



# **Validação de Modelo Regional Climático: Metodología e Dados**

Guillermo O. Obregón

Centro de Ciências do Sistema Terrestre – CCST/INPE

Cachoeira Paulista, setembro, 2009



## **validação de Modelo Regional**

**- Validação: Definição....**

**-Índices Univariadas**

**-Exemplos: Clima do Presente -> Eta- HadCM3**

**-Índices Multivariadas**

**-Exemplos: projeção do cenário de Mudança climática A1B -> Eta-HadCM3**



# **Validação**

**Ato de checar e provar a validade de algo.**

**Validate (latim)= feito legalmente válido**

**Definido em termos do “grau de satisfação  
paradoxo = validação é subjetiva**

## **Tipos de validação:**

- 1. Conceptual**
- 2. Interno**
- 3. Externo**
- 4. Cross-Model**
- 5. Dados**
- 6. Seguridade**



**Conceitual ou Teórica:** trata acerca da suficiência (proporção) do modelo teórico ou conceptual básico em caracterizar o mundo real.

**Exemplo:**

Conceitualmente o MR representa bem a parametrização de nuvens baixas quentes?

**Interna:** refere-se se o código computacional é correta (software)

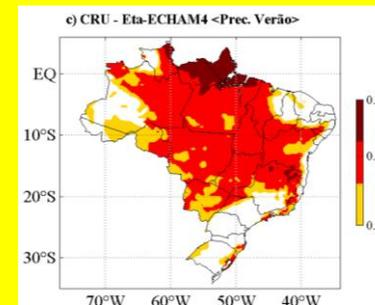
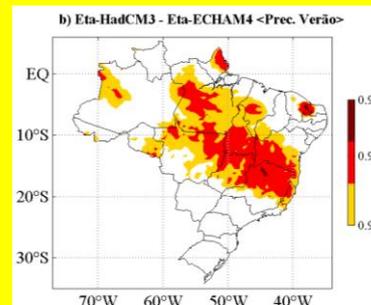
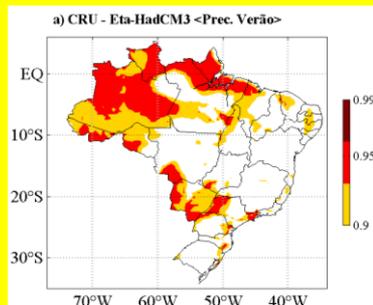
**Externa:** suficiência objetiva do modelo computacional em representar os dados reais.

**-Métodos para explorar as predições do modelo -> Verificar o Clima do presente**

- Técnicas de validação: Análises de sensibilidade ; Análise de resposta a um determinado cenário..etc.

-Tais técnicas não requerem estritamente comparações com dados reais e na maioria dos casos refere-se com a validação conceitual.

**Cross-model;** avalia o grau na qual um grupo de modelos são iguais uns aos outros. Isto necessariamente não implica um teste de desempenho.



**Dados:** Quão exato os dados (reais e gerados) e a proporcionalidade dos dados para representar o que se deseja.

**-Exemplo:** Os dados são esparsos: Não existem suficiente radiosondagens

**Validação da seguridade:** Esta questão é dar uma adequada proteção ou garantia de modo que falsificações do modelo sejam minimizados.



## **Validação Externa**

- Comparações visuais: Médias anuais (ciclo sazonal) de precipitação do Modelo vs dados observados -> CP.**
- Avaliações objetivas: Diagrama de Taylor.**



## Níveis de validação Externa

- Aparência:** Modelo apresenta uma aparência com a realidade.
- Padrões:** Padrões gerados pelo modelo sejam similares às observadas
- Distribuições:** Distribuição dos resultados gere distribuições similares aos dados reais.
- Valores:** requer que resultados específicos do modelo igualem-se ponto a ponto com os dados reais.
- Processos:** ocorre quando os processos descritos pelo modelo correspondem ao processo real.
- Teórica:** Ocorre quando a construção teórica básica do modelo provê um melhor indicador preditivo dos dados reais que os de um modelo lineal

## Índices univariados

**-Dados:**  $O_n, P_n, n = 1, 2, \dots, N$

$O_n = \text{observado}$

$P_n = \text{Modelo}$

**-Viés**

$$B = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N P_n - \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N O_n = \bar{P} - \bar{O}$$

**-Erro médio Absoluto**

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N |O_n - P_n|$$

## Índices univariados

**-Dispersão (amplitude):**

$$\sigma_o = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (O_n - \bar{O})^2} \quad \sigma_p = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (P_n - \bar{P})^2}$$

**-Dispersão normalizada:**

$$\sigma^* = \frac{\sigma_p}{\sigma_o}$$

**-Viés normalizada:**

$$B^* = \frac{\bar{P} - \bar{O}}{\sigma_o}$$

## Índices univariados

**-Raiz quadrática média da diferença**

$$RMSD = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (O_n - P_n)^2}$$

**-Padrão centrado (sem viés)**

$$RMSD_{CP} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \left[ (O_n - \bar{O}) - (P_n - \bar{P}) \right]^2}$$

$$RMSD^2 = B^2 + RMSD_{CP}^2$$

## Índices univariados

-Percentagem do viés do Modelo

$$P_{bias} = 100 \frac{\sum_{n=1}^N (P_n - O_n)}{\sum_{n=1}^N O_n}$$

-Percentagem do erro do Modelo (absoluto)

$$MPE = 100 \sum_{n=1}^N \left| \frac{P_n - O_n}{O_n} \right|$$

## Índices univariados

**-Correlação linear: coeficiente de Pearson**

$$R(r) = \frac{\sigma_{OP}^2}{\sigma_O \sigma_P}$$

**-Correlação não paramétrica: RHO de Sperman**

$$\rho = \frac{6 \sum_{n=1}^N d_n^2}{N(N^2 - 2)}$$



## Índice Multivariado

### **-Diagrama Taylor**

**-Fornece um modo de resumir gráfico de quão próximo um grupo de modelos são similares às observações.**

**-A similaridade entre os modelos e as observações é quantificado em termos de suas correlações, raiz quadrada média centrada da diferença e pela amplitude de suas variações (representada por suas desvios padrões).**

**-Estatísticas são referidas como “padrão estatístico”**

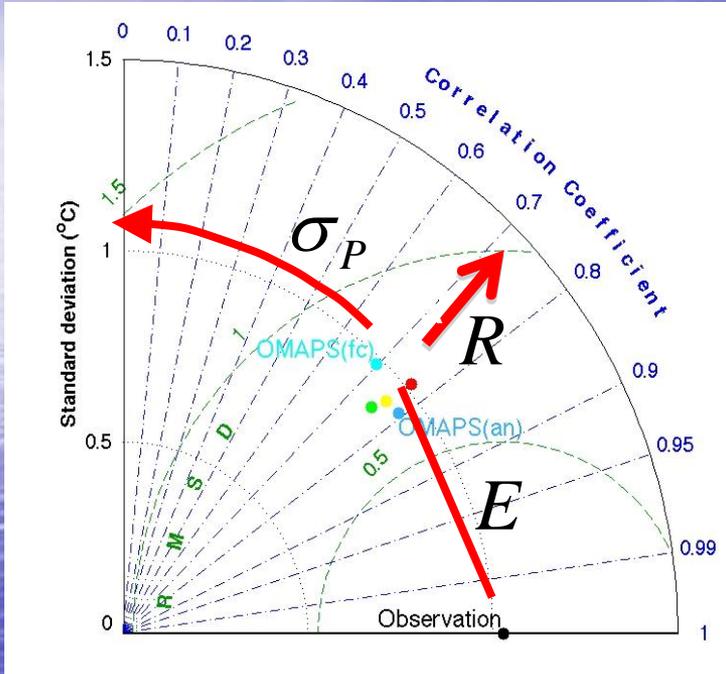
### **-Em geral :**

**-Caracteriza as relações estatísticas entre as saídas de modelos e observações**

**-O diagrama não fornece informação sobre todos os Vieses**

**-Caracteriza somente o erro padrão centrado -> variabilidade climática**

# Diagrama Taylor



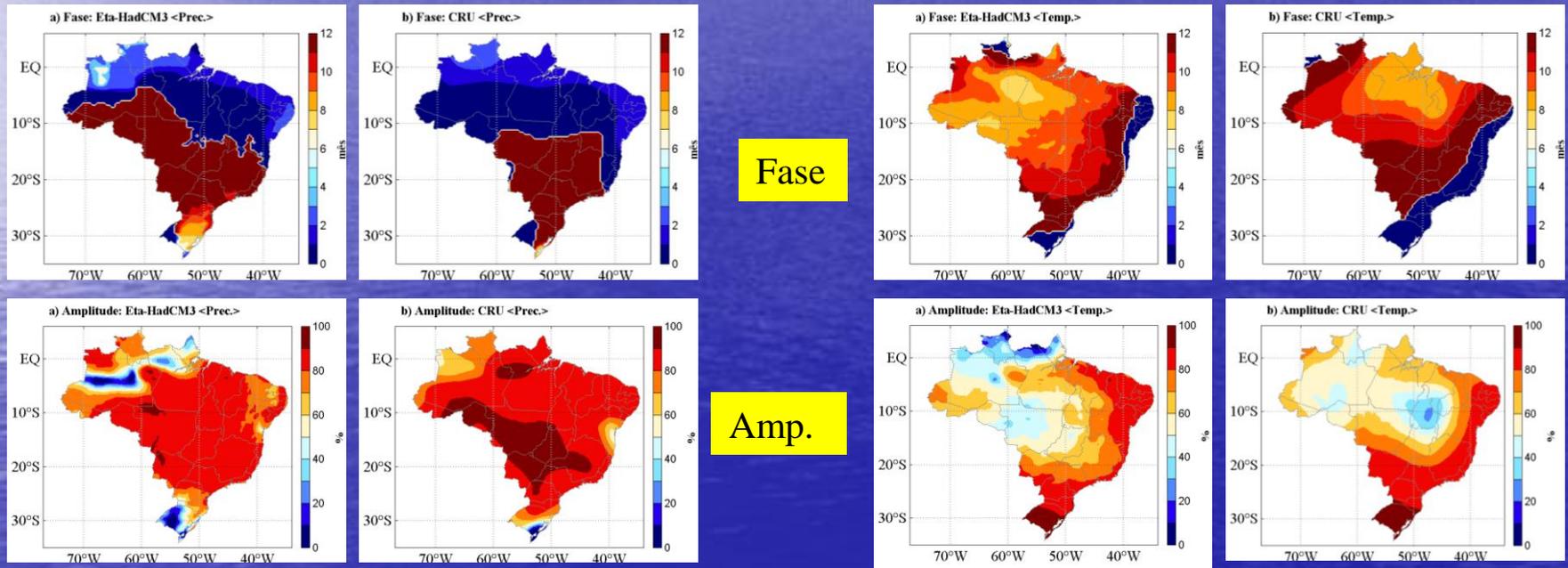
$$R(r) = \frac{\sigma_{OP}^2}{\sigma_O \sigma_P}$$

$$E = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (O_n - P_n)^2}$$

$$RMSD_{CP}^2 = \sigma_O^2 + \sigma_P^2 - 2\sigma_O^2 R$$

# Ciclo anual

## Análises Harmônico : 1º Harmônico



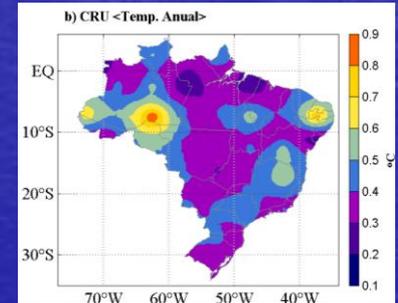
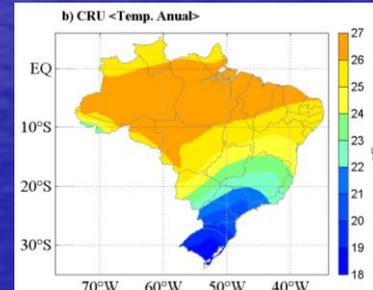
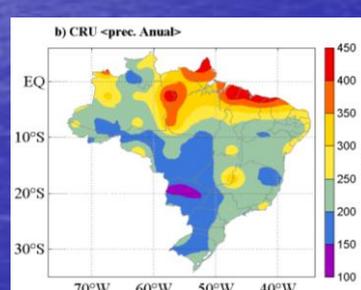
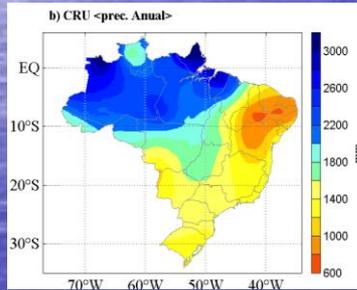
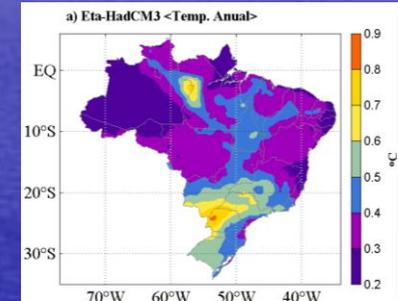
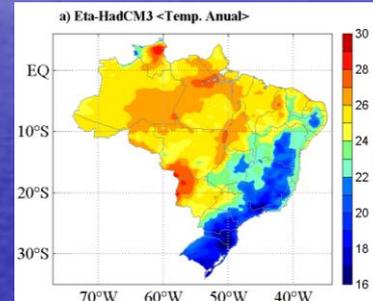
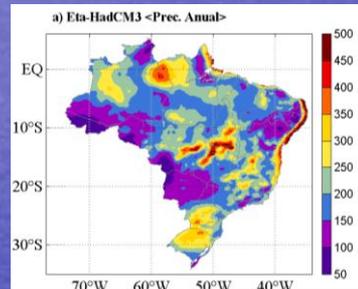
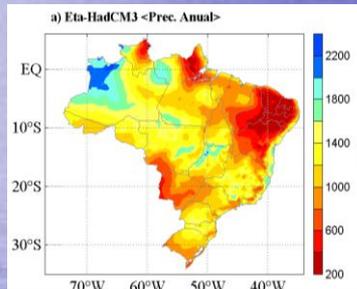
Precipitação total mensal

Temperatura média mensal



# Valor médio e desvio padrão

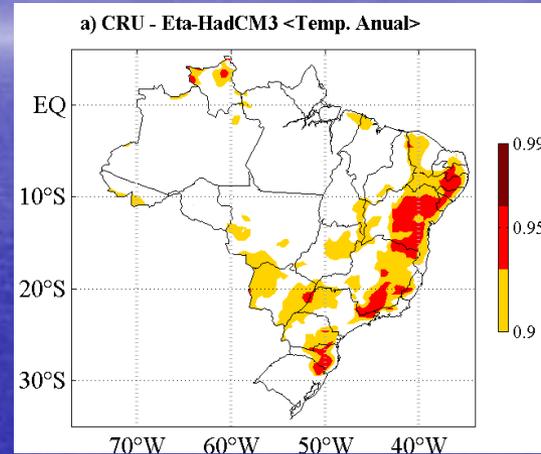
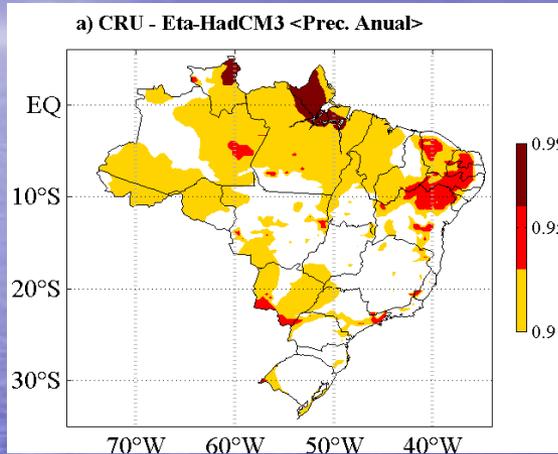
## Estatísticas de 1ª e 2ª ordem



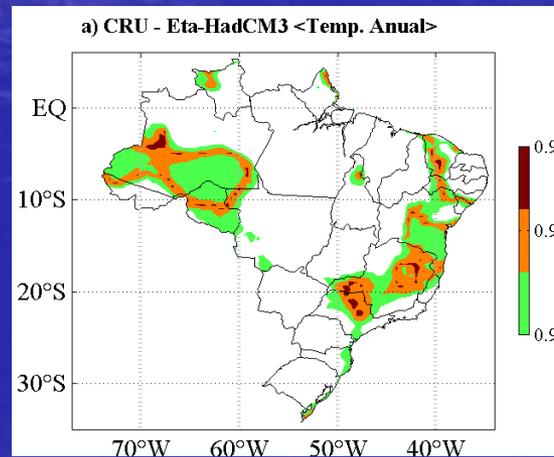
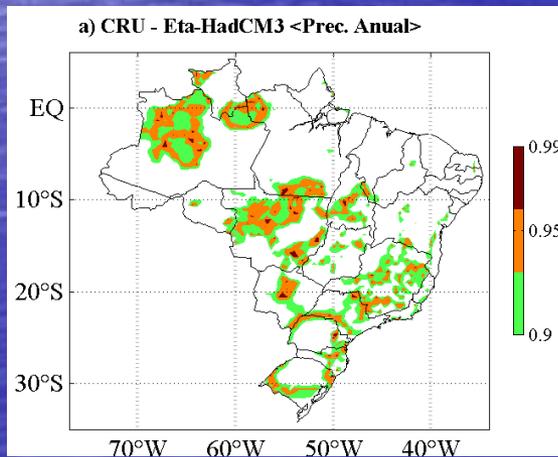
Precipitação total anual

Temperatura média anual

# Testes: média e Variância



$$t = \frac{|\overline{X_1} - \overline{X_2}|}{S \sqrt{\frac{1}{N_{eff1}} + \frac{1}{N_{eff2}}}}$$

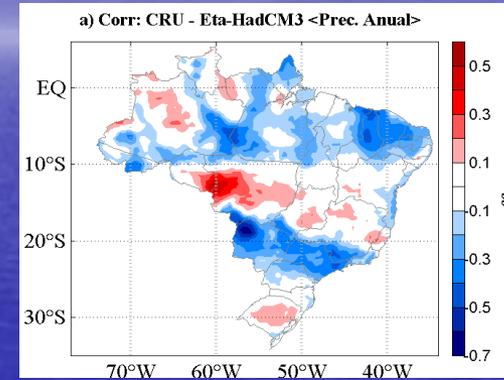
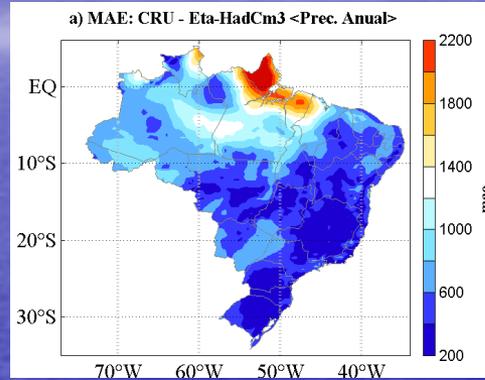
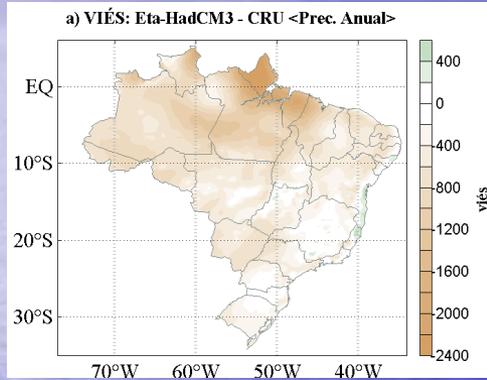


$$F_0 = \frac{S_1^2}{S_2^2}$$

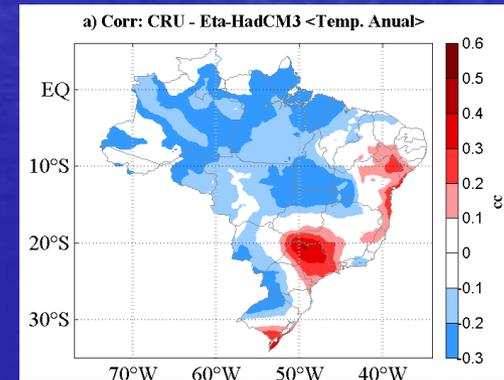
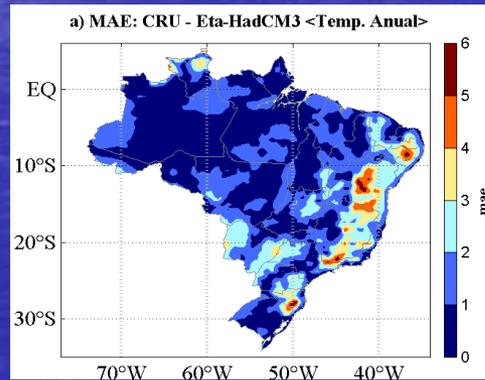
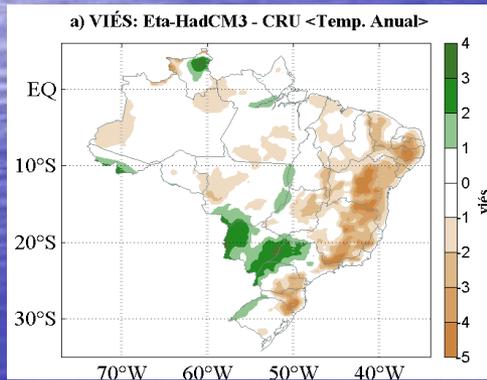
Precipitação total anual

Temperatura média anual

# Viés, MAE, CC.



Precipitação  
total anual



Temperatura  
média anual

$$VIÉS = \frac{\sum_{i=1}^N (S_i - O_i)}{N}$$

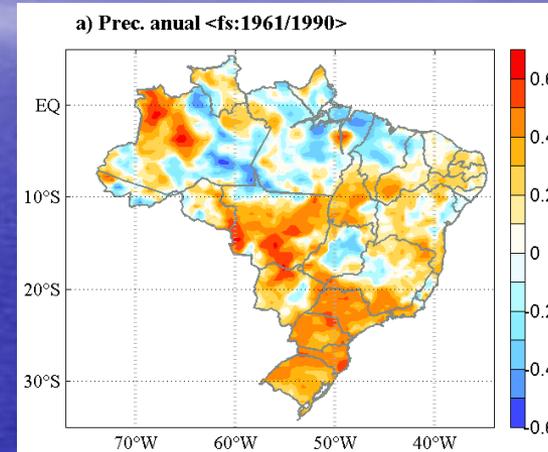
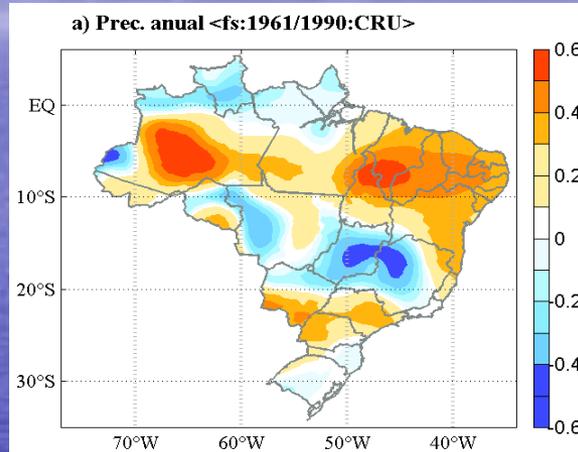
$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^N |S_i - O_i|}{N}$$

$$\rho = \frac{6 \sum_{n=1}^N d_n^2}{N(N^2 - 2)}$$

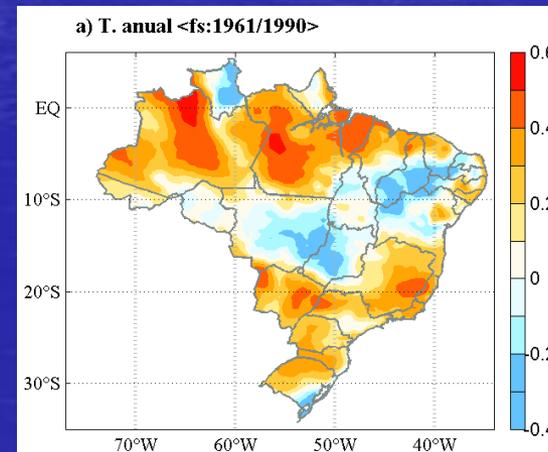
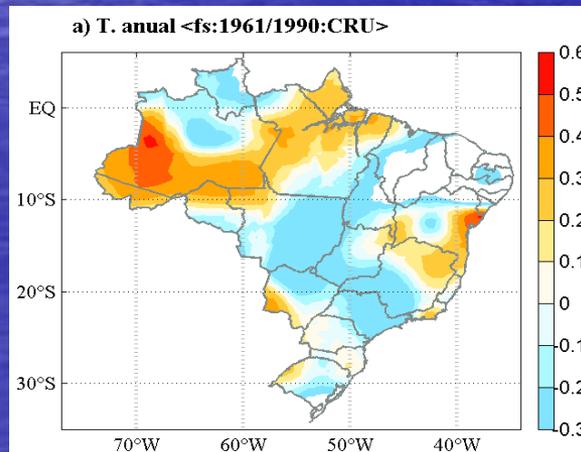
## Estatística de 3ª ordem

$$\alpha_s = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{i=N} \left( \frac{x_i - \bar{X}}{S} \right)^3$$

$$\theta_s = \frac{\alpha_s}{1 + |\alpha_s|}$$

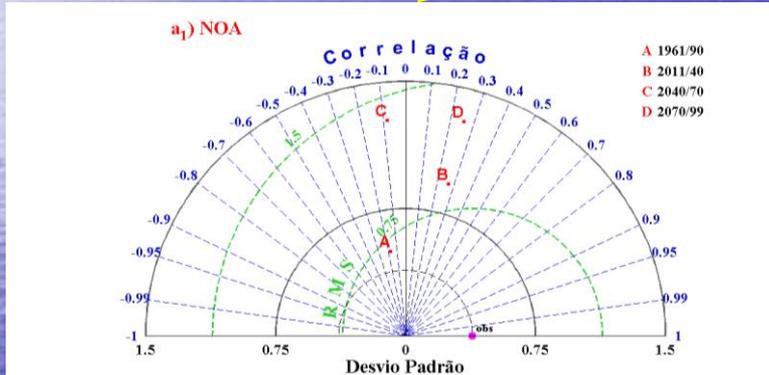
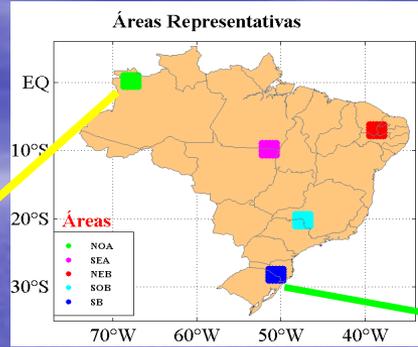


Precipitação total anual

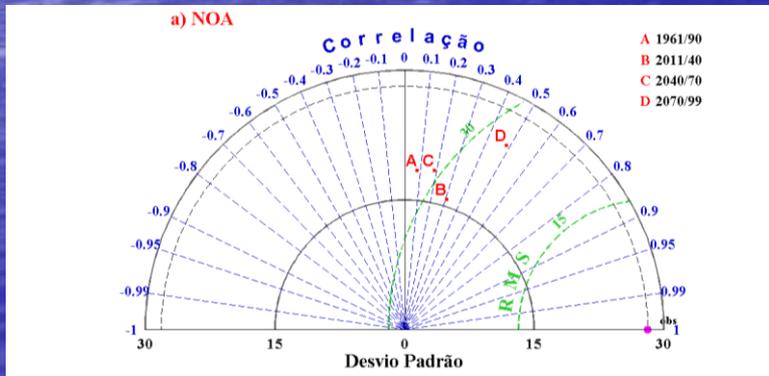
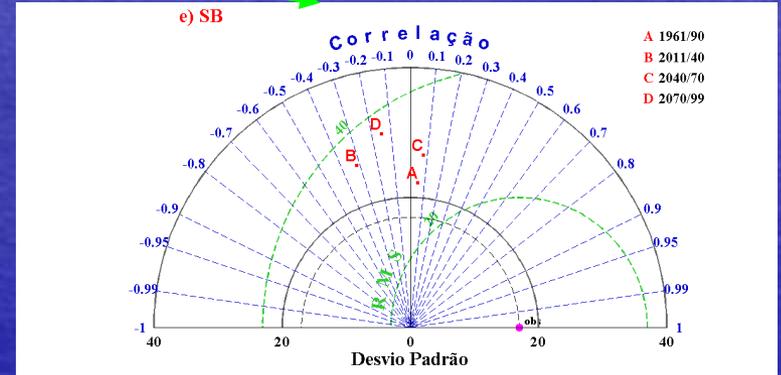


Temperatura média anual

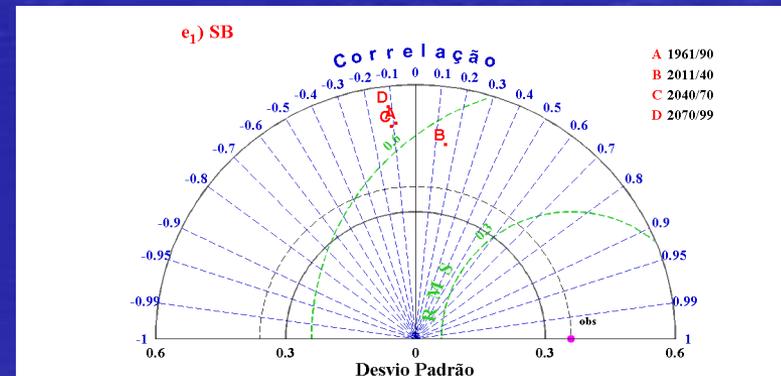
# Diagrama Taylor



Precipitação  
total anual



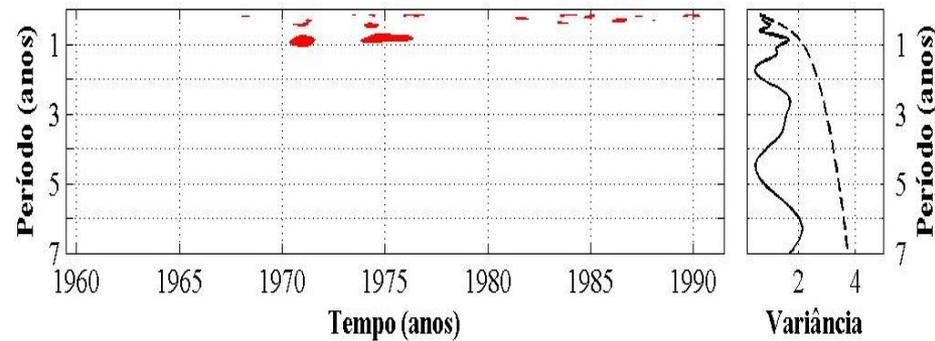
Temperatura  
média anual



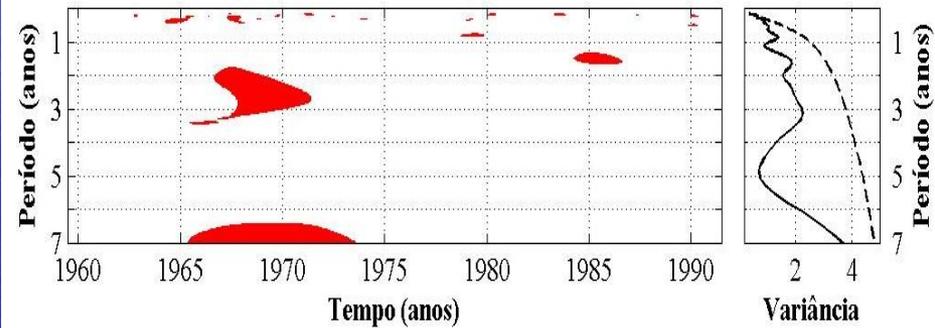
# Ondaletas

## Onditas

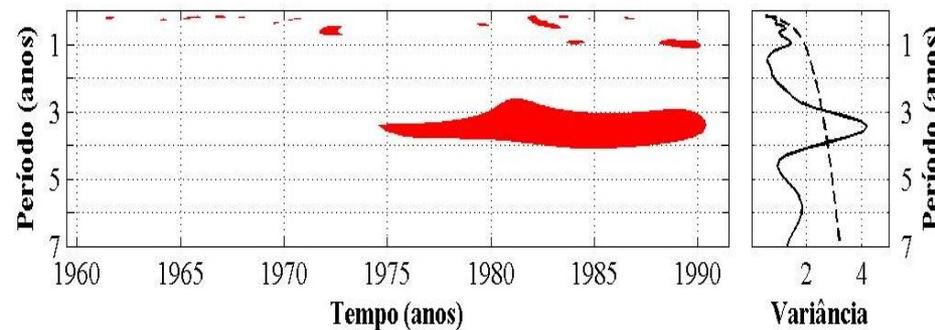
a<sub>1</sub>) Noroeste da Amazônia <Precipitação>



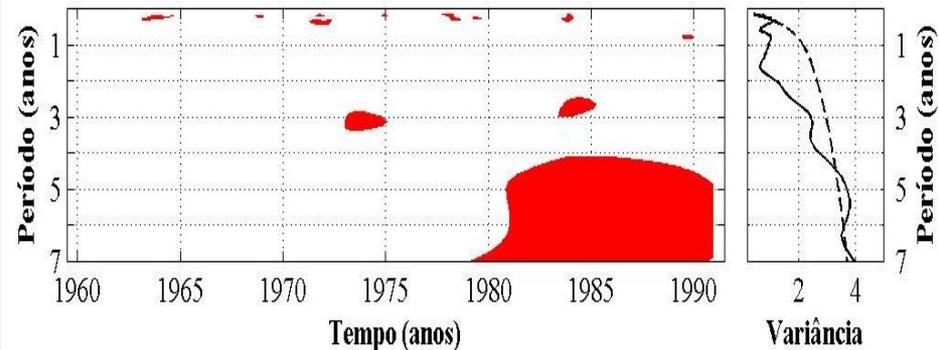
a) Noroeste da Amazônia <Precipitação>



e<sub>1</sub>) Sul do Brasil <Precipitação>



e) Sul do Brasil <Precipitação>



Observado

Modelo

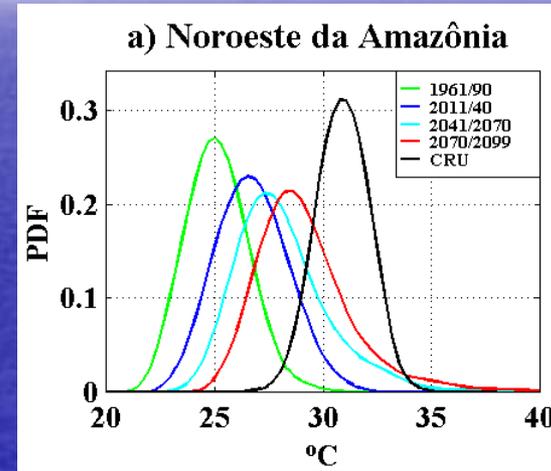
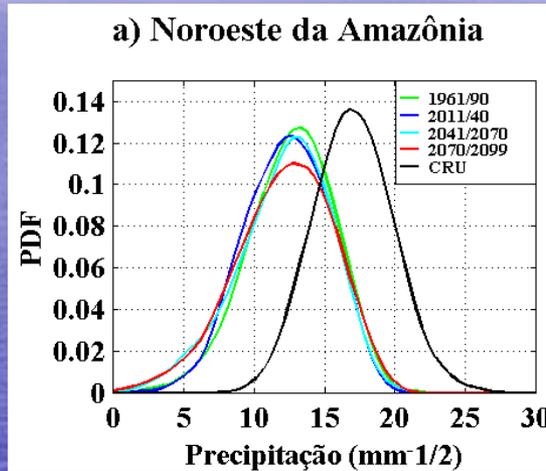


# Função densidade de probabilidades

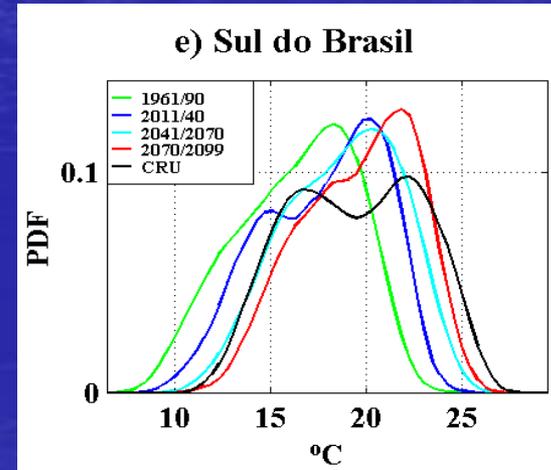
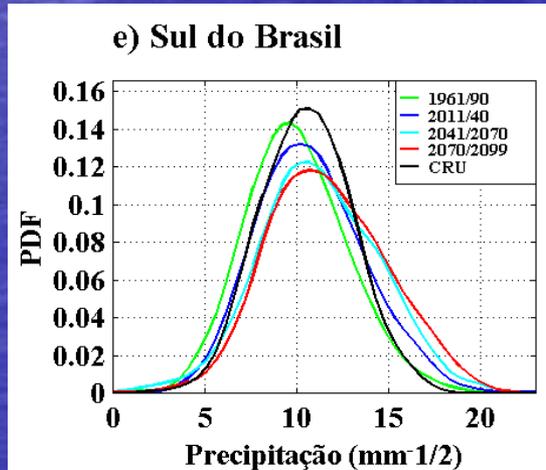


## Melhor forma de validar um modelo

Precipitação total mensal



Temperatura média mensal





Gracias  
Obrigado