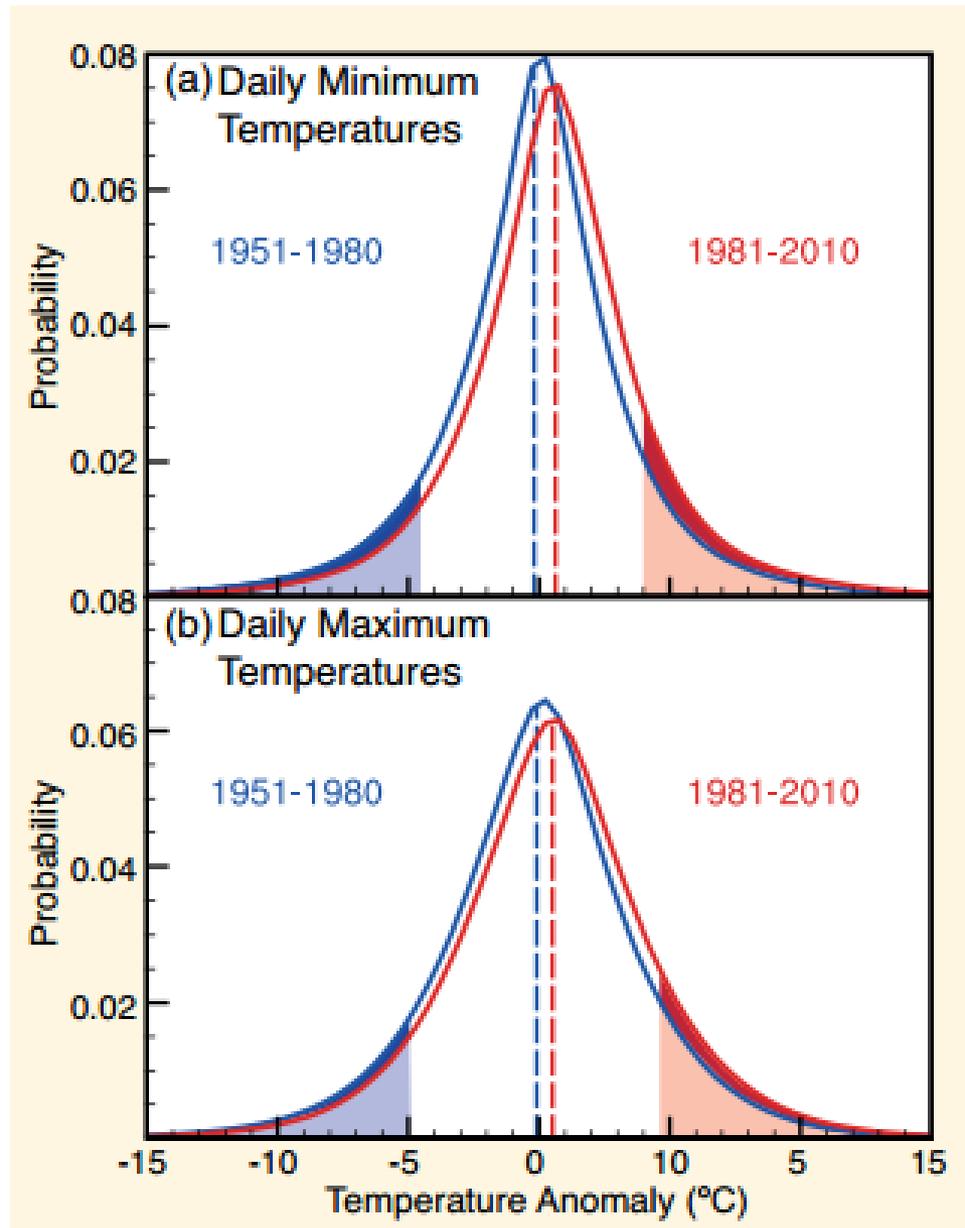
- Na AS e AC, 613 extremos climáticos ocorreram no período de 2000–2013, o que resultou em 13,883 mortes, 53.8 milhões de pessoas afetadas e perdas econômicas de US\$52.3 bilhões ([www.emdat.be](http://www.emdat.be))
- O semi-árido do Nordeste é a região brasileira mais vulnerável a variabilidade natural do clima e as mudanças climáticas;
- Uma seca intensa durante a quadra chuvosa (FMAM) pode ter impactos extremamente negativos na economia regional e nacional;
- Um problema recorrente: 1583, 1603, 1624, 1692, 1711, 1723-24, 1744-46, 1754, 1760, 1772, 1766, 1777-80, 1784, 1790-94, 1804, 1809, 1810, 1816-17, 1824-25, 1827, 1830-33, 1845, 1877-79, 1888-89, 1891, 1898, 1900, 1902-03, 1907, 1915, 1919, 19032-33, 1936, 1941-44, 1951-53, 1958, 1970, 1979-81, 1982-83, 1992-93, 1998, 2001-02, 2010 e 2012



# Aumento na frequência de eventos extremos



# Have There Been Any Changes in Climate Extremes?



# How do we quantify the response of the climate?

- The response of the climate system to this forcing agents is complicated by:
  - feedbacks
  - the non-linearity of many processes
  - different response times of the different components to a given perturbation
- The only means available to calculate the response is by using numerical models of the climate system.

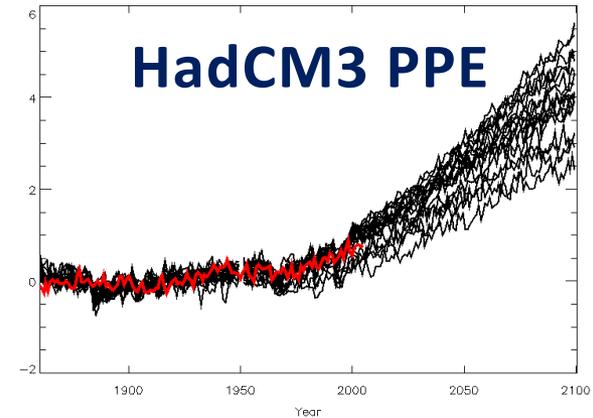
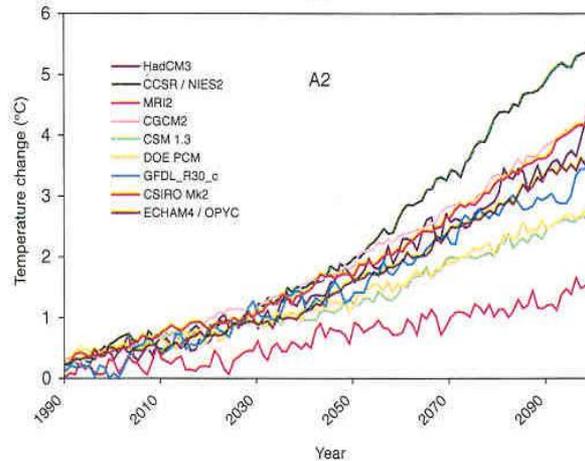
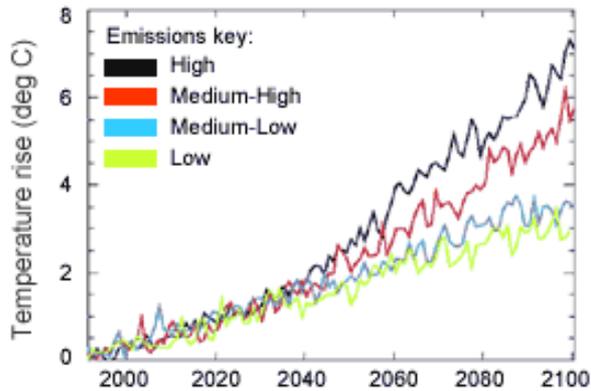
# UNCERTAINTY



To most of us, uncertainty means not knowing. To scientists, however, uncertainty is how well something is known. And, therein lies an important difference, especially when trying to understand what is known about climate change

# INCERTEZAS NA CONSTRUÇÃO DAS PROJEÇÕES DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Mudança na Temperatura Média Global



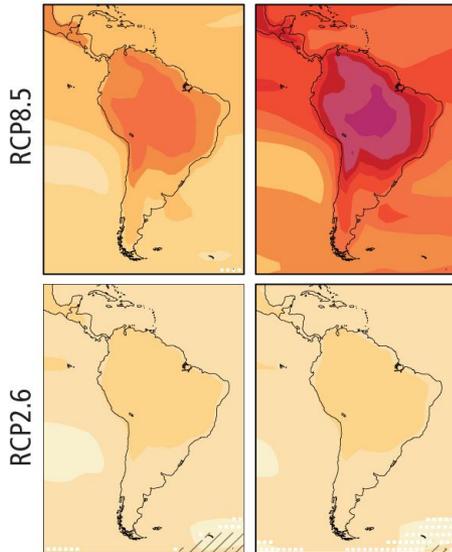
- Condição inicial (caos)
- Condição de contorno (resposta a forçantes externas)
- Diferentes estruturas de modelos (“ensemble de oportunidade”)
- Diferentes representações dos processos (perturbação da física)

## Annual Temperature Change



Difference from 1986–2005 mean (°C)

mid 21st century    late 21st century

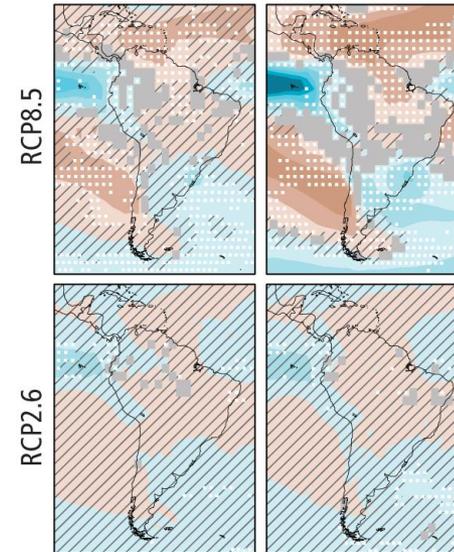


## Annual Precipitation Change



Difference from 1986–2005 mean (%)

mid 21st century    late 21st century



Solid Color

Very strong agreement

White Dots

Strong agreement

Gray

Divergent changes

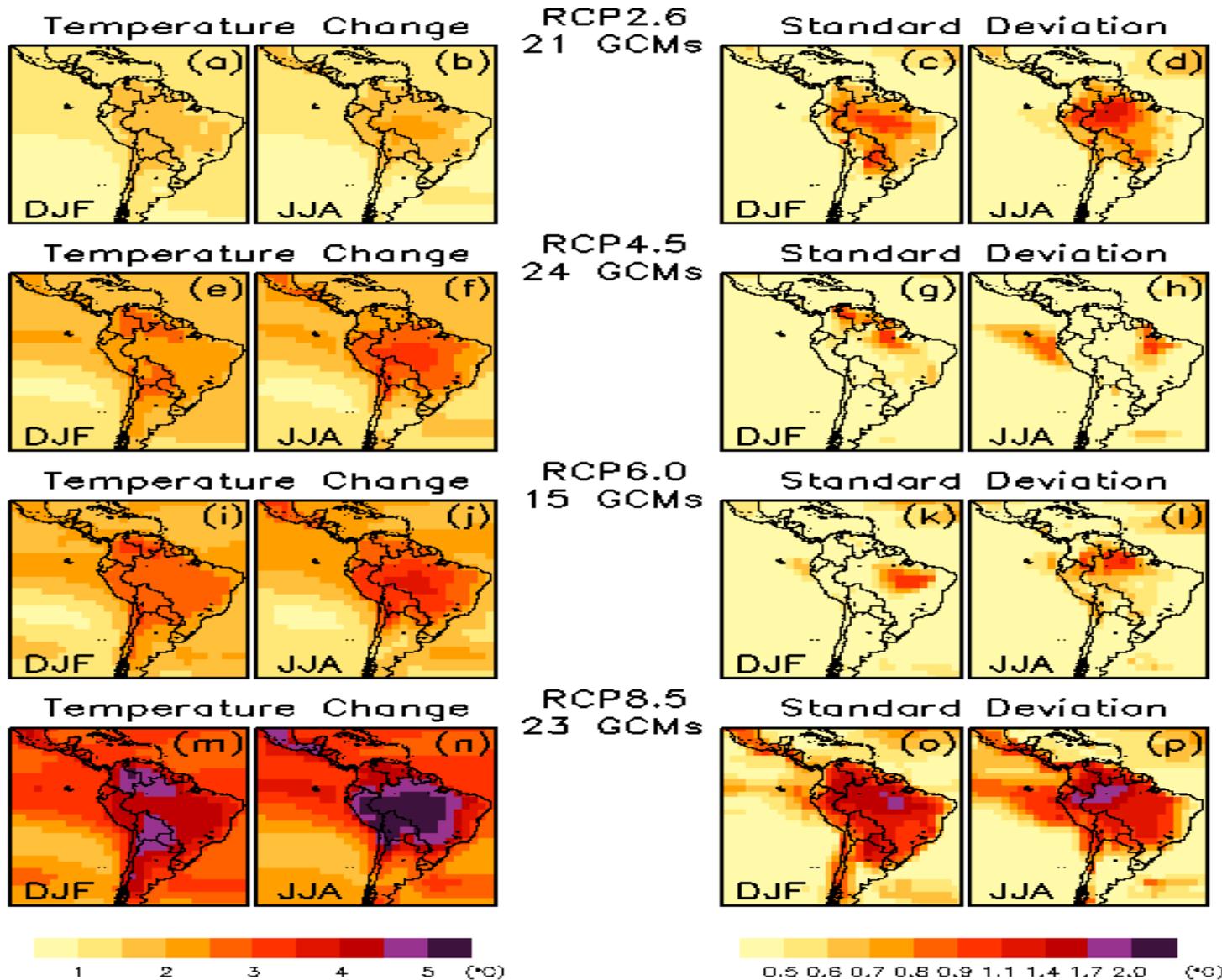
Diagonal Lines

Little or no change

**Figure 27-2** | Projected changes in annual average temperature and precipitation. CMIP5 multi-model mean projections of annual average temperature changes (left panel) and average percent changes in annual mean precipitation (right panel) for 2046–2065 and 2081–2100 under RCP2.6 and 8.5, relative to 1986–2005. Solid colors indicate areas with very strong agreement, where the multi-model mean change is greater than twice the baseline variability (natural internal variability in 20-yr means) and  $\geq 90\%$  of models agree on sign of change. Colors with white dots indicate areas with strong agreement, where  $\geq 66\%$  of models show change greater than the baseline variability and  $\geq 66\%$  of models agree on sign of change. Gray indicates areas with divergent changes, where  $\geq 66\%$  of models show change greater than the baseline variability, but  $< 66\%$  agree on sign of change. Colors with diagonal lines indicate areas with little or no change, where  $< 66\%$  of models show change greater than the baseline variability, although there may be significant change at shorter timescales such as seasons, months, or days. Analysis uses model data and methods building from WGI AR5 Figure SPM.8. See also Annex I of WGI AR5. [Boxes 21-2 and CC-RC]

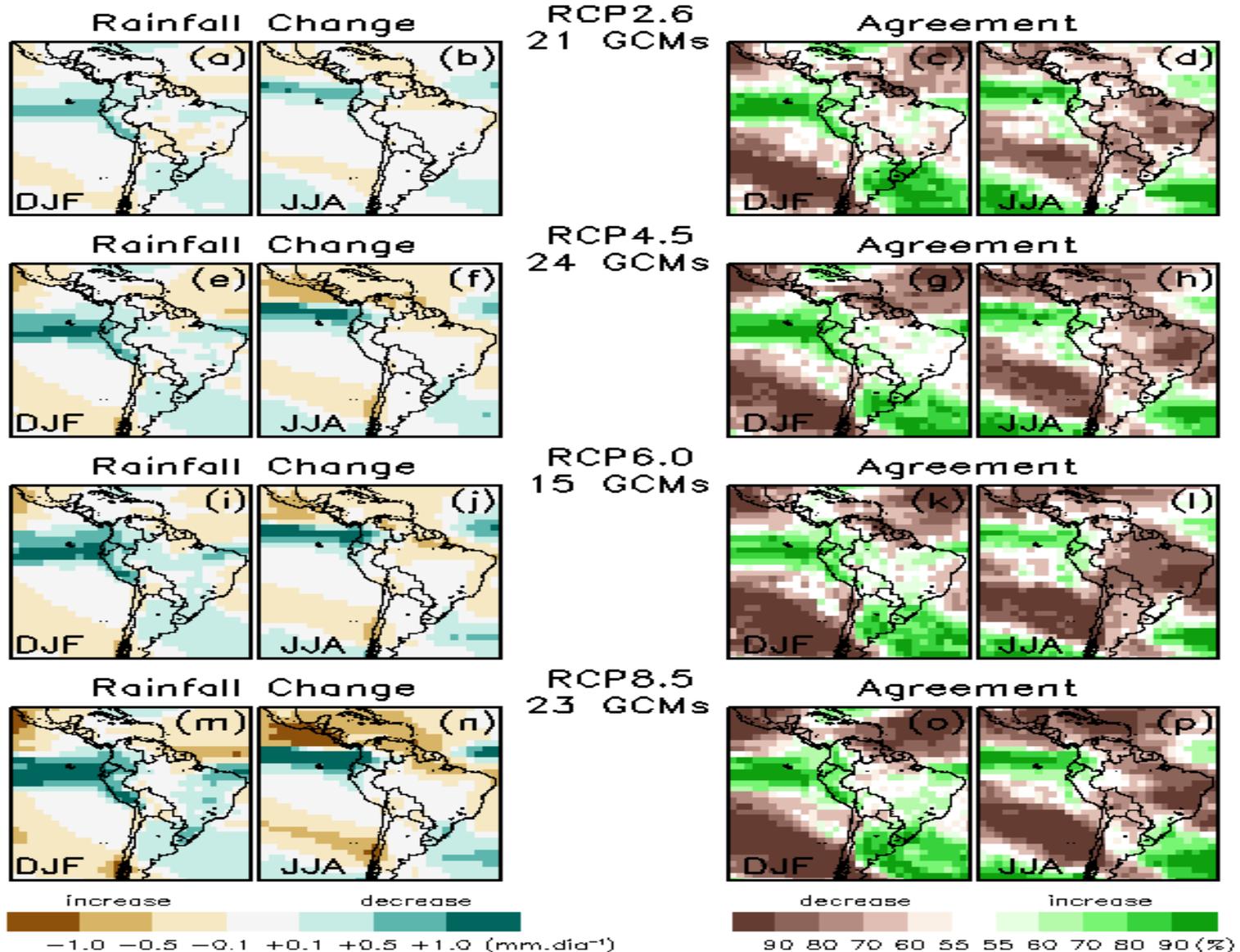
# CMIP5 – Projeções de mudanças de temperatura do ar (°C)

Para 2071-2100 relativo a 1961-1990 (média de vários modelos)



# CMIP5 – Projeções de mudanças de chuva (mm/dia)

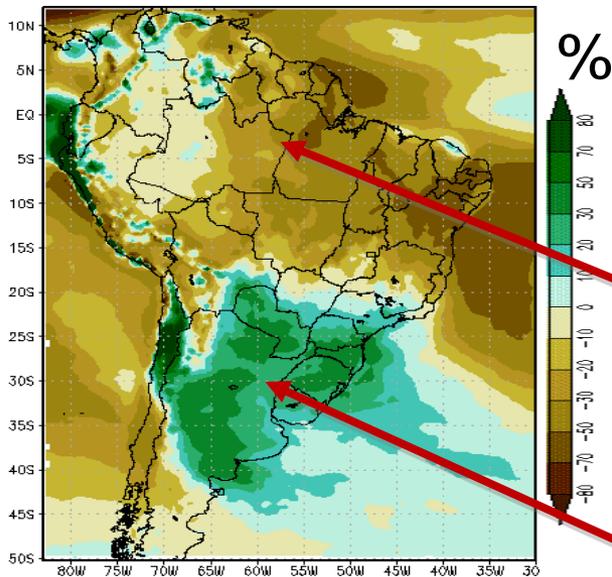
Para 2071-2100 relativo a 1961-1990 (media de vários modelos)



# Future climate change scenarios in South America derived from HadCM3-Eta 40 km

Future climate change scenarios in South America derived using the Eta CPTEC 40 km regional model, forced with the BC of the HadCM3 global model, (A1B) suggest that climate change show **regional variability**

Projections until the end of the 21<sup>st</sup> Century show **changes in extremes of rainfall more important than in the total of rainfall**

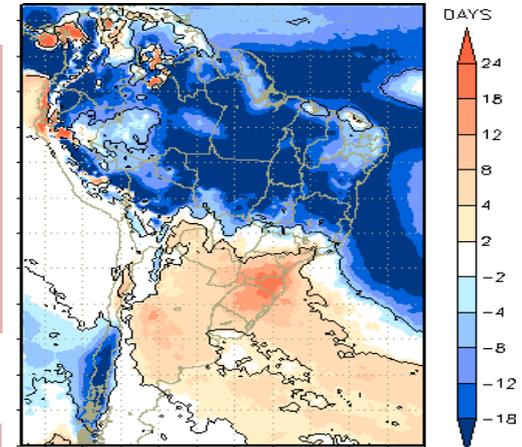


Rainfall changes (%) in 2071-2100 relative to 1961-90.

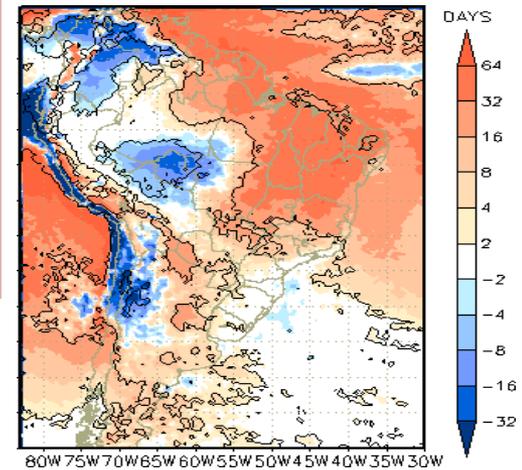
Amazônia and Northeast Brazil → rainfall deficiency

Southeastern South America → rainfall increase

Increase in the frequency of intense rainfall in 2071-2100 relative to 1961-90



Increase in the number of consecutive dry days in 2071-2100 relative to 1961-90





AES Eletropaulo  
AES Sul  
AES Tietê  
AES Uruguaiana



## Workshop Final

Chamada nº 010/2008 - P&D Estratégico

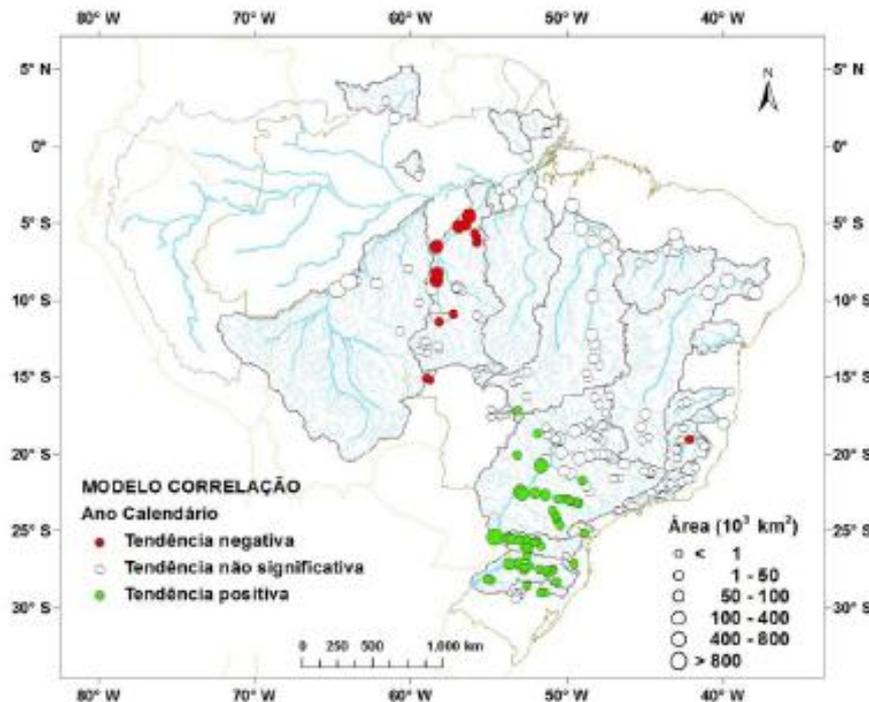
**Efeitos de mudanças climáticas no regime hidrológico de bacias hidrográficas e na energia assegurada de aproveitamentos hidrelétricos**

## PD 010/2008: Efeitos de Mudanças Climáticas no Regime Hidrológico de Bacias Hidrográficas e na Energia Assegurada de Aproveitamentos Hidrelétricos

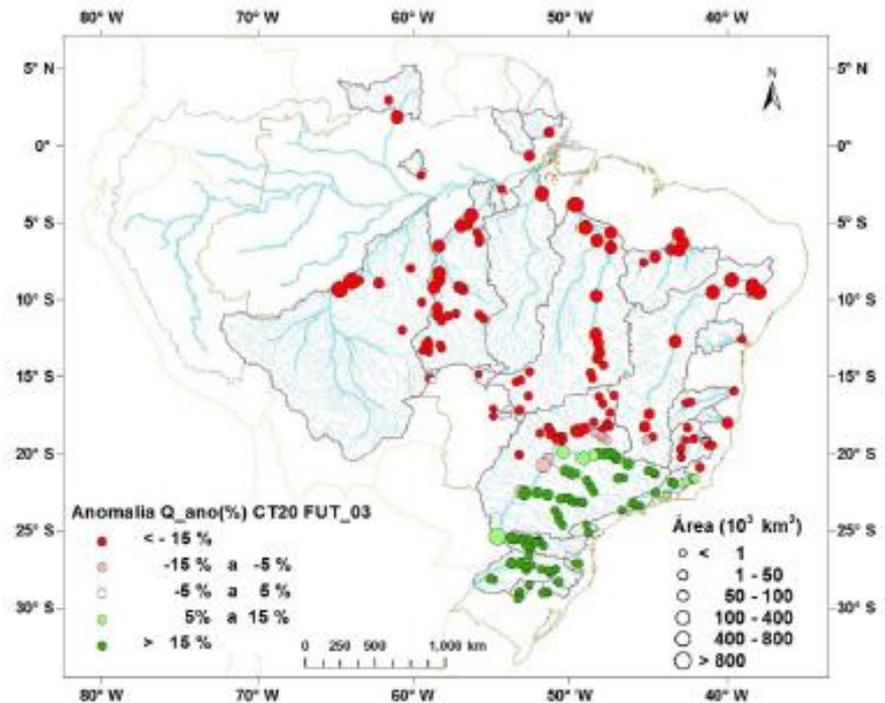
### Objetivos:

- Evidências de impactos, devidos a alterações previstas de solo e climáticas, sobre a disponibilidade hídrica atual de bacias hidrográficas de grandes e pequenos aproveitamentos hidrelétricos;
- Evidências de impactos sobre a capacidade atual de armazenamento e de regularização de vazões dos reservatórios das usinas hidrelétricas, e sobre a respectiva energia assegurada;
- Impactos sobre a disponibilidade hídrica e a energia assegurada dos aproveitamentos, considerando cenários de mudanças climáticas futuras e o uso múltiplo dos recursos hídricos;
- Descrição das variáveis que deverão ser contempladas na elaboração de modelos de otimização para o despacho das unidades geradoras do SIN, em cenários climáticos futuros;
- Uso potencial de previsão de vazão para mitigar as incertezas da não-estacionariedade das séries afluentes aos reservatórios.

Tendências identificadas  
nas vazões naturais de 1930 a 2010



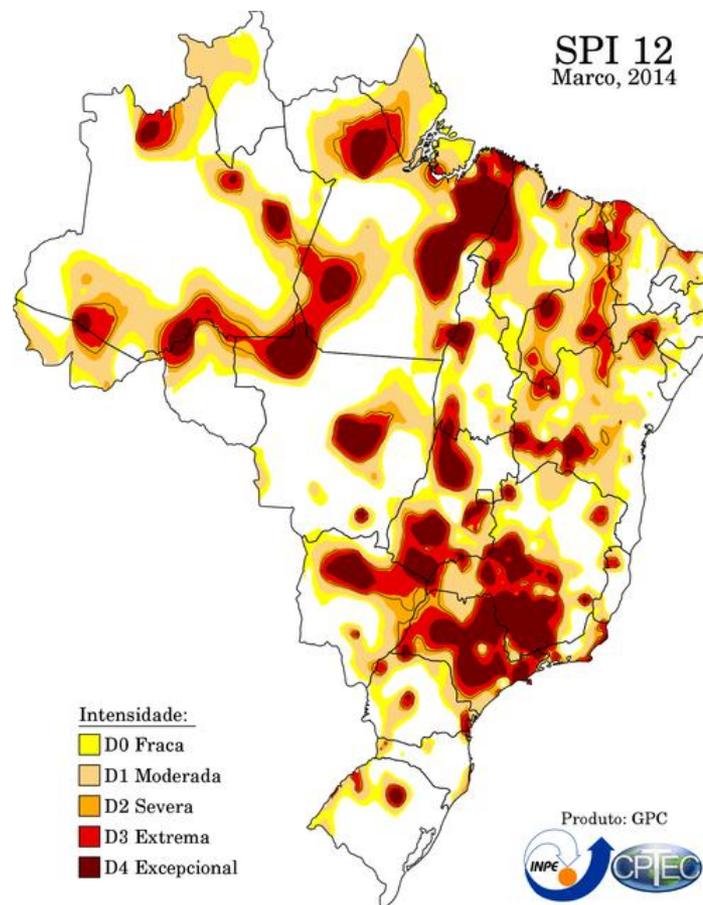
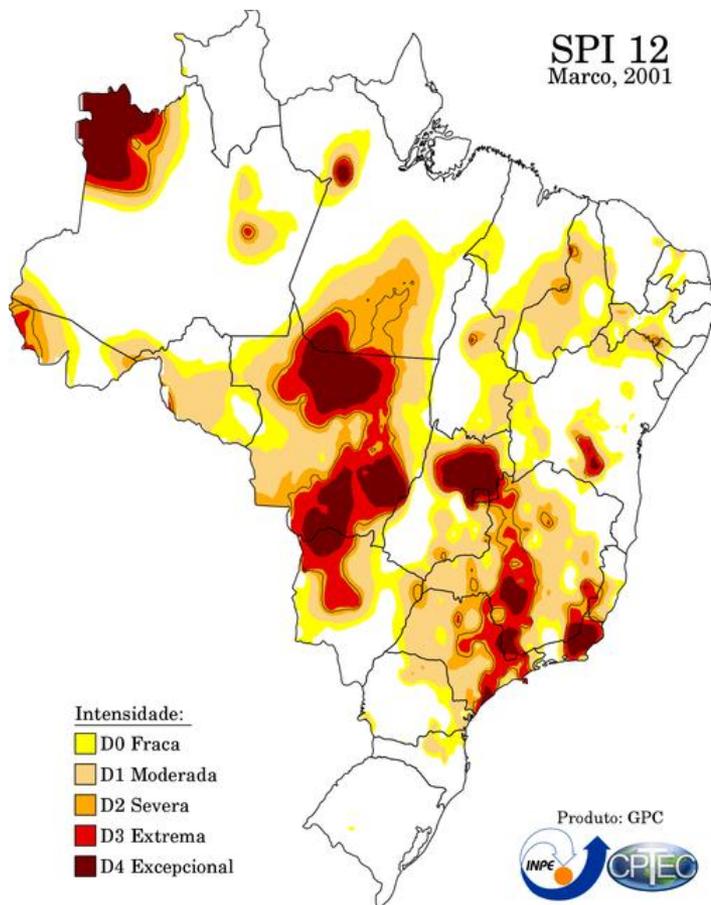
Projeções de alteração das vazões naturais  
No final do século XXI em relação a 1960-1990



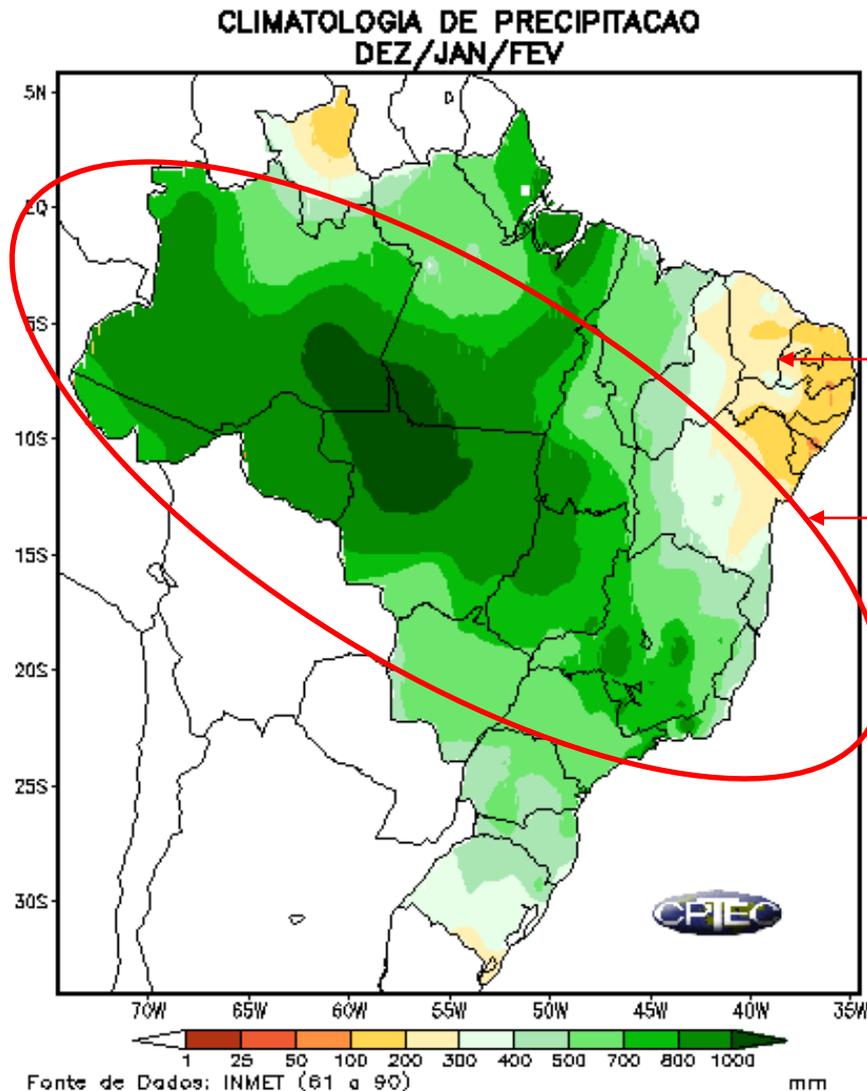
# **PERSPECTIVAS FUTURAS**

**2015**

# ANATOMIA DA SECA



# CLIMATOLOGIA DE CHUVA PARA NOVEMBRO-JANEIRO (MÉDIA 1960-1991)

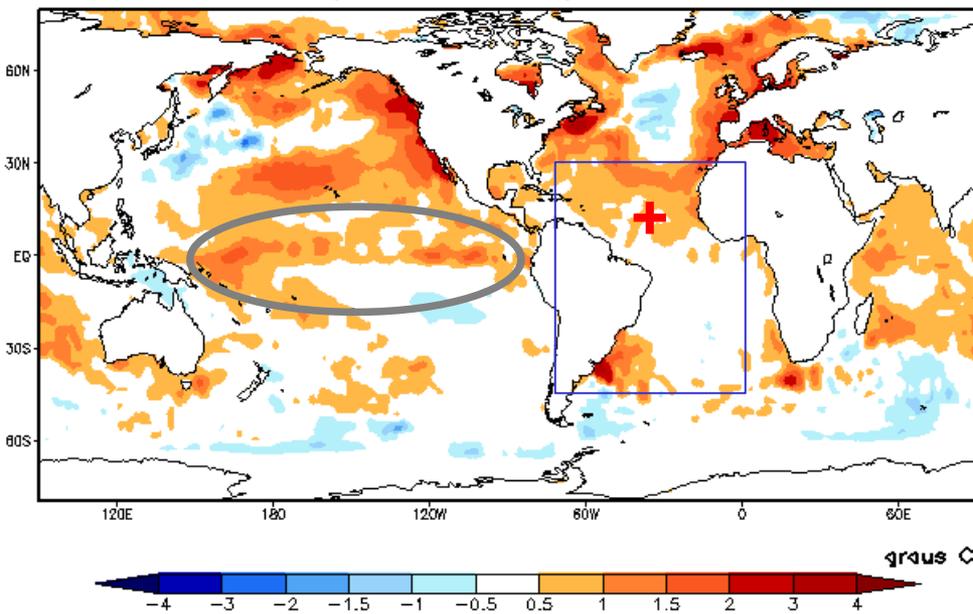


*Chuvas escassas no nordeste do país.*

*Climatologicamente as chuvas se concentram na grande área central do país, incluindo o centro-sul do MA, o Sul do PI, sul e oeste da BA, MG e ES.*

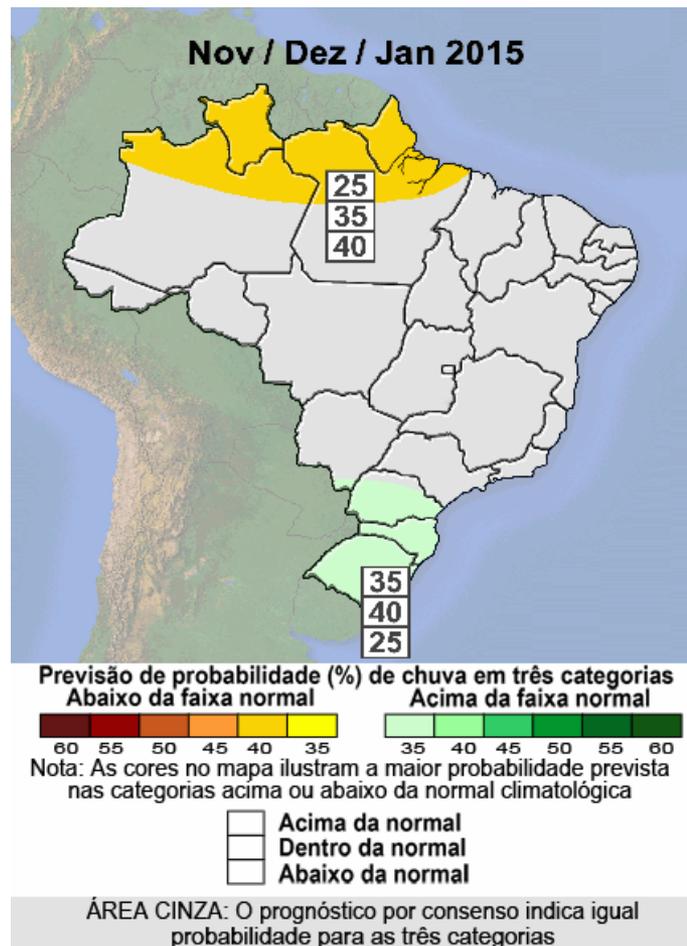
# PERSPECTIVAS CLIMÁTICAS PARA NOV-DEZ-JAN 2014/2015

Anomalia de Temperatura da Superfície do Mar OCT2014



Previsão:

Estabelecimento do fenômeno “El Niño” no Oceano Pacífico. **Situação do Oceano Atlântico desfavorável para as chuvas do NE.**



# EXISTE UMA ESTRATEGIA ESPECIFICA PARA A PREVISAO DE EVENTOS EXTREMOS?

- Depende da escala do fenômeno;
- Em um conceito de “seamless prediction”, o desafio é MELHORAR OS MODELOS para representar corretamente todas as escalas de tempo.

IPCC

RCM (40, 20 km)

Climate variability

Monitoring

Extremes and impacts

Vulnerability and risk

Future climate change scenarios at high resolution

Climate and hydrology

Extremes and impacts

Vulnerability and risk

Government actions

-Environmental policies  
-Adaptation strategies, mitigation measures, emergency plans

Possible regional impacts

Impactos projetados



Impactos na agropecuária



Impactos na agricultura de subsistência e agro indústria



Perda de biodiversidade e ecossistemas naturais e serviços Ecossistêmicos



Risco de aridização e desertificação e erosão



Riscos na saúde e bem-estar humano



Ecossistemas e cidades costeiras afetadas pela elevação do nível do Mar



Conflitos sociais, migração e emprego



Disponibilidade da água, qualidade e quantidade, e geração de energia hidroelétrica

IAV studies and activities

-Natural disasters-CEMADEN  
-Urbanization and Megacities  
-Desertification in the Semirid of NEB  
-Urban and basin hydrology  
-Renewable energies  
-Agriculture and cattle  
-Biodiversity  
-Health and migration  
-Economy  
-Environmental Services

\* Considerar o problema de mudança de clima como de caráter multidisciplinar, e formar recursos humanos para abordar os diferentes aspectos do problema (detecção, atribuição, impactos, vulnerabilidade e mitigação).



**Scientific  
Research**

O artigo [Recent Extremes of Drought and Flooding in Amazonia: Vulnerabilities and Human Adaptation](#), de autoria de Jose A. Marengo, Laura S. Borma, Daniel A. Rodriguez, Patrícia Pinho, Wagner R. Soares e Lincoln M. Alves, todos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), foi considerado um dos melhores papers de 2013 da seção Earth & Environmental Sciences da editora Scientific Research. O estudo foi publicado no American Journal of Climate Change Vol.2 No.2, em junho

do ano passado.

O artigo aborda os impactos ocorrências de secas e inundações extremas na Amazônia, usando dados de nível / descarga de alguns rios da região amazônica como indicadores. Os últimos 10 anos têm registrado vários eventos de secas e inundações únicos neste século na bacia do Amazonas, que têm afetado os sistemas humanos e naturais na região.

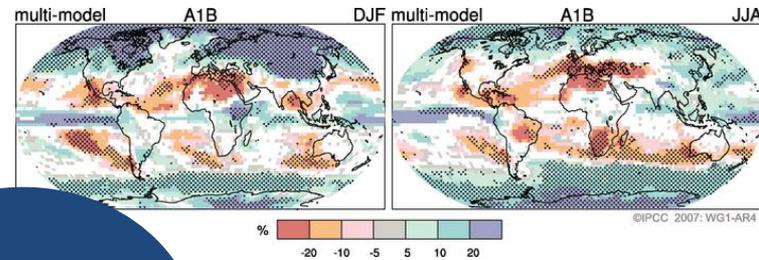
Os autores avaliaram um histórico de tais riscos com base em dados dos rios, e discutiram alguns dos impactos observados em termos de vulnerabilidade dos sistemas naturais e humanos, bem como algumas das estratégias de adaptação implementadas por governos regionais e locais para lidar com eles. A perspectiva crítica de mitigação da seca e das políticas de inundação na Amazônia sugere que elas têm sido quase sempre ineficazes na redução da vulnerabilidade para a maioria da população, constituindo-se, talvez, exemplos de má adaptação, através do enfraquecimento da resiliência.

# ENFREITAR, ADAPTAR E APRENDER

- Eventos extremos têm os maiores impactos em setores que são geralmente estratégicos (recursos hídricos, agricultura, florestas, saúde e turismo);
- Mesmo sem levar em conta a mudança climática, o risco de desastres continuará a aumentar em muitos países, uma vez que mais pessoas vulneráveis estarão expostos a extremos climáticos;
- Baseados em observações a partir de 1950, há evidências que sugerem que a mudança climática já mudou a magnitude e frequência de condições climáticas em várias regiões do globo;
- Deve-se melhorar as medidas existentes de gerenciamento de risco uma vez que muitos países não estão suficientemente adaptados contra atuais eventos extremos e, conseqüentemente, não estão preparados para o futuro;
- Os países precisam reavaliar sua vulnerabilidade e exposição, para gerenciar melhor o risco de desastres. Essa reavaliação precisa ser plenamente integrada no processo de planejamento;
- Será importante realçar os riscos de desastre relacionados à mudança do clima para os formuladores de políticas regionais que estejam trabalhando em outros domínios;
- Não se deve usar a incerteza como motivo para inação no que se refere a investir e reduzir a vulnerabilidade e a exposição;

# CLIMATE INFORMATION

Basic information, observation, and monitoring systems; the lack of capacity-building and appropriate political, institutional, and technological frameworks; low income



Key Messages for *users*  
of climate information!



# NÃO É PRECISO SER UM ESPECIALISTA PARA PERCEBER QUE EXISTE ALGO “ERRADO” NO CLIMA E NA MANEIRA COMO ESTAMOS LIDANDO COM ELE.



A hidra é a famigerada criatura mitológica de muitas cabeças. Eram sete cabeças que podiam se regenerar, rezando a lenda que a hidra, de tão venenosa, era capaz de matar quem dela se aproximasse apenas pelo hálito.



# OBRIGADO

**Lincoln Muniz Alves**  
**CCST/INPE**  
**Rodovia Dutra, km 39**  
**12630-000**  
**Cachoeira Paulista**  
**São Paulo, Brasil**

**[lincoln.alves@inpe.br](mailto:lincoln.alves@inpe.br)**

**[www.inpe.br](http://www.inpe.br)**

**[www.ccst.inpe.br](http://www.ccst.inpe.br)**

