



# WORK VIII 2025 Eta

WORKSHOP EM MODELAGEM NUMÉRICA DE TEMPO, CLIMA  
E MUDANÇAS CLIMÁTICAS UTILIZANDO O MODELO ETA

25 – 29 de agosto de 2025  
online

Uso do modelo para  
previsões para  
horizontes  
subsazonais, sazonais,  
multidecadais

**Chou Sin Chan**

[chou.chan@inpe.br](mailto:chou.chan@inpe.br)

# SAZONAL

## 3 meses – 12 meses

# PREVISÃO CLIMÁTICA

## HORIZONTE DE MESES, ANOS OU DÉCADAS

1. Utiliza-se o mesmo modelo da previsão de tempo ('seamless prediction')
2. Se não há previsibilidade além de poucos dias, como usar as previsões para prazos mais longos, para prazos climáticos?
3. Desempenho das previsões tempo (previsão de posição e horário do evento meteorológico) é de **poucos dias até cerca de 2 semanas**.
4. Por outro lado, em previsões climáticas, de longo prazo (meses, anos), são as **propriedades estatísticas do longo período que contam (por exemplo a variabilidade da chuva, anomalia de temperatura, etc)**

TEMPO vs CLIMA  
CONDIÇÃO INICIAL vs CONDIÇÃO DE CONTORNO



### Forçantes climáticas (condição de contorno)

- Temperatura da Superfície do Mar (ex. El Niño, La Niña)
- Superfície Continental
- Interações estratosfera-troposfera
- Gases de efeito estufa (forçante radiativa)
- Forçantes naturais ex. vulcões (forçante radiativa)

→ Mudanças climáticas globais

# SST control over tropical climate

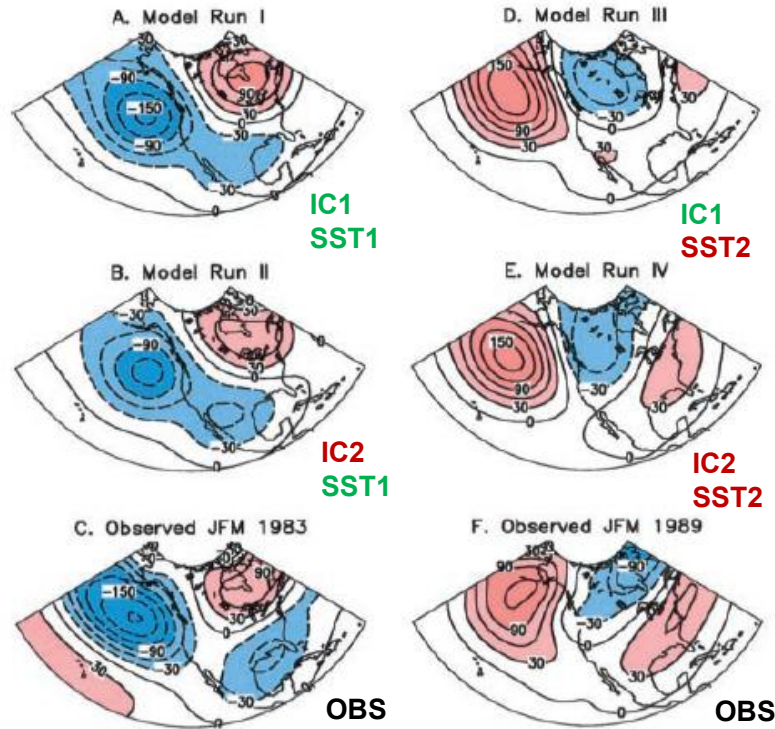


Fig A & D; B & E use:  
same ICs and different SSTs ->  
Different atmospheric patterns

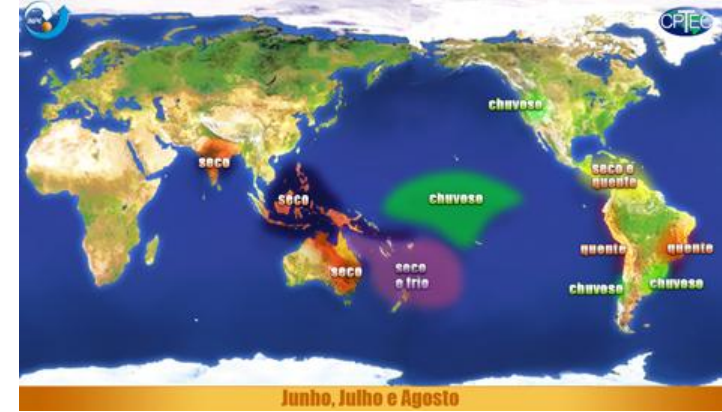
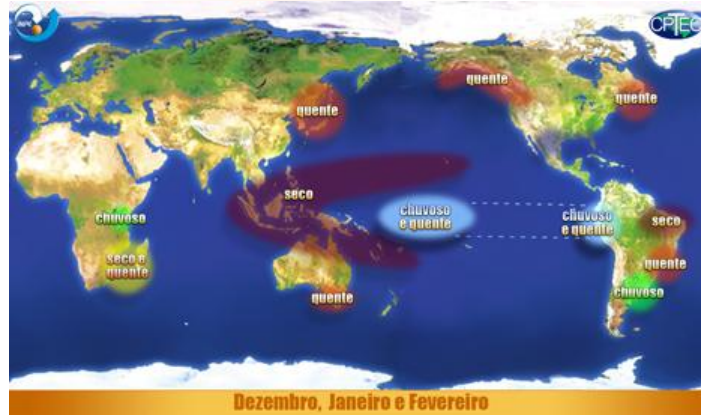
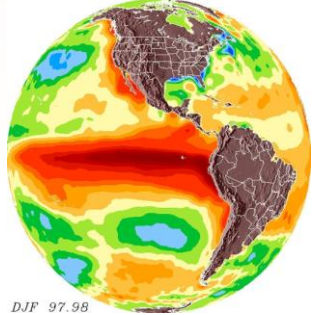
Predictability in the Midst of Chaos:  
A Scientific Basis for  
Climate Forecasting  
(Shukla, 1998)

**“Therefore, it should be possible to predict the large-scale tropical circulation and rainfall for as long as the ocean temperature can be predicted.”**

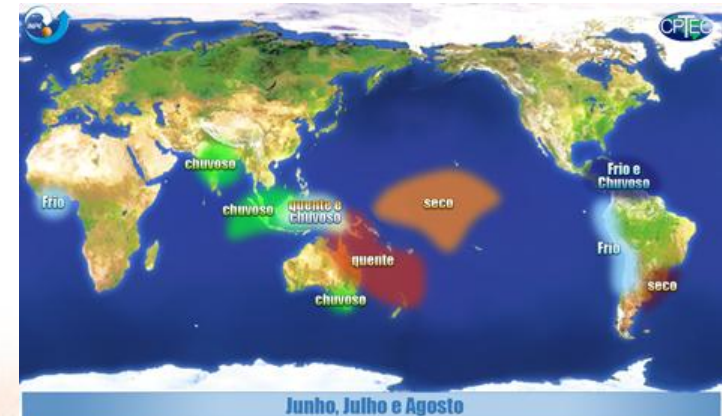
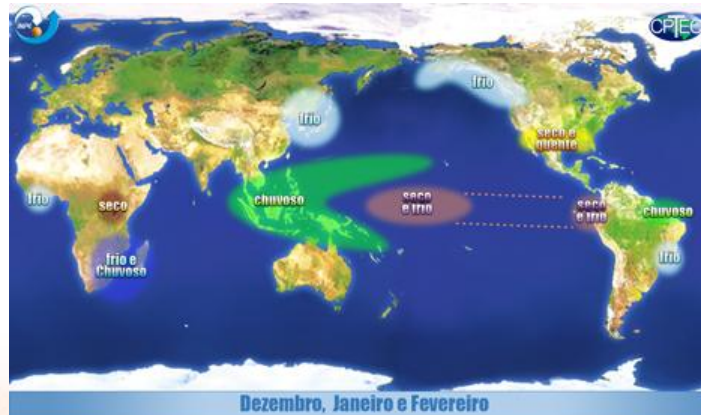
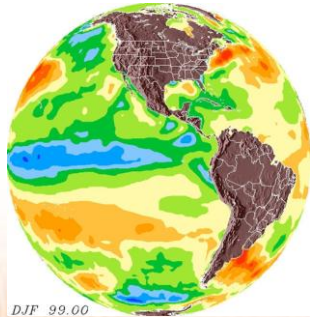
# EN/LN: Efeitos Globais

## Fonte de previsibilidade (predictability)

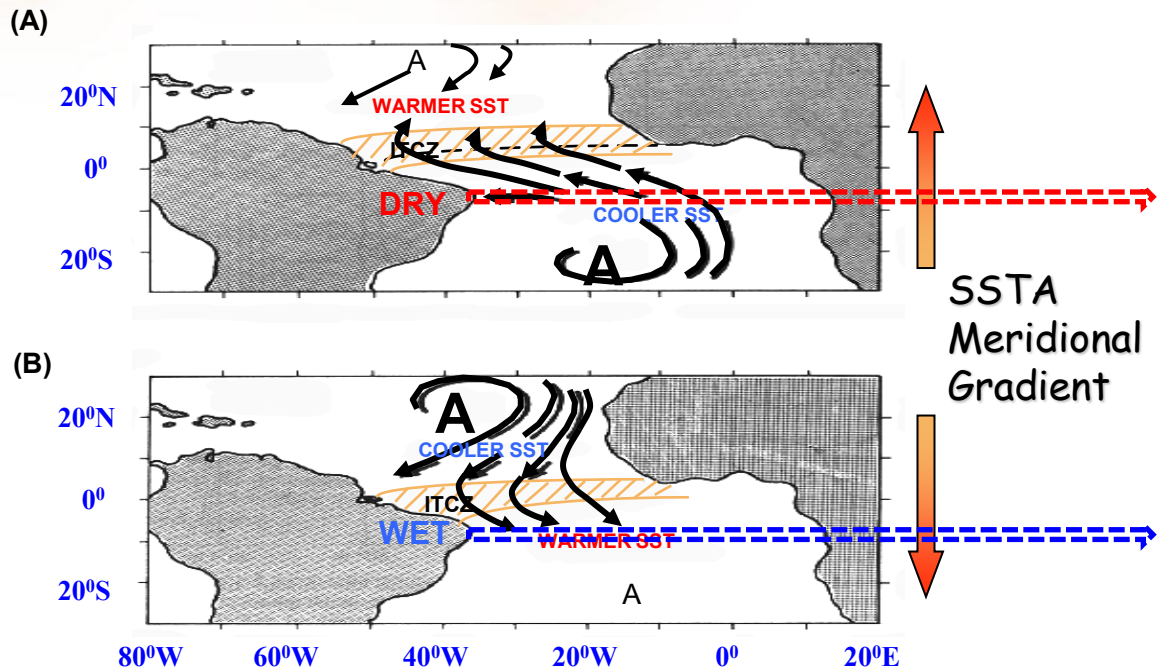
### El Niño



### La Niña



# Atlantic SST and ITCZ



## ITCZ mais ao norte

Alta Subtropical Sul mais intensa >>  
Ventos mais intensos +  
Nebulosidade reduzida

**>> + eólica, + PV**

## ITCZ mais ao sul

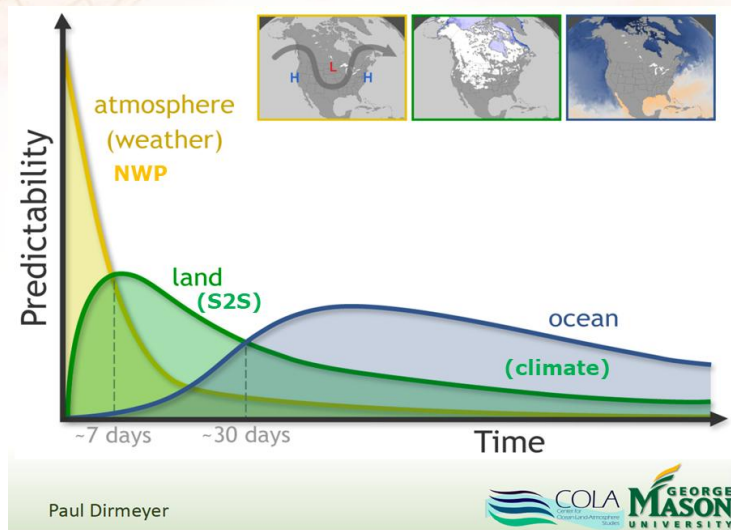
Alta Subtropical Sul mais fraca >>  
Ventos mais fracos +  
Aumento de Nebulosidade e chuva

>> -- eólica, -- PV

Adapted from: C. A. Nobre and L. C. B. Molion (1988)

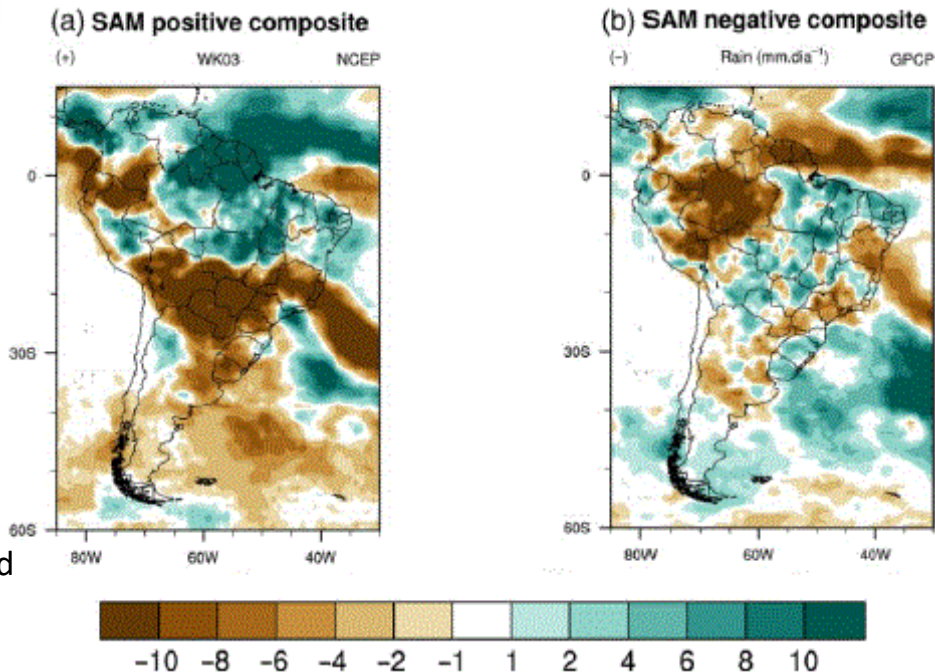
# Outras fontes de previsibilidade (forçantes)

Cavalcanti et al. 2021



“Land states, i.e. Soil Moisture, Snow and Soil Temperature (and soil ice), can provide predictability from deterministic Weather (from day “zero” NWP models) to Climate (Ocean-Atmosphere), **with land peaking at subseasonal-seasonal (S2S) time scales.**”

**Vegetation states**, related to soil moisture anomalies, also **give predictability at and beyond S2S time scales.**”



Fases opostas de SAM (Southern Annular Mode e anomalia de precipitação na América do Sul

Fase + ventos de oeste + ao sul

Fase – ventos de oeste + ao norte

Utiliza-se o mesmo modelo numérico de previsão de tempo para produzir a previsão climática

Entretanto utiliza-se as previsões climáticas de forma diferente, não há data ou calendário, usa-se as propriedades estatísticas

## incertezas



3 dias: M, T, N, dia

15 dias: dia

60 dias: pentada, quinzena

3 meses: mensal, trimestral

6 meses: mensal, trimestral, semestral

1 década: ano 1, ano2, quinquênio

1 século: décadas, 20 ou 30 anos, futuro próximo, meio do século,

final do século

> 1século: futuro próximo, meio do século, final do século, ou passado (paleoclimas)

Dia, horário do dia, probabilístico

probabilístico



Propriedades estatísticas  
Não há calendário

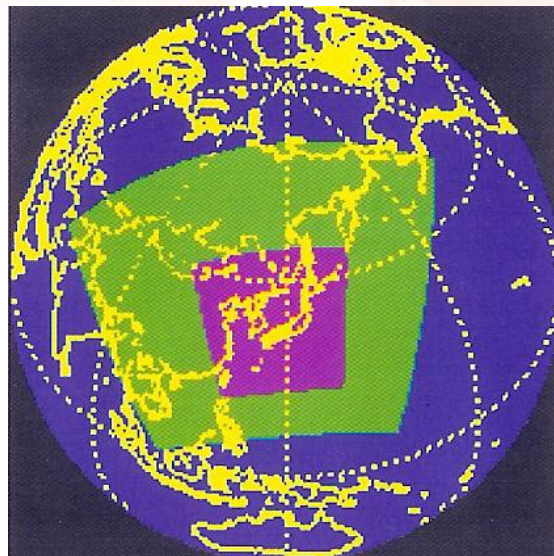


# Hierarquia dos Modelos Numéricos de Tempo e Clima

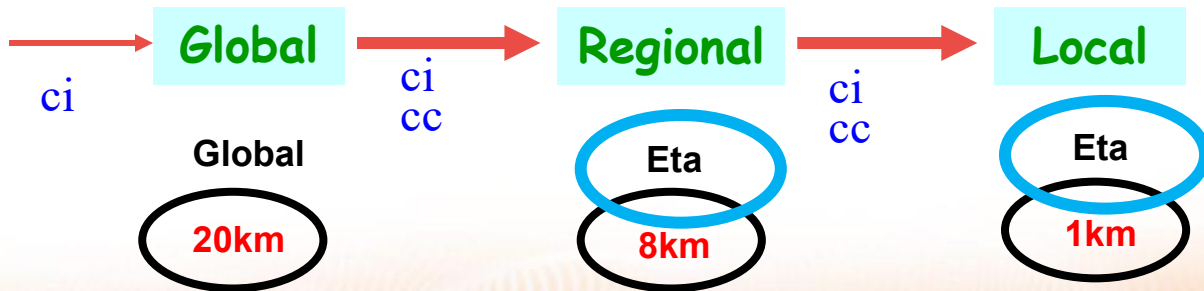
**Globais:** Acompanhamento dos padrões de escala sinótica para todo o globo.

**Regionais:** Aplicação semelhante aos modelos globais, mas com resolução maior sobre uma área limitada de interesse.

**Mesoescala/Local:** Acrescenta detalhes aos padrões de escala sinótica previstos no modelo regional.

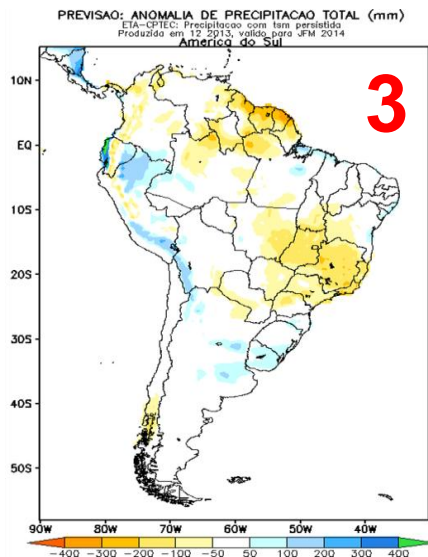


## Hierarquia dos modelos

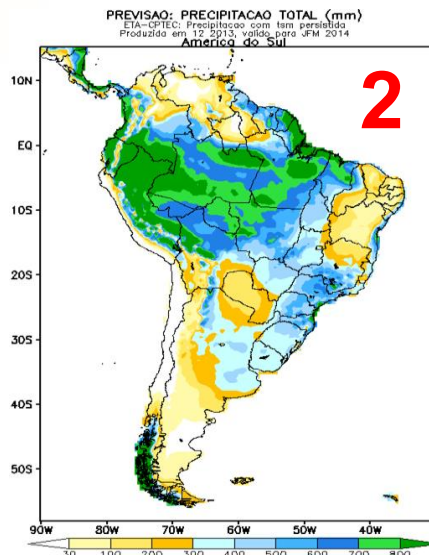


# COMO SAO PRODUZIDAS AS PREVISOES DE ANOMALIAS DE UMA ESTAÇÃO DO ANO?

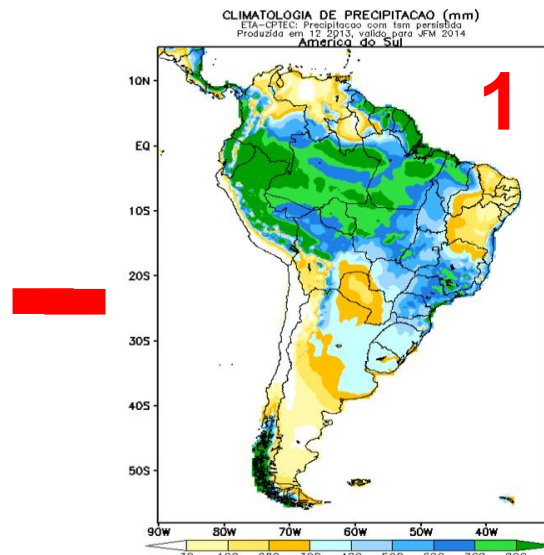
1. Construção da CLIMATOLOGIA DO MODELO : rodadas retrospectivas ('hindcasts'), conjunto de 10 anos, 20, 30 anos, pelo menos 5 membros;
2. Geração do Prognóstico da próxima estação; e
3. Obtenção da previsão de anomalia: Subtrair a CLIMATOLOGIA DO MODELO construída no item 1 do valor do novo prognóstico.



**Prognóstico da anomalia da chuva**  
para o trimestre JFM/2014

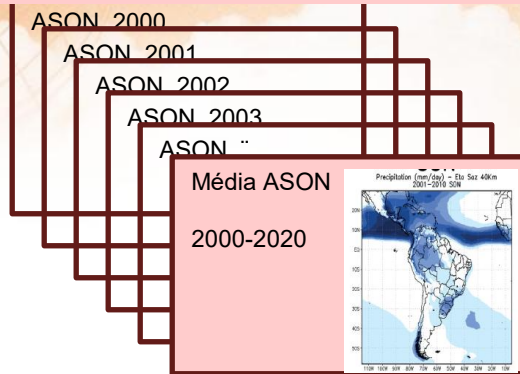


**Prognóstico da chuva**  
para o trimestre JFM/2014

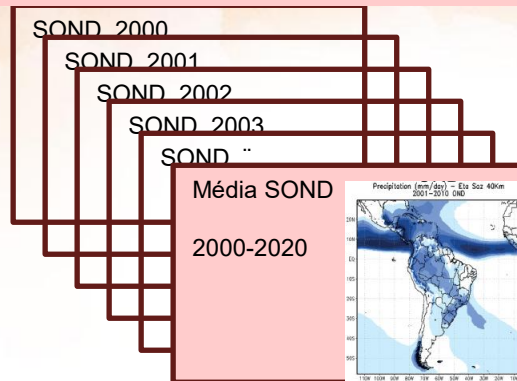


**Climatologia do modelo** para  
o trimestre JFM, 30 anos de  
'hindcasts' de 1981-2010

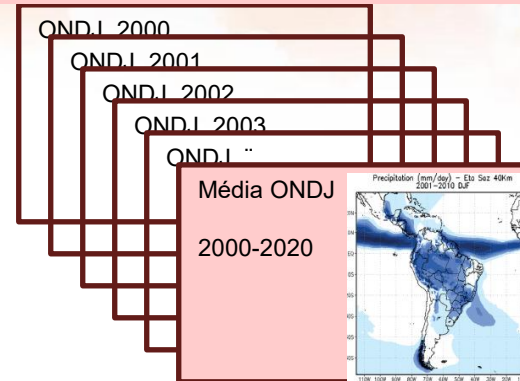
## Climatologia da previsão de ASON



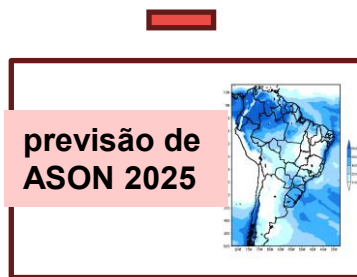
## Climatologia da previsão de SOND



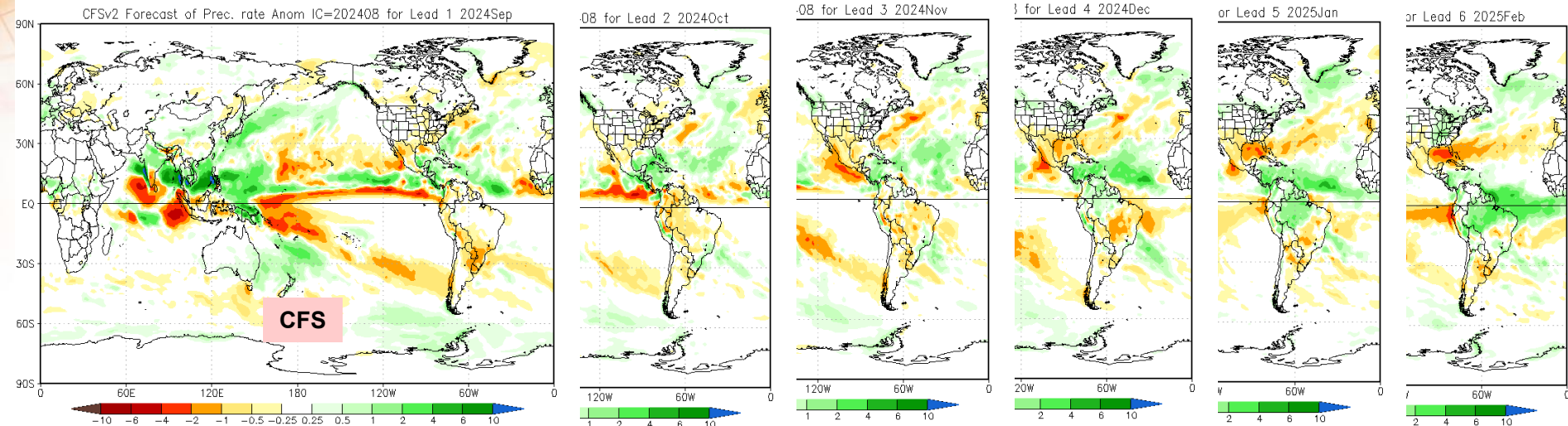
## Climatologia da previsão de ONDJ



Construção  
de previsão  
climática  
sazona

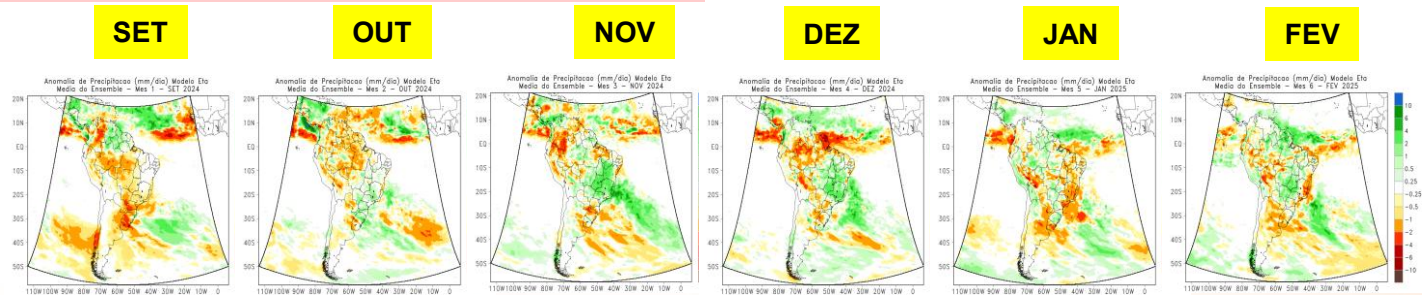


# 4. Previsão sazonal (3 a 6 meses de antecedência)



## PREVISÃO de Anomalia de CHUVA para SONDJF (2024-2025)

Eta



<http://www3.cptec.inpe.br/eta/previsao-sazonal-mensal/>

OBS

CFS

Eta\_raw

Eta

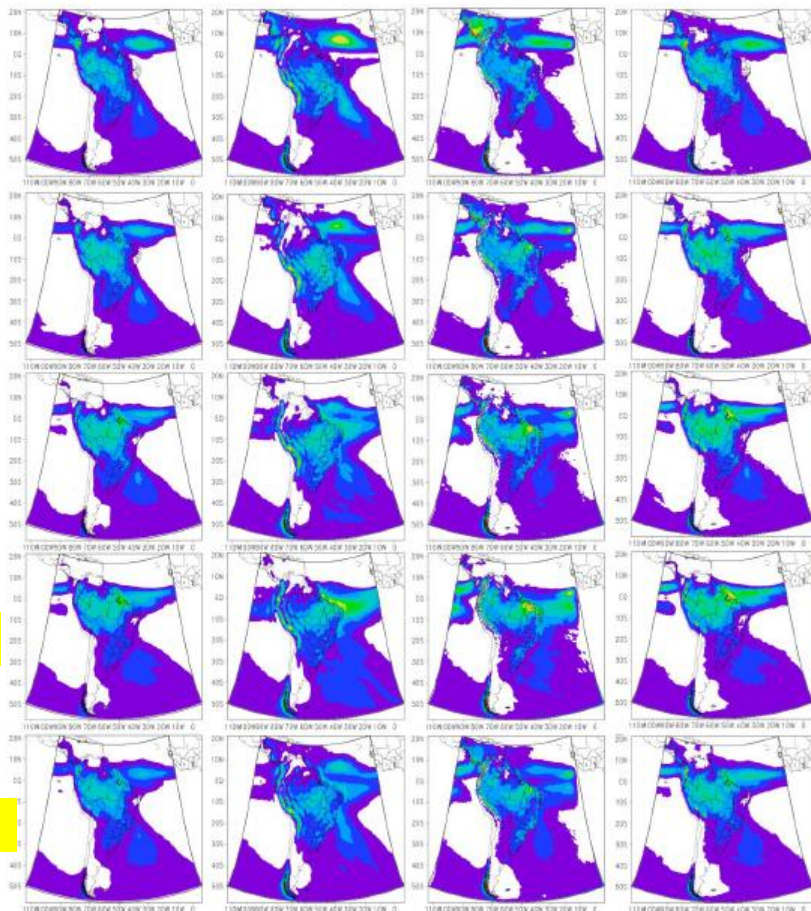
NDJ

DJF

JFM

FMA

NDJFMA



Google Maps | TAPSC - Fundação... | CAPES - Coordenação...

Eta Model

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

Home Eta Model Projects Publications Dataset Experimental Forecasts Events Team

CAPES-ANA - Previsão Sazonal Mensal com correção de viés

Home

Previsão Sazonal

Previsão Sazonal

Acesso aos Dados

Previsão ASONDJ 2024

Previsão SONDJF 2024

MENSAL sem correção de viés TRIMESTRAL sem correção de viés SEMESTRAL sem correção de viés  
MENSAL com correção de viés TRIMESTRAL com correção de viés SEMESTRAL com correção de viés

América do Sul

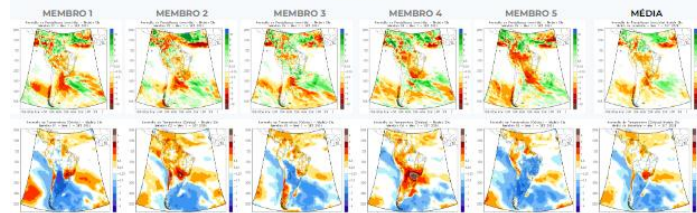
São Francisco

Madeira

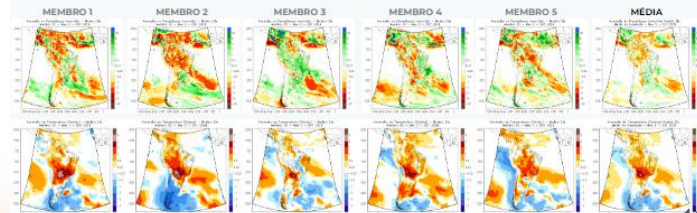
Paraná

Essas previsões são geradas utilizando os recursos do CENAPAD-SP

MÊS 1 (SET)



MÊS 2 (OUT)



MÊS 3 (NOV)

**WORK**  
VII 2025 **Eta**



WORKSHOP EM MODELAGEM NUMÉRICA DE TEMPO,  
CLIMA E MUDANÇAS CLIMÁTICAS UTILIZANDO O MODELO ETA

25 a 29 de agosto ONLINE



# SUBSAZONAL

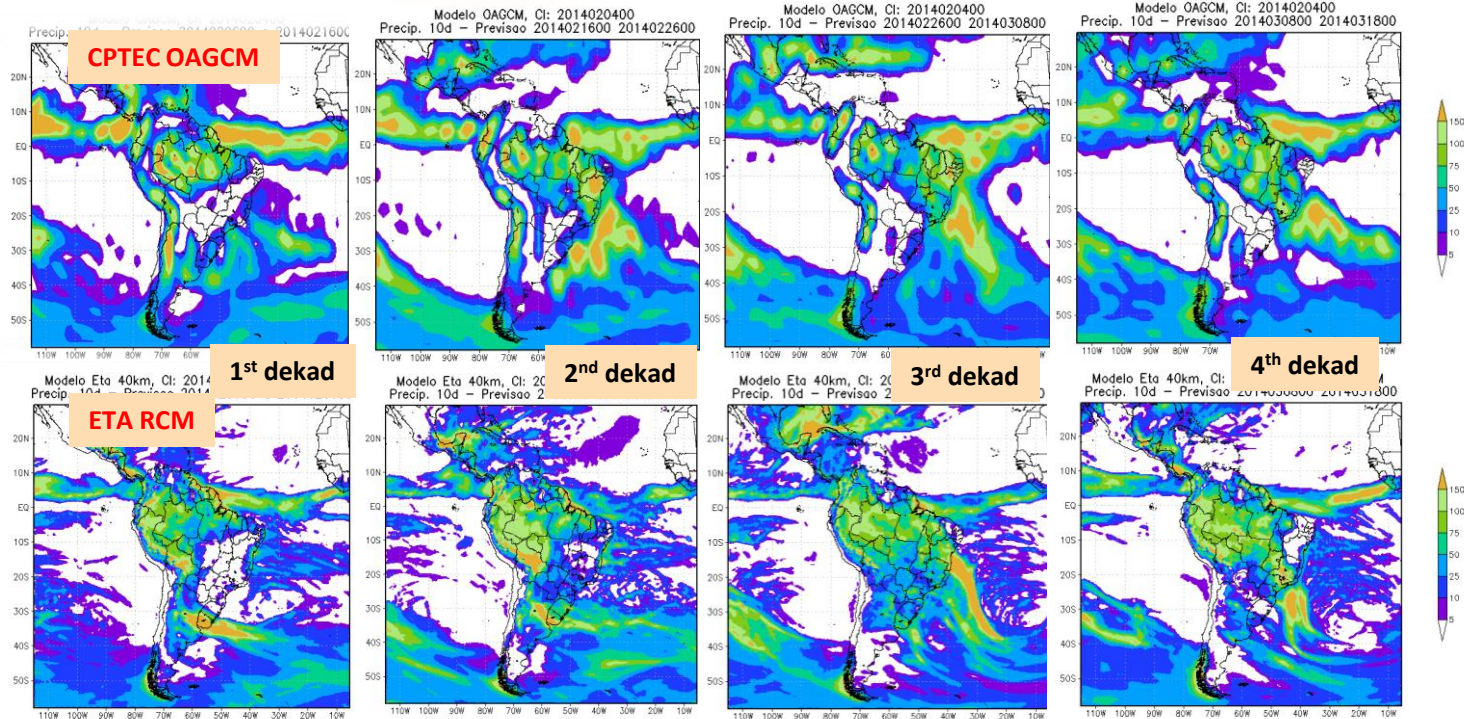
## 30-60 dias

# SUB-SEASONAL FORECASTS

- Eta RCM 40km

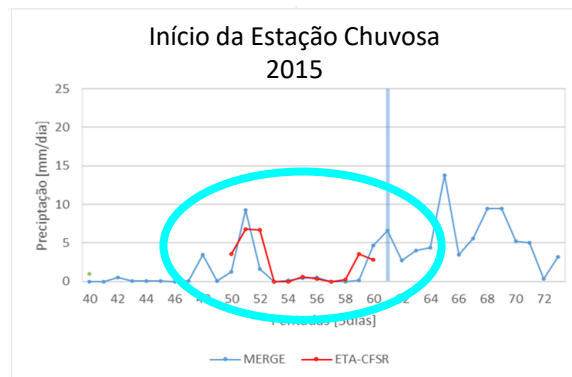
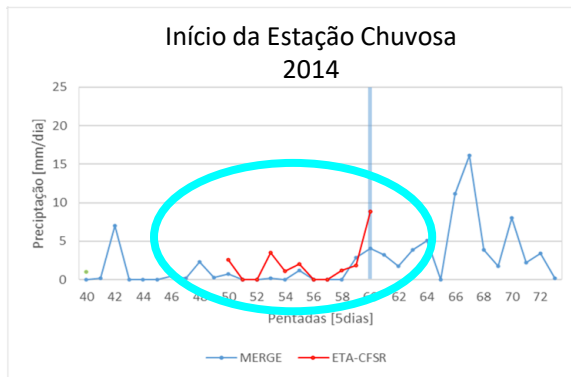
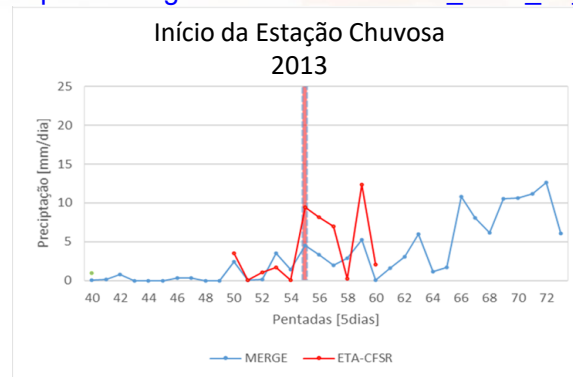
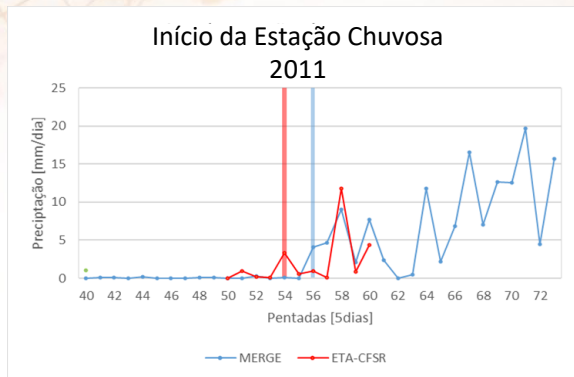
nested to CPTEC Coupled OAGCM,  
60-day forecasts,  
Initial conditions at 12Z,

except on dates 13, 14, 15, 16, and 17 of each month for a long integration (about 4.5 months)  
Hindcasts being prepared.



# 3. Previsão SUBSAZONAL (30 a 60 dias de antecedência)

Santos et al., AIGEO, 2023, [https://doi.org/10.11137/1982-3908\\_2023\\_46\\_59421](https://doi.org/10.11137/1982-3908_2023_46_59421)



**Atrasos da  
estação  
chuvosa  
simulada pelo  
modelo**

**SECA**

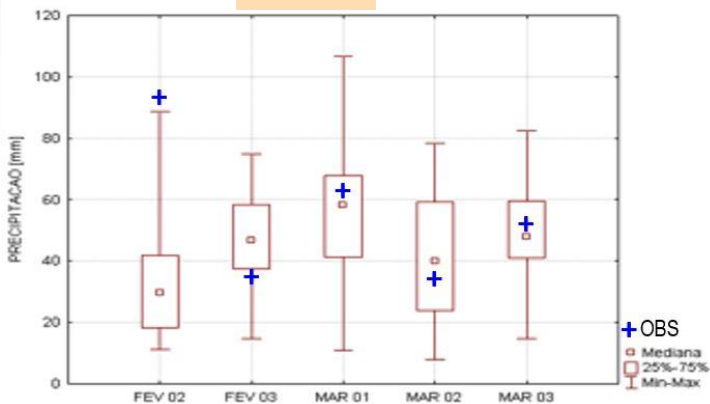
Observações:

- Os gráficos de linha são as médias de precipitação para cada pântada do ano.
- Os gráficos em barra mostram a pântada representativa do início da estação chuvosa.
- Em 2013 o modelo representa início da estação chuvosa.
- O modelo adianta o início da estação chuvosa em duas pântadas em 2011 e em uma em 2012.
- O modelo atrasa corretamente o início da estação chuvosa em 2014 e 2015 (anos de EL-Niño)

**Previsão do início da estação  
chuvosa.**

# ETA

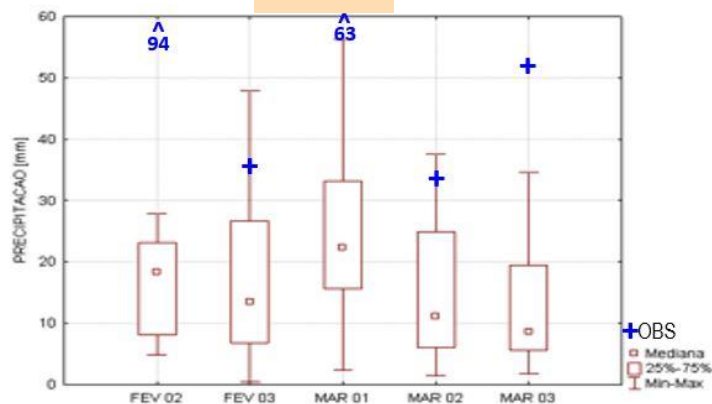
## PARANÁ



10d 20d 30d 40d 50d

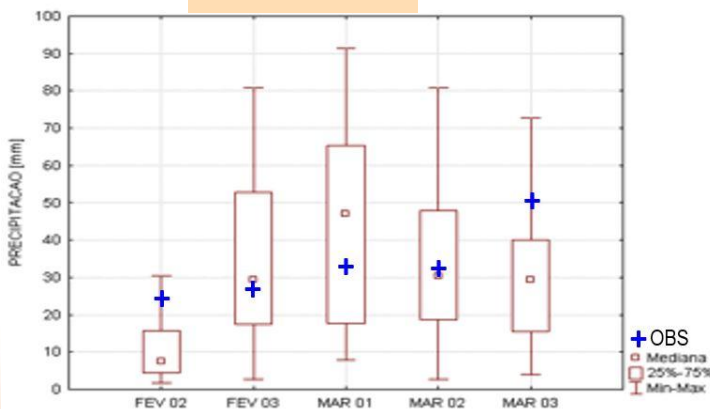
# BESM

## PARANÁ

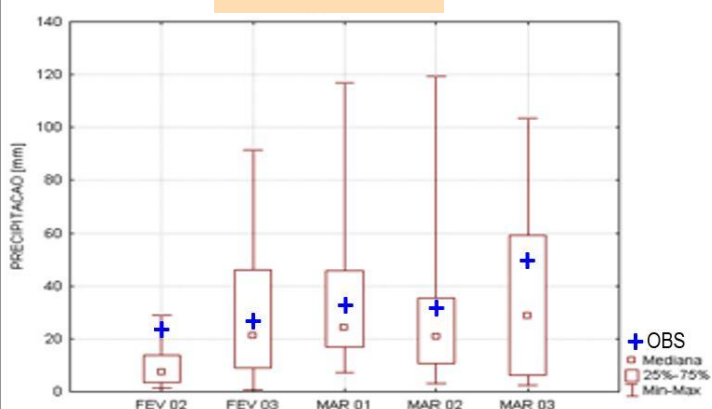


10d 20d 30d 40d 50d

## SÃO FRANCISCO



## SÃO FRANCISCO



**WORK**  
VII 2025 **Eta**



WORKSHOP EM MODELAGEM NUMÉRICA DE TEMPO,  
CLIMA E MUDANÇAS CLIMÁTICAS UTILIZANDO O MODELO ETA

25 a 29 de agosto **ONLINE**



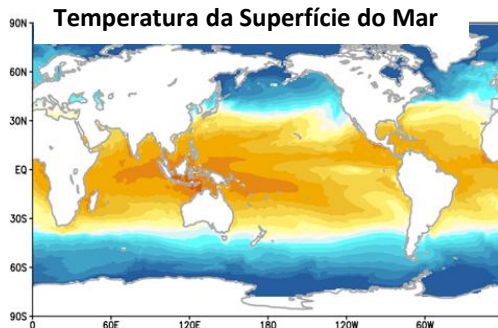
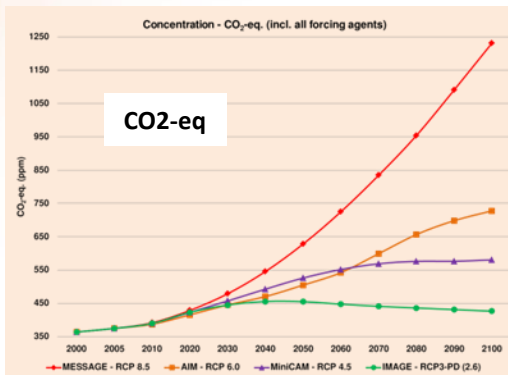
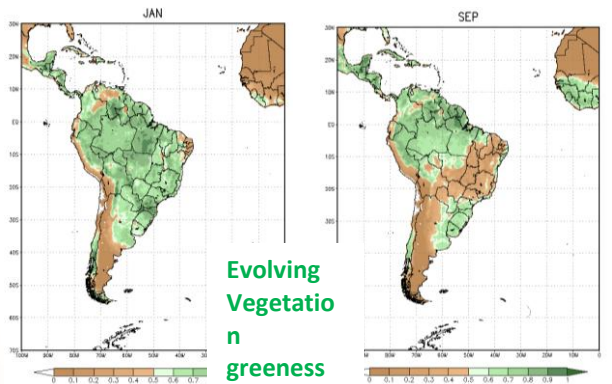
# MUDANÇAS CLIMÁTICAS

## décadas - séculos

# Desenvolvimento do modelo Eta para geração de projeções de mudanças climáticas

## Eta Model: From Weather to Climate Change code version – INPE's development

1. 360-day year calendar (HadGEM); 365-day no leap year calendar, etc
2. Equivalent CO2 concentration, update every 3 years;
3. AOGCM Monthly Sea Surface Temperature, daily update
4. Monthly Vegetation Greenness, daily update;
5. Interface to read AOGCM outputs, different grid and model levels



## Eta Model description

- **Domains:** Most part of South America
- **Resolution:** 20, 10, 8, 5, 4, 1/38, 50 lys
- **Refined eta vertical coord** (Mesinger, 1984; Mesinger et al 2012)
- **Horiz. Advection:** first forward and then centered
- **Vert Advection:** Piecewise Linear Scheme > finite-volume Model

- **Convection:** BMJ scheme
- **Cloud microphysics:** Ferrier scheme
- **Turbulence:** TKE prognostics
- **Radiation:** GFDL package, RRTMG
- **Land surface:** NOAH, NOAH-MP schemes, 8 deeper soil layers,
- Changes in calculations of Ps, fluxes over ocean, 10-m winds.
- **New restart** functionality

# Eta 20km Downscaling Dinâmico

## América do Sul e América Central

Apoio: da SAE, MMA, do MCTIC via PNUD, CNPq-ANA

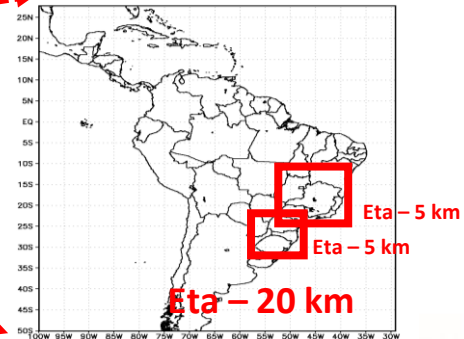
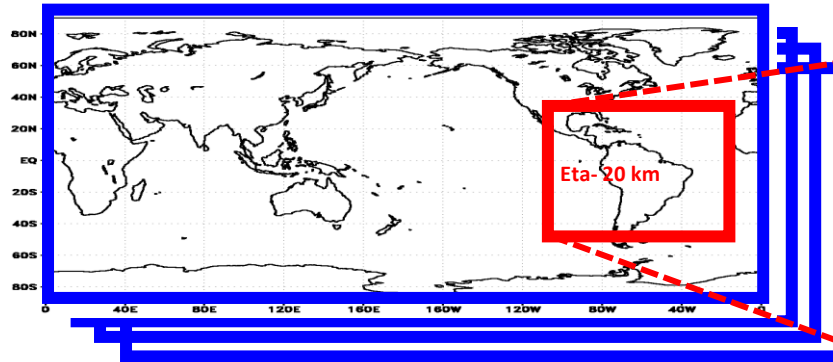
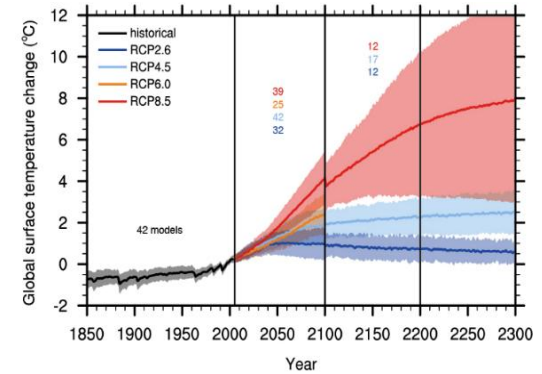
(Chou et al. 2014 a,b)

4 modelos globais como CC

1. HadGEM2-ES
2. MIROC5
3. BESM
4. CanESM2

2 cenários de emissão

1. RCP4.5 (moderado)
2. RCP8.5 (alto)



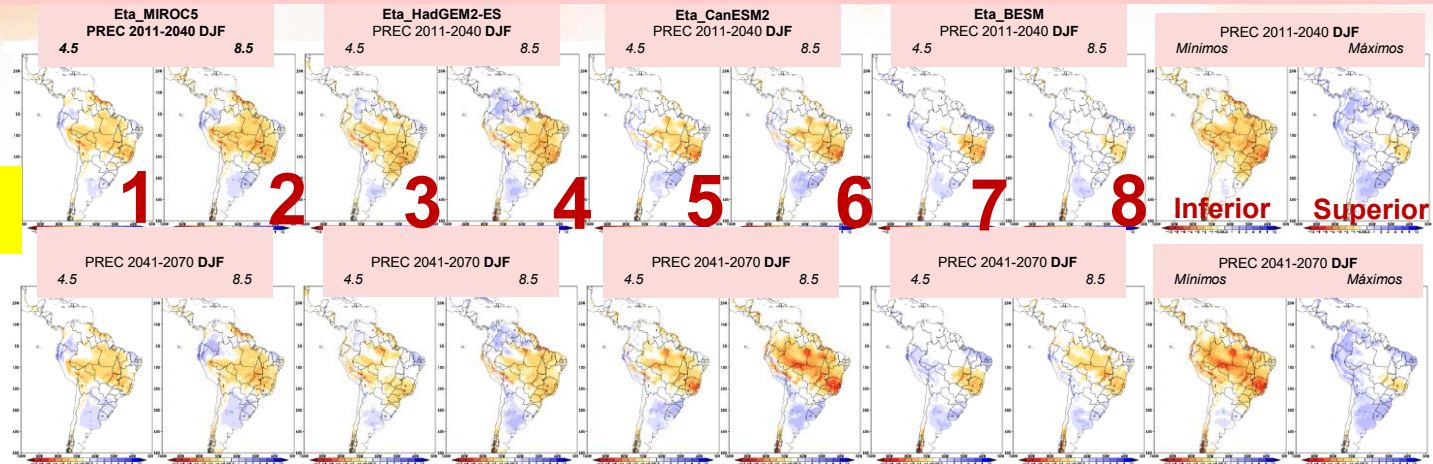
$4 \times 2 = 8$  cenários climáticos

1961 – 2005 , 2006 -2099

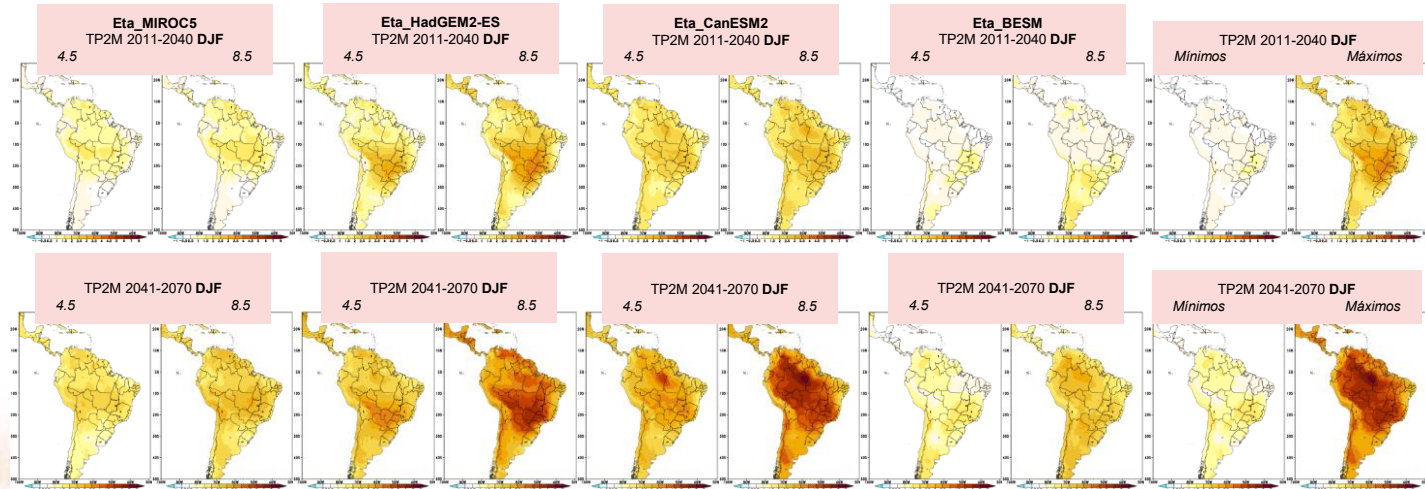
# Projeções de mudanças climáticas (Eta/INPE)

## MUDANÇAS NA PRECIPITAÇÃO

Em relação ao clima de 1961-1990



## MUDANÇAS NA TEMPERATURA



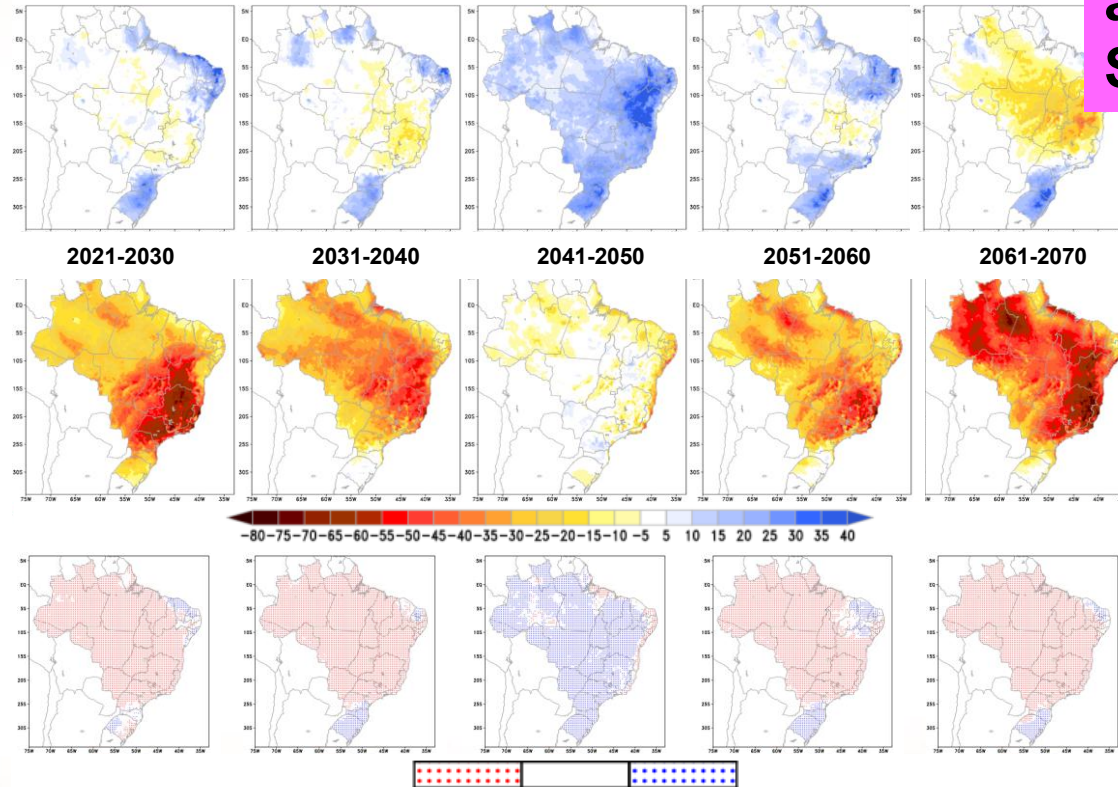
# Projeções de Mudanças Climáticas a partir do Modelo Eta 20km (4GCMs, 2RCPs)

DÉCADAS  
a  
SÉCULOS

Mudanças na precipitação no Brasil (%)  
em relação ao clima presente 1971-2000

Limite  
SUPERIOR da  
mudança na  
precipitação

Limite  
INFERIOR da  
mudança na  
precipitação



Priscila  
Tavares



Ministério do Meio Ambiente



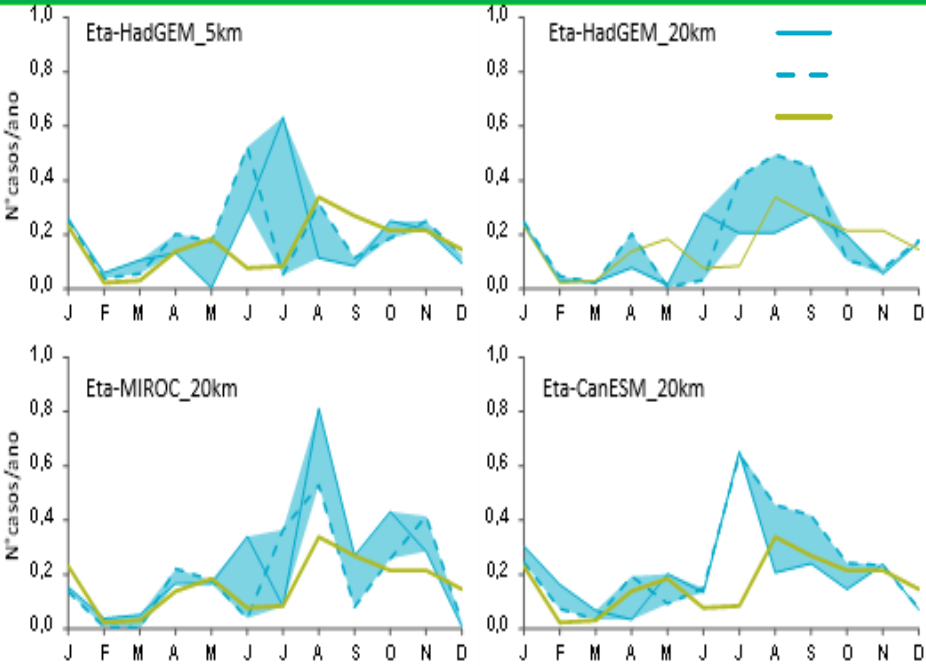
Nicole Resende,  
2023, AIGEO

Exemplos de estudo aplicado em SC

Tempestade

% de dias (média de 30 anos) com tempestades

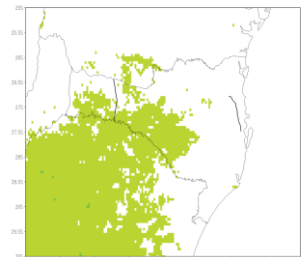
FF, Chuvas intensas e Ventos intensos



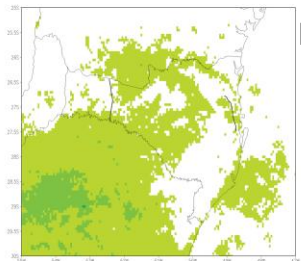
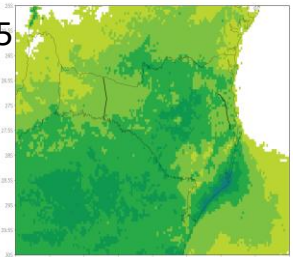
Futuro - Baseline

Severidade  
alta

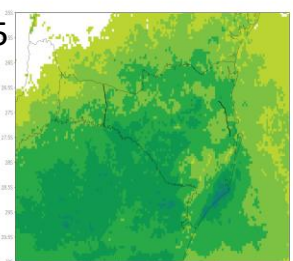
Severidade  
moderada



RCP4.5



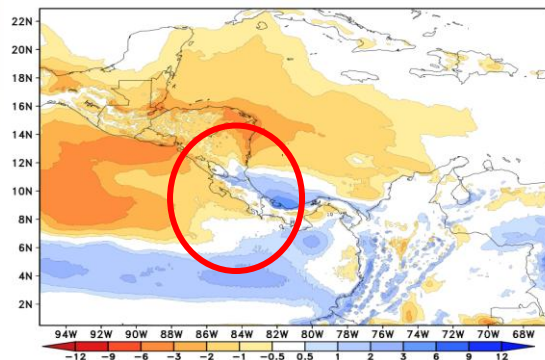
RCP8.5



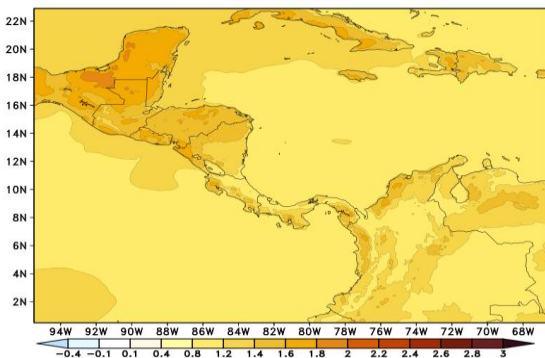
# Downscaling dinâmico, quando é necessário?

## Projections for Costa Rica 2011\_2050 minus 1071\_2010

Change in precipitation



Change in 2-m temperature



## Simulations for São Tome and Principe Islands

RX1day (mm)

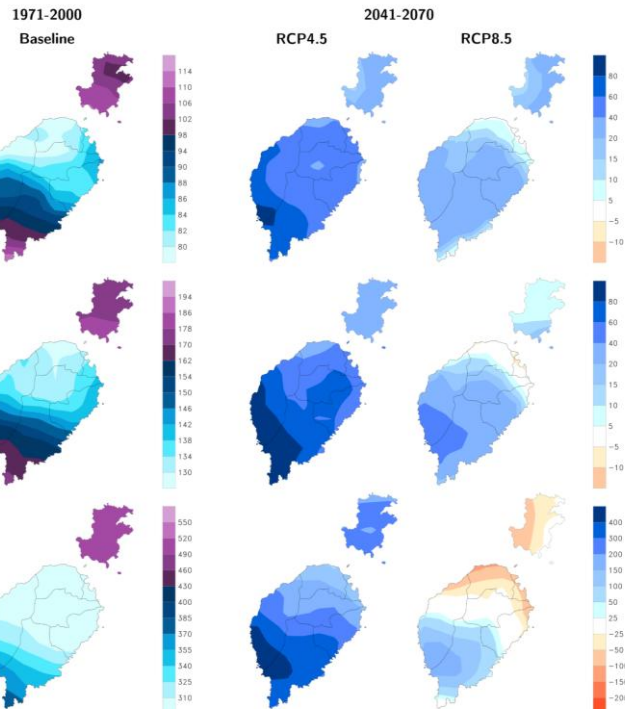
Máxima precipitação  
anual em 1 dia

RX5day (mm)

Máxima precipitação  
anual acumulado em 5  
dias consecutivos

R95p (mm)

Dias muito chuvosos



# Algumas considerações

- O skill é geralmente baixo, mas há vantagem sobre usar somente a climatologia;
- Identificar as forçantes (previsibilidade) para utilizar as previsões com mais confiança/segurança;
- Há necessidade de construção de climatologia do modelo (*hindcasts*). É uma tarefa que requer alta disponibilidade computacional;
- Há necessidade de combinar previsões dinâmicas com ferramentas estatísticas/IA;
- Os usuários estão preparados para utilizar as previsões sazonais e subsazonais na forma de probabilidade das previsões?

**Obrigada !!!**

**Chou Sin Chan**

[Chou.chan@inpebr](mailto:Chou.chan@inpebr)