



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*



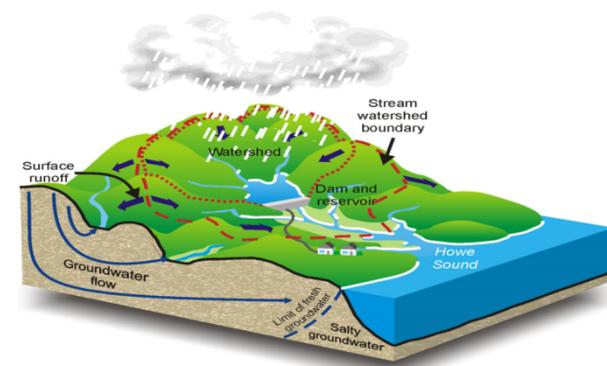


XI Simposio de Recursos Hídricos do Nordeste
27 a 30 de novembro de 2012 - João Pessoa - PB



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;



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





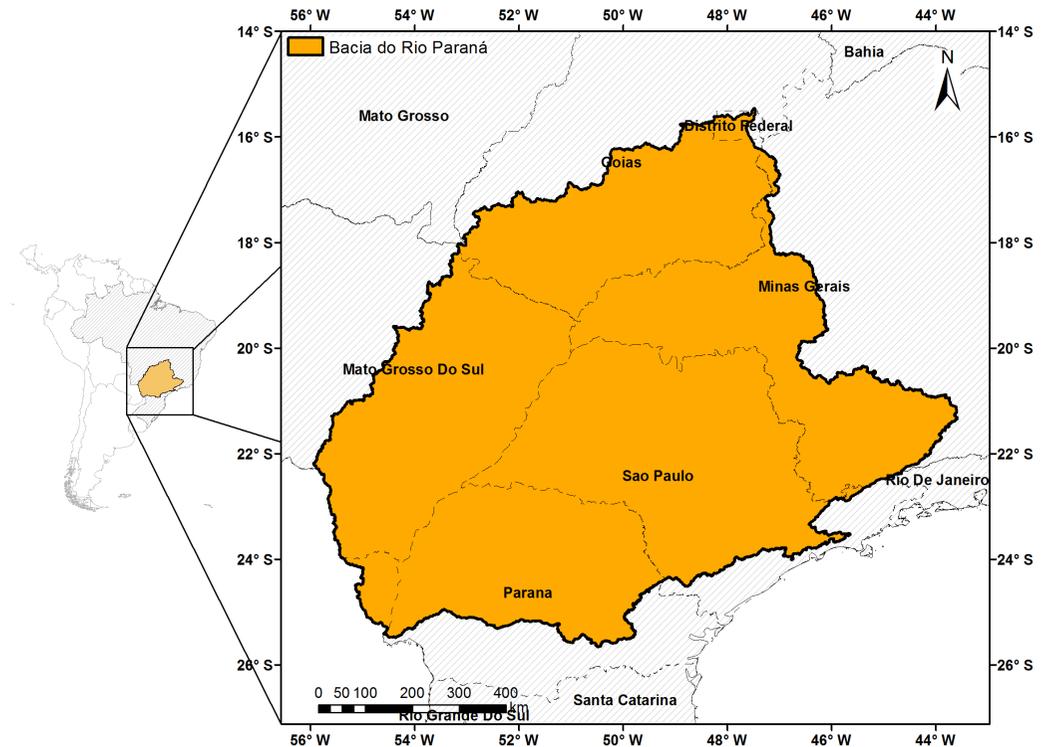
XI Simposio de Recursos Hídricos do Nordeste
27 a 30 de novembro de 2012 - João Pessoa - PB



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



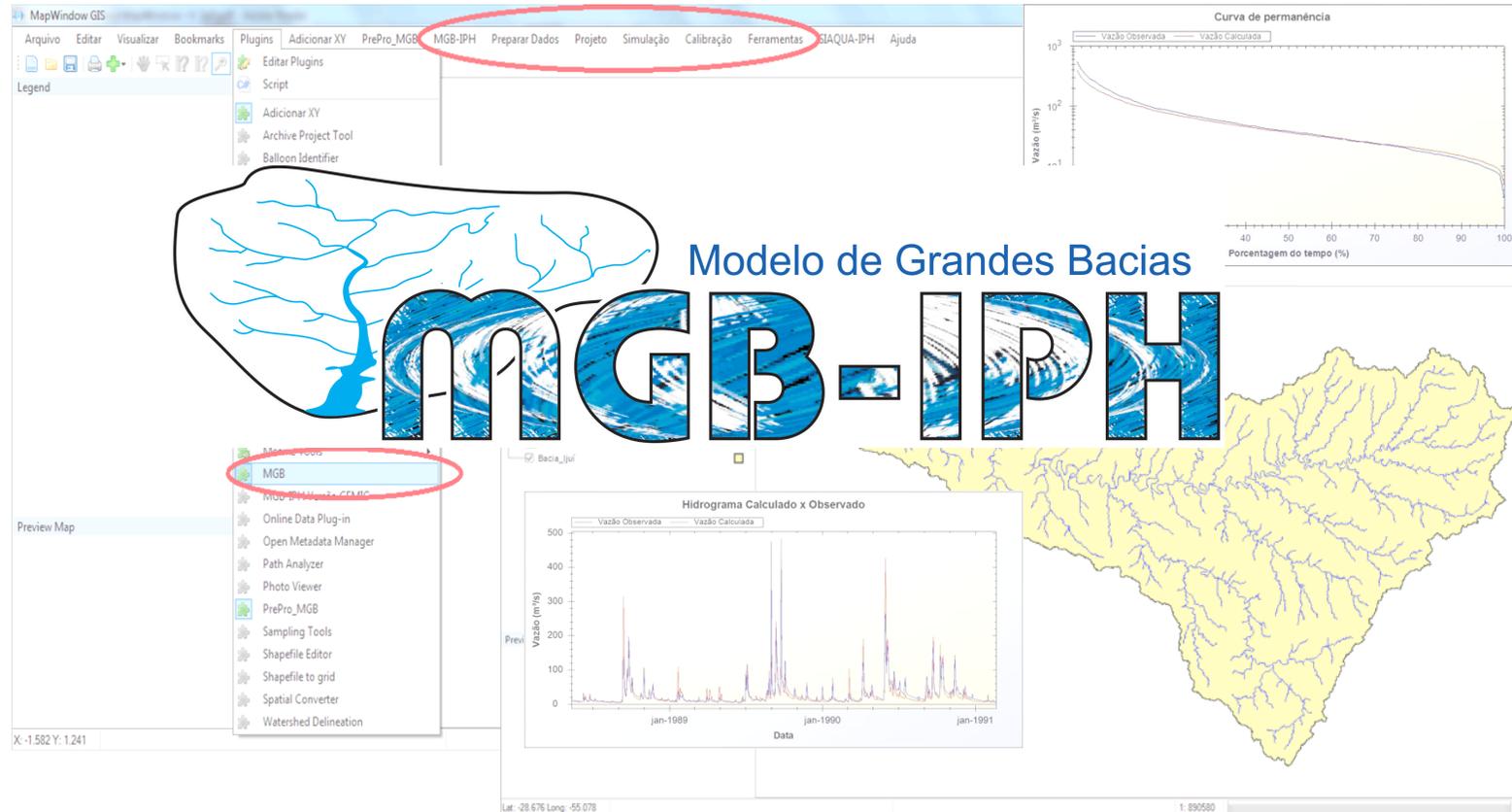
Objetivo do trabalho

- 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;





Modelo Hidrológico



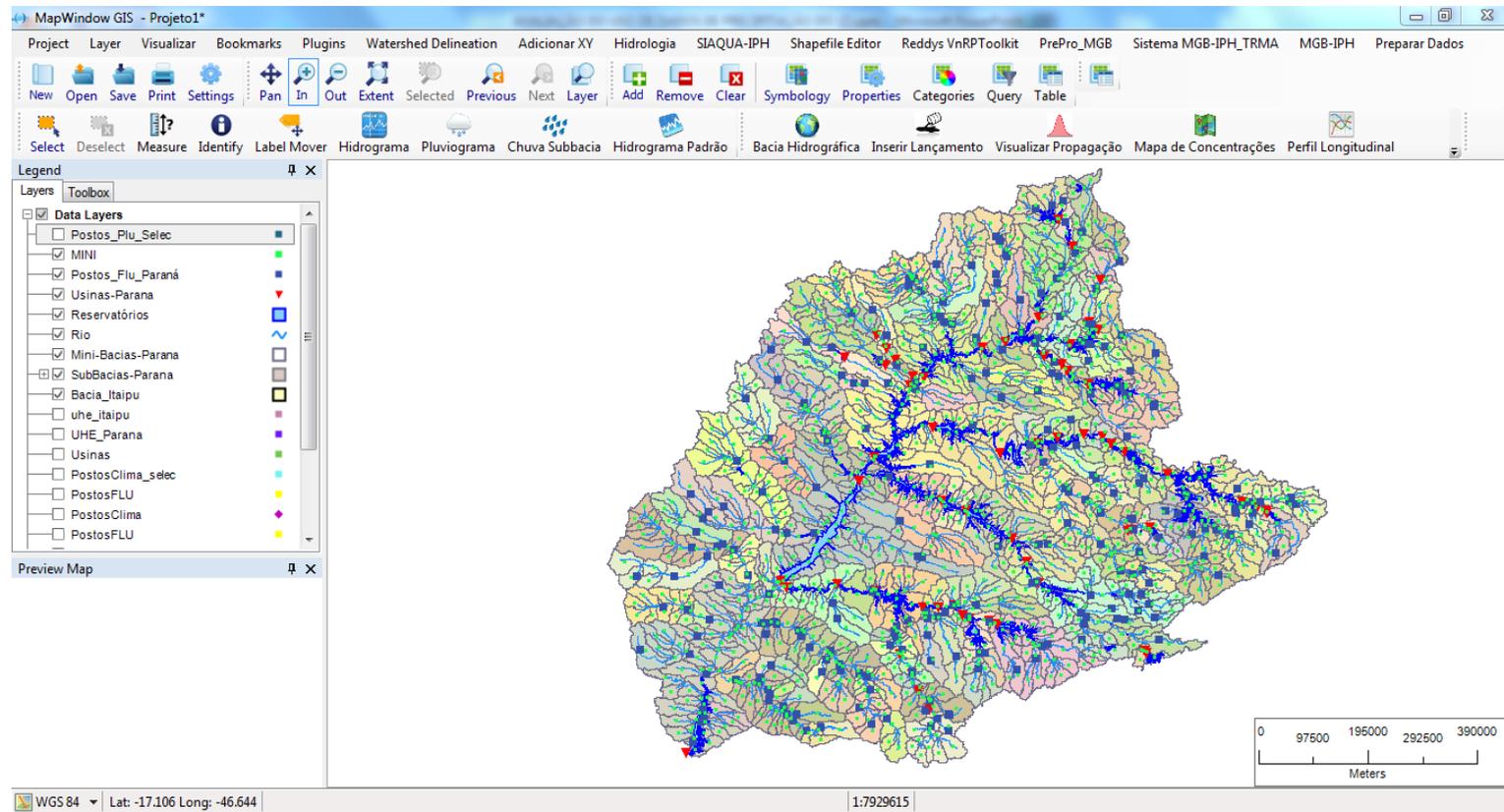
- Desenvolvido para representar os processos de transformação chuva-vazão em bacias de grande escala (Collischonn e Tucci, 2001; Paiva et al., 2011)



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.



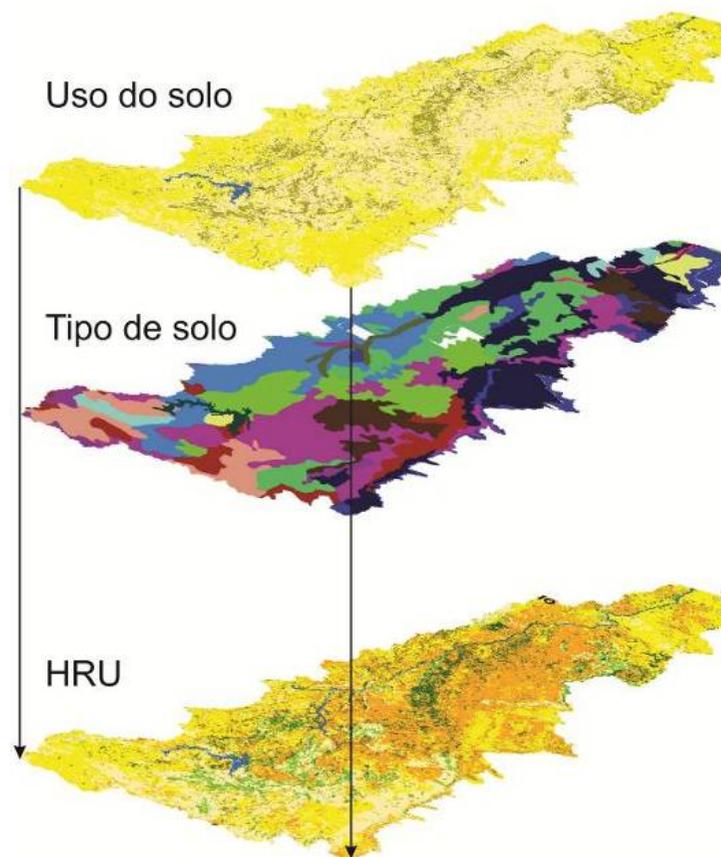


XI Simposio de Recursos Hídricos do Nordeste
27 a 30 de novembro de 2012 - João Pessoa - PB



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

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

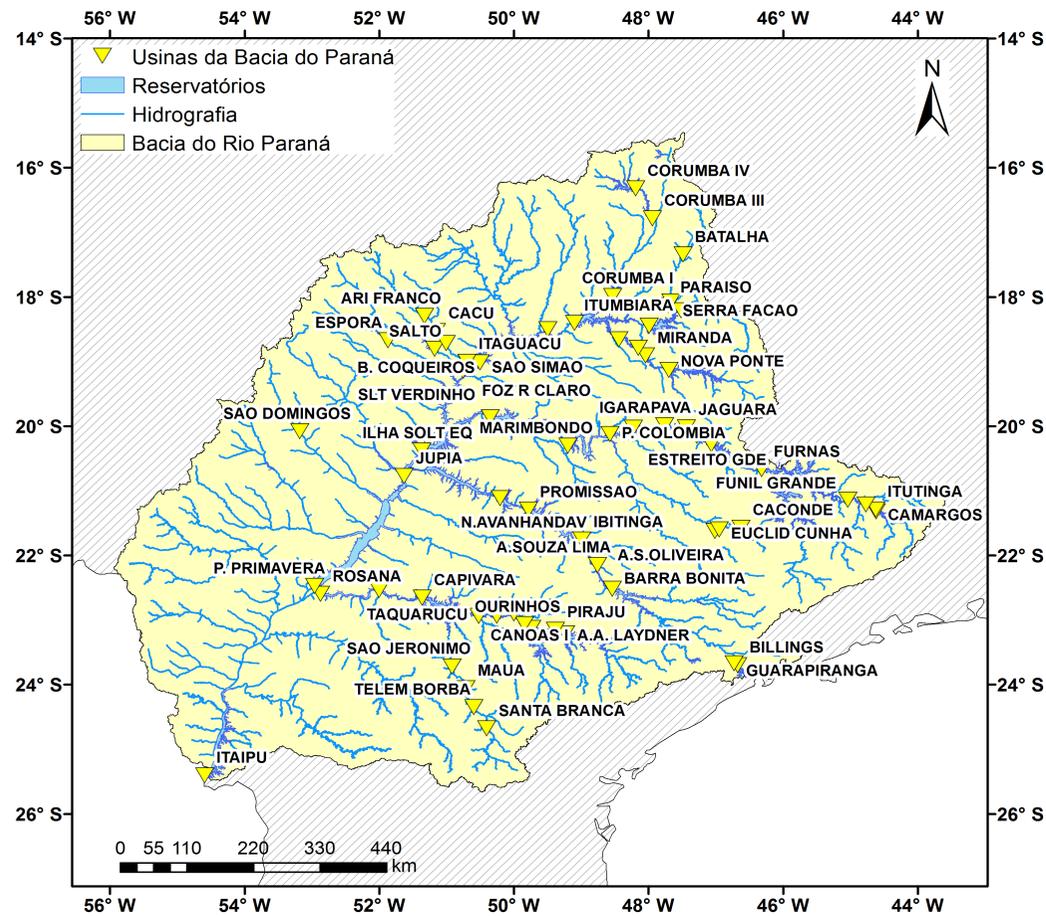




XI Simposio de Recursos Hídricos do Nordeste
27 a 30 de novembro de 2012 - João Pessoa - PB



Aplicação na Bacia do Paraná



- Delimitada até a usina hidroelétrica (UHE) Itaipu;
- 823 mil km²;
- O comprimento do rio Paraná é cerca de 1500 km.

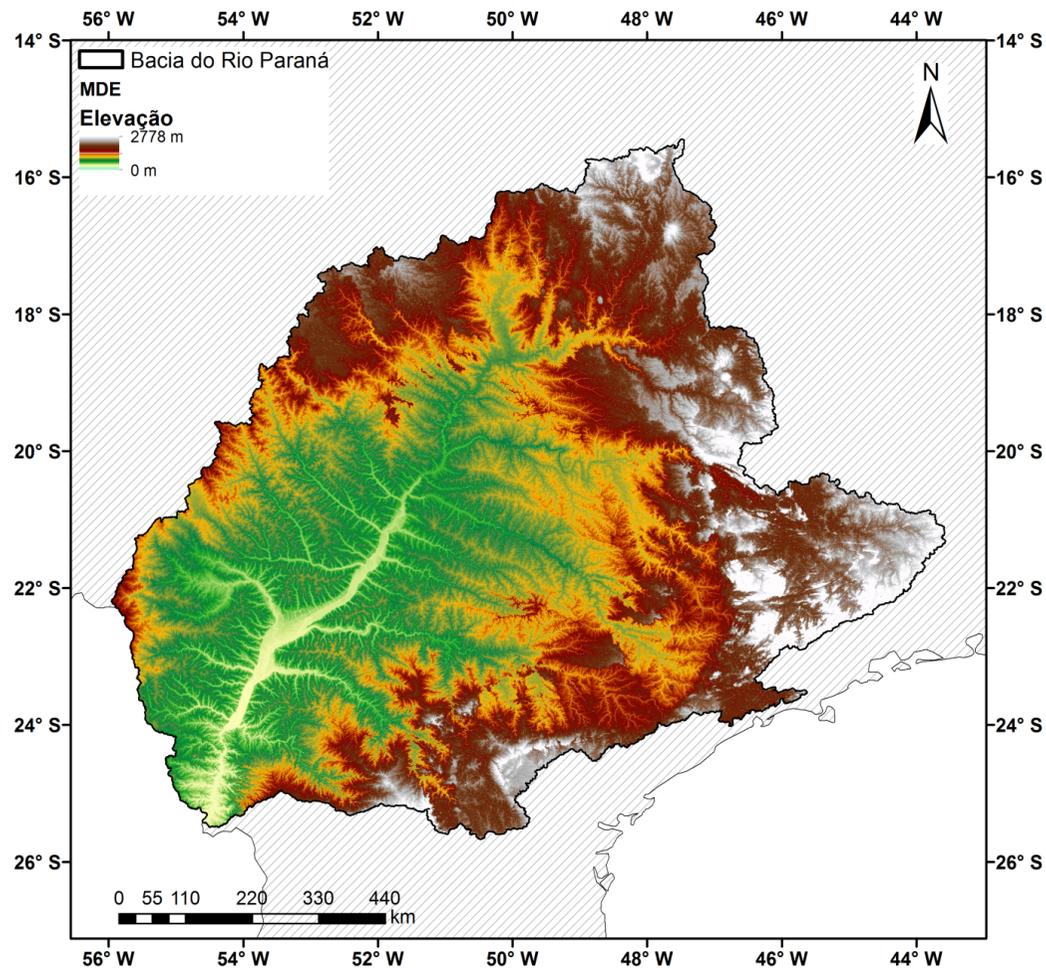




XI Simposio de Recursos Hídricos do Nordeste
27 a 30 de novembro de 2012 - João Pessoa - PB



Discretização da Bacia



Relevo
SRTM 90m

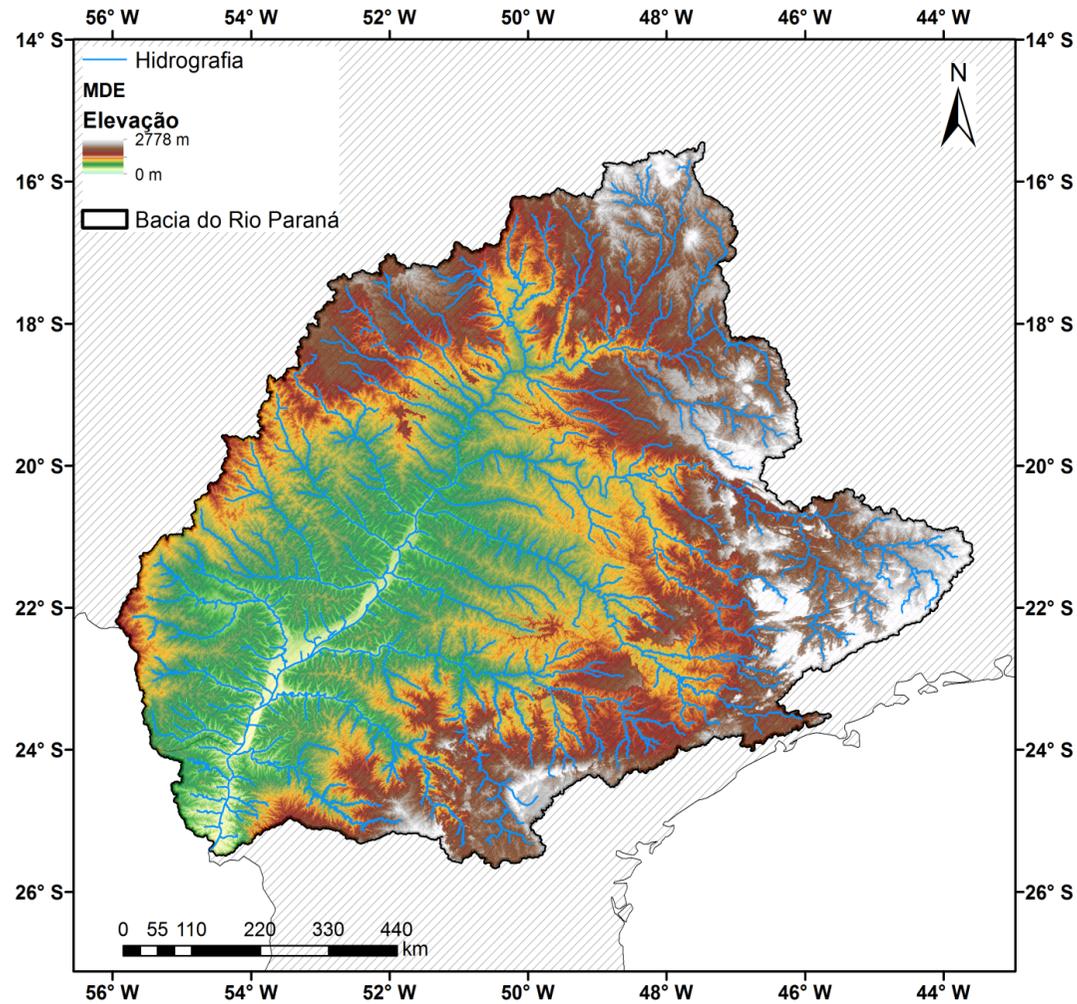




XI Simposio de Recursos Hídricos do Nordeste
27 a 30 de novembro de 2012 - João Pessoa - PB



Discretização da Bacia



Hidrografia
Extraída MDE

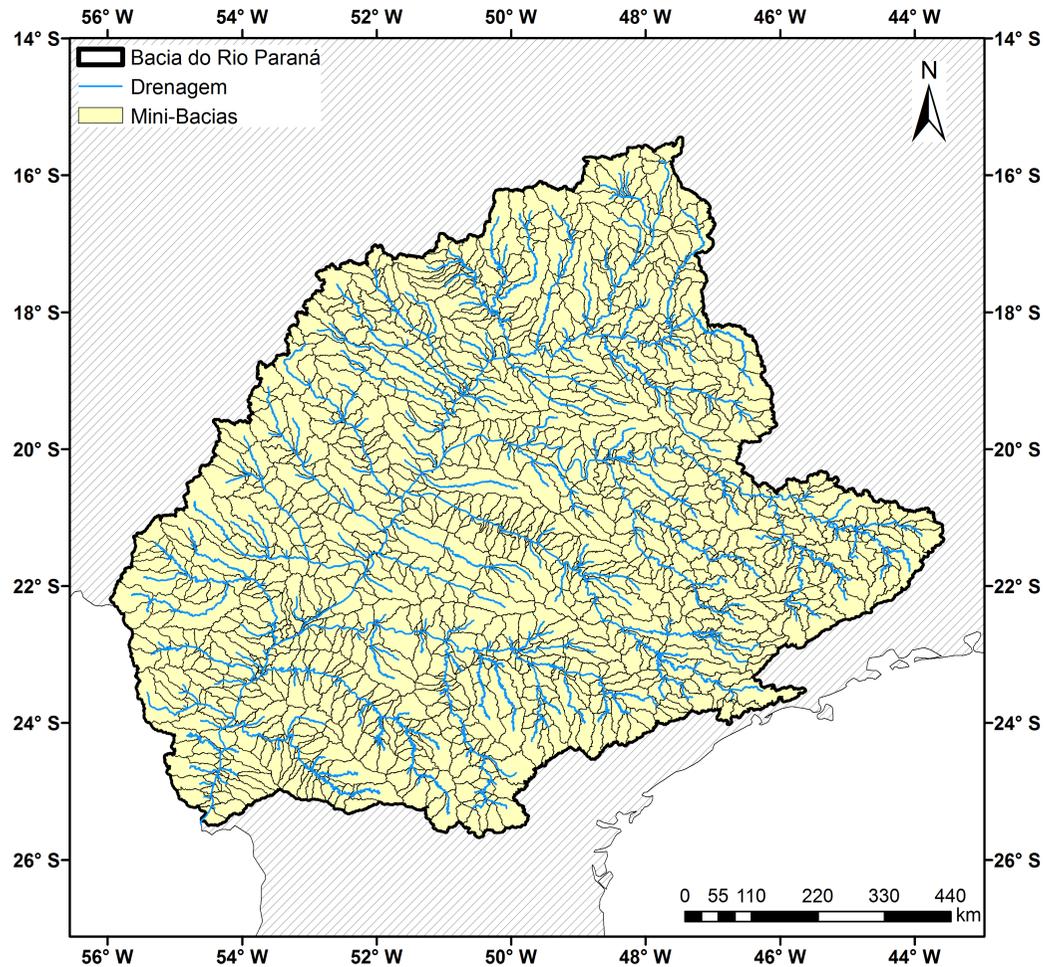




XI Simposio de Recursos Hidricos do Nordeste
27 a 30 de novembro de 2012 - Joao Pessoa - PB



Discretizaçao da Bacia



1239 Mini-bacias

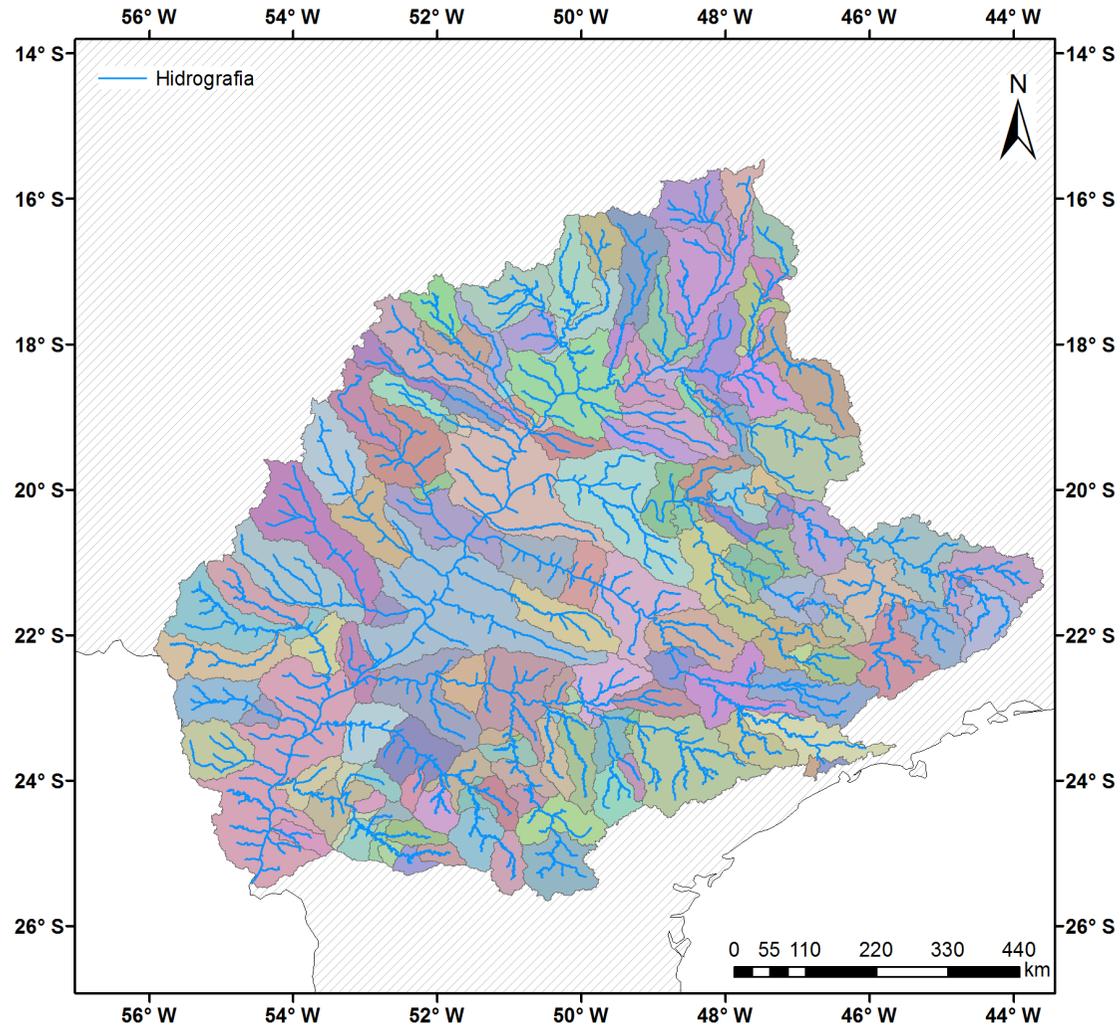




XI Simposio de Recursos Hídricos do Nordeste
27 a 30 de novembro de 2012 - João Pessoa - PB



Discretização da Bacia



154 Sub-bacias



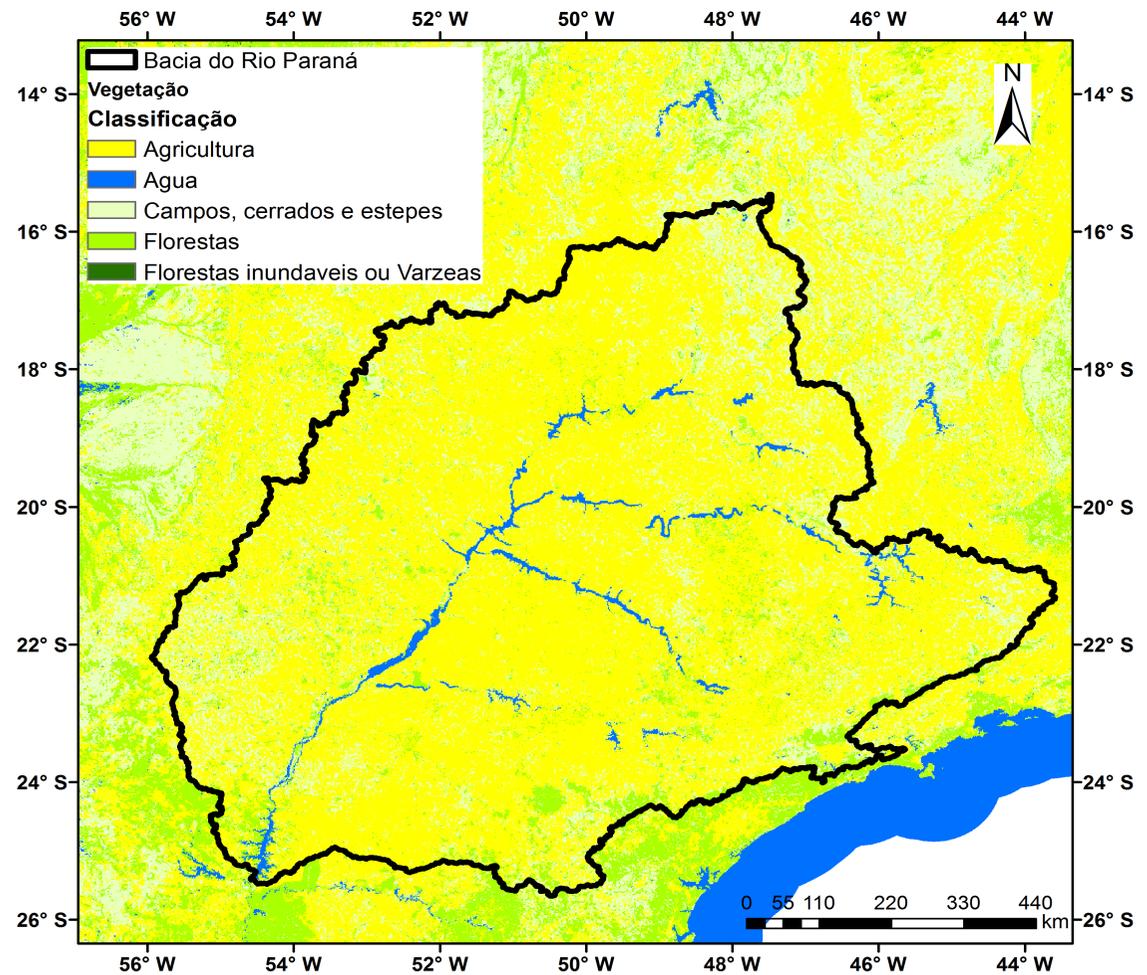


XI Simposio de Recursos Hídricos do Nordeste
27 a 30 de novembro de 2012 - João Pessoa - PB



Discretização da Bacia

Uso do Solo

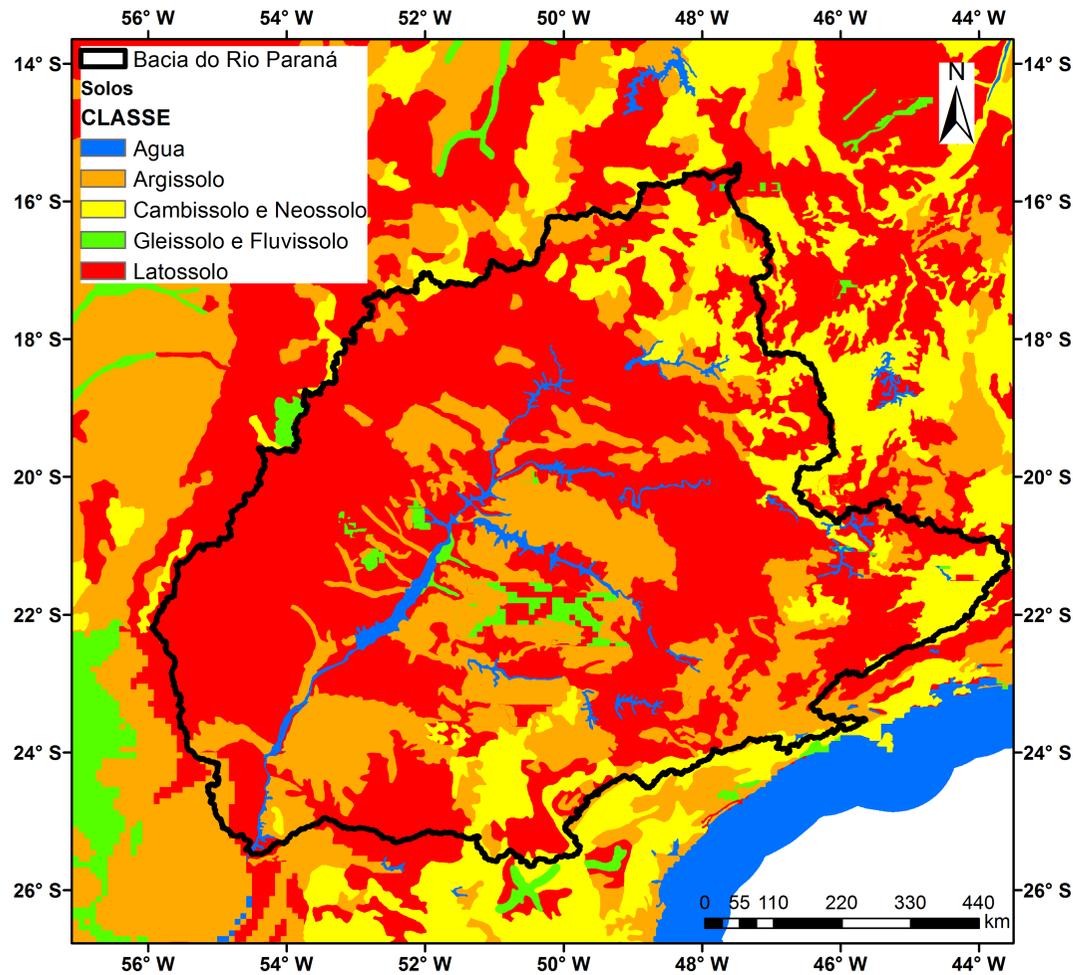




XI Simposio de Recursos Hídricos do Nordeste
27 a 30 de novembro de 2012 - João Pessoa - PB



Discretização da Bacia



Tipos de Solo

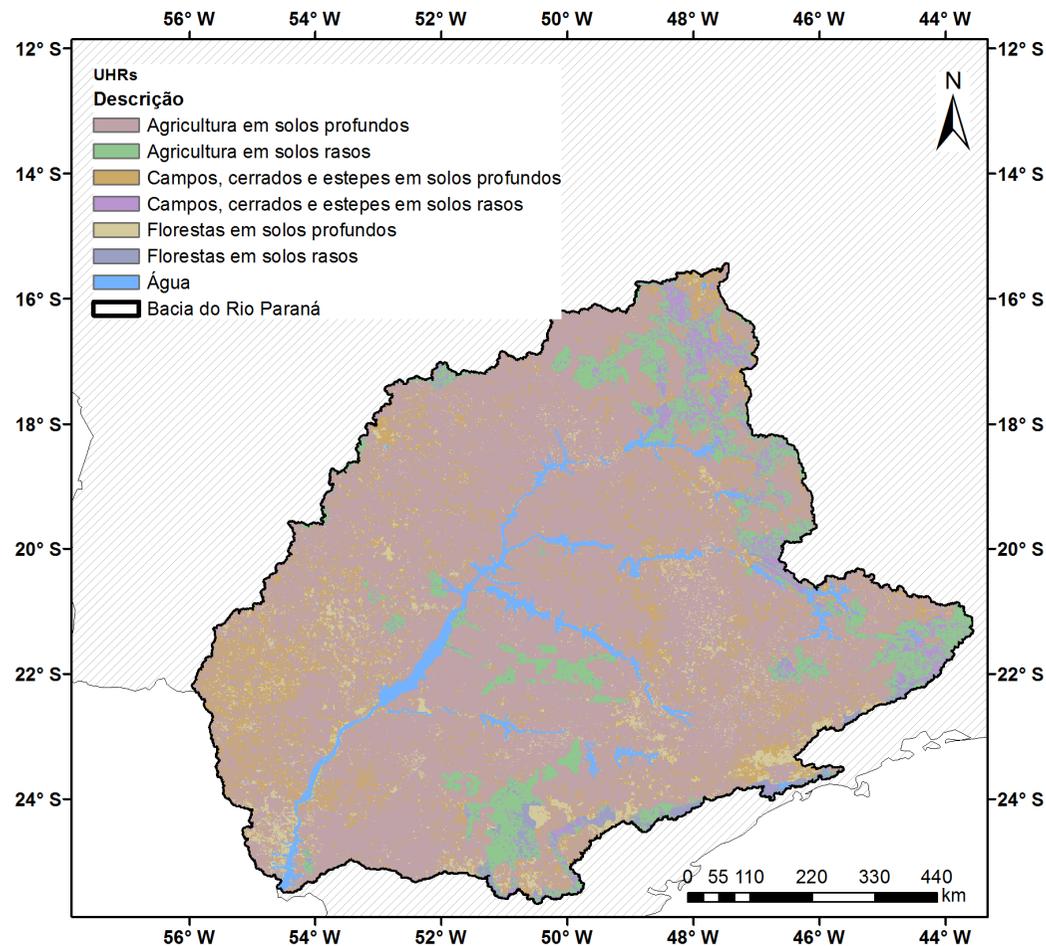




XI Simposio de Recursos Hídricos do Nordeste
27 a 30 de novembro de 2012 - João Pessoa - PB



Discretização da Bacia



Unidades de
Resposta
Hidrológica

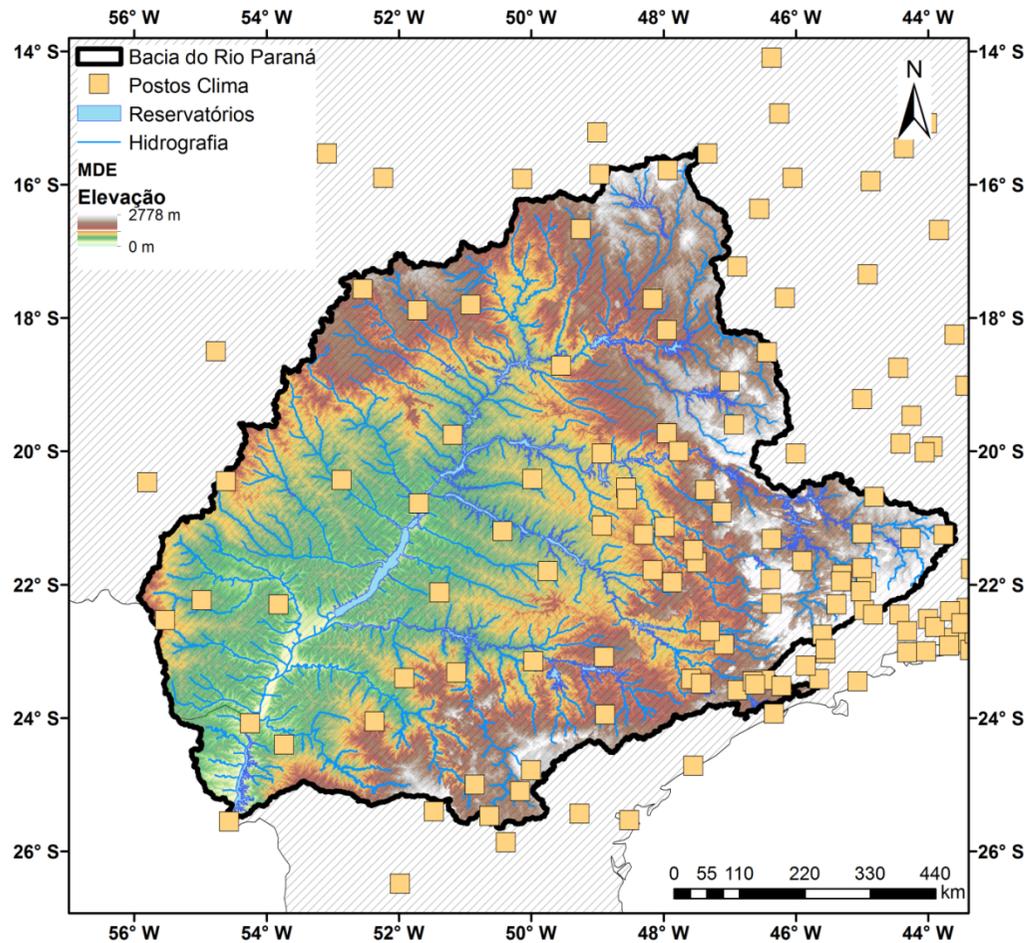




XI Simposio de Recursos Hídricos do Nordeste
27 a 30 de novembro de 2012 - João Pessoa - PB



Dados de Entrada



- Normais INMET 1960-1990

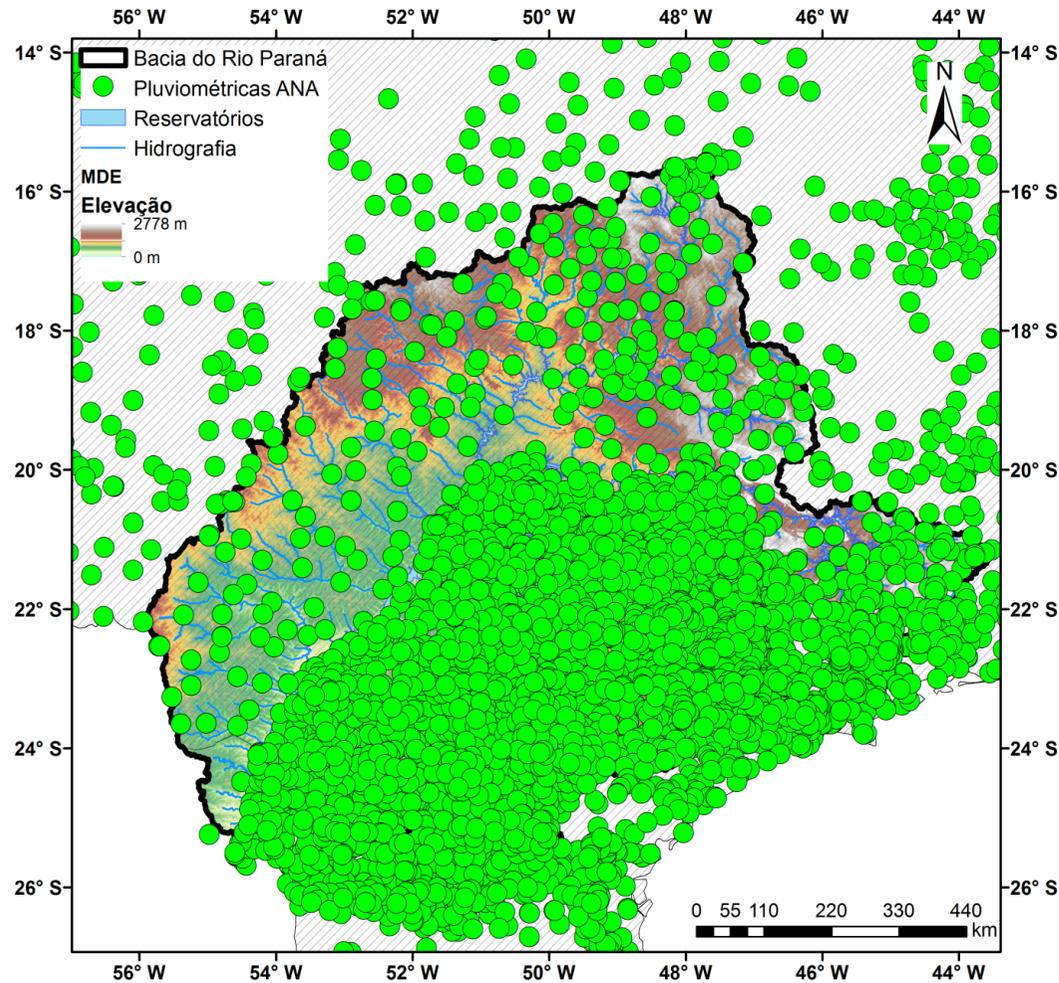




XI Simposio de Recursos Hídricos do Nordeste
27 a 30 de novembro de 2012 - João Pessoa - PB



Dados de Entrada

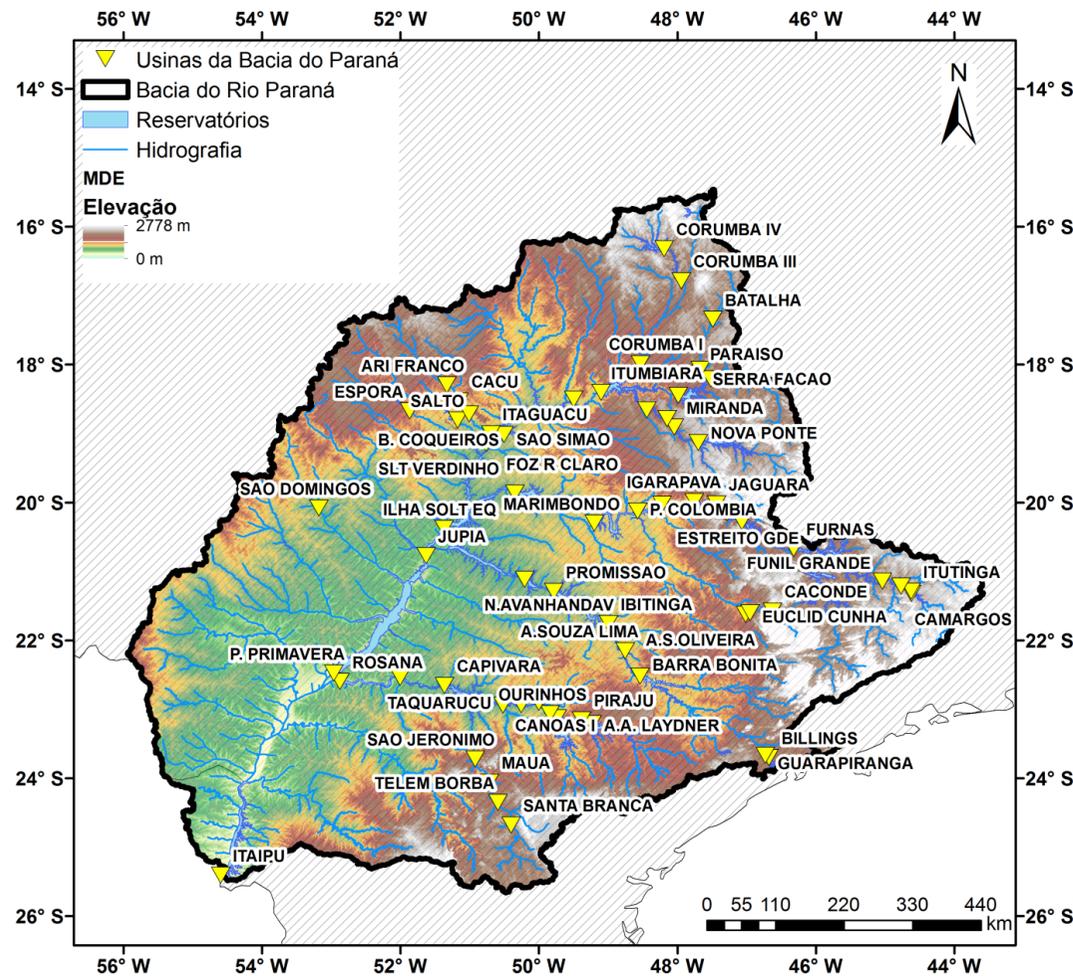


- Estações Pluviométricas ANA
- 1960-1990





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

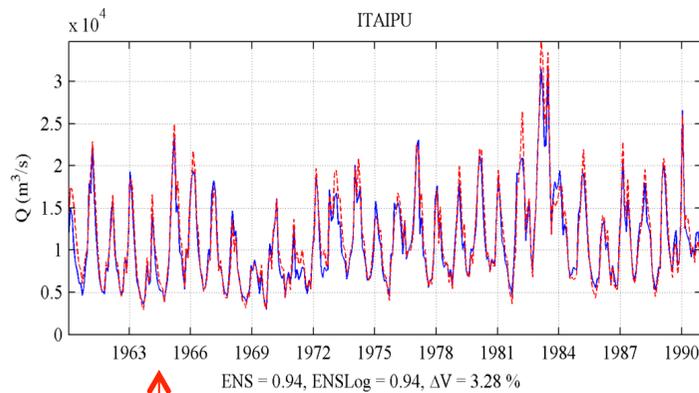




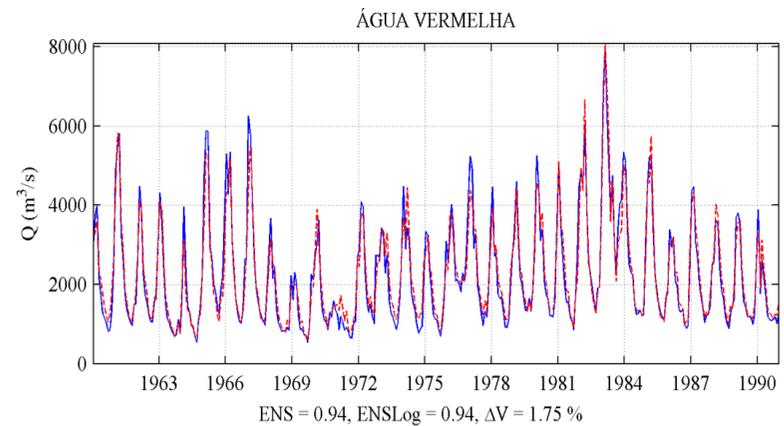
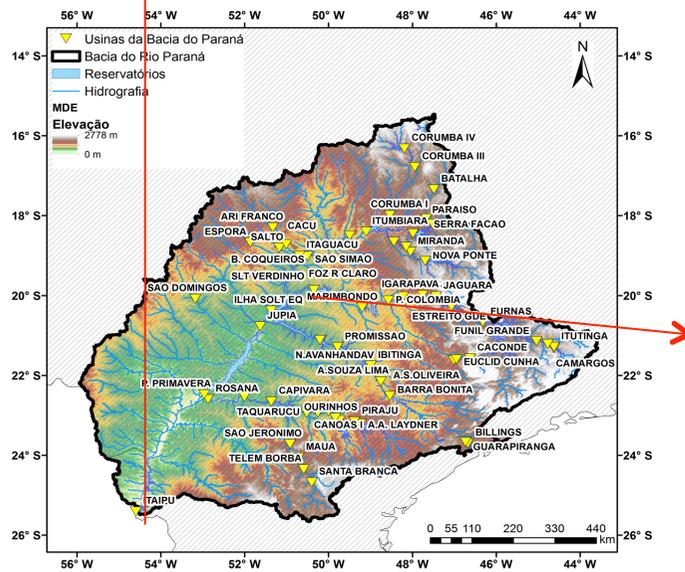
XI Simposio de Recursos Hídricos do Nordeste
27 a 30 de novembro de 2012 - João Pessoa - PB



Resultados Calibração



Nome	ΔV (%)
Itaipu	3.278
A. Vermelha	1.745

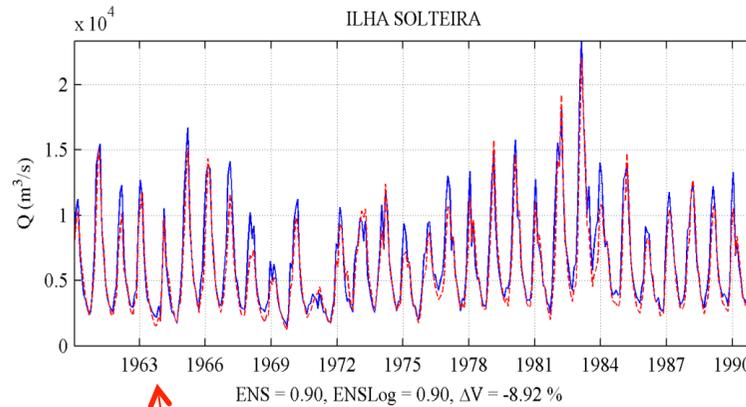




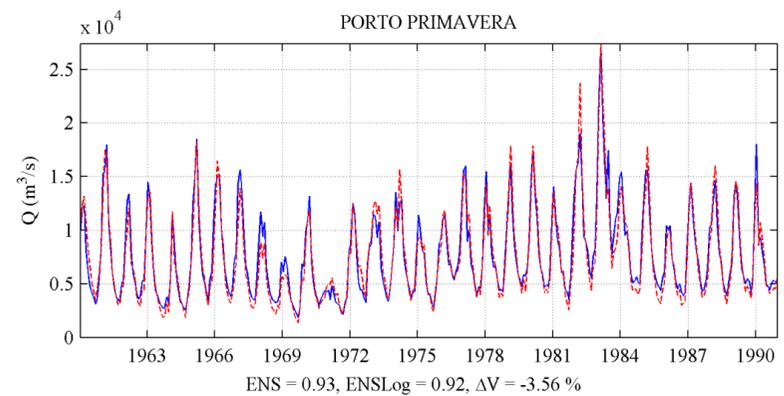
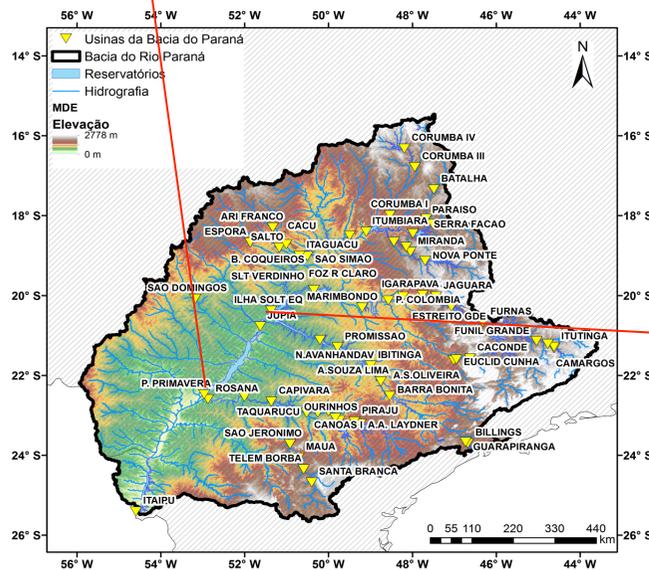
XI Simposio de Recursos Hídricos do Nordeste
27 a 30 de novembro de 2012 - João Pessoa - PB



Resultados Calibração



Nome	ΔV (%)
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	ΔV
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

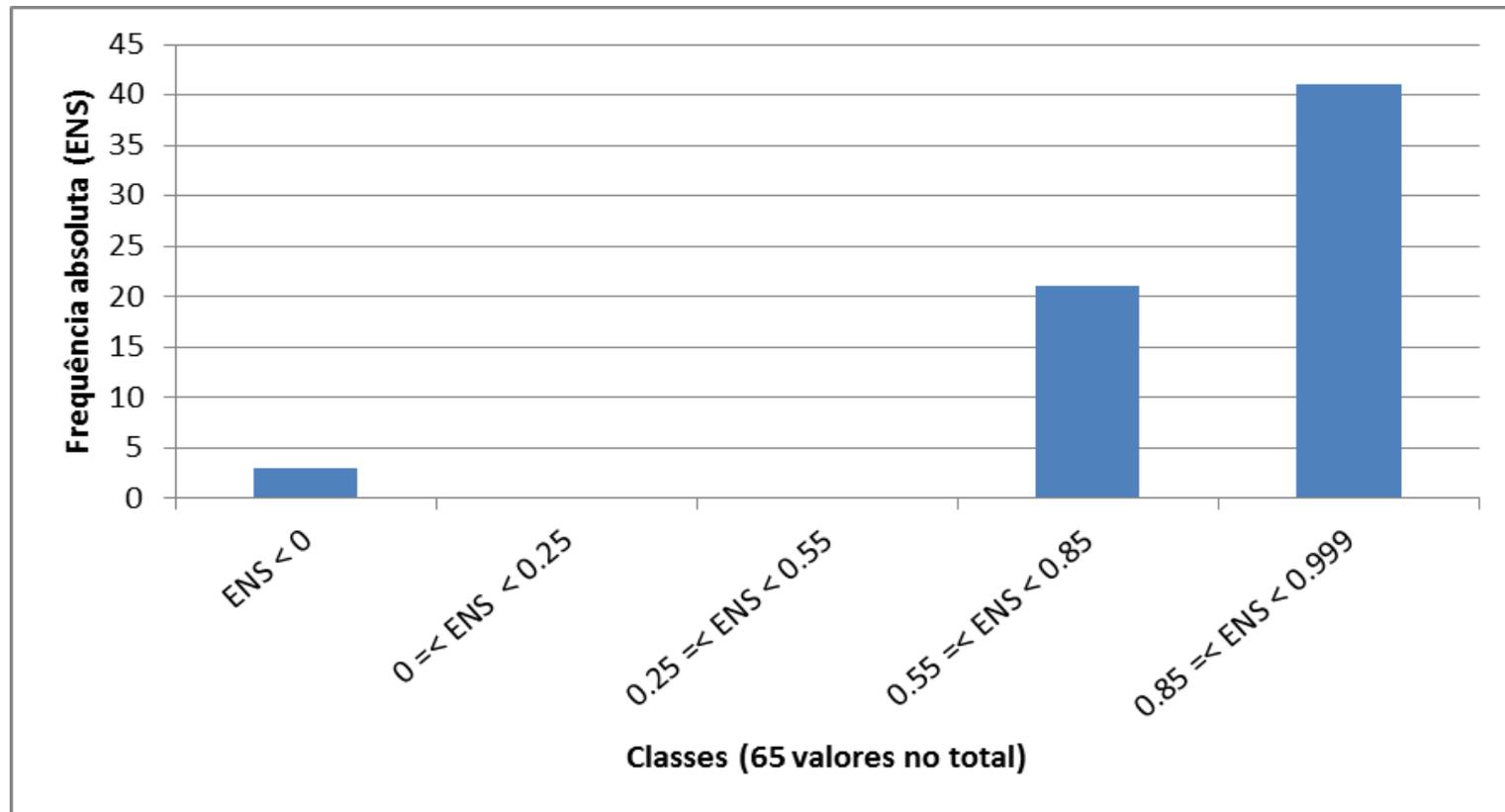




XI Simposio de Recursos Hídricos do Nordeste
27 a 30 de novembro de 2012 - João Pessoa - PB



Resultados Calibração

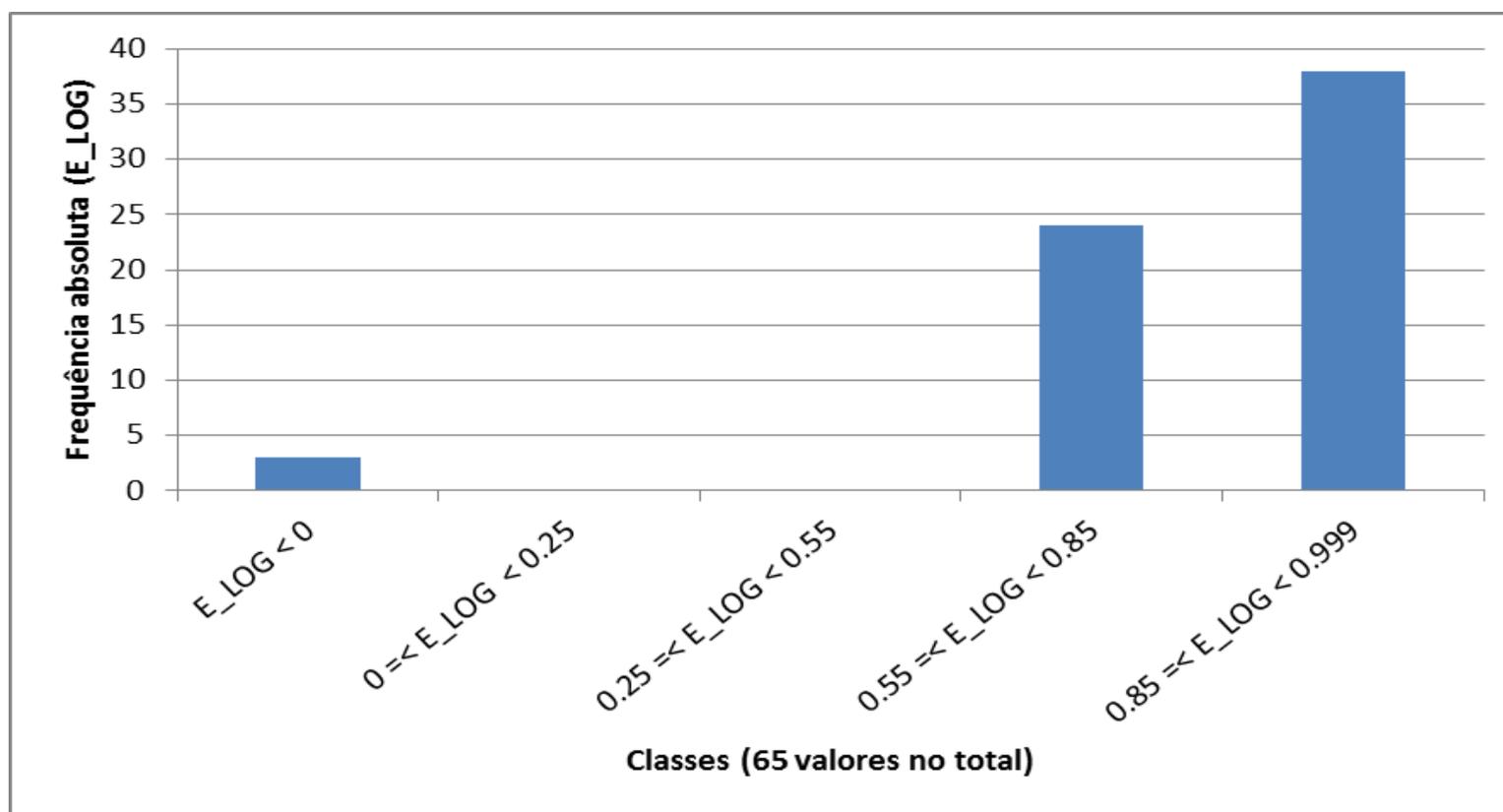




XI Simposio de Recursos Hídricos do Nordeste
27 a 30 de novembro de 2012 - João Pessoa - PB



Resultados Calibração

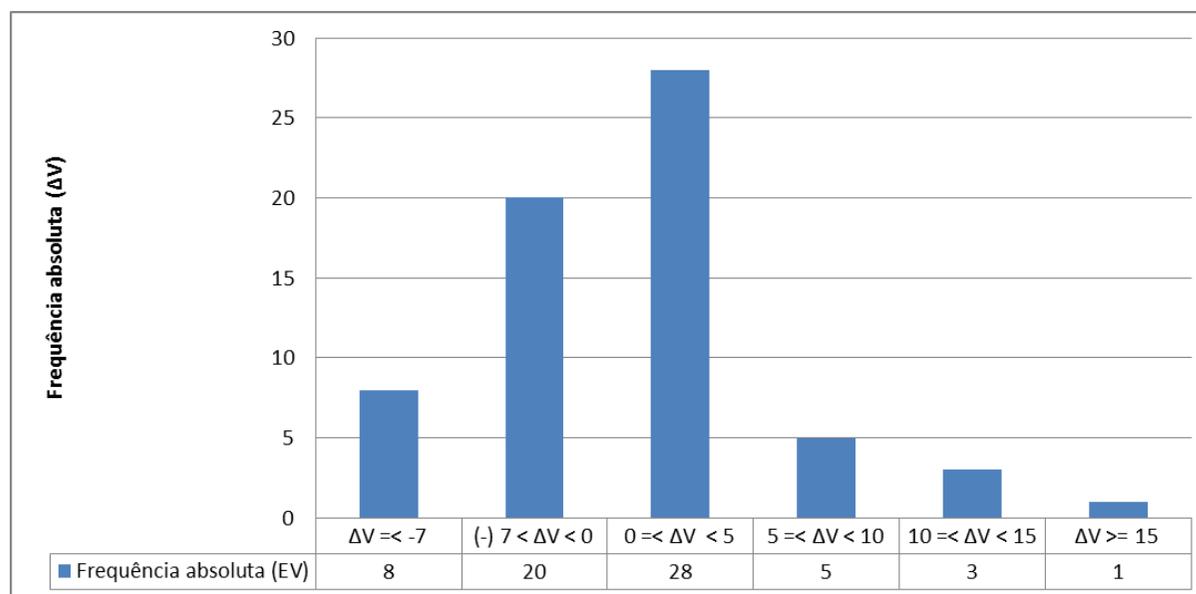




XI Simposio de Recursos Hídricos do Nordeste
27 a 30 de novembro de 2012 - João Pessoa - PB



Resultados Calibração





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



Resultados Verificação 1995-2010

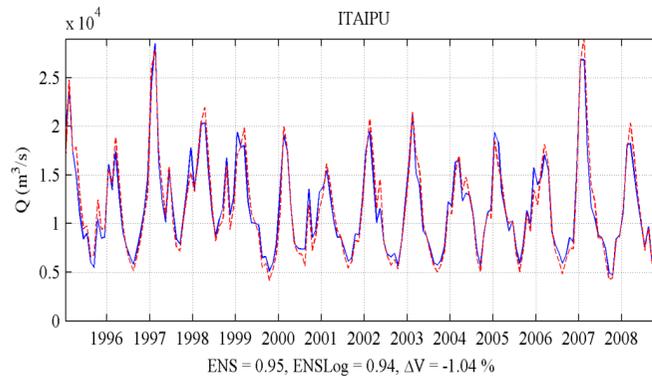




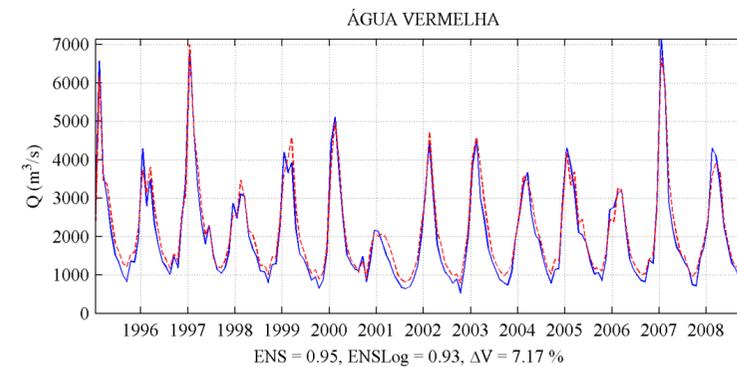
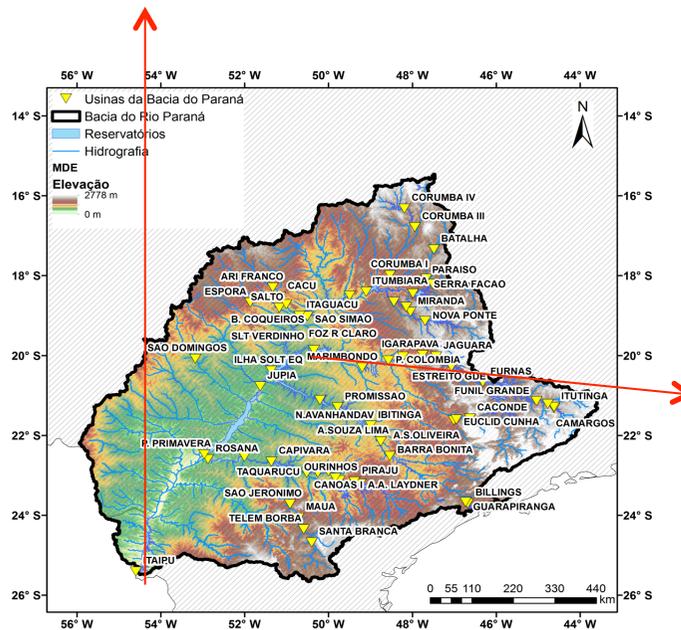
XI Simposio de Recursos Hídricos do Nordeste
27 a 30 de novembro de 2012 - João Pessoa - PB



Resultados Verificação



Nome	ΔV (%)
Itaipu	-1.044
A. Vermelha	7.168

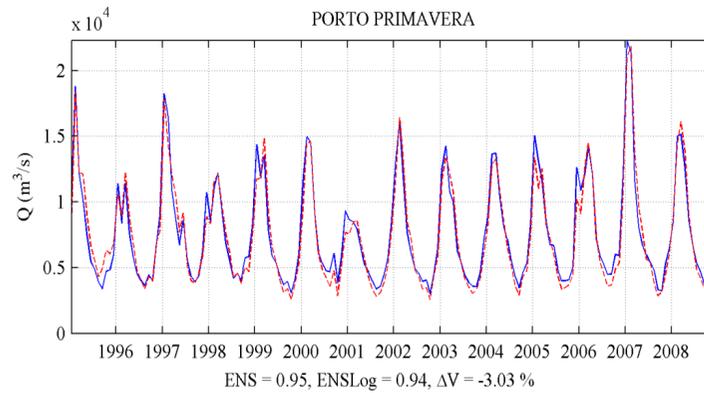




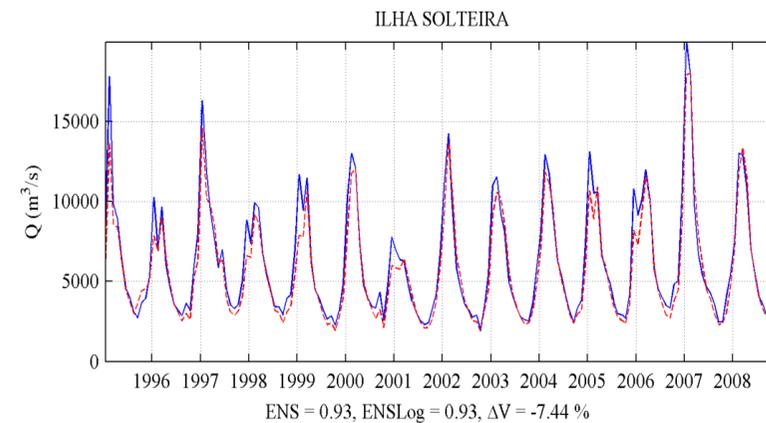
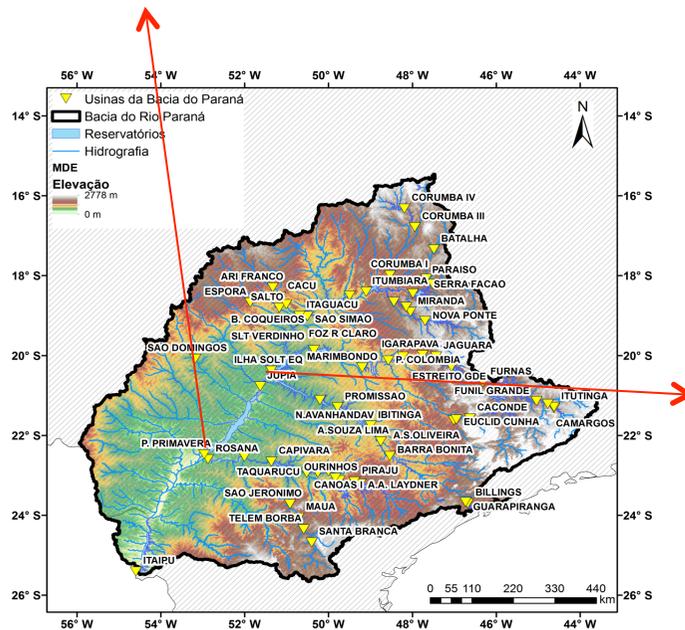
XI Simposio de Recursos Hídricos do Nordeste
27 a 30 de novembro de 2012 - João Pessoa - PB



Resultados Verificação



Nome	ΔV (%)
P.Primavera	-3.031
Ilha Solteira	-7.444





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



Resultados Verificação

Medidas de desempenho de algumas UHE no período de verificação.

Nome	ENS	ENSlog	ΔV
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

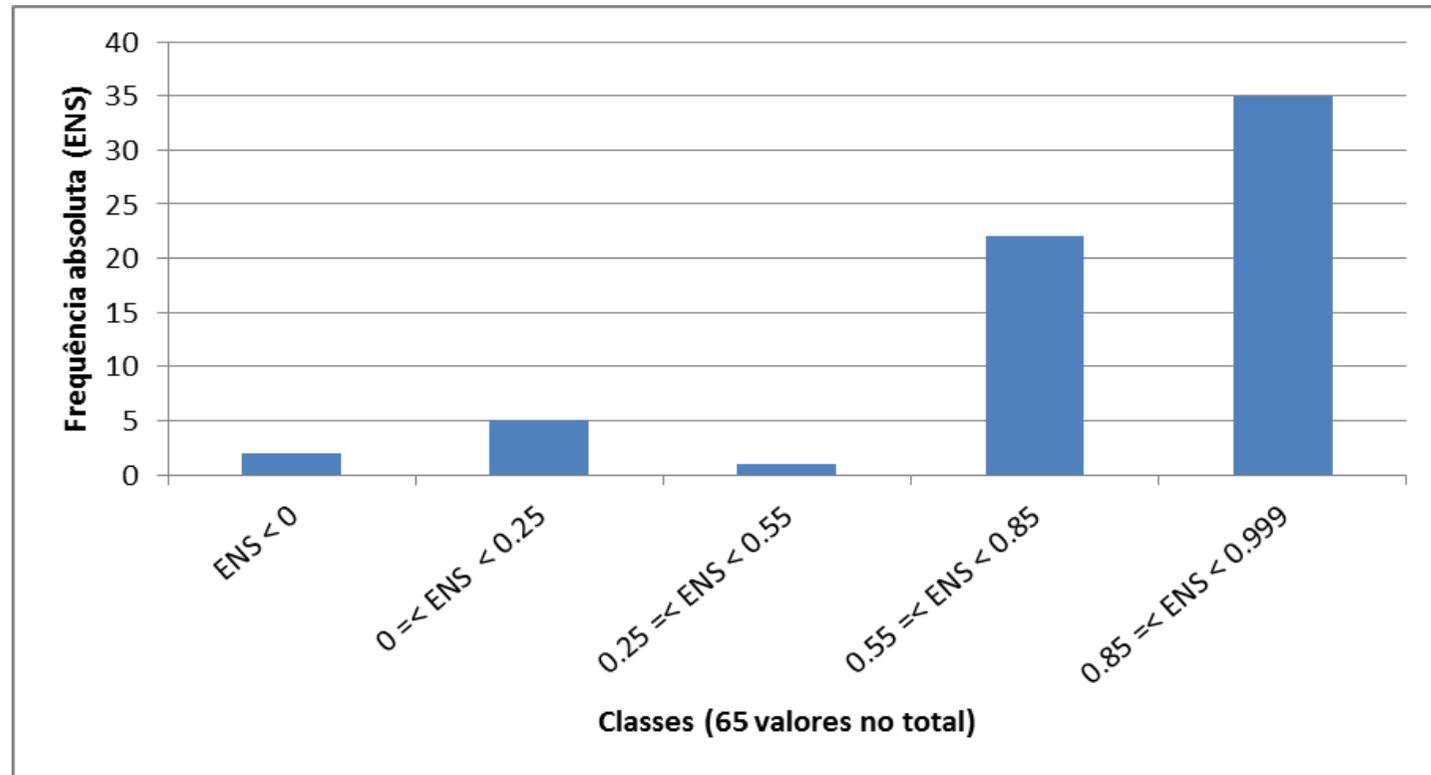




XI Simposio de Recursos Hídricos do Nordeste
27 a 30 de novembro de 2012 - João Pessoa - PB



Resultados Verificação

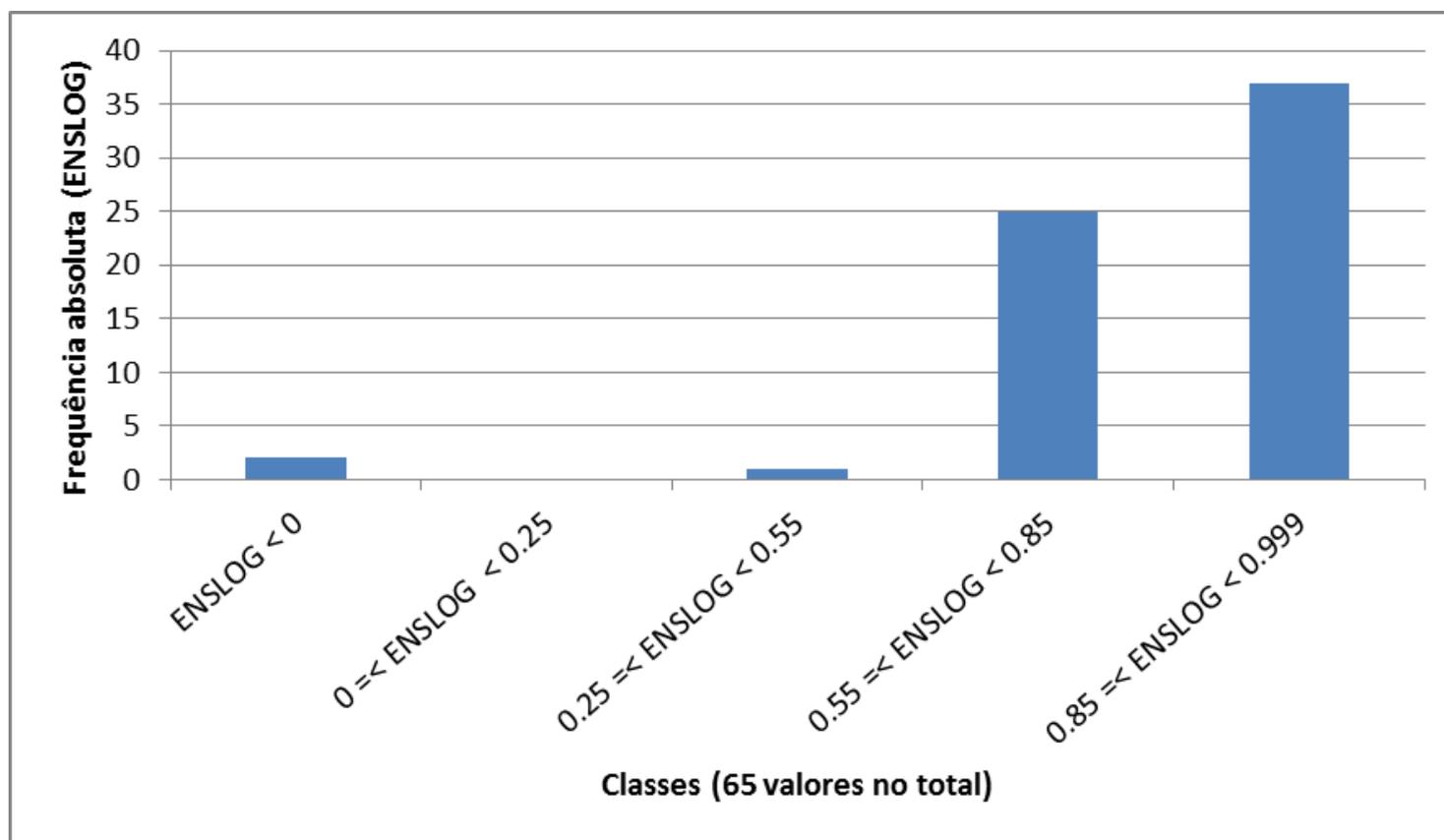




XI Simposio de Recursos Hídricos do Nordeste
27 a 30 de novembro de 2012 - João Pessoa - PB



Resultados Verificação

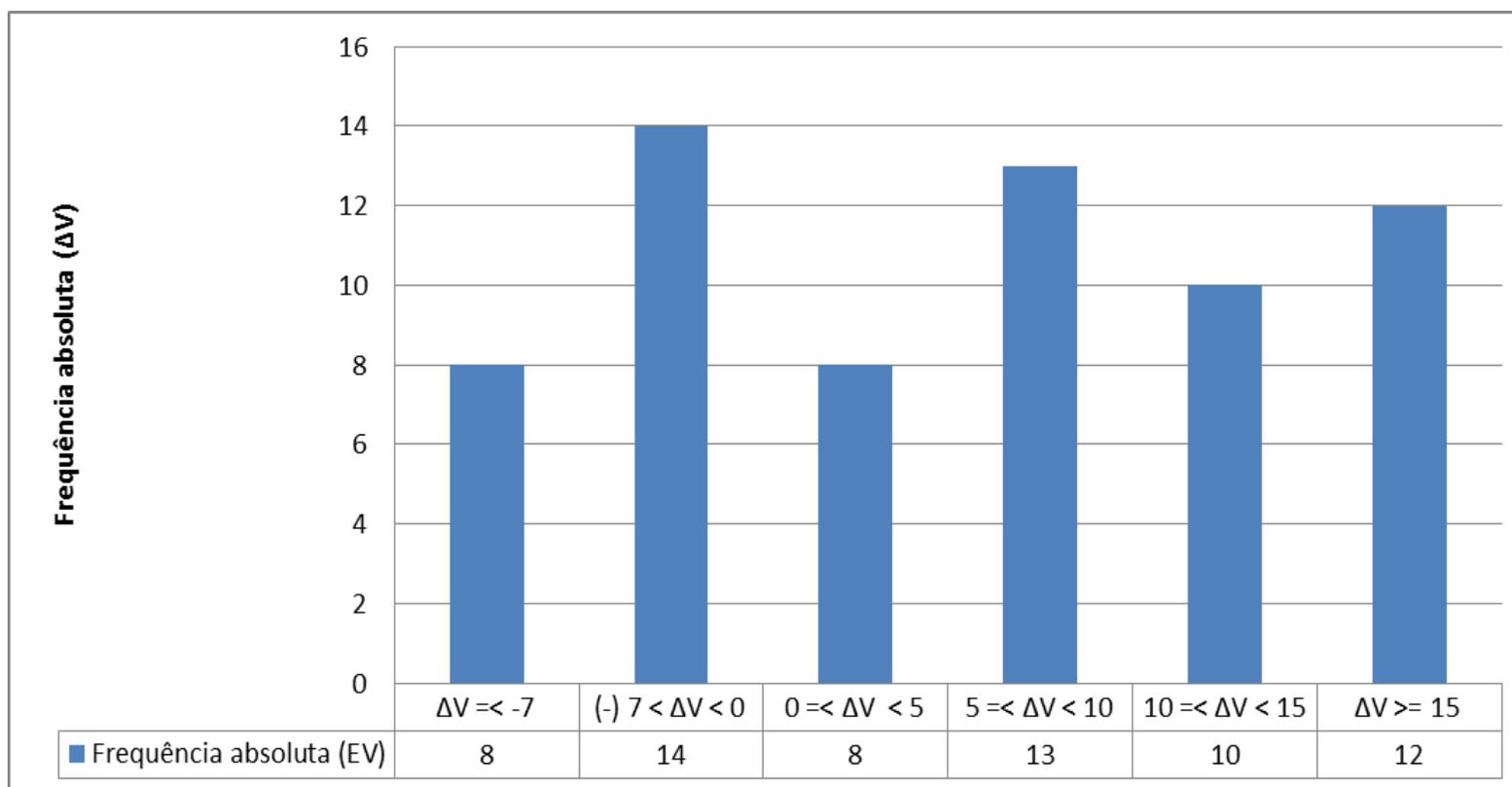




XI Simposio de Recursos Hídricos do Nordeste
27 a 30 de novembro de 2012 - João Pessoa - PB



Resultados Verificação

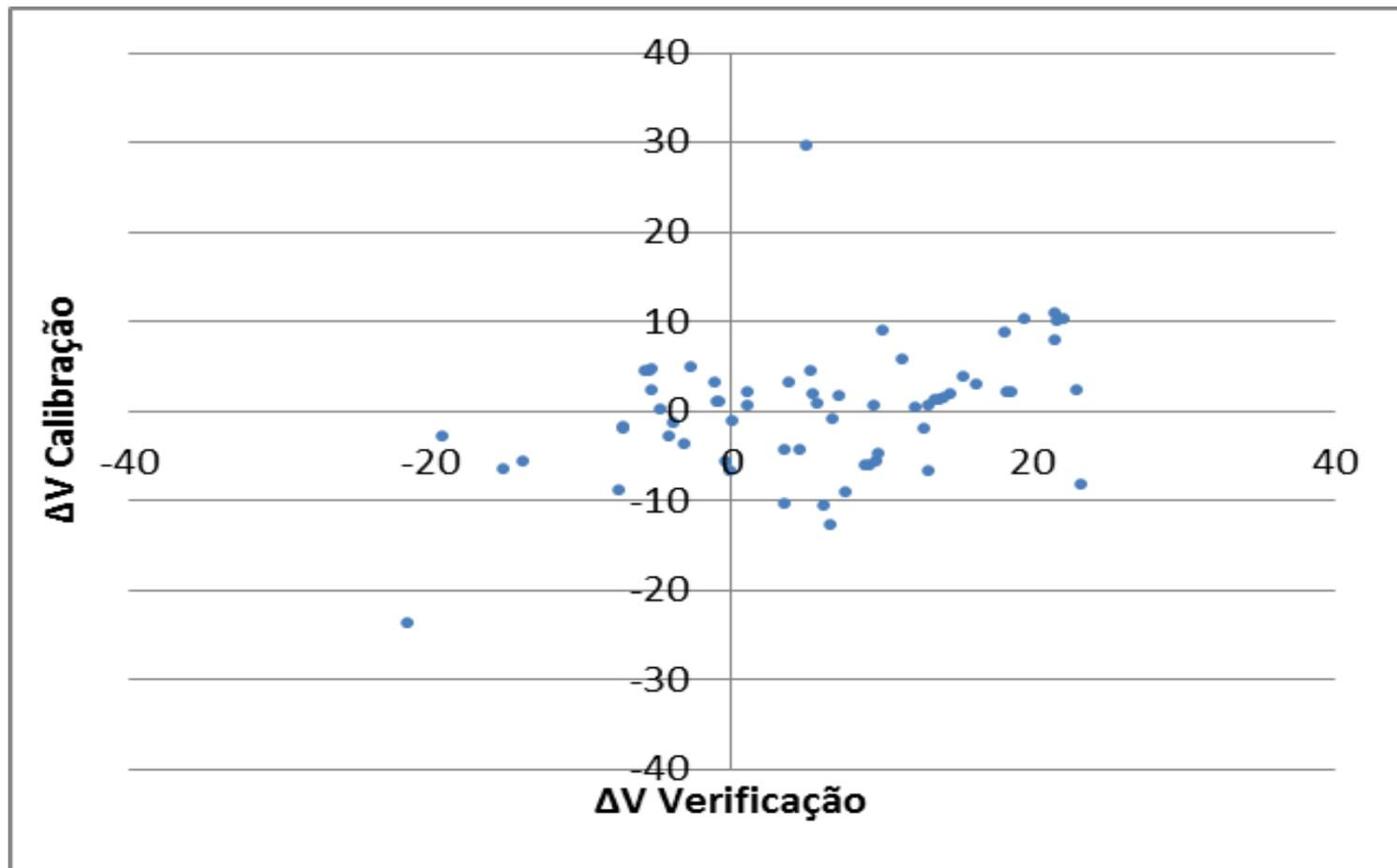




XI Simposio de Recursos Hídricos do Nordeste
27 a 30 de novembro de 2012 - João Pessoa - PB



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!

