

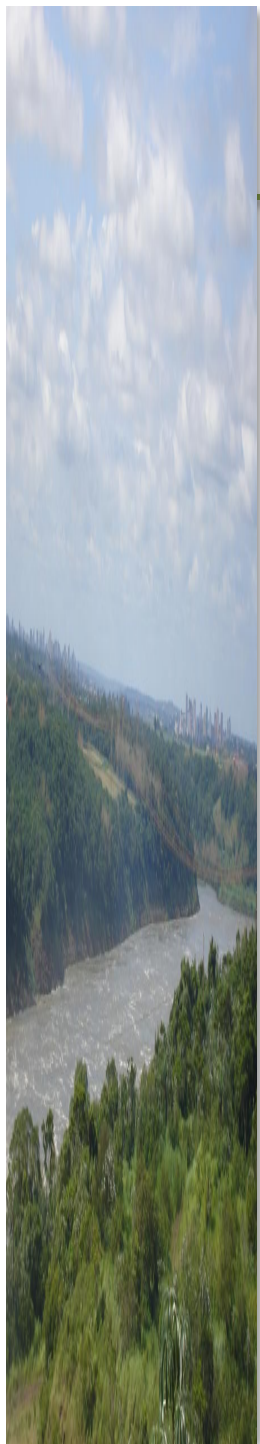


XI Simposio de Recursos Hídricos do Nordeste  
27 a 30 de novembro de 2012 - João Pessoa - PB



# CALIBRAÇÃO E VERIFICAÇÃO DO MODELO HIDROLÓGICO MGB-IPH PARA A BACIA DO PARANÁ

*Paulo R.M. Pontes, Fernando M. Fan,  
Walter Collischonn, Diogo C. Buarque,  
Mino Viana Sorribas*



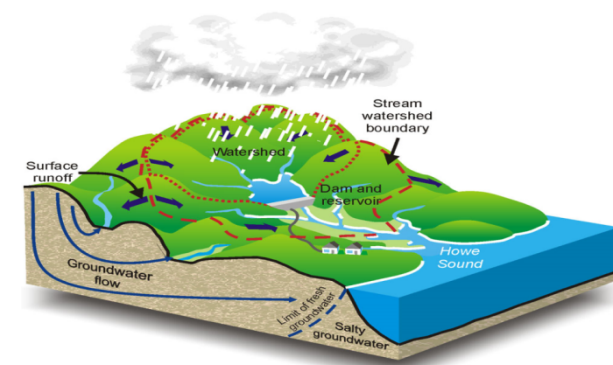


XI Simposio de Recursos Hídricos do Nordeste  
27 a 30 de novembro de 2012 - João Pessoa - PB

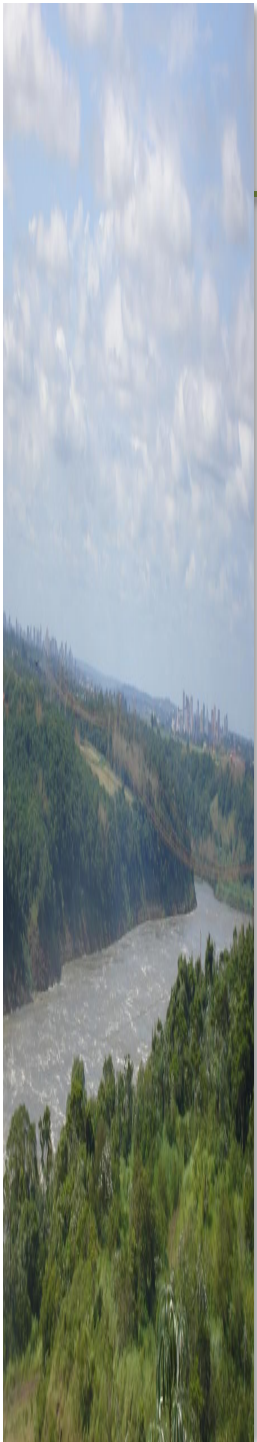


# Modelagem Hidrológica

- Previsão de disponibilidade hídrica;
- Avaliação de cenários como modificações no uso do solo ou alterações climáticas;
- Previsão de desastres como cheias;
- Otimização da alocação de quantidades de água para os diferentes usos;



$$\begin{cases} \frac{\partial Q}{\partial x} + B \frac{\partial h}{\partial t} = q \\ \frac{\partial Z_f}{\partial x} + \frac{2V}{g} \frac{\partial V}{\partial x} + \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{1}{g} \frac{\partial V}{\partial t} + J = 0 \end{cases}$$





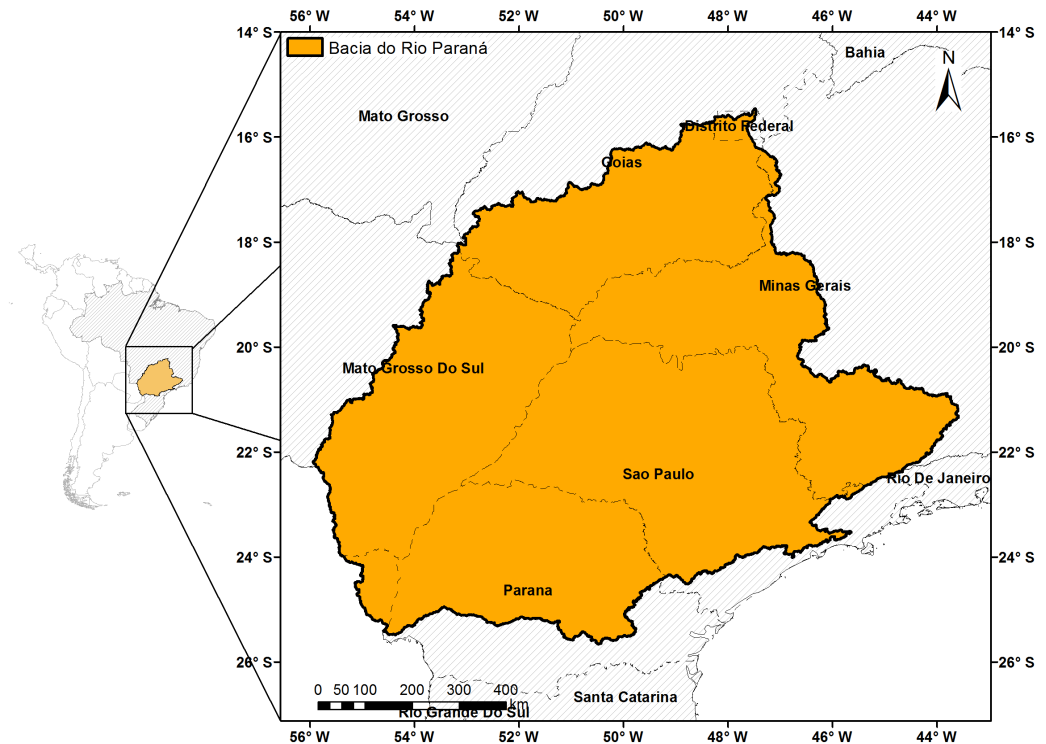
XI Simposio de Recursos Hídricos do Nordeste  
27 a 30 de novembro de 2012 - João Pessoa - PB



# Bacia do Rio Paraná



- Mais de 50% da capacidade hidrelétrica instalada em operação no país (ONS, 2005)



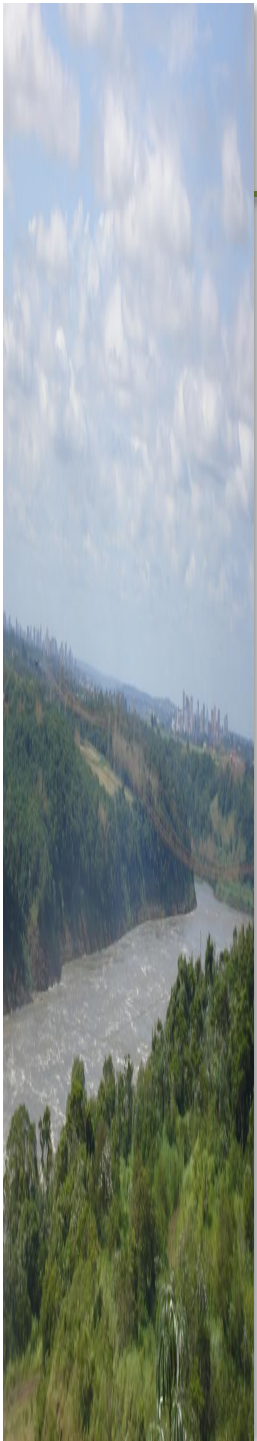


XI Simposio de Recursos Hídricos do Nordeste  
27 a 30 de novembro de 2012 - João Pessoa - PB



## Objetivo do trabalho

- Calibrar modelo hidrológico para:
  - estudo de impactos de mudanças climáticas sobre a disponibilidade de água e geração de energia nas UHEs;
  - elaboração de sistemas operacionais de previsão de vazão para as usinas;
  - análises de impactos de mudança de uso e ocupação do solo na bacia;



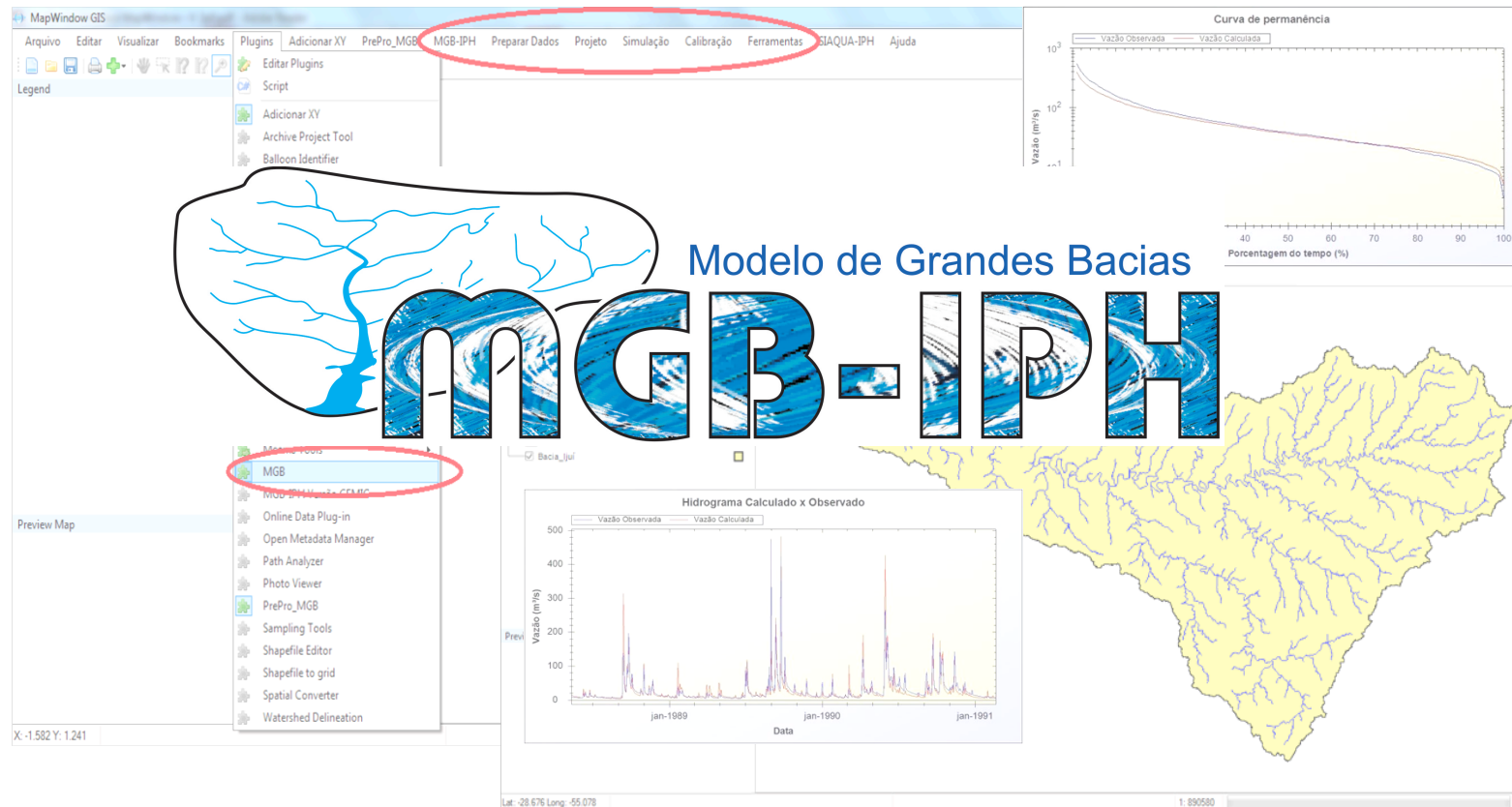




XI Simposio de Recursos Hídricos do Nordeste  
27 a 30 de novembro de 2012 - João Pessoa - PB



# Modelo Hidrológico



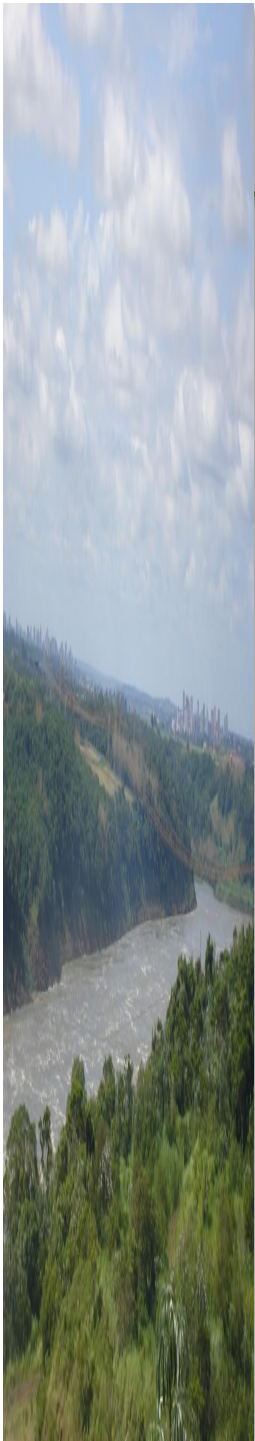
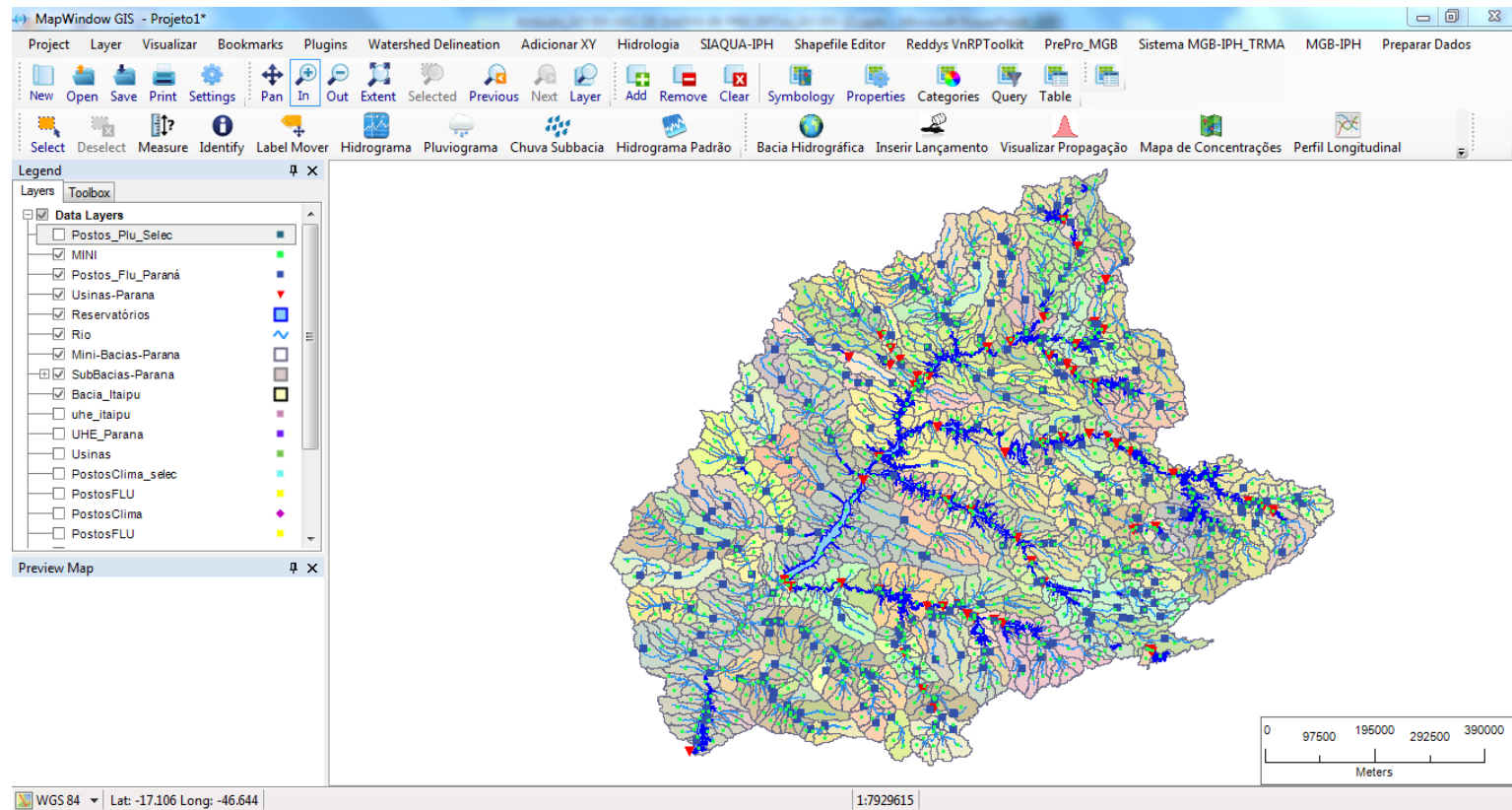
- Desenvolvido para representar os processos de transformação chuva-vazão em bacias de grande escala (Collischonn e Tucci, 2001; Paiva et al., 2011)



XI Simposio de Recursos Hídricos do Nordeste  
27 a 30 de novembro de 2012 - João Pessoa - PB



# Modelo Hidrológico





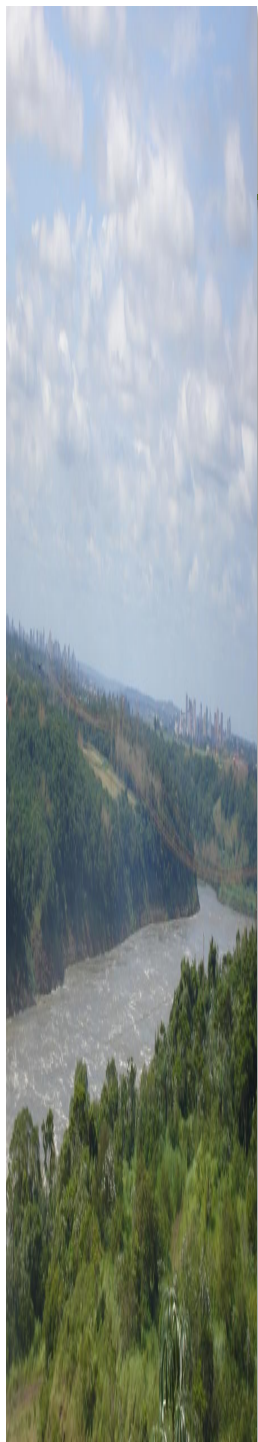
XI Simposio de Recursos Hídricos do Nordeste  
27 a 30 de novembro de 2012 - João Pessoa - PB



# Modelo Hidrológico

- Níveis de discretização

Unidade	Descrição
Bacia Hidrográfica	Região hidrográfica de estudo simulada pelo modelo.
Sub-bacia Hidrográfica	Subdivisão da bacia hidrográfica de estudo em grandes áreas de drenagem.
Mini-bacia Hidrográfica	Subdivisão da bacia hidrográfica em pequenas regiões. São formadas pela área de drenagem de cada trecho da hidrografia.



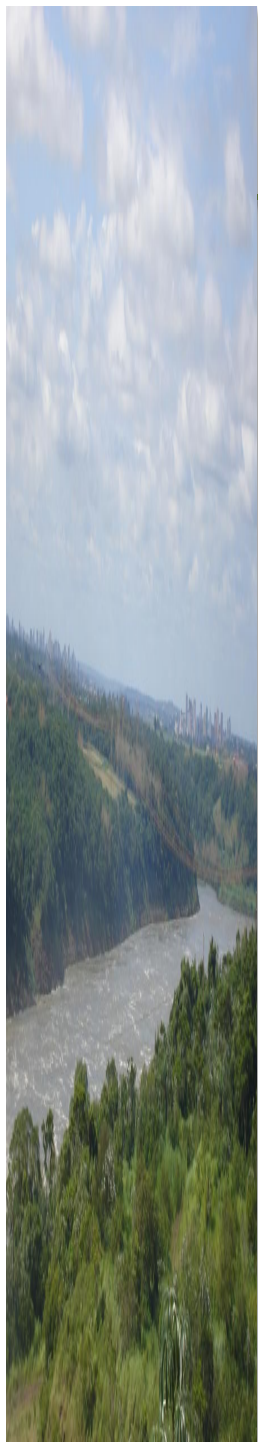
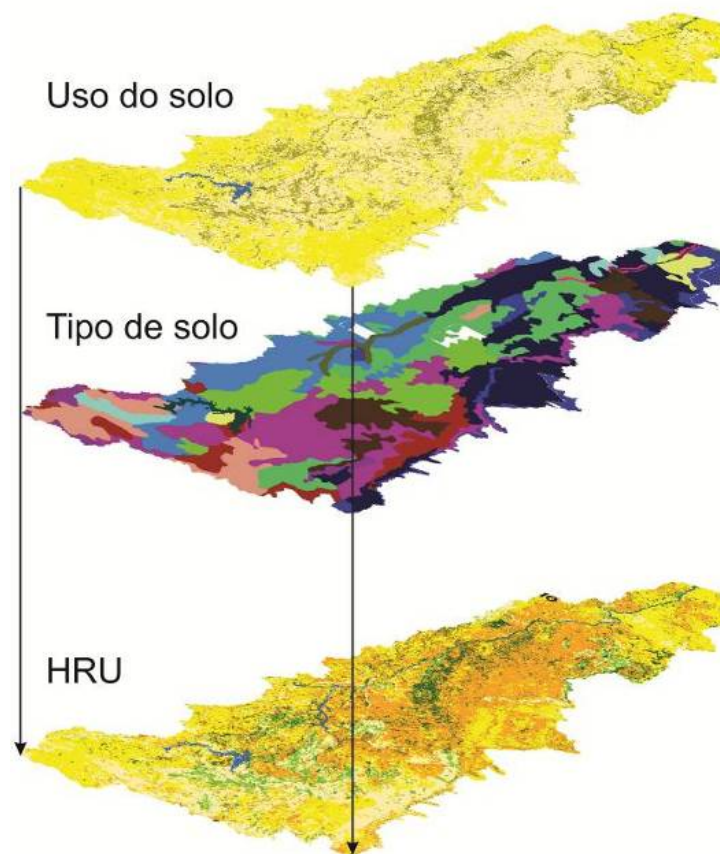


XI Simposio de Recursos Hídricos do Nordeste  
27 a 30 de novembro de 2012 - João Pessoa - PB



# Modelo Hidrológico

- URHs





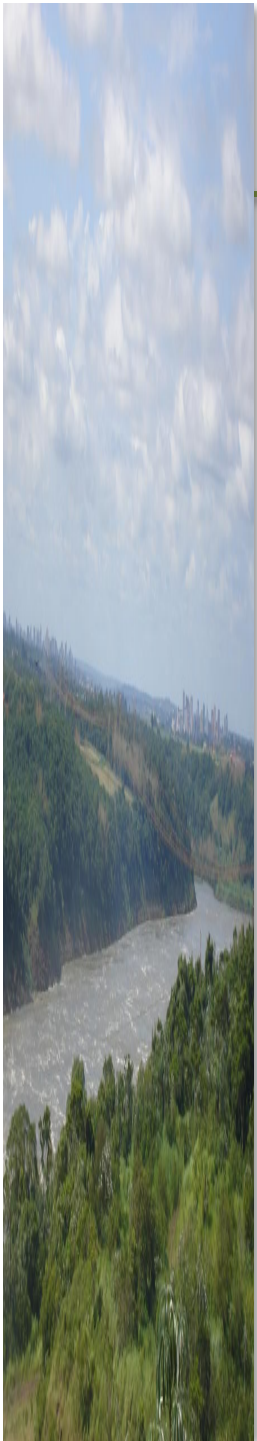


XI Simposio de Recursos Hídricos do Nordeste  
27 a 30 de novembro de 2012 - João Pessoa - PB



# Modelo Hidrológico

- Dados Espaciais
- Dados Hidrológicos e Meteorológicos





XI Simposio de Recursos Hídricos do Nordeste  
27 a 30 de novembro de 2012 - João Pessoa - PB



# Calibração e Verificação do Modelo

- Funções objetivo:

O coeficiente de eficiência de Nash-Sutcliffe

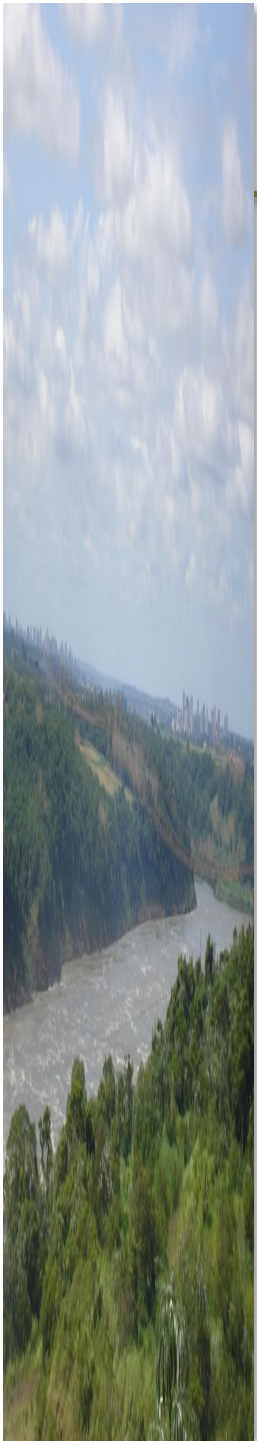
$$E = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (QC_i - QO_i)^2}{\sum_{i=1}^N (QO_i - QOm)^2} \quad 1$$

O coeficiente de eficiência de Nash-Sutcliffe dos logaritmos das vazões

$$E_{\text{Log}} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (\text{Log}(QC_i) - \text{Log}(QO_i))^2}{\sum_{i=1}^N (\text{Log}(QO_i) - QOm_{\text{Log}})^2} \quad 1$$

O erro relativo de volume

$$\Delta V = \frac{\sum_{i=1}^N QC_i - \sum_{i=1}^N QO_i}{\sum_{i=1}^N QO_i} \quad 0$$





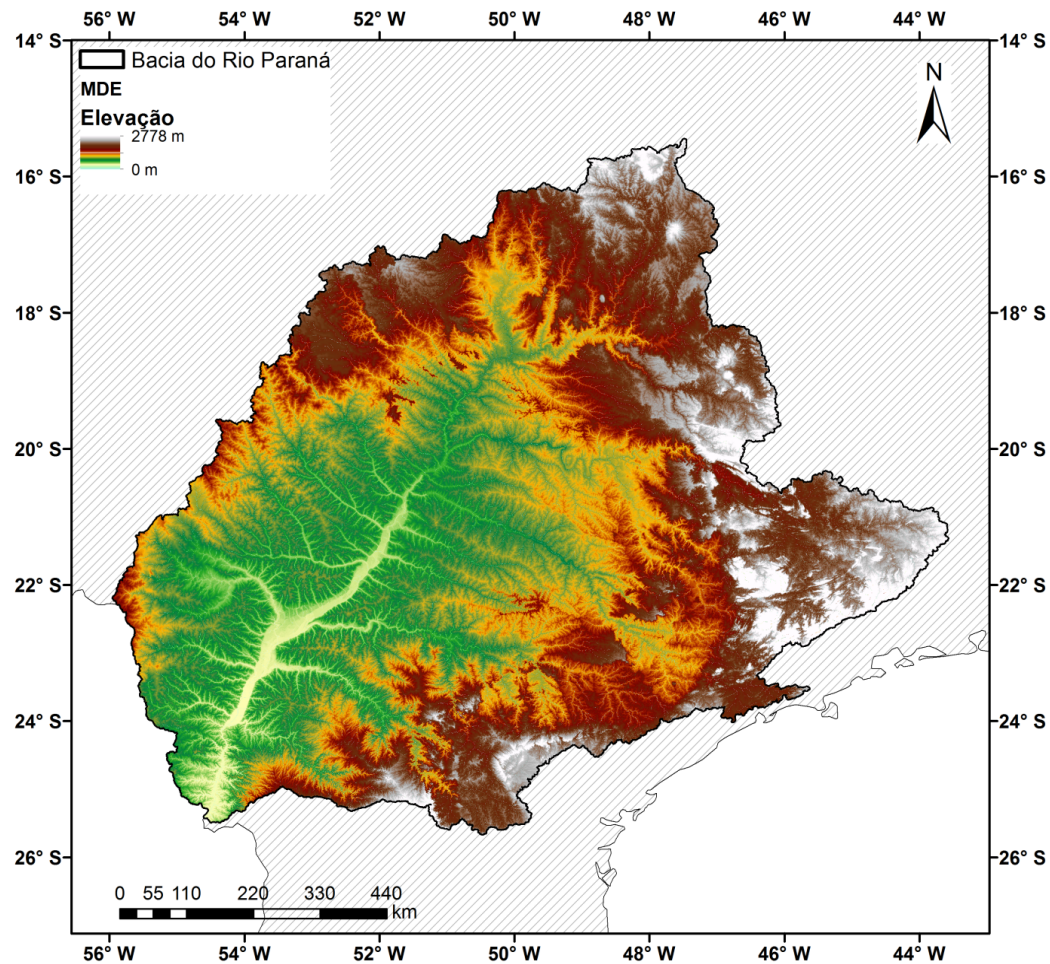




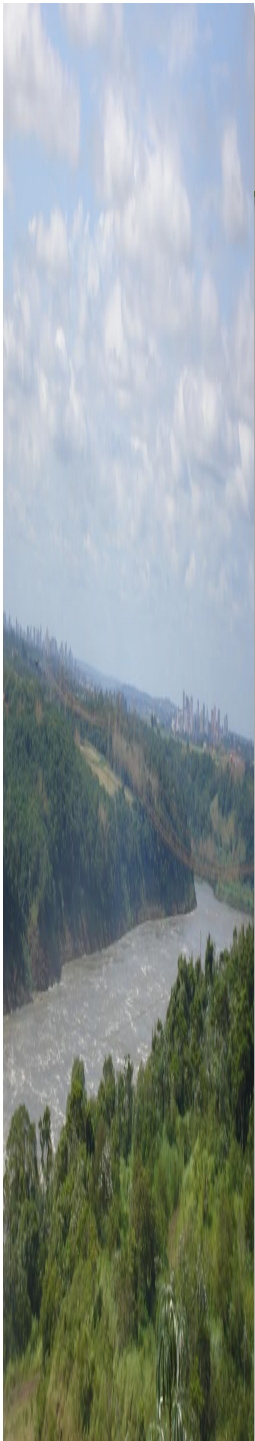
XI Simposio de Recursos Hídricos do Nordeste  
27 a 30 de novembro de 2012 - João Pessoa - PB



# Discretização da Bacia



Relevo  
SRTM 90m



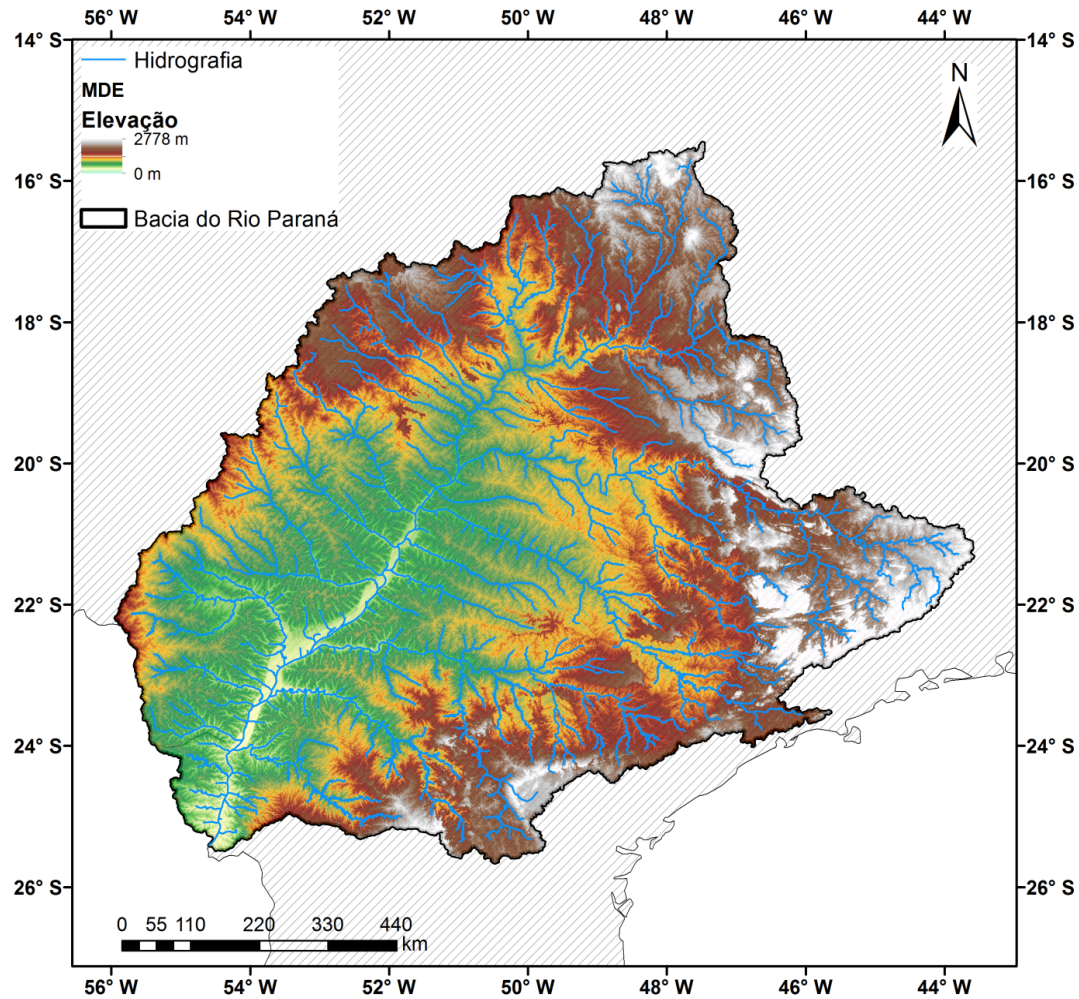




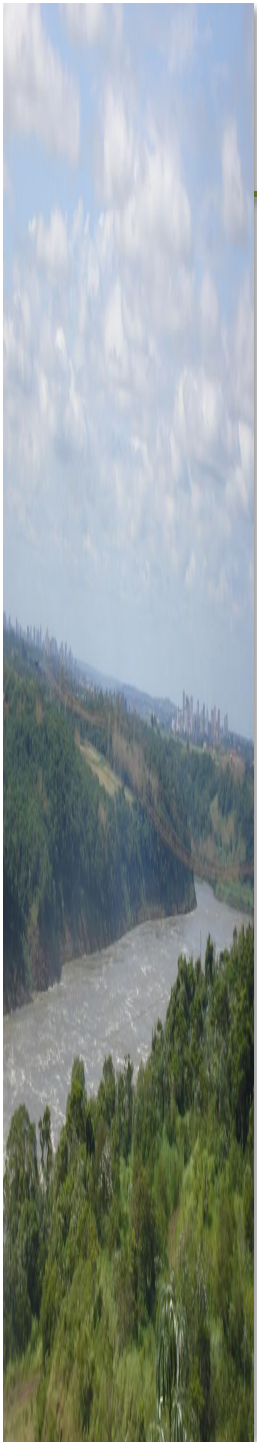
XI Simposio de Recursos Hídricos do Nordeste  
27 a 30 de novembro de 2012 - João Pessoa - PB



# Discretização da Bacia



Hidrografia  
Extraída MDE

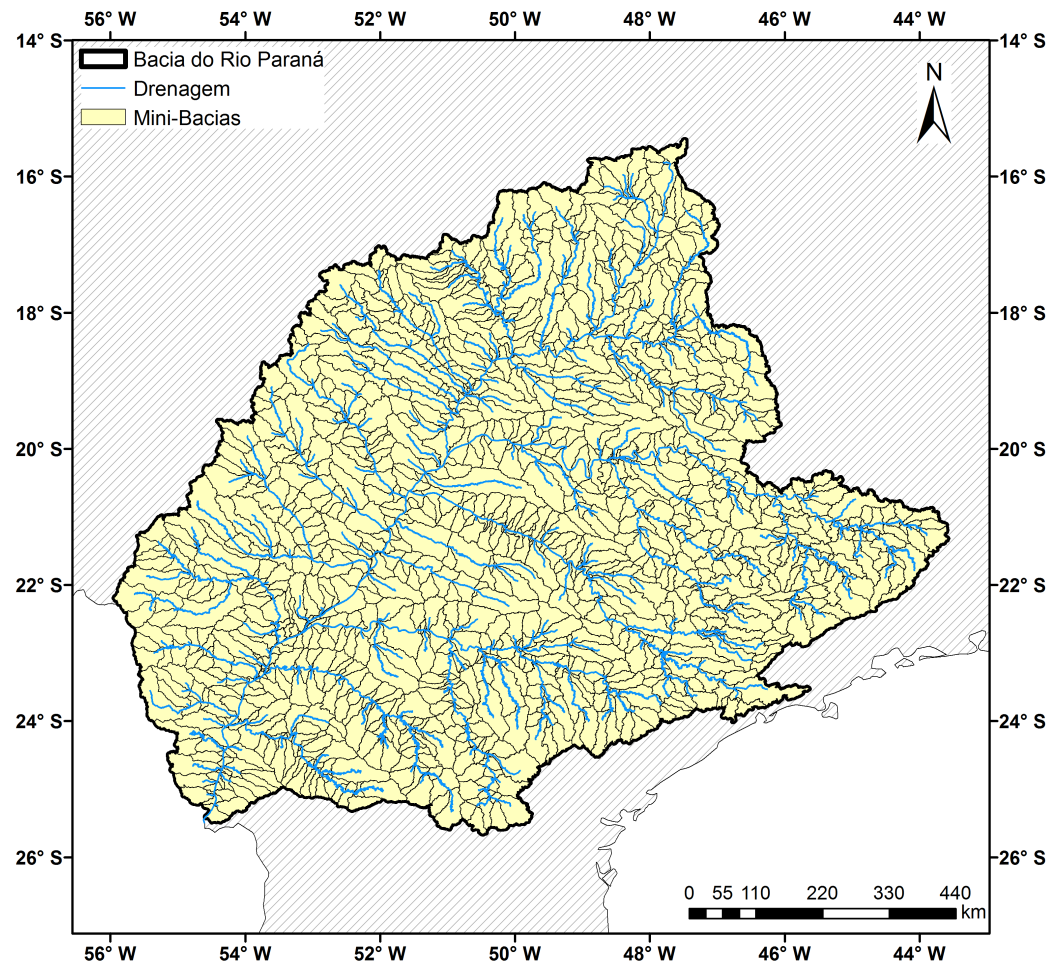




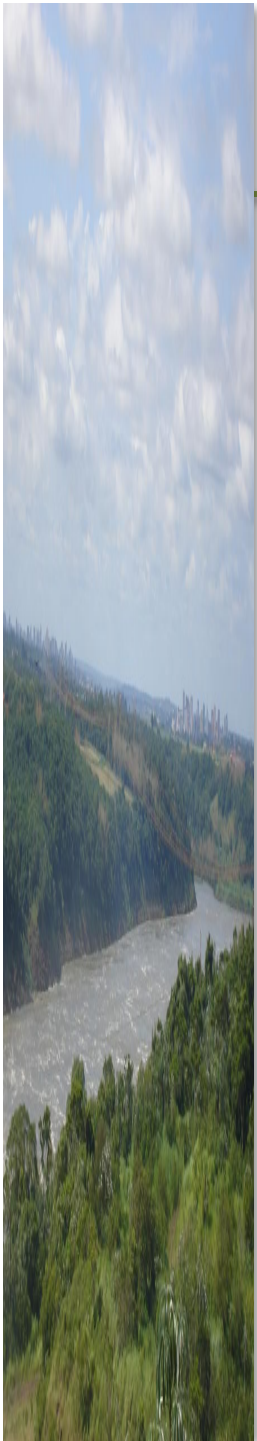
XI Simposio de Recursos Hidricos do Nordeste  
27 a 30 de novembro de 2012 - Joao Pessoa - PB



# Discretizaçao da Bacia



1239 Mini-bacias



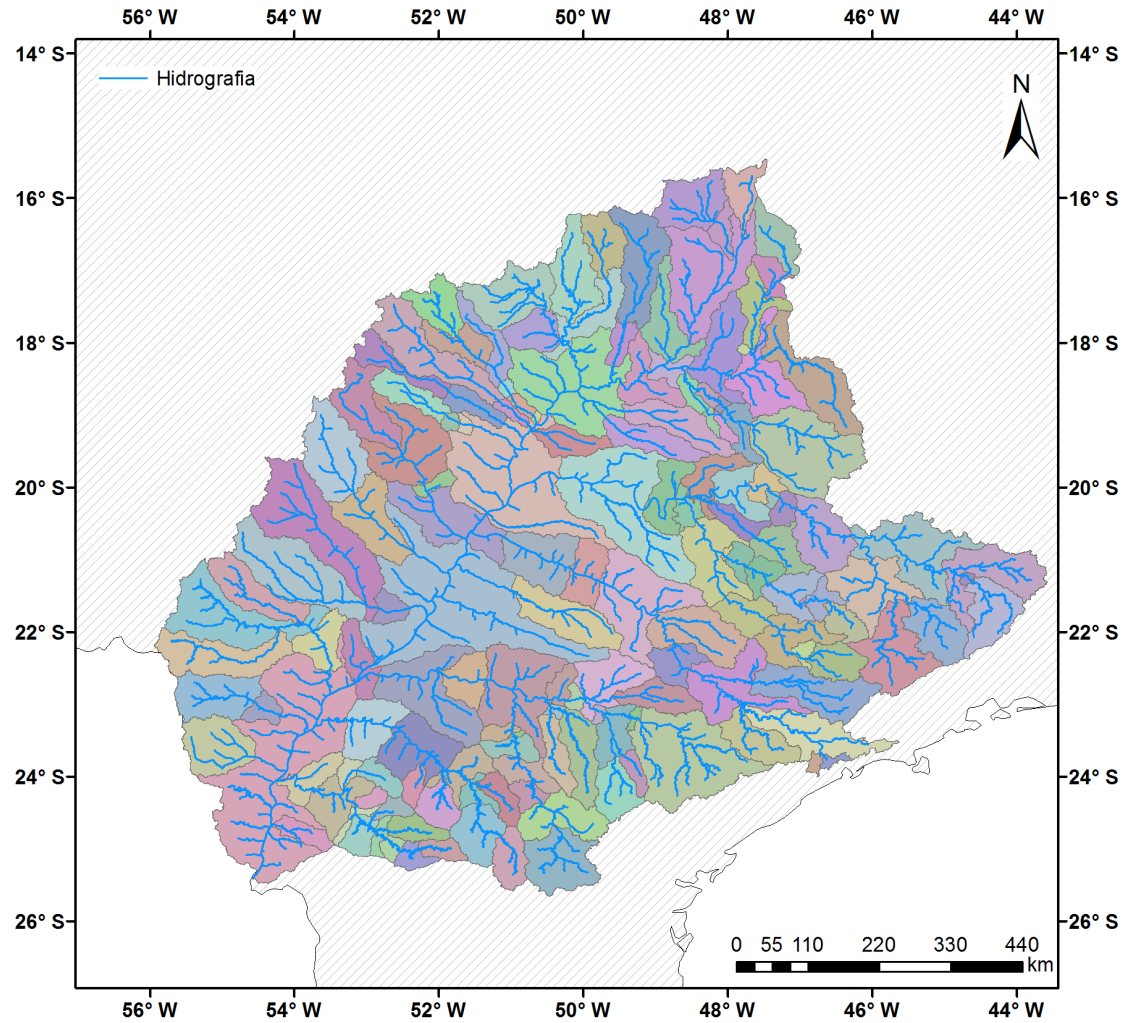




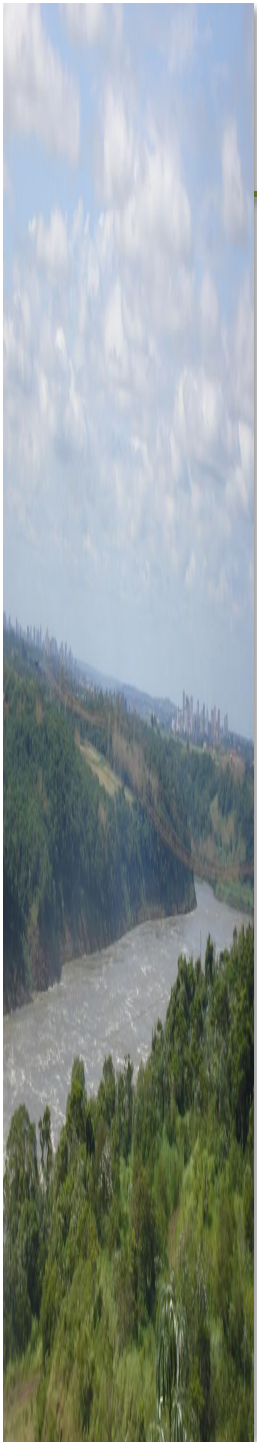
XI Simposio de Recursos Hídricos do Nordeste  
27 a 30 de novembro de 2012 - João Pessoa - PB



# Discretização da Bacia



154 Sub-bacias



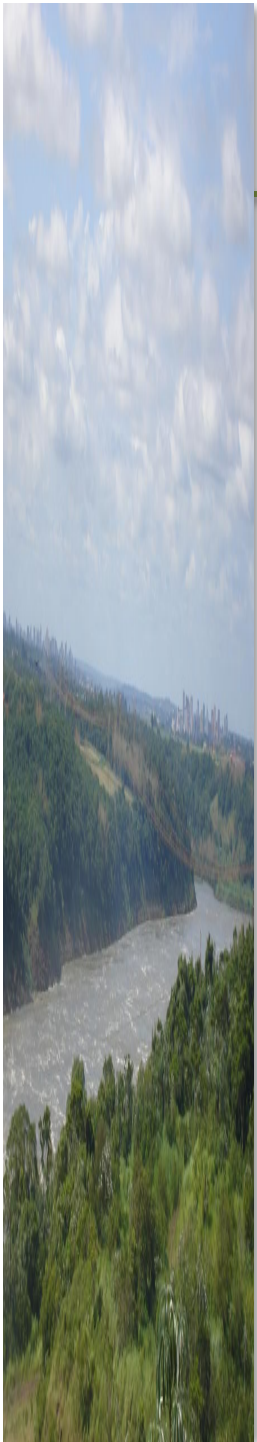
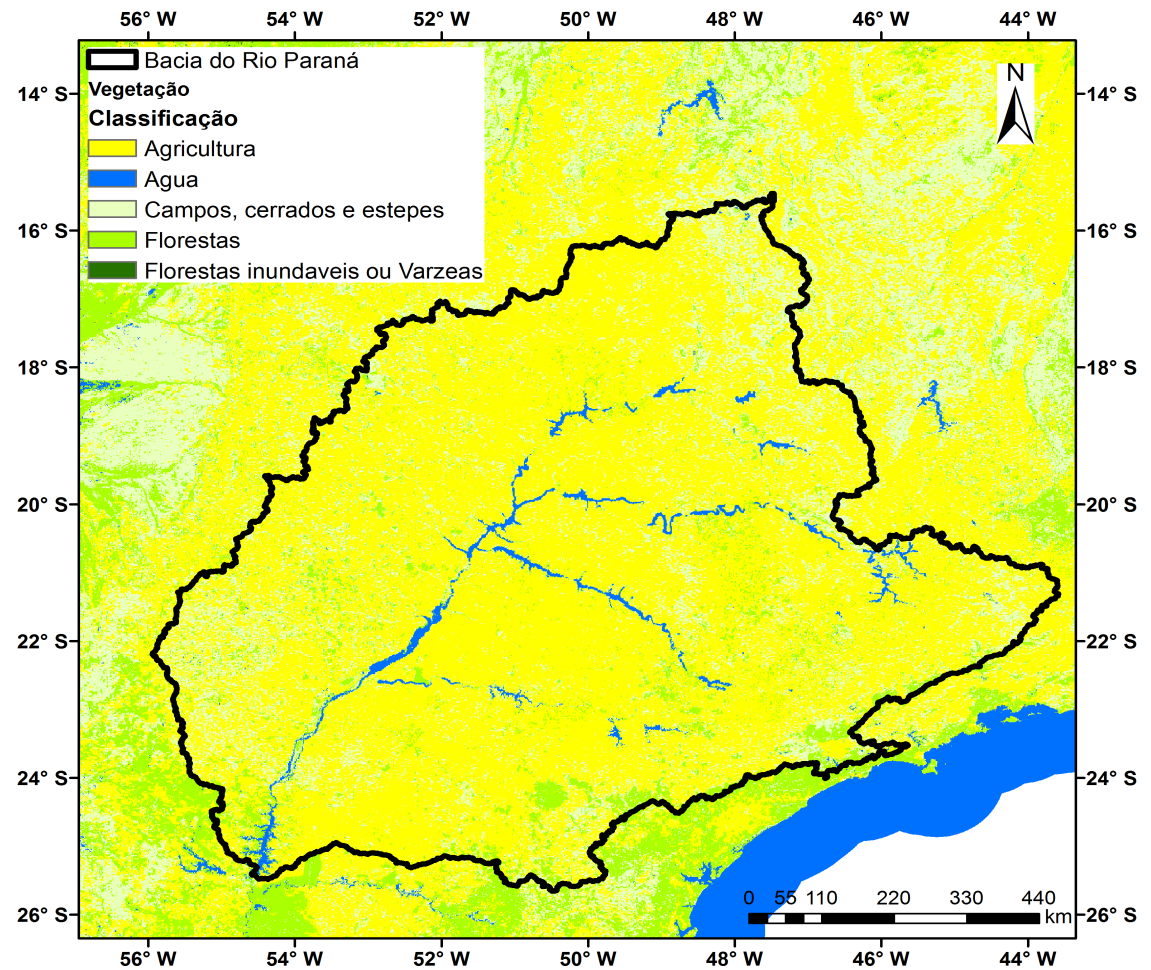


XI Simposio de Recursos Hídricos do Nordeste  
27 a 30 de novembro de 2012 - João Pessoa - PB



# Discretização da Bacia

Uso do Solo



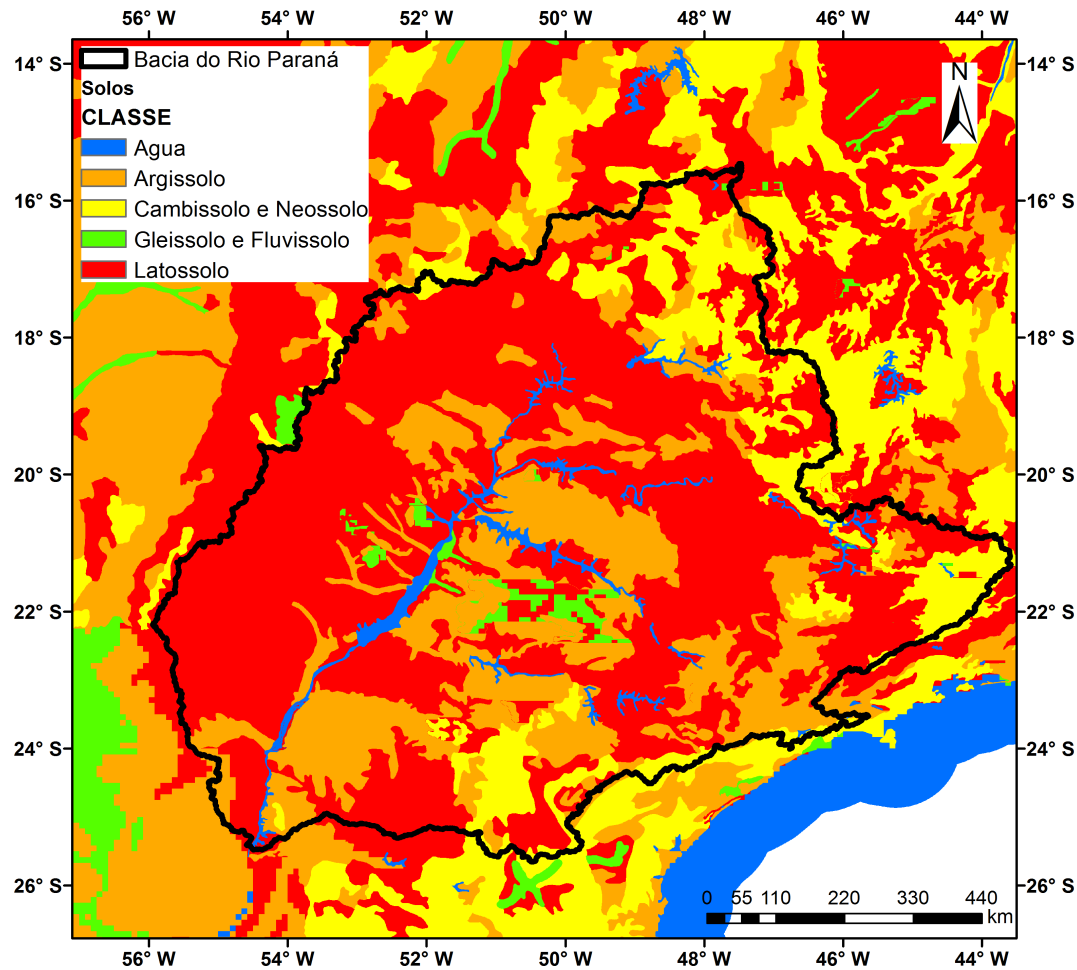




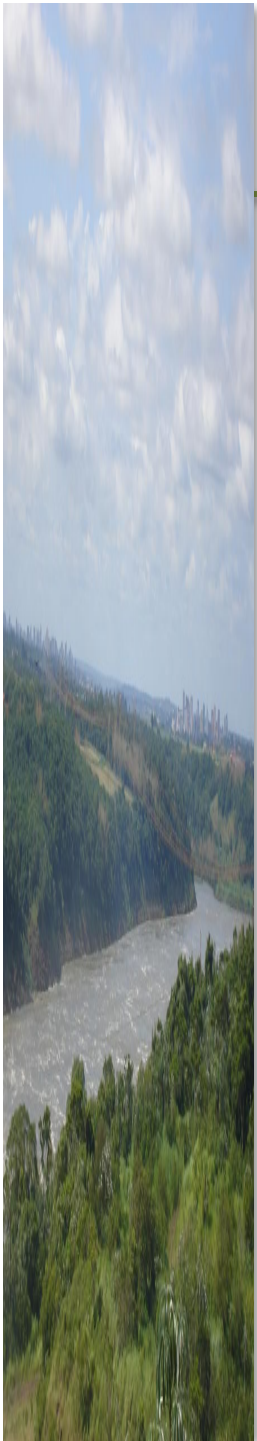
XI Simposio de Recursos Hídricos do Nordeste  
27 a 30 de novembro de 2012 - João Pessoa - PB



# Discretização da Bacia



Tipos de Solo

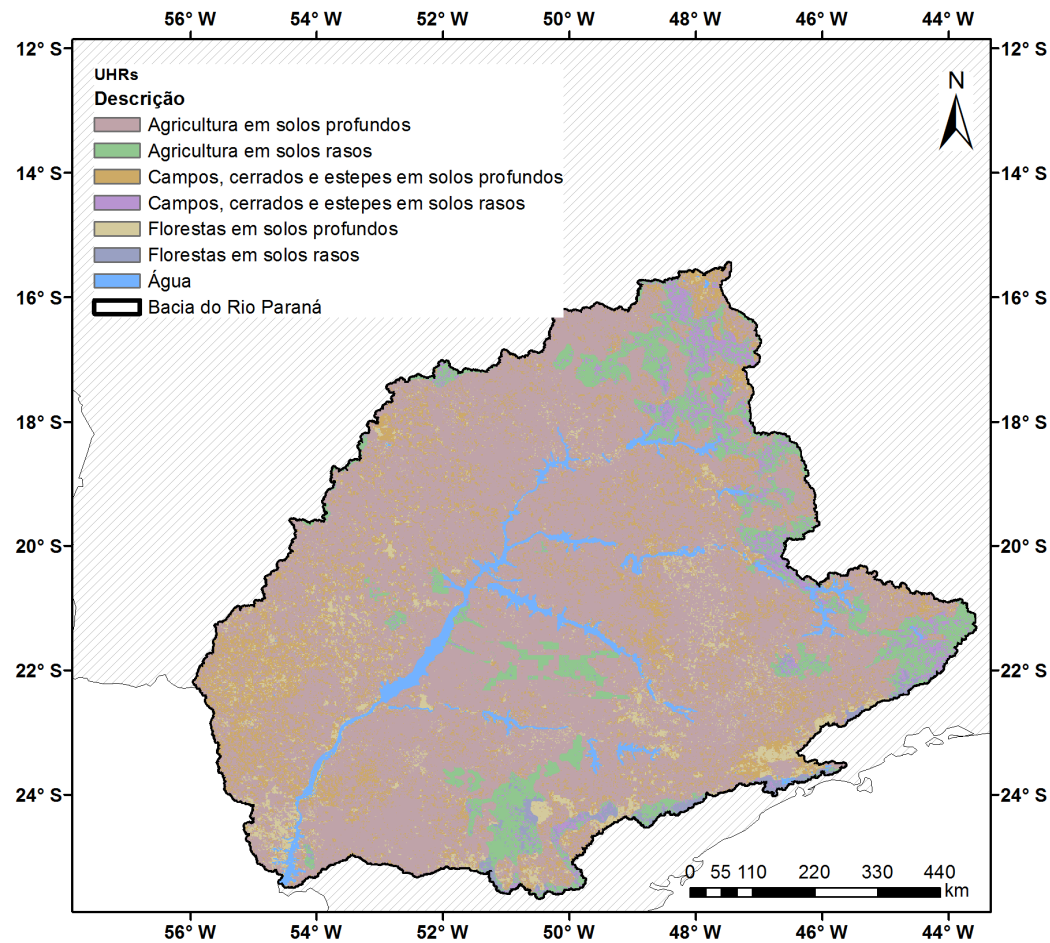




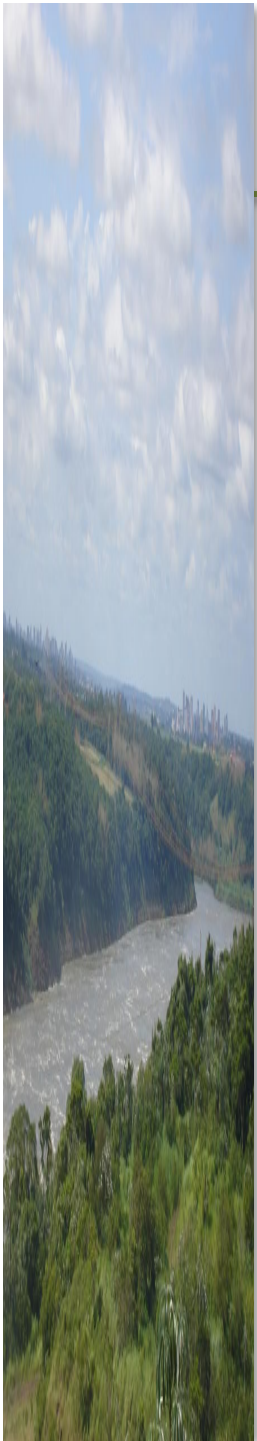
XI Simposio de Recursos Hídricos do Nordeste  
27 a 30 de novembro de 2012 - João Pessoa - PB



# Discretização da Bacia



Unidades de  
Resposta  
Hidrológica

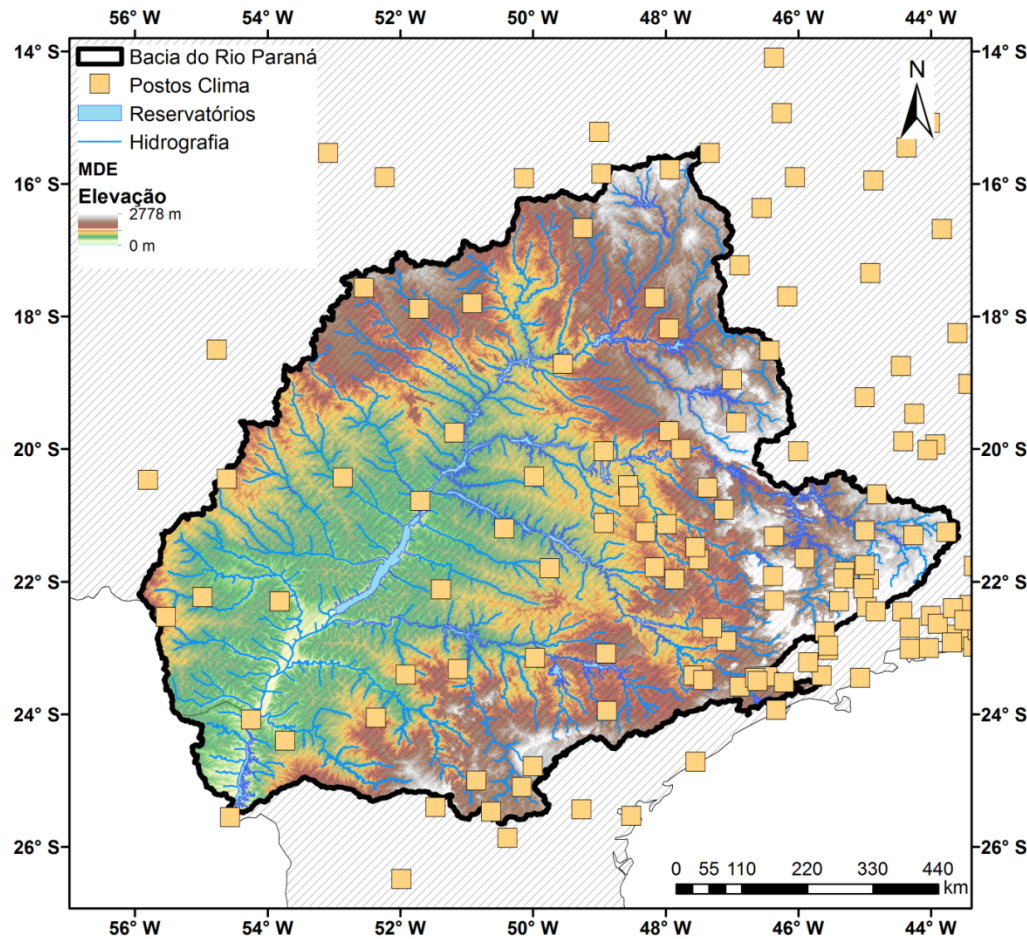




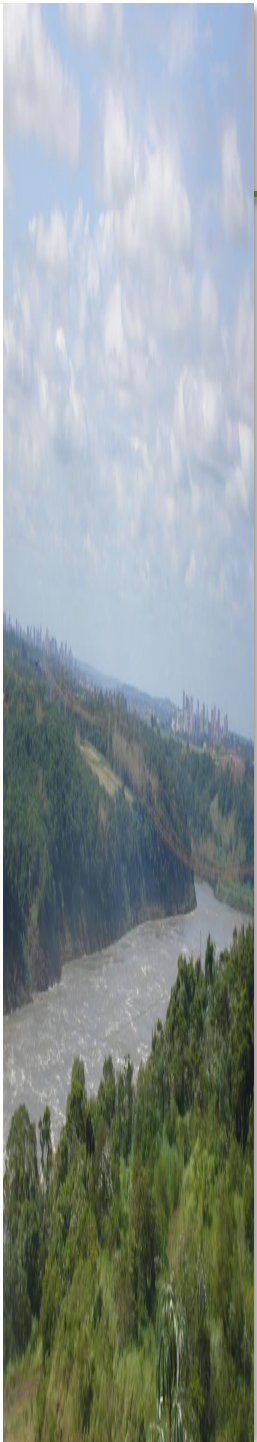
XI Simposio de Recursos Hídricos do Nordeste  
27 a 30 de novembro de 2012 - João Pessoa - PB



# Dados de Entrada



- Normais INMET 1960-1990



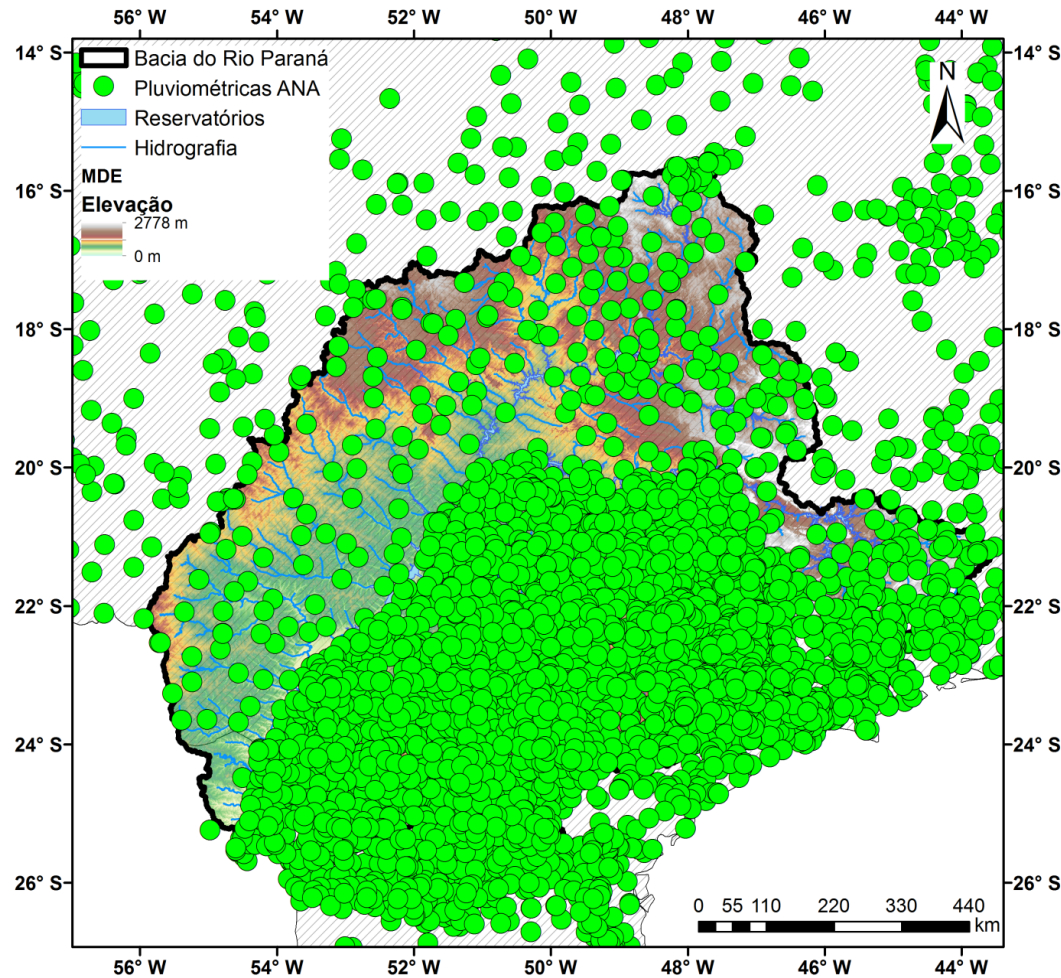




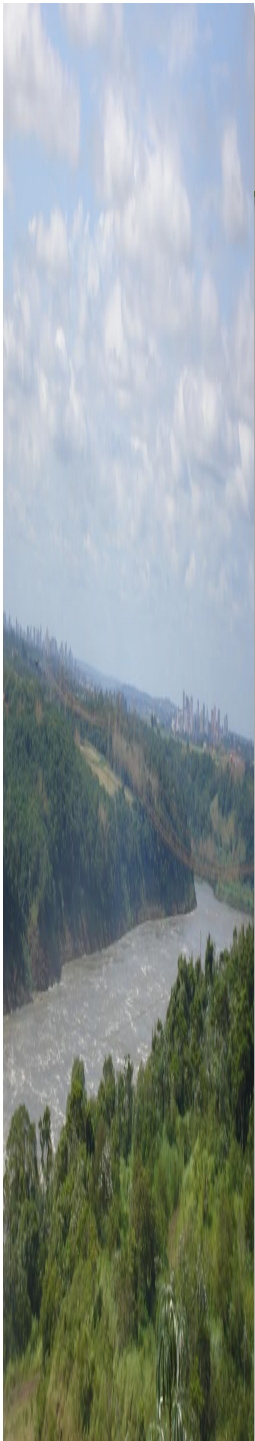
XI Simposio de Recursos Hidricos do Nordeste  
27 a 30 de novembro de 2012 - Joao Pessoa - PB



# Dados de Entrada



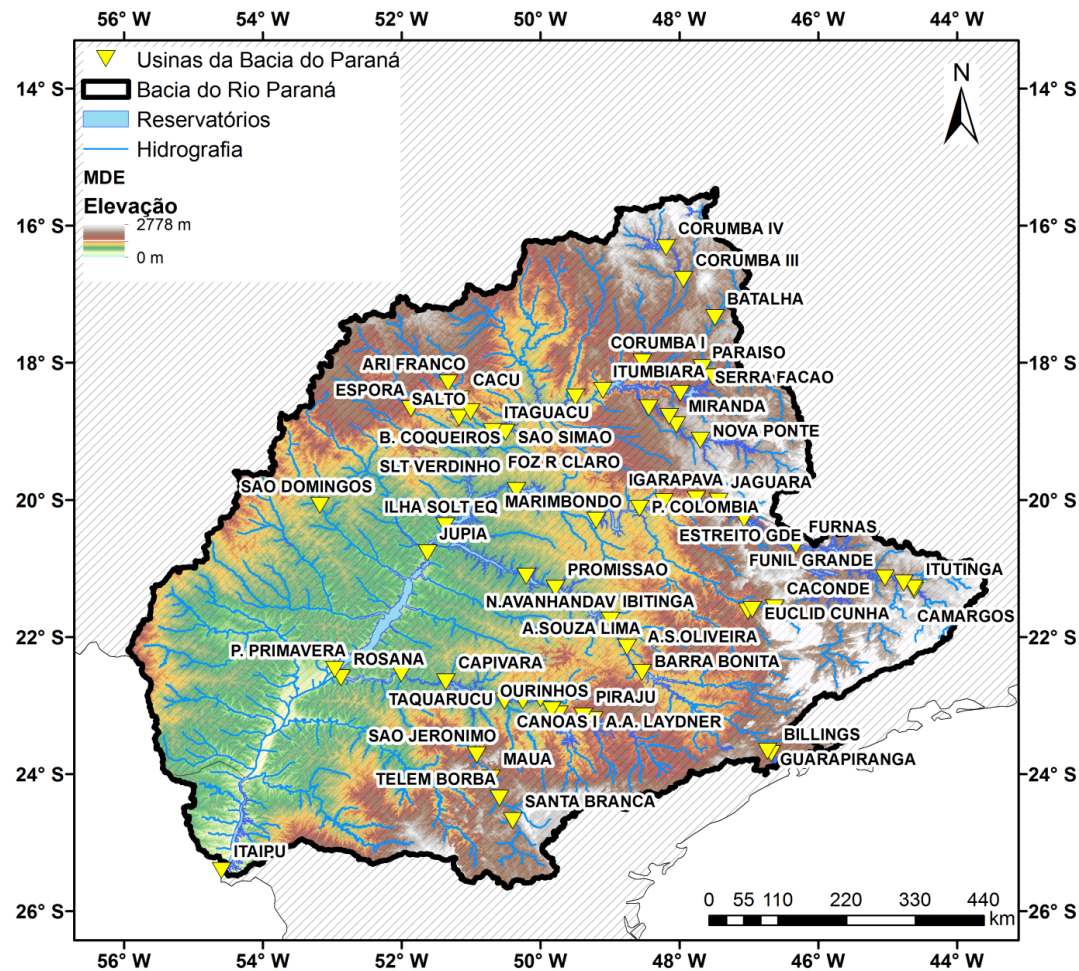
- Estações Pluviométricas ANA
- 1960-1990



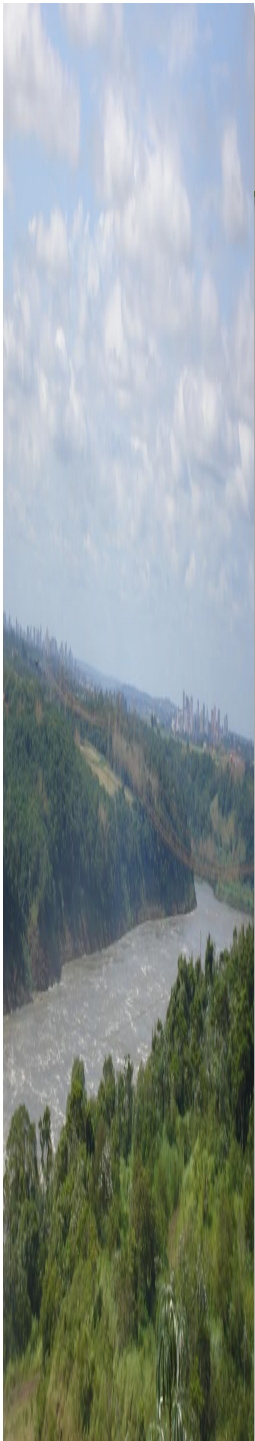




# Dados de Entrada



- Dados de vazão natural 65 UHE's
- (vazão correspondente à obtida com a retirada do efeito da operação de hidroelétricas)

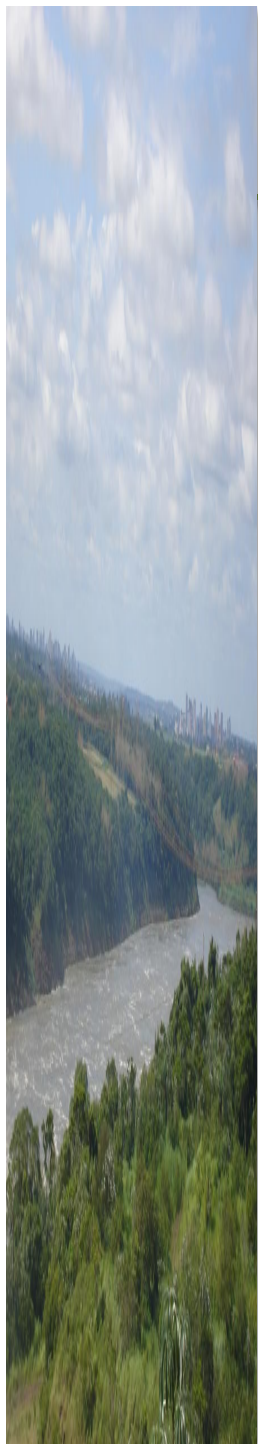




XI Simposio de Recursos Hídricos do Nordeste  
27 a 30 de novembro de 2012 - João Pessoa - PB



# Resultados Calibração 1960-1990

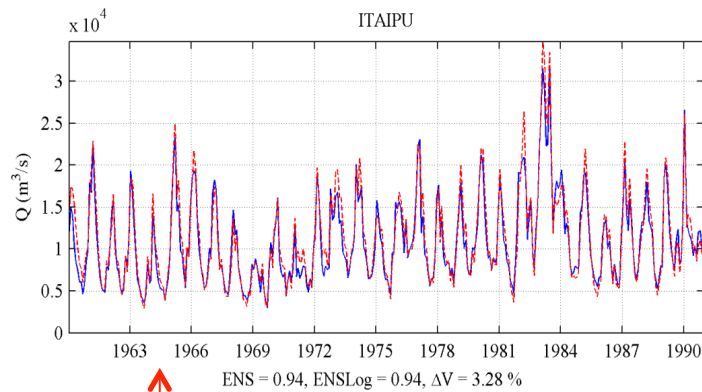




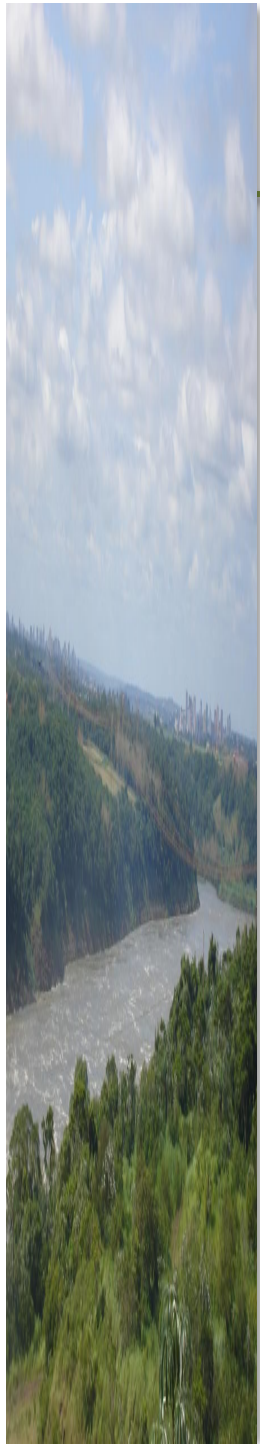
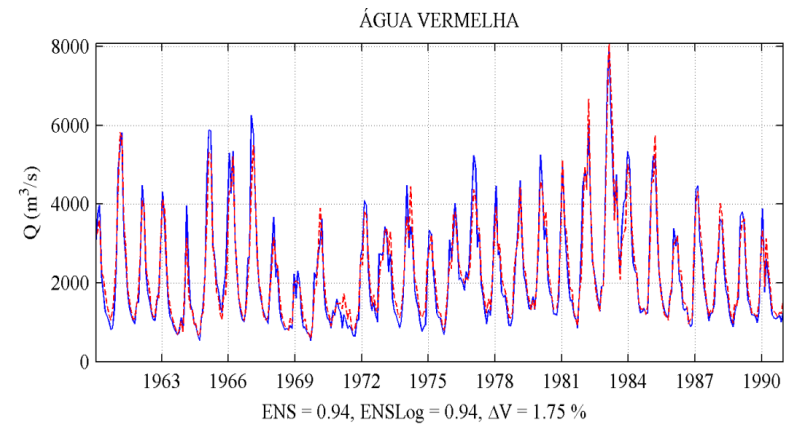
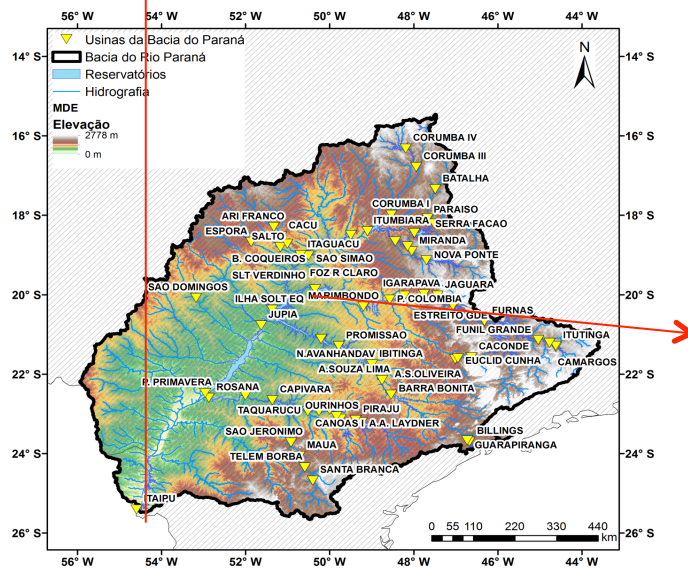
XI Simposio de Recursos Hídricos do Nordeste  
27 a 30 de novembro de 2012 - João Pessoa - PB



# Resultados Calibração



Nome	$\Delta V$ (%)
Itaipu	3.278
A. Vermelha	1.745



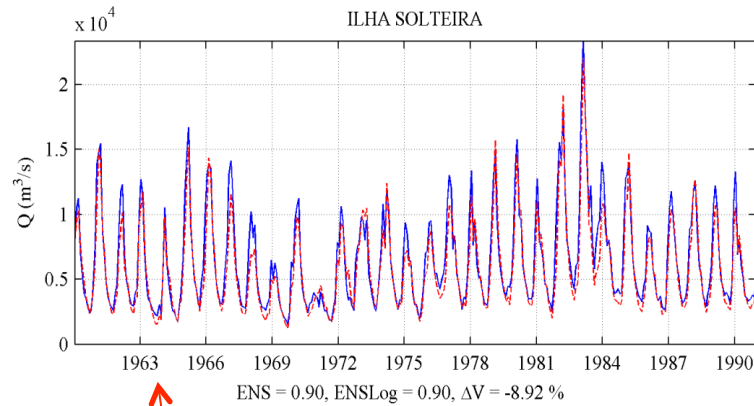




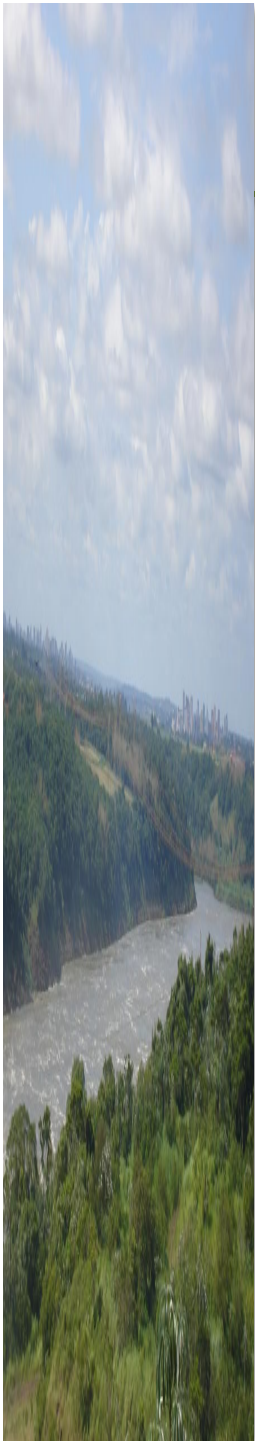
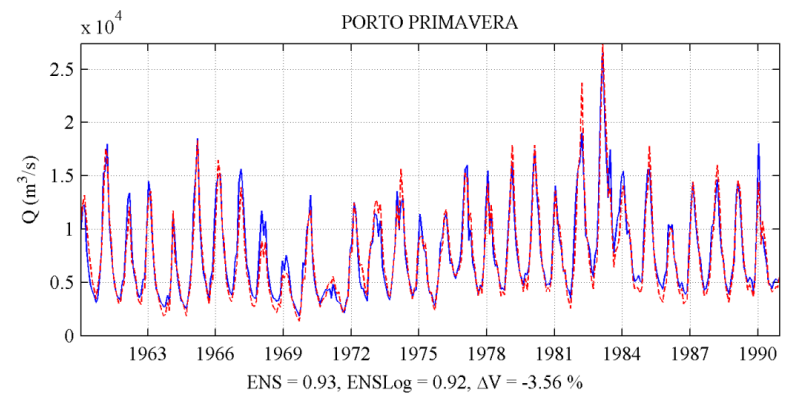
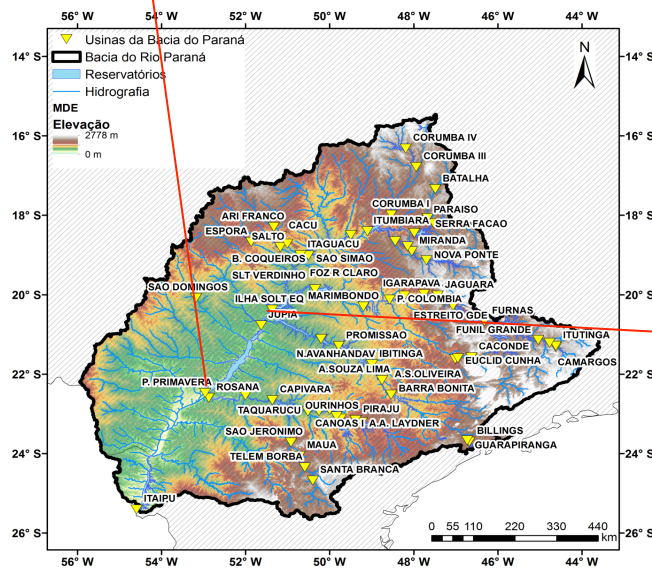
XI Simposio de Recursos Hídricos do Nordeste  
27 a 30 de novembro de 2012 - João Pessoa - PB



# Resultados Calibração



Nome	$\Delta V$ (%)
P.Primavera	-3.556
Ilha Solteira	-8.917





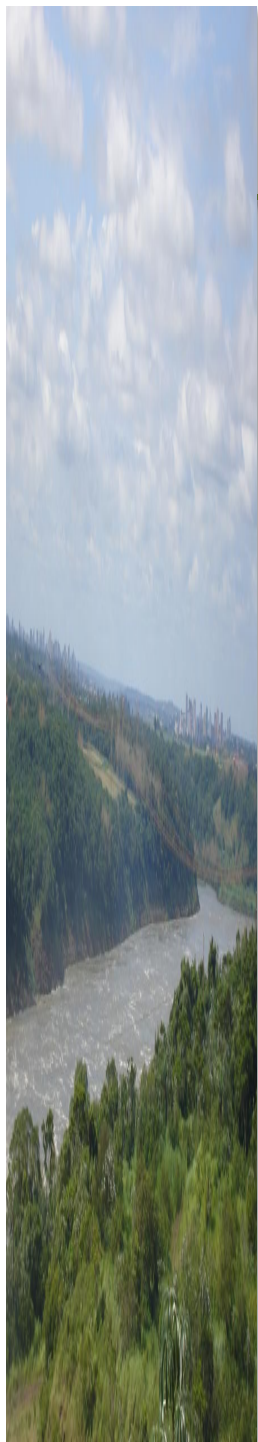
XI Simposio de Recursos Hídricos do Nordeste  
27 a 30 de novembro de 2012 - João Pessoa - PB



# Resultados Calibração

Medidas de desempenho de algumas UHE no período de calibração.

Nome	ENS	ENSlog	$\Delta V$
Itaipu	0.936	0.941	3.278
Rosana	0.953	0.93	0.776
P.Primavera	0.929	0.915	-3.556
N.Avanhandava	0.782	0.841	-2.873
Ilha Solteira	0.904	0.901	-8.917
Jupiá	0.927	0.937	2.104
A.Vermelha	0.944	0.944	1.745
Furnas	0.93	0.93	-2.016
Itumbiara	0.898	0.895	0.473
Corumbá I	0.715	0.806	3.807
São Domingos	-2.691	-7.126	-23.641
Espora	-1.79	-0.017	29.676

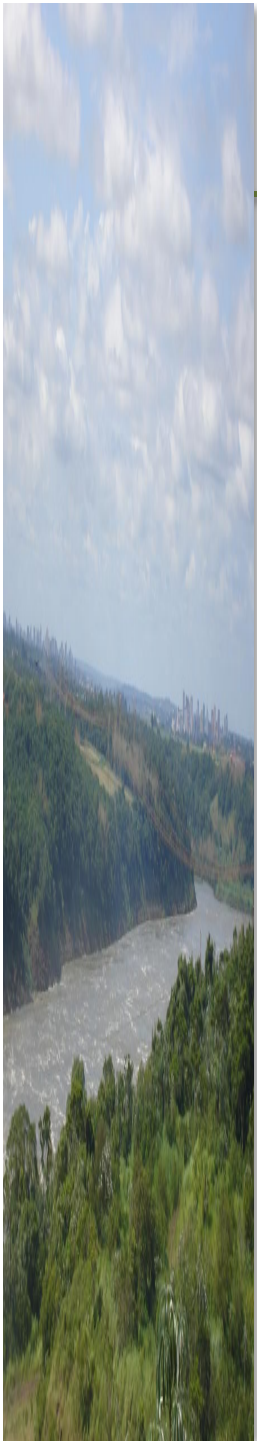
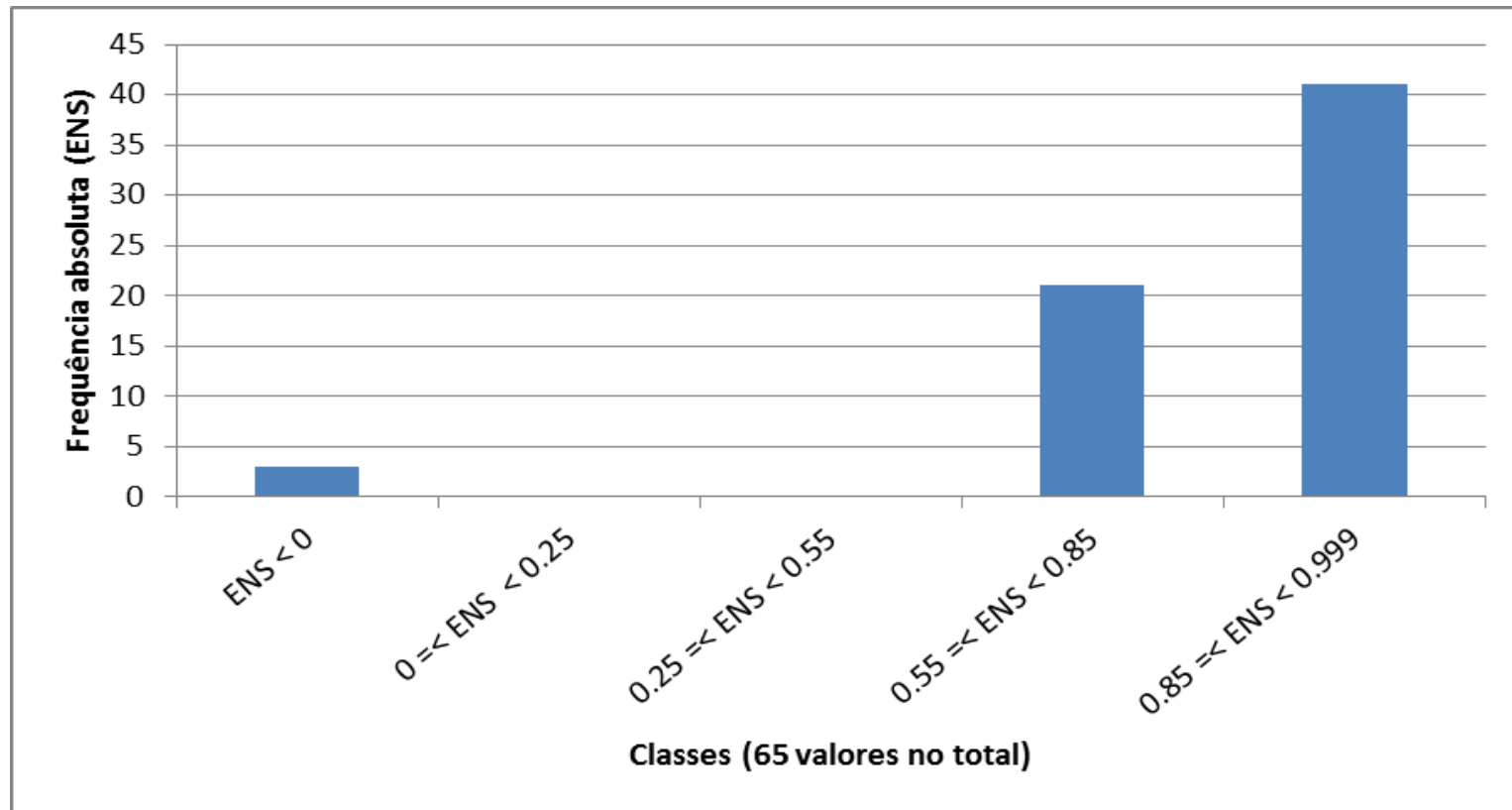




XI Simposio de Recursos Hídricos do Nordeste  
27 a 30 de novembro de 2012 - João Pessoa - PB



# Resultados Calibração



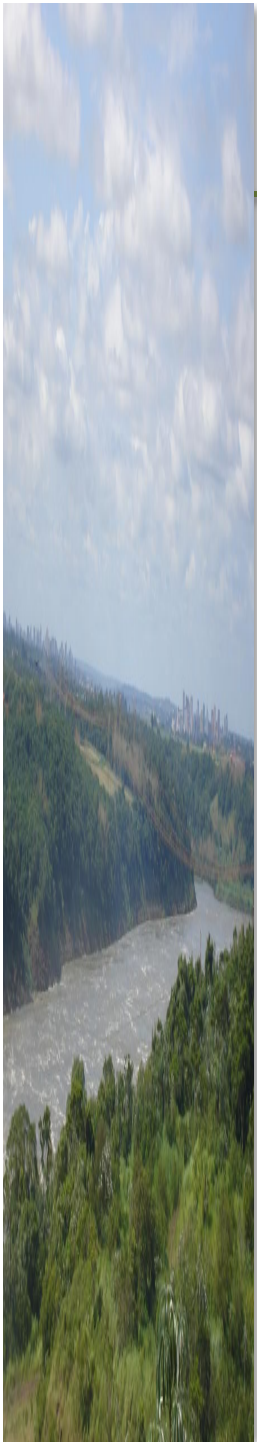
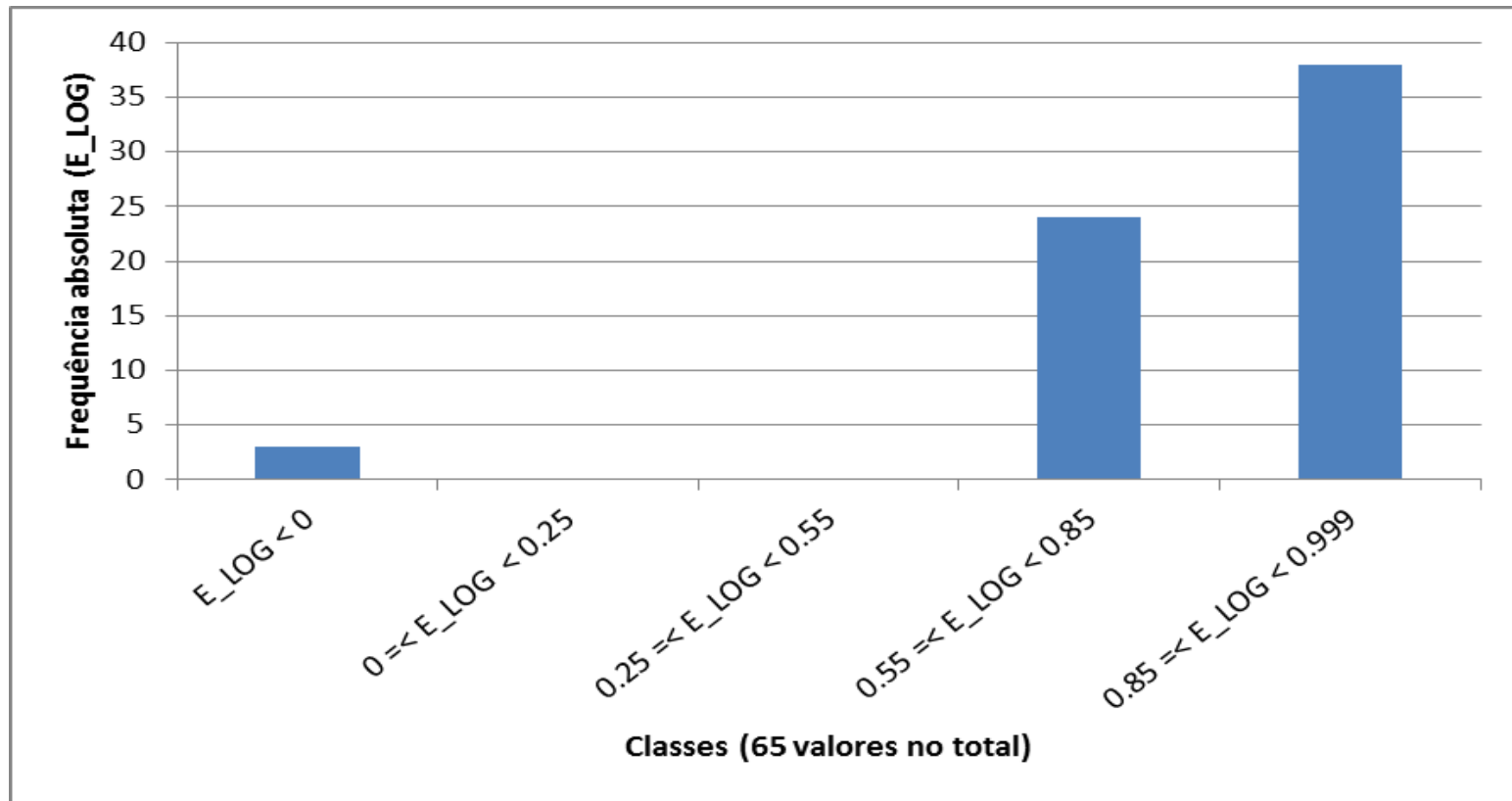




XI Simposio de Recursos Hídricos do Nordeste  
27 a 30 de novembro de 2012 - João Pessoa - PB



# Resultados Calibração

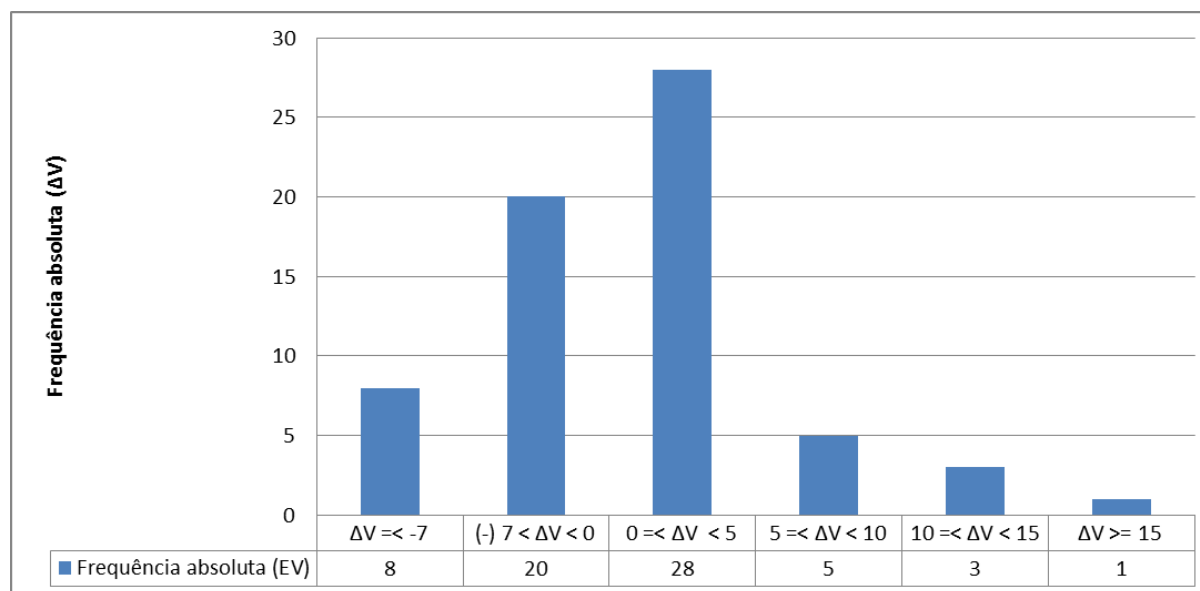




XI Simposio de Recursos Hídricos do Nordeste  
27 a 30 de novembro de 2012 - João Pessoa - PB



# Resultados Calibração

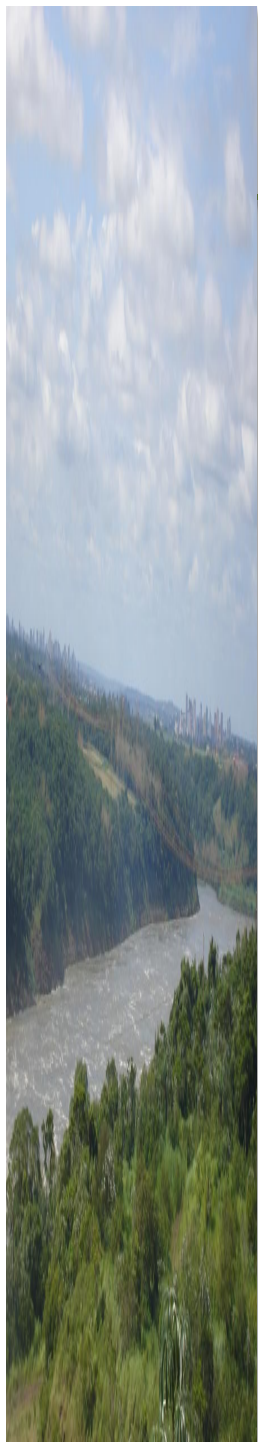




XI Simposio de Recursos Hídricos do Nordeste  
27 a 30 de novembro de 2012 - João Pessoa - PB



# Resultados Verificação 1995-2010



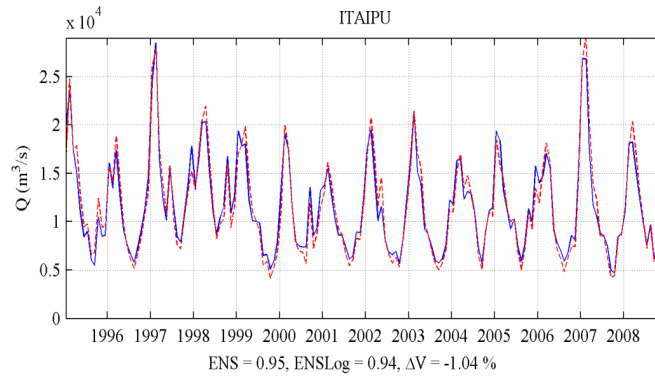




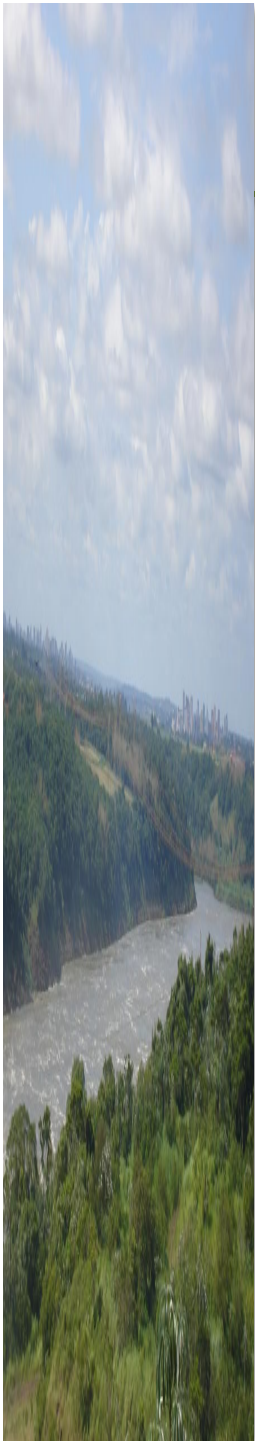
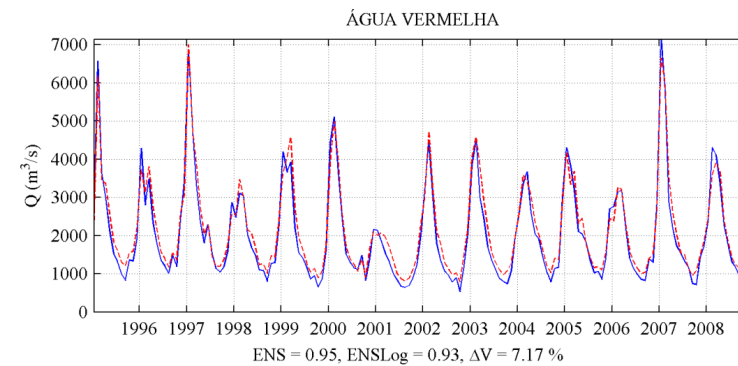
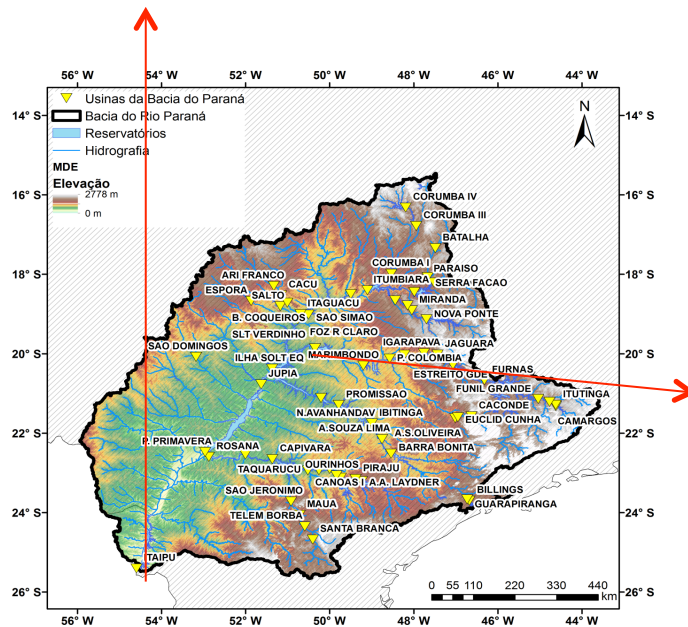
XI Simposio de Recursos Hídricos do Nordeste  
27 a 30 de novembro de 2012 - João Pessoa - PB



# Resultados Verificação



Nome	$\Delta V \text{ (%)}$
Itaipu	-1.044
A. Vermelha	7.168

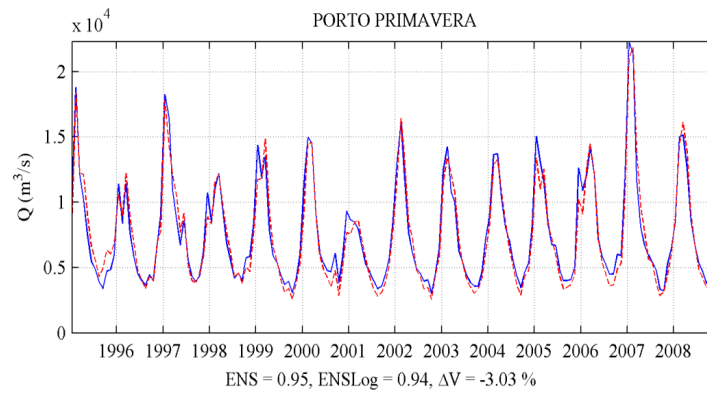




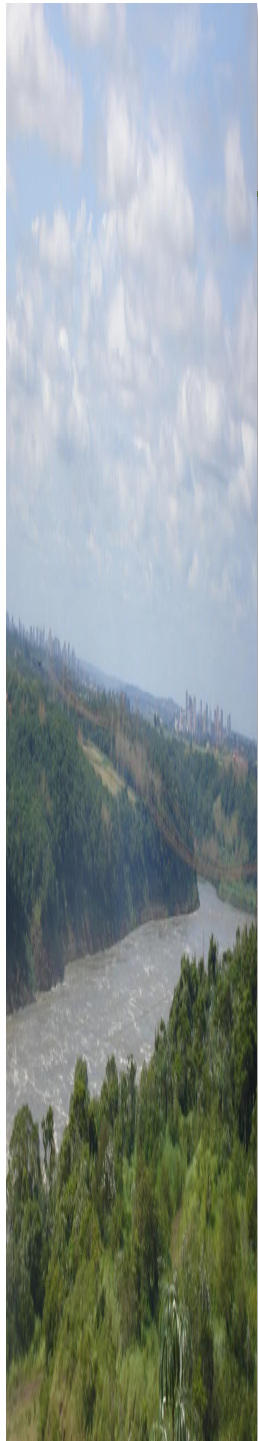
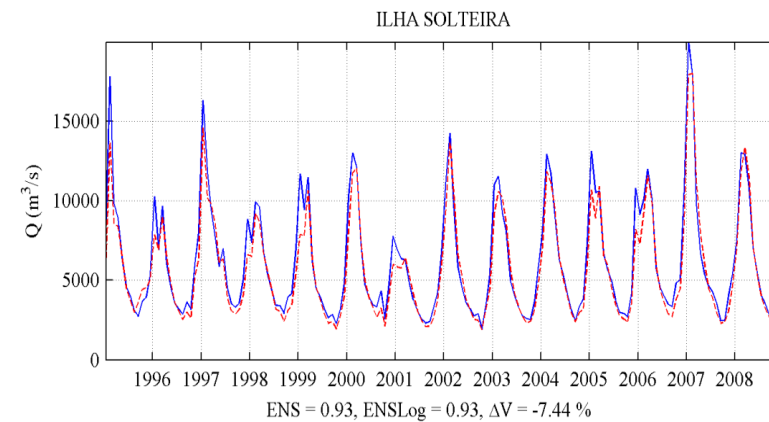
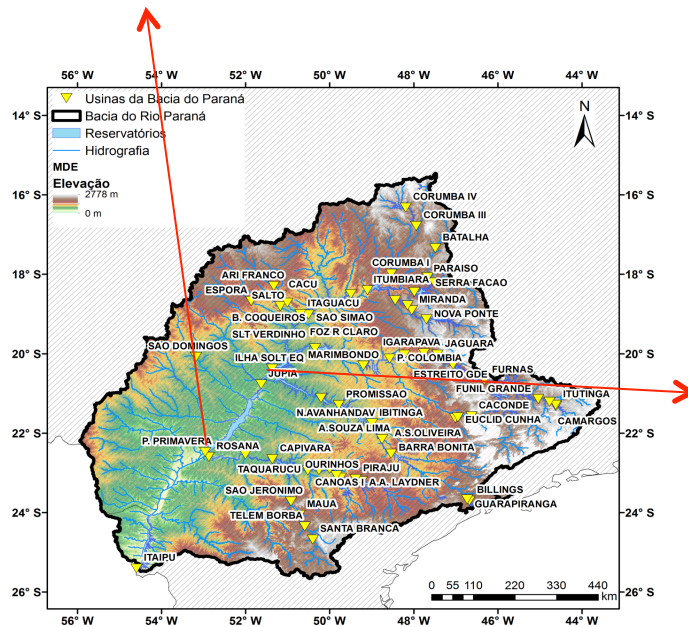
XI Simposio de Recursos Hídricos do Nordeste  
27 a 30 de novembro de 2012 - João Pessoa - PB



# Resultados Verificação



Nome	$\Delta V$ (%)
P.Primavera	-3.031
Ilha Solteira	-7.444





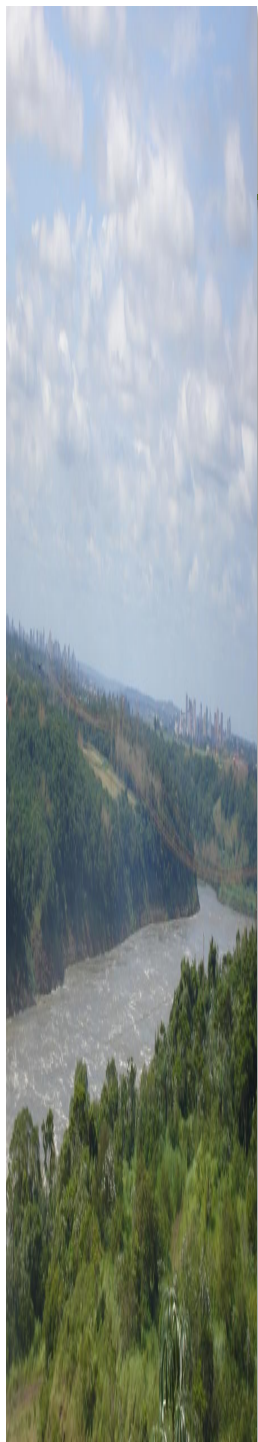
XI Simposio de Recursos Hidricos do Nordeste  
27 a 30 de novembro de 2012 - Joao Pessoa - PB



# Resultados Verificação

Medidas de desempenho de algumas UHE no período de verificação.

Nome	ENS	ENSlog	$\Delta V$
Itaipu	0.947	0.94	-1.044
Rosana	0.949	0.926	1.12
P.Primavera	0.95	0.936	-3.031
N.Avanhandava	0.717	0.787	-4.052
Ilha Solteira	0.933	0.934	-7.444
Jupiá	0.946	0.954	1.121
A.Vermelha	0.951	0.925	7.168
Furnas	0.917	0.897	12.876
Itumbiara	0.911	0.91	9.502
Corumbá I	0.877	0.872	15.413
São Domingos	-0.733	-1.666	-21.553
Espora	0.46	0.628	4.944



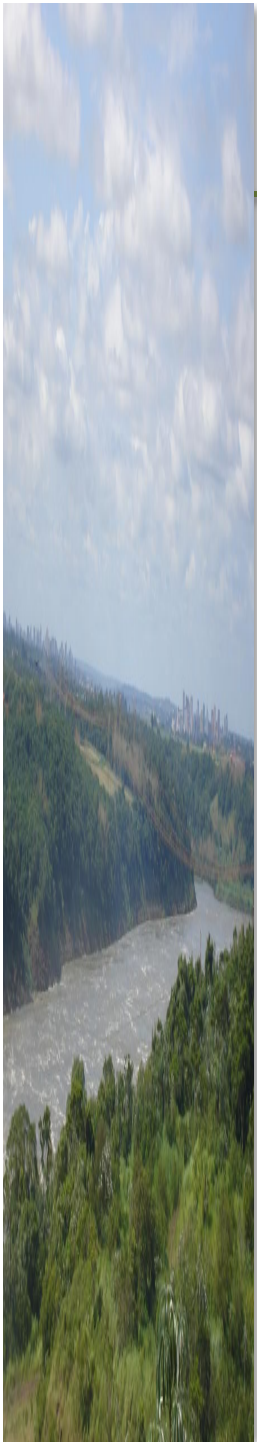
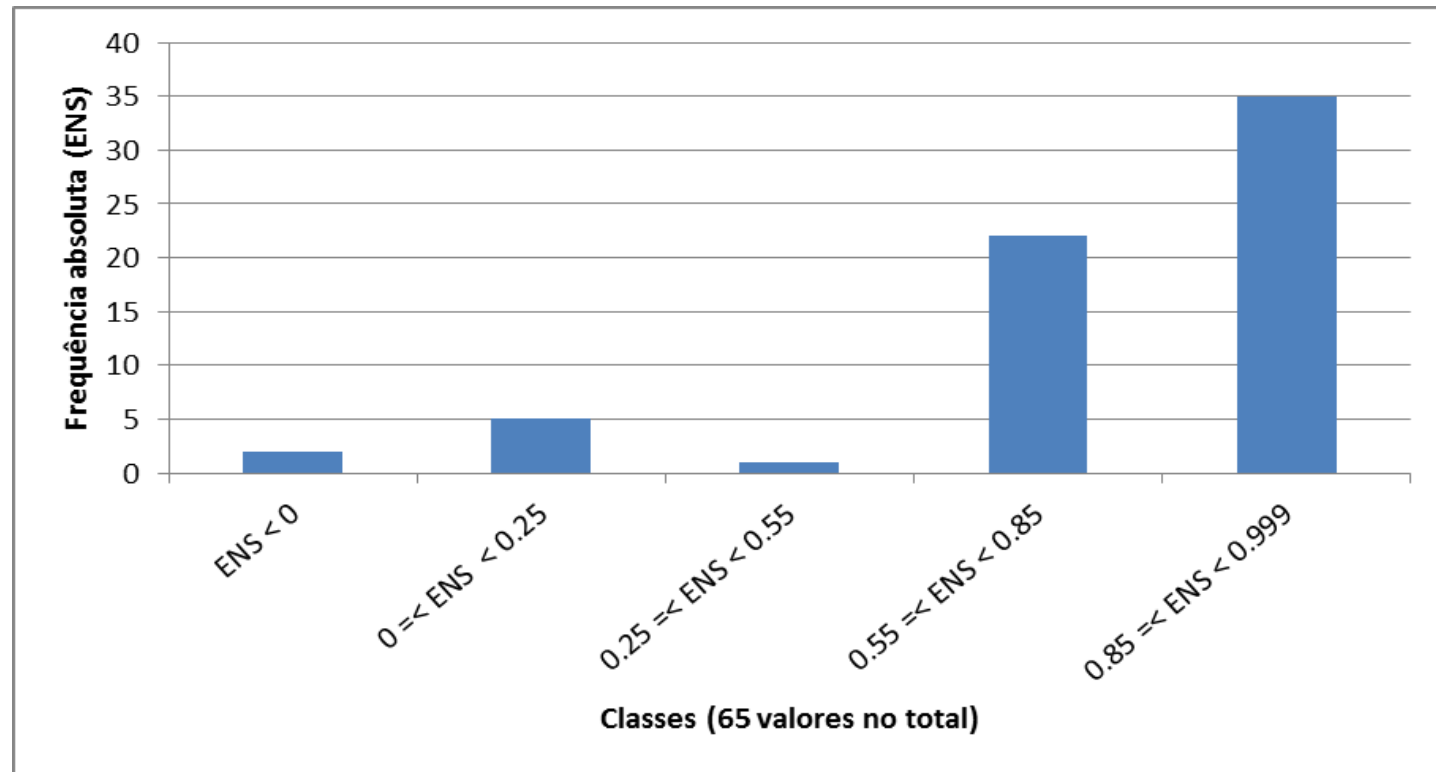




XI Simposio de Recursos Hídricos do Nordeste  
27 a 30 de novembro de 2012 - João Pessoa - PB



# Resultados Verificação

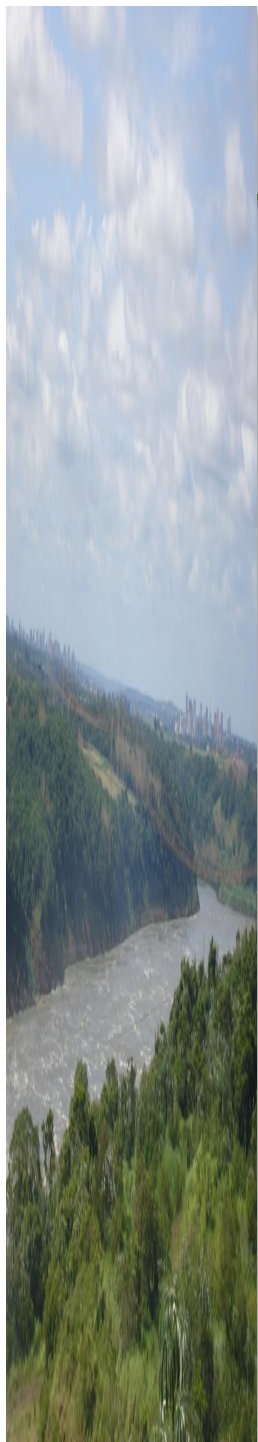
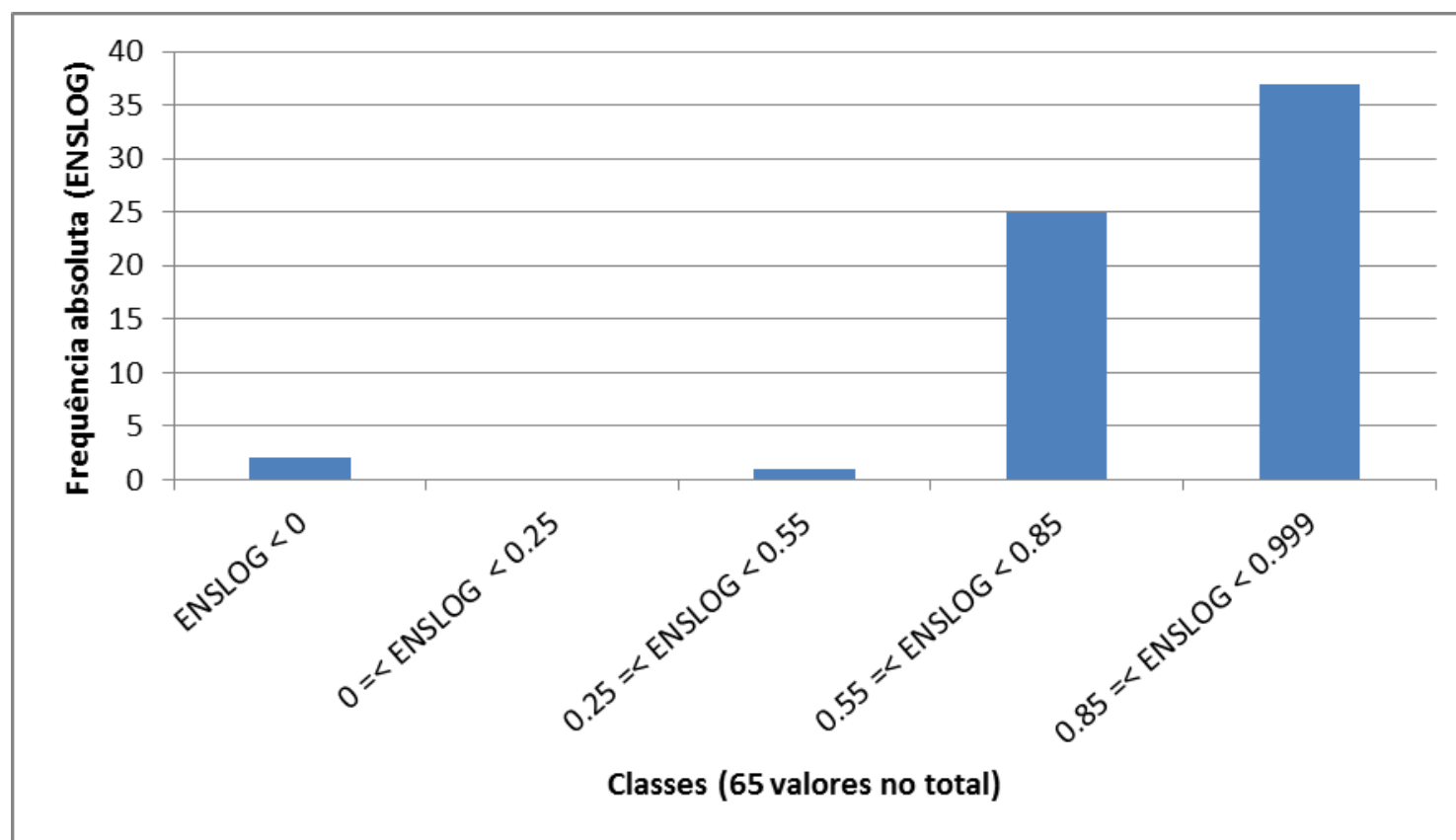




XI Simposio de Recursos Hídricos do Nordeste  
27 a 30 de novembro de 2012 - João Pessoa - PB



# Resultados Verificação

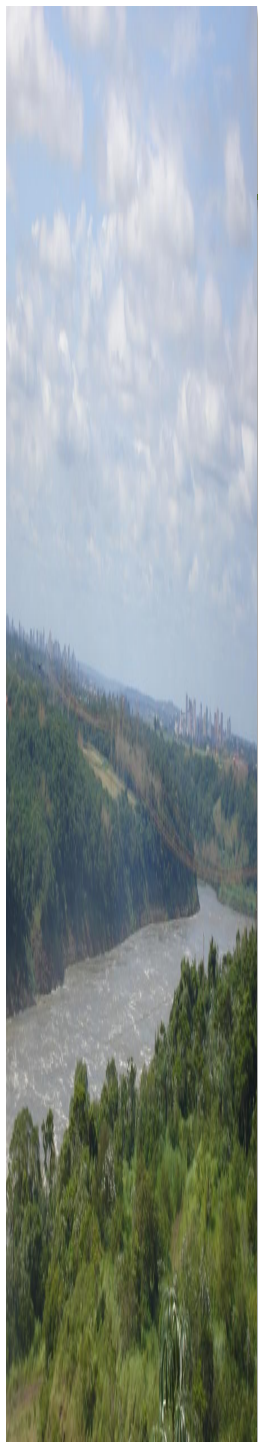
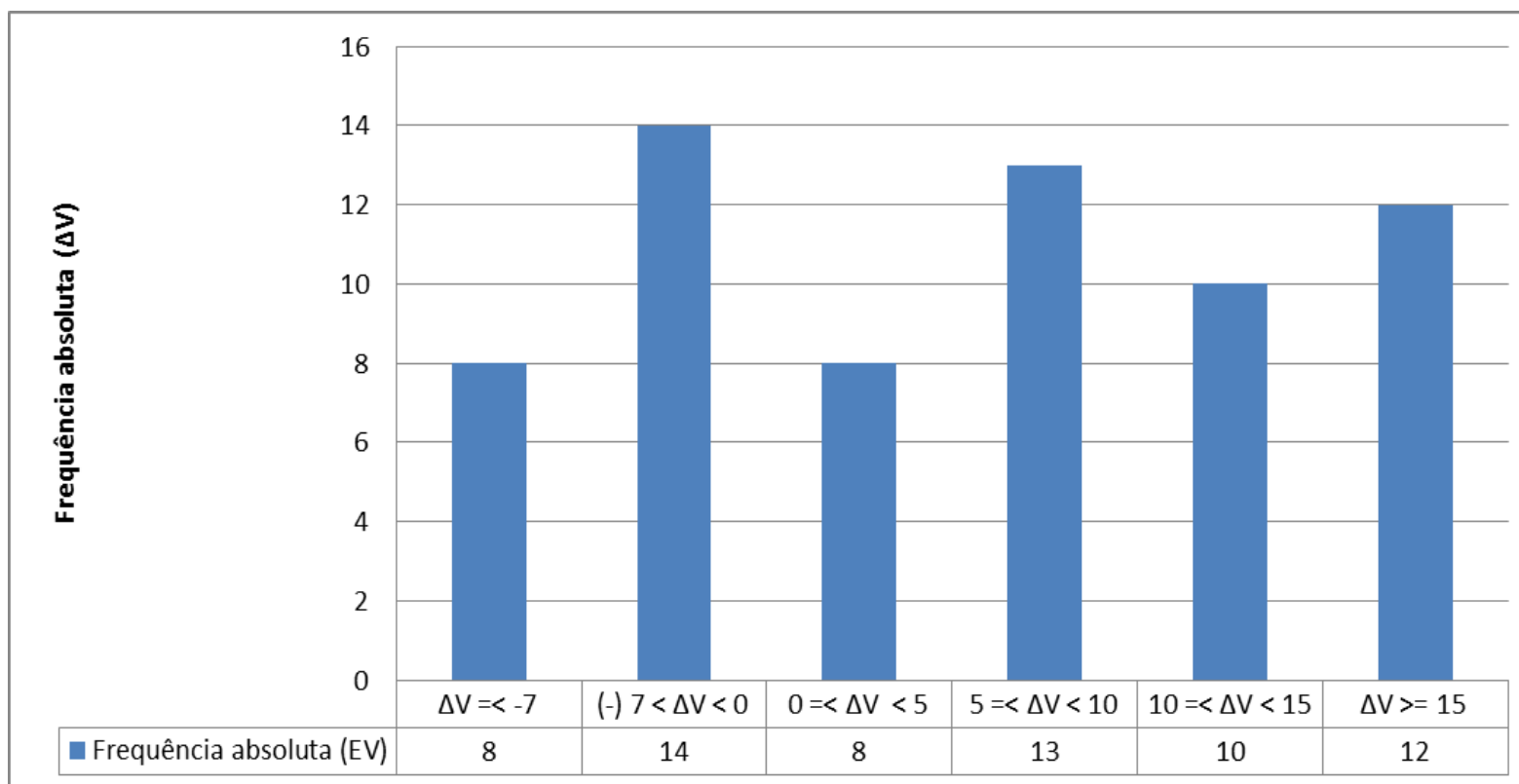




XI Simposio de Recursos Hídricos do Nordeste  
27 a 30 de novembro de 2012 - João Pessoa - PB



# Resultados Verificação



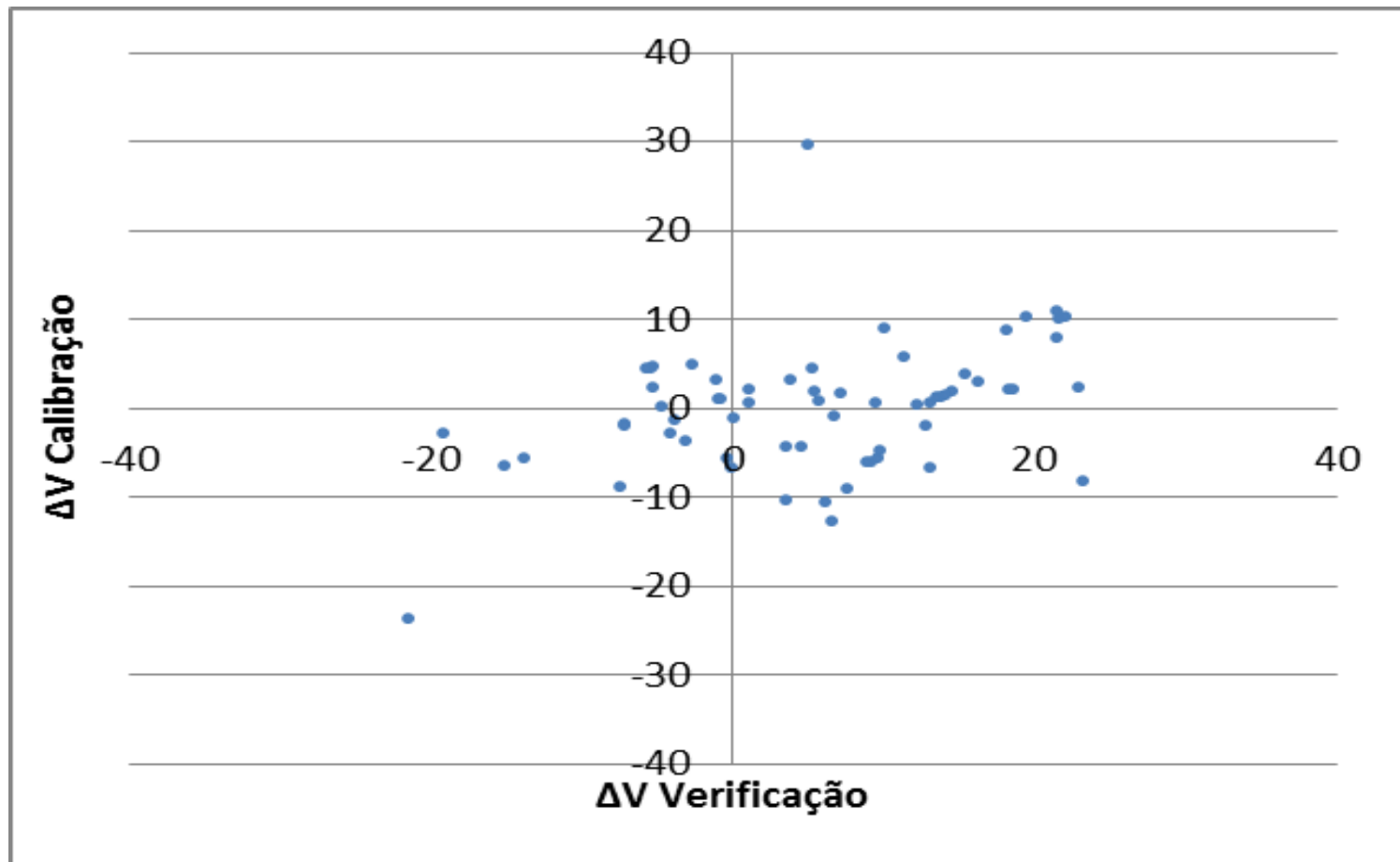




XI Simposio de Recursos Hídricos do Nordeste  
27 a 30 de novembro de 2012 - João Pessoa - PB



# Resultados Verificação



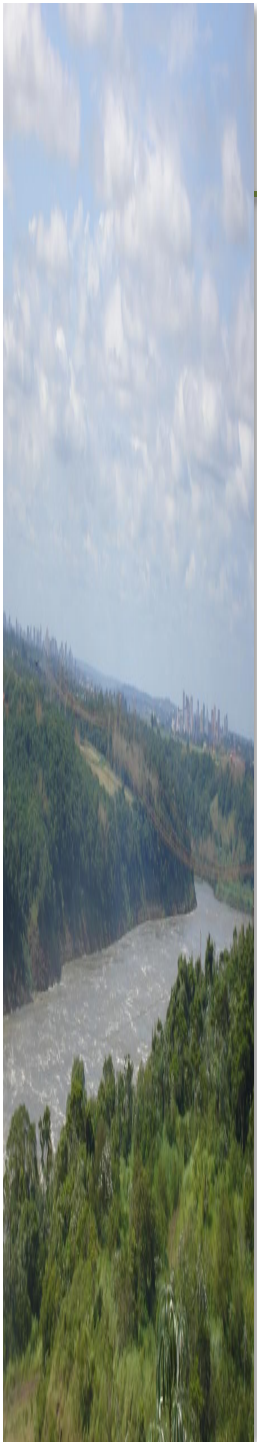


XI Simposio de Recursos Hídricos do Nordeste  
27 a 30 de novembro de 2012 - João Pessoa - PB



# Conclusões

- Calibração e verificação satisfatória do modelo hidrológico;
- Objetivos do trabalho cumpridos com sucesso.





XI Simposio de Recursos Hídricos do Nordeste  
27 a 30 de novembro de 2012 - João Pessoa - PB



- Obrigado!

