



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)

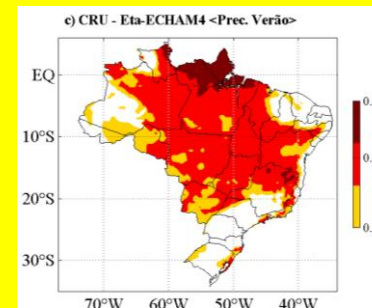
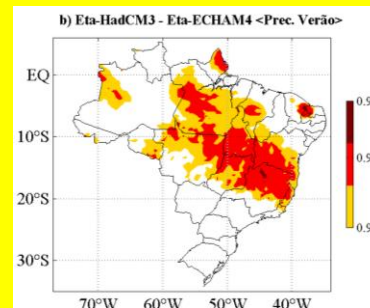
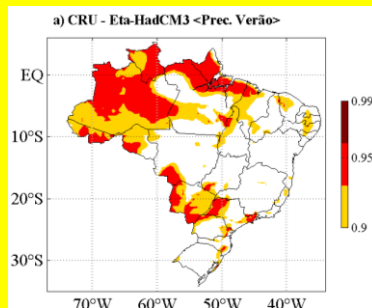
Externa: suficiência objetiva do modelo computacional em representar os dados reais.

-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”

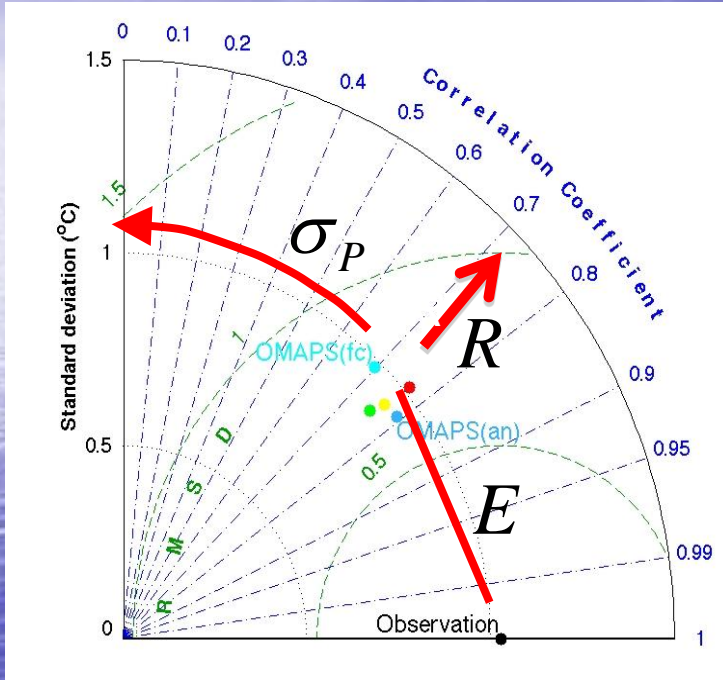
-Em geral :

-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



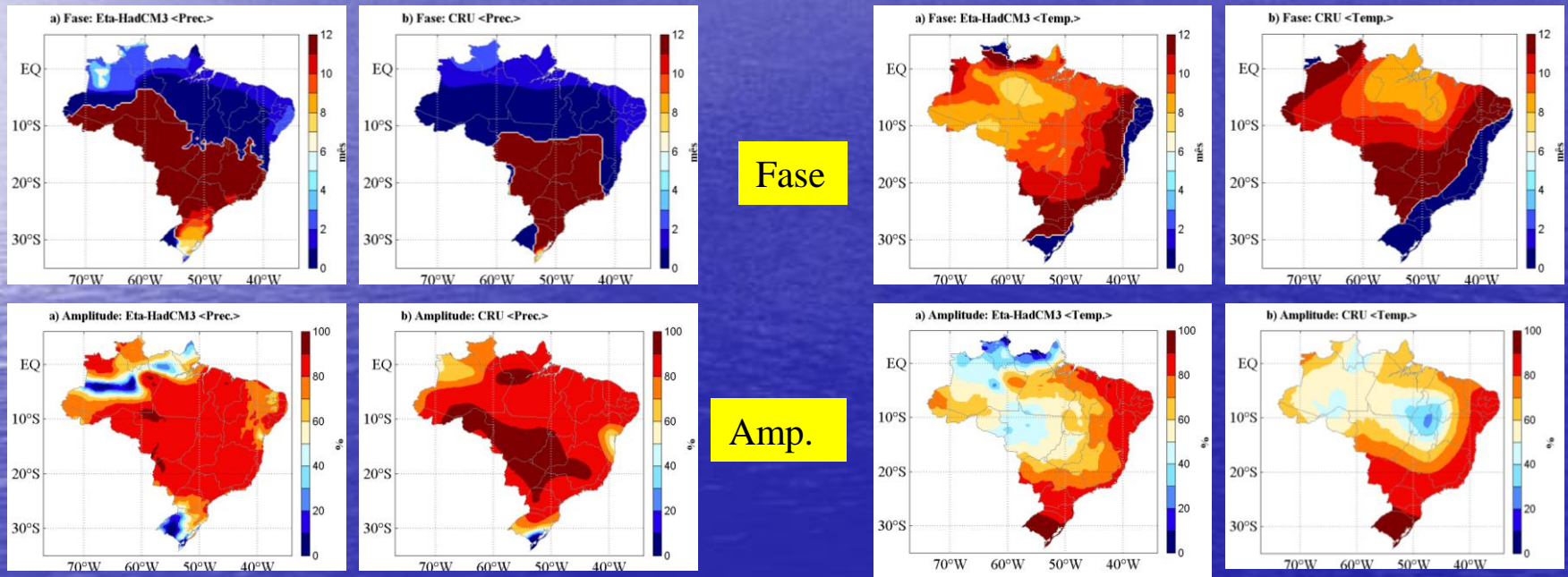
$$R(r) = \frac{\sigma_{OP}^2}{\sigma_O \sigma_P}$$

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

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

Ciclo anual

Análises Harmônico : 1º Harmônico



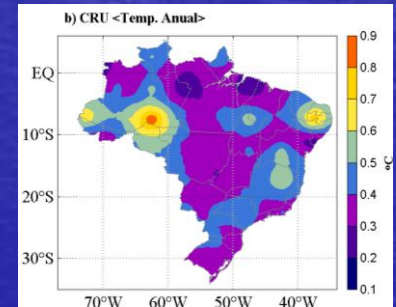
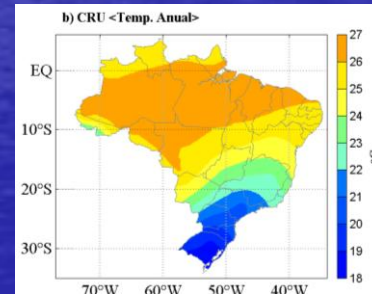
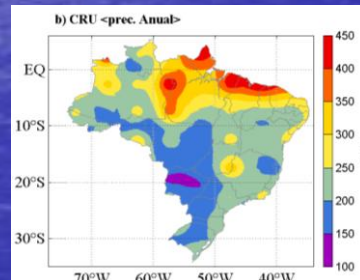
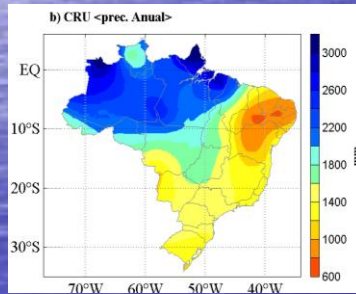
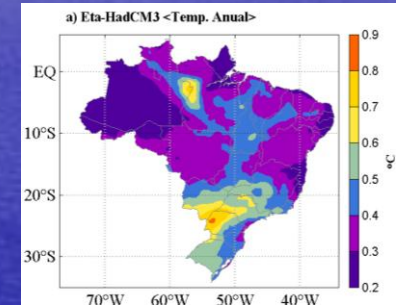
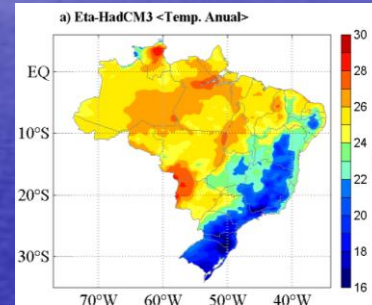
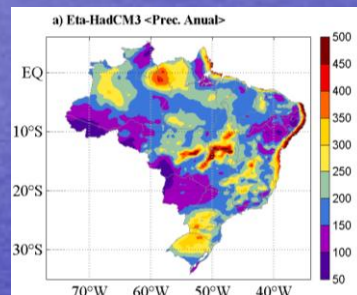
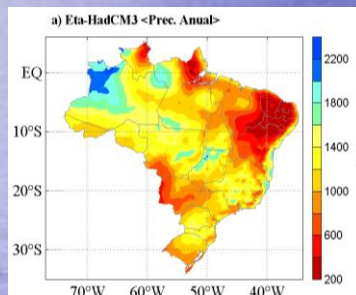
Precipitação total mensal

Temperatura média mensal



Valor médio e desvio padrão

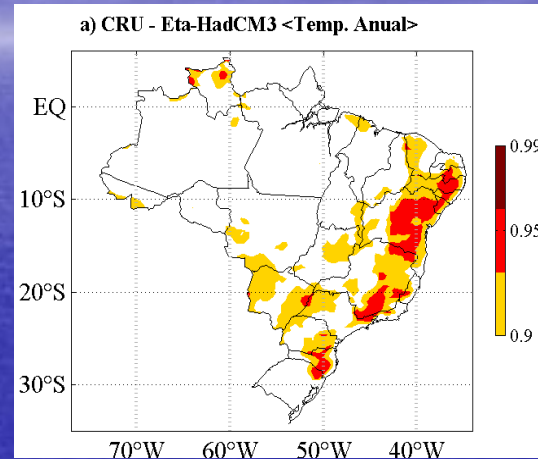
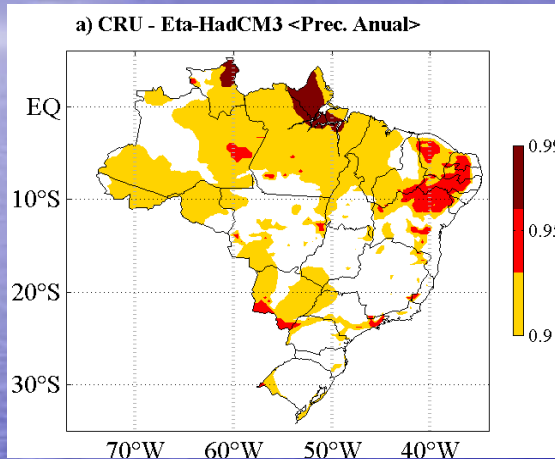
Estatísticas de 1ª e 2ª ordem



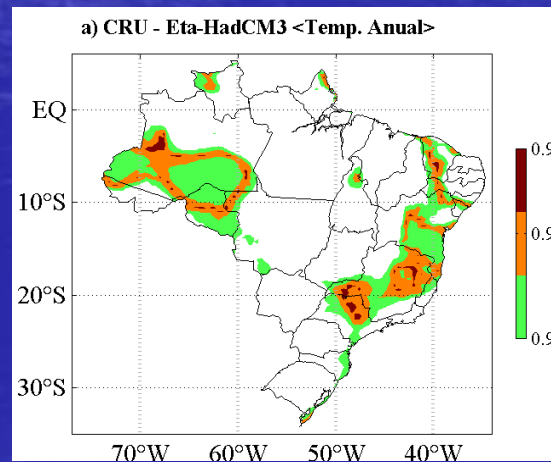
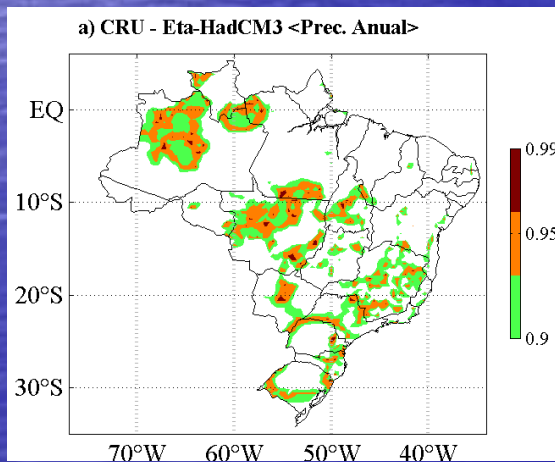
Precipitação total anual

Temperatura média anual

Testes: média e Variância



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

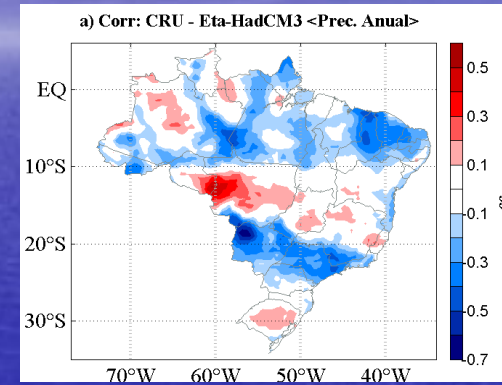
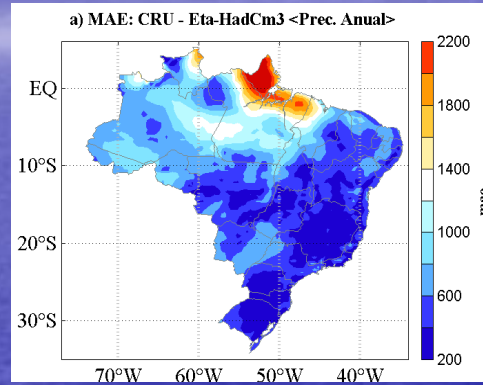
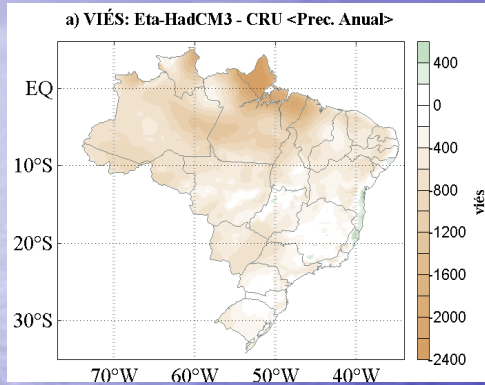


$$F_0 = \frac{S_1^2}{S_2^2}$$

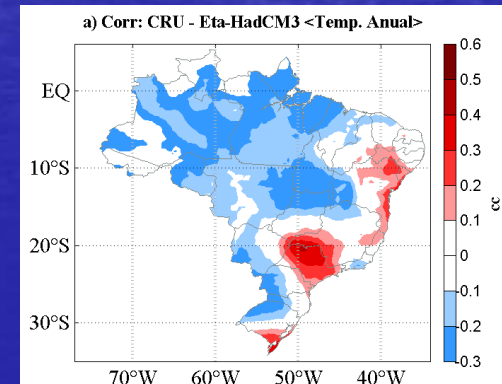
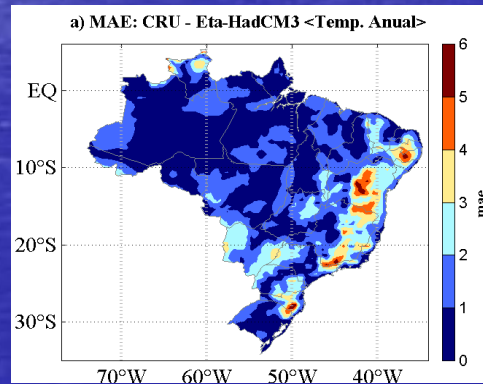
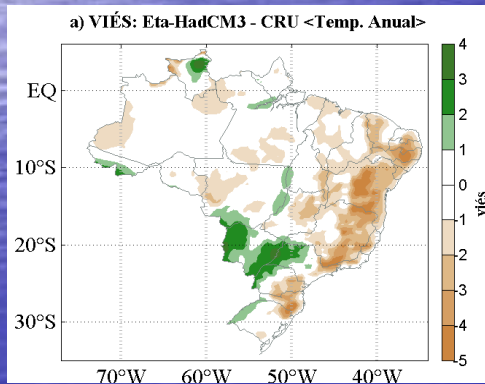
Precipitação total anual

Temperatura média anual

Viés, MAE, CC.



Precipitação
total anual



Temperatura
média anual

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

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

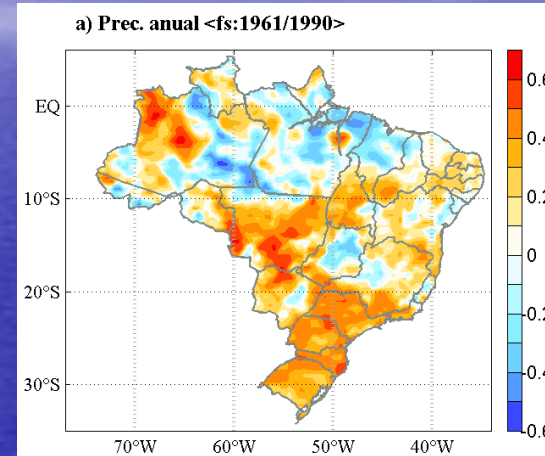
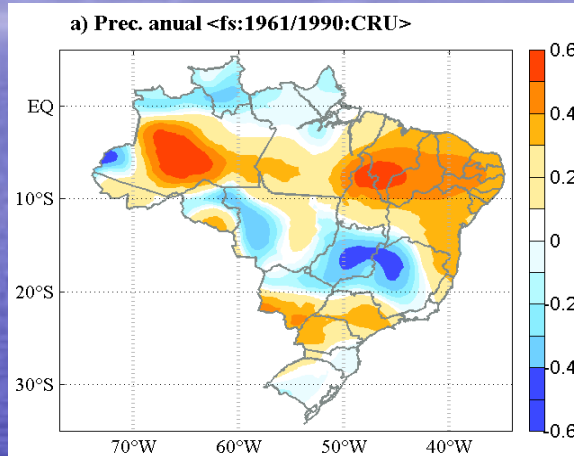
$$\rho = \frac{6 \sum_{n=1}^N d_n^2}{N(N^2 - 2)}$$

Função do coeficiente de assimetria

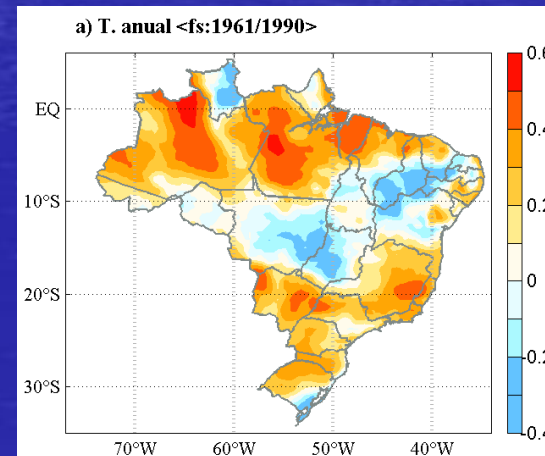
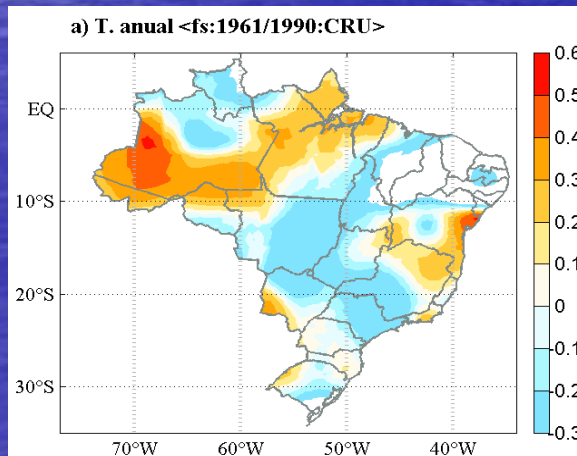
Estatística de 3ª ordem

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

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

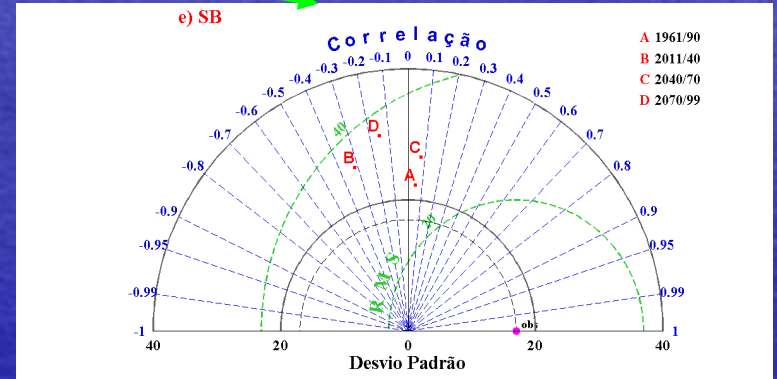
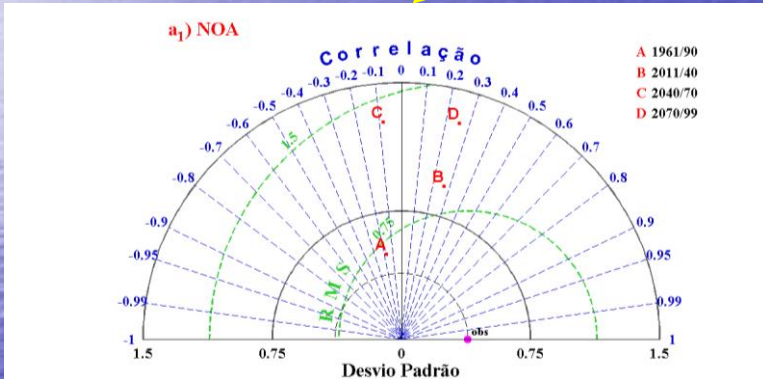
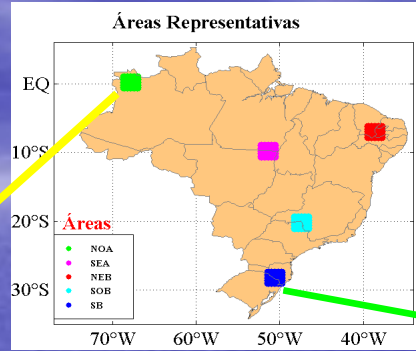


Precipitação total anual

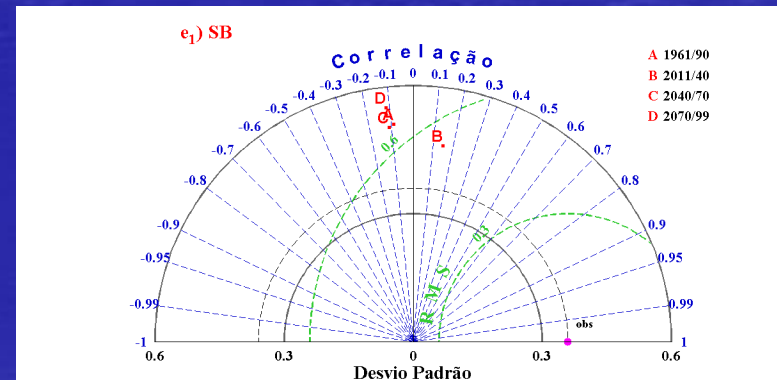
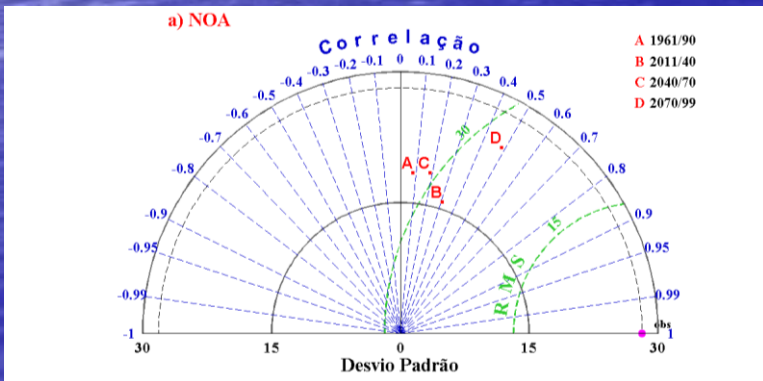


Temperatura média anual

Diagrama Taylor



Precipitação
total anual

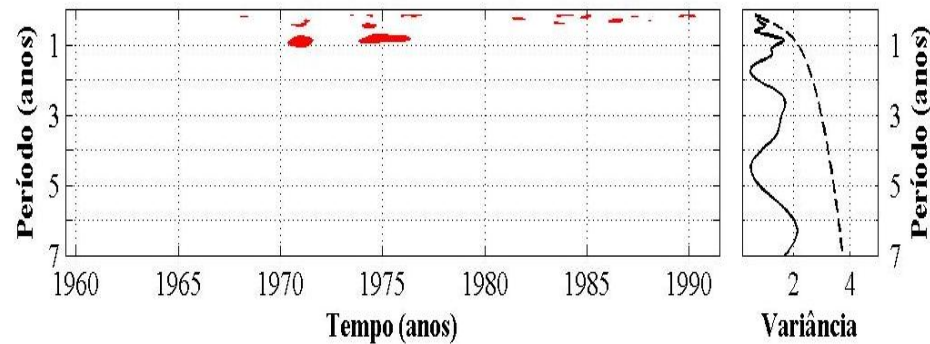


Temperatura
média anual

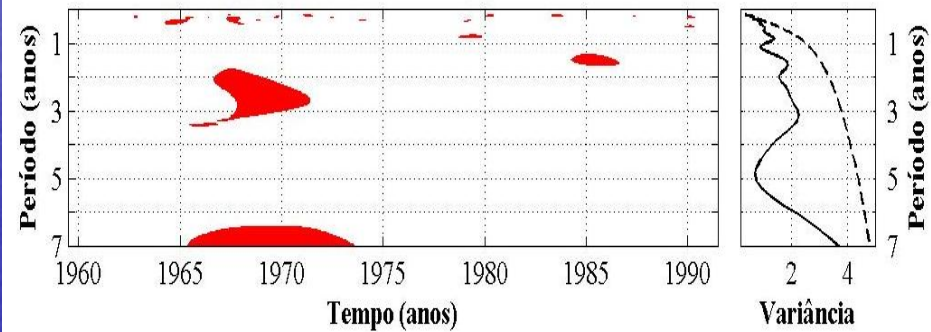
Ondaletas

Onditas

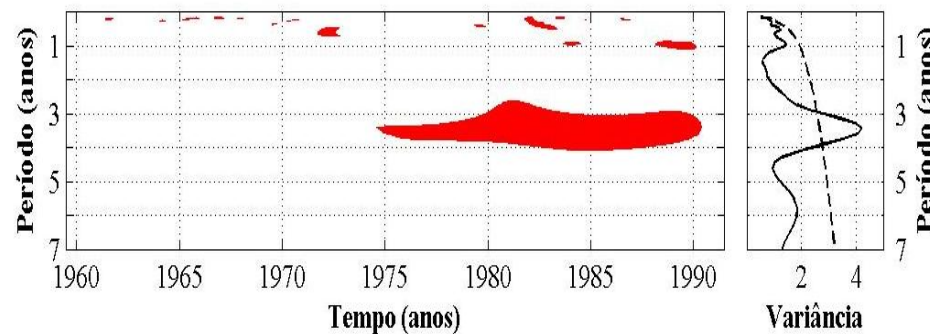
a₁) Noroeste da Amazônia <Precipitação>



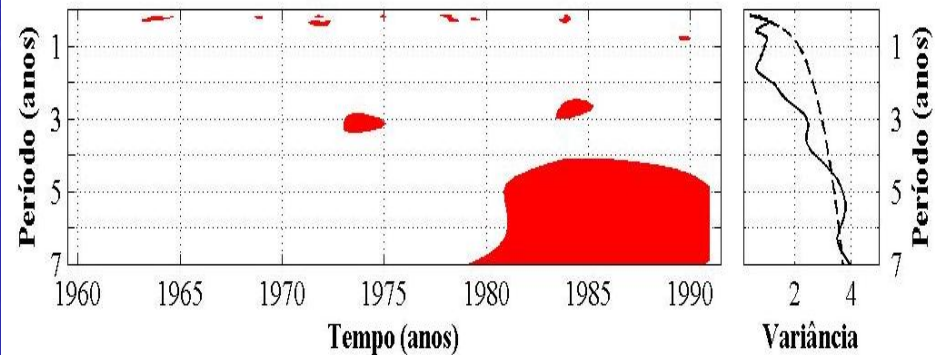
a) Noroeste da Amazônia <Precipitação>



e₁) Sul do Brasil <Precipitação>



e) Sul do Brasil <Precipitação>



Observado

Modelo

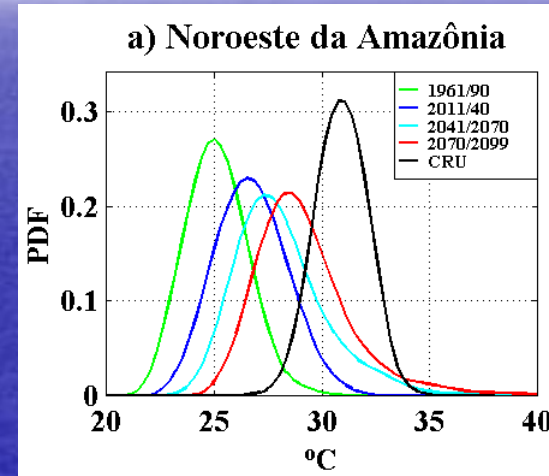
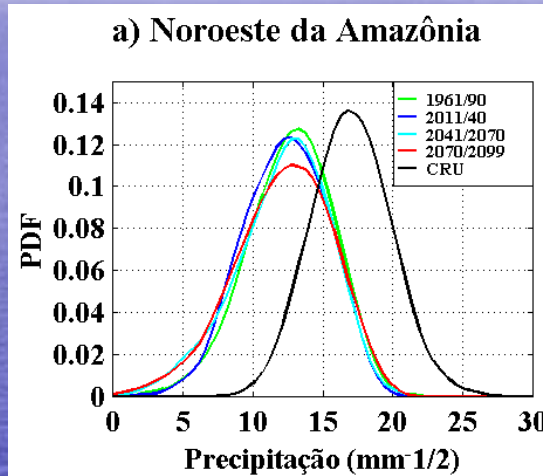


Função densidade de probabilidades

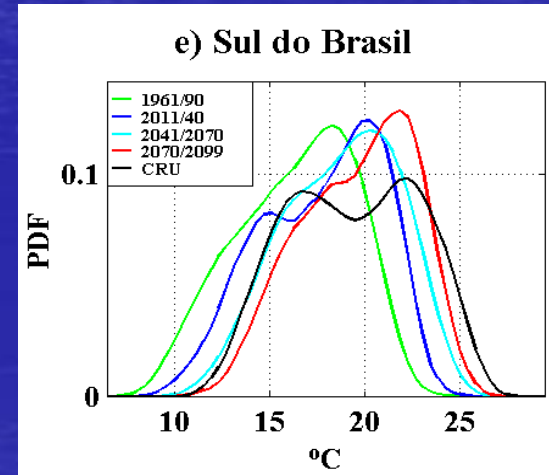
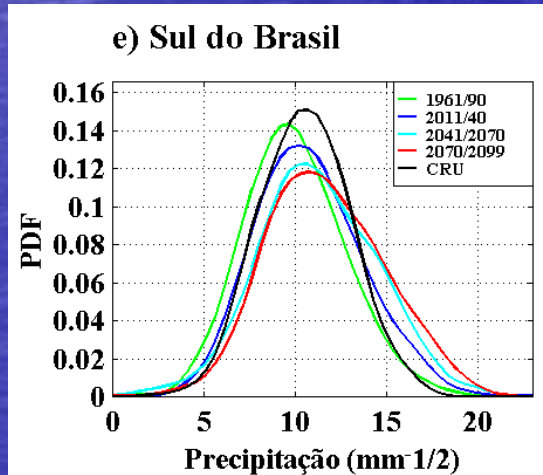


Melhor forma de validar um modelo

Precipitação total mensal



Temperatura média mensal





Gracias
Obrigado