



LABORATÓRIO NACIONAL  
DE ENGENHARIA CIVIL

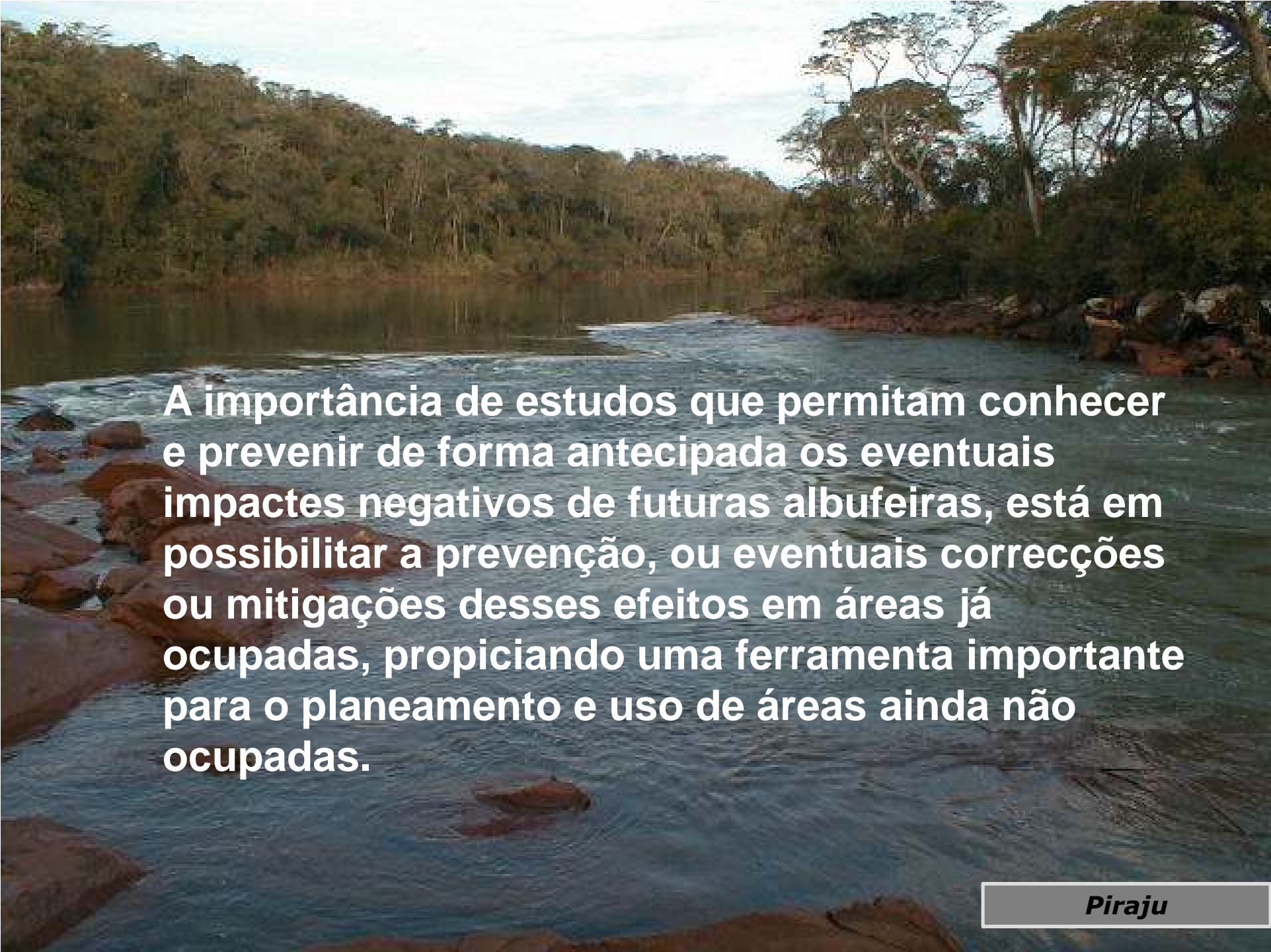
Lisboa, 5-6 Março 2009

# **UTILIZAÇÃO DE MODELAÇÃO MATEMÁTICA NA PREVISÃO DO IMPACTE HIDROGEOLÓGICO DE ALBUFEIRAS. ALBUFEIRAS DE PIRAJU, BIRITINA-MIRIM E PARAITINGA (SP, BRASIL)**

*Mancuso, M.A  
Azevedo, S.G.  
Albuquerque Filho, J.L.*

LNEC-Laboratório Nacional de Engenharia Civil (Portugal)

IPT- Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (Brasil)

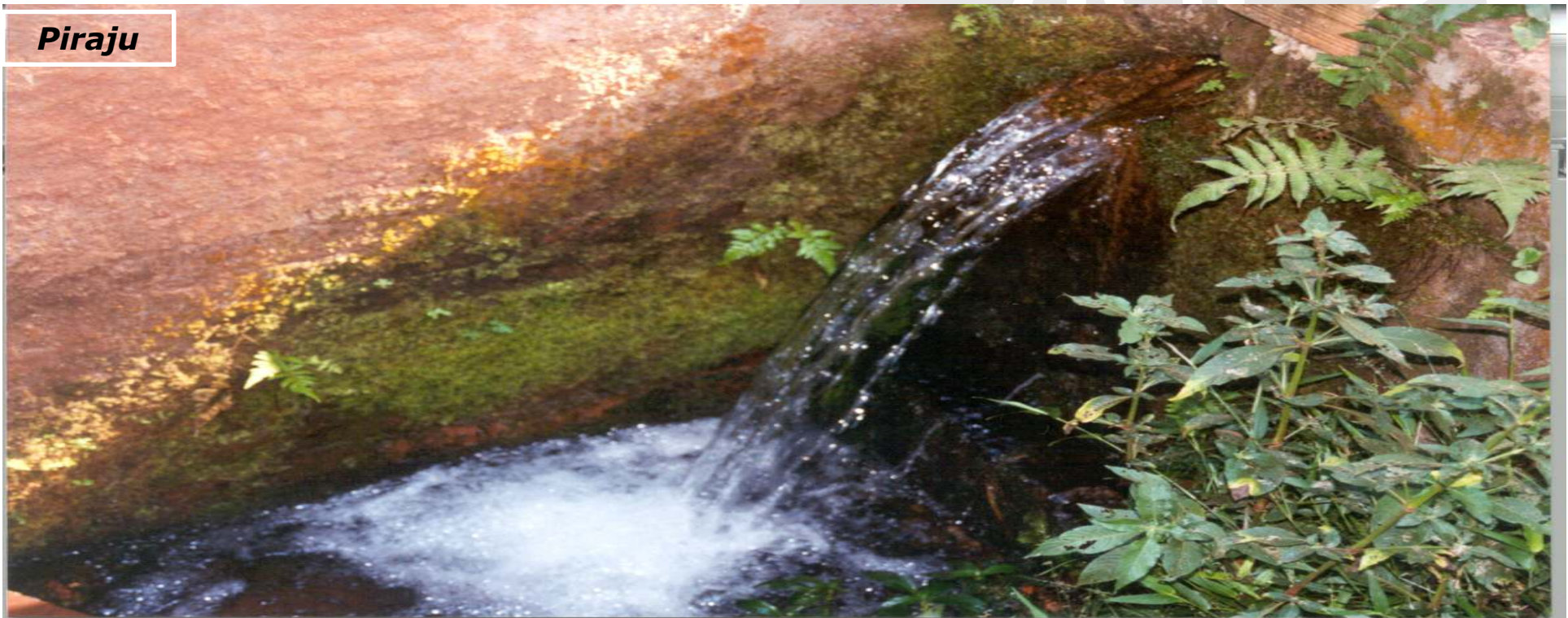


**A importância de estudos que permitam conhecer e prevenir de forma antecipada os eventuais impactes negativos de futuras albufeiras, está em possibilitar a prevenção, ou eventuais correcções ou mitigações desses efeitos em áreas já ocupadas, propiciando uma ferramenta importante para o planeamento e uso de áreas ainda não ocupadas.**

## OBJECTIVO

**Este estudo objectiva mostrar a viabilidade de utilização do Sistema de Informação Geográfica associado à modelação matemática, como opção metodológica a ser aplicada no estudo das modificações induzidas no nível da água do aquífero livre, após o enchimento de albufeiras**

*Piraju*



## OBJECTIVOS ESPECÍFICOS

O modelo matemático desenvolvido nas bacias permite:

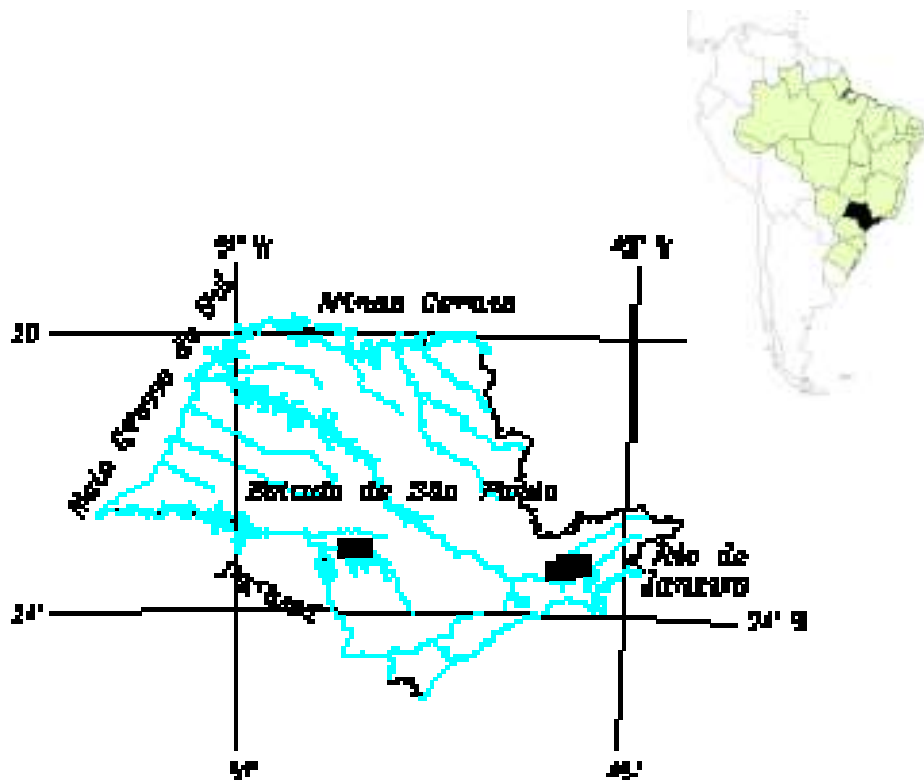
→ destacar as áreas mais suscetíveis à influência hidrogeológica das albufeiras (escala 1:25.000);

→ estabelecer plano de monitoramento hidrogeológico;

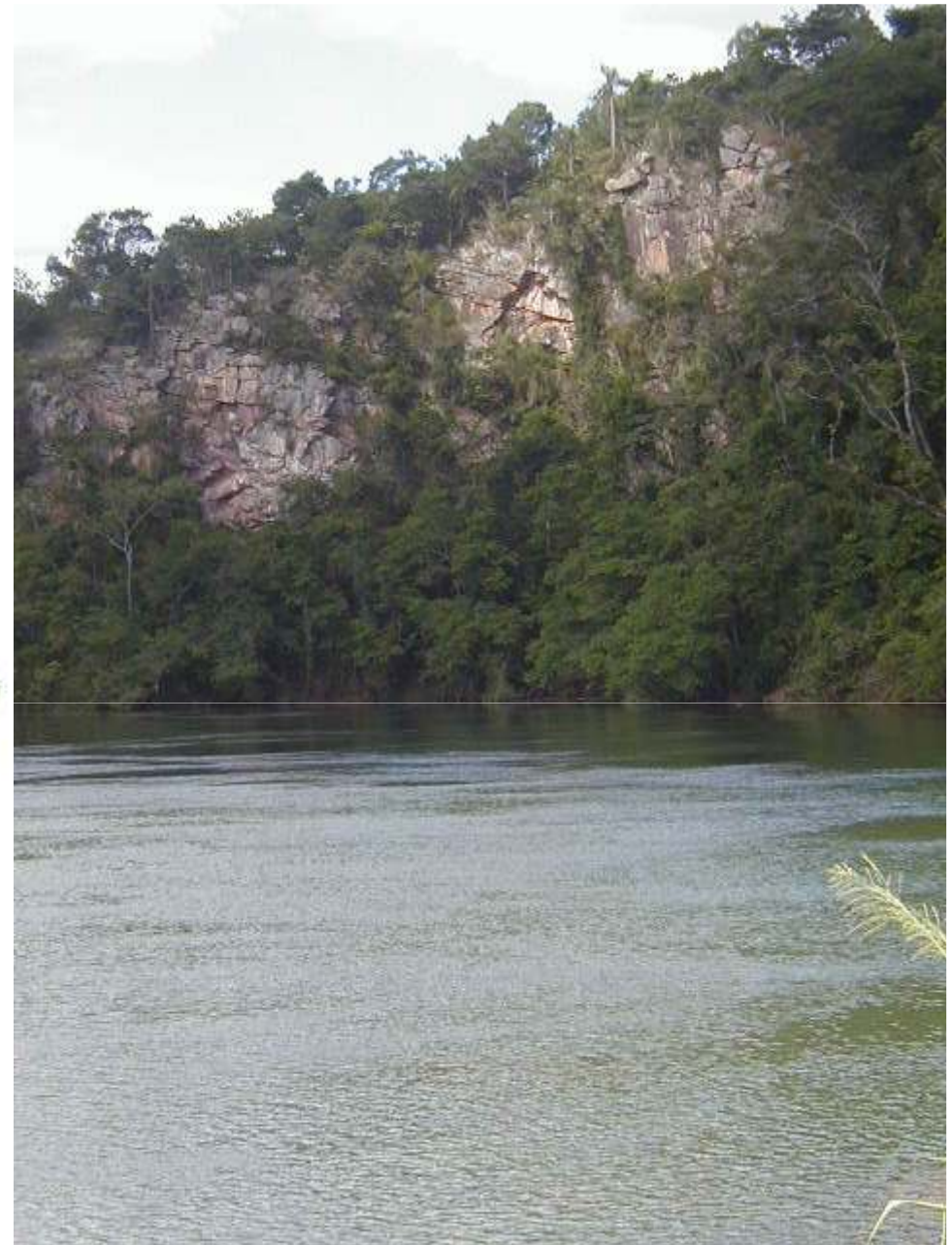
→ propiciar um instrumento de planeamento do uso e ocupação de áreas no entorno das albufeiras, na forma de planta previsional de influência do enchimento.

*Piratininga*

Esta metodologia foi utilizada nas áreas de estudo das bacias de drenagens dos rios Paraitinga (42 km<sup>2</sup>), Biritiba-Mirim (75 km<sup>2</sup>) e Piraju (142 km<sup>2</sup>), (São Paulo, Brasil)



© LNEC 2006



7<sup>o</sup> Seminário  
sobre

Águas Subterrâneas

Lisboa, 5-6 Março 2009

## PROPOSTA

*Identificação do problema a ser estudado*



## MODELO CONCEITUAL

*Coleta de dados de campo e bibliográficos sobre a área de estudo*

*Definição das unidades hidrogeológicas*

*Definição do sistema de fluxo*

*Cálculo do balanço hídrico*



## SELEÇÃO DO PROGRAMA DE COMPUTADOR (MODFLOW)



## PROJETO DO MODELO CONCEITUAL EM SIG (módulo MAP do programa GMS)

*Transferência dos dados do Modelo Conceitual para o SIG*

*Plano de Informação da Camada*

*Plano de Informação Aéreo*

*Plano de Informação das Fontes/Sumidouros*

*Definição da malha*



LABORATÓRIO NACIONAL  
DE ENGENHARIA CIVIL



## **CALIBRAÇÃO DO MODELO MATEMÁTICO (módulo *MODFLOW* do programa *GMS*)**

*Transferência dos dados do SIG para o MODFLOW*  
*Reprodução das condições hidrogeológicas observadas em campo*



### **1ª SIMULAÇÃO DO ENCHIMENTO DA ALBUFEIRA**

*Inserção do reservatório em SIG, no modelo calibrado*  
*Transferência dos parâmetros para o MODFLOW*  
*Instalação de poços de monitoramento*



### **VERIFICAÇÃO DO MODELO**

*Utilização dos parâmetros calibrados para reproduzir um segundo conjunto de dados de campo*

*Monitoramento de poços*  
*Execução de ensaios hidrogeológicos complementares*





## **2ª SIMULAÇÃO DO ENCHIMENTO DA ALBUFEIRA**

*Inserção do reservatório em SIG, no modelo verificado, e transferência dos parâmetros para o MODFLOW*



## **ELABORAÇÃO DO MAPA PREVISIONAL DE INFLUÊNCIA**

*Delimitação das zonas de influência da albufeira sob o aquífero livre*

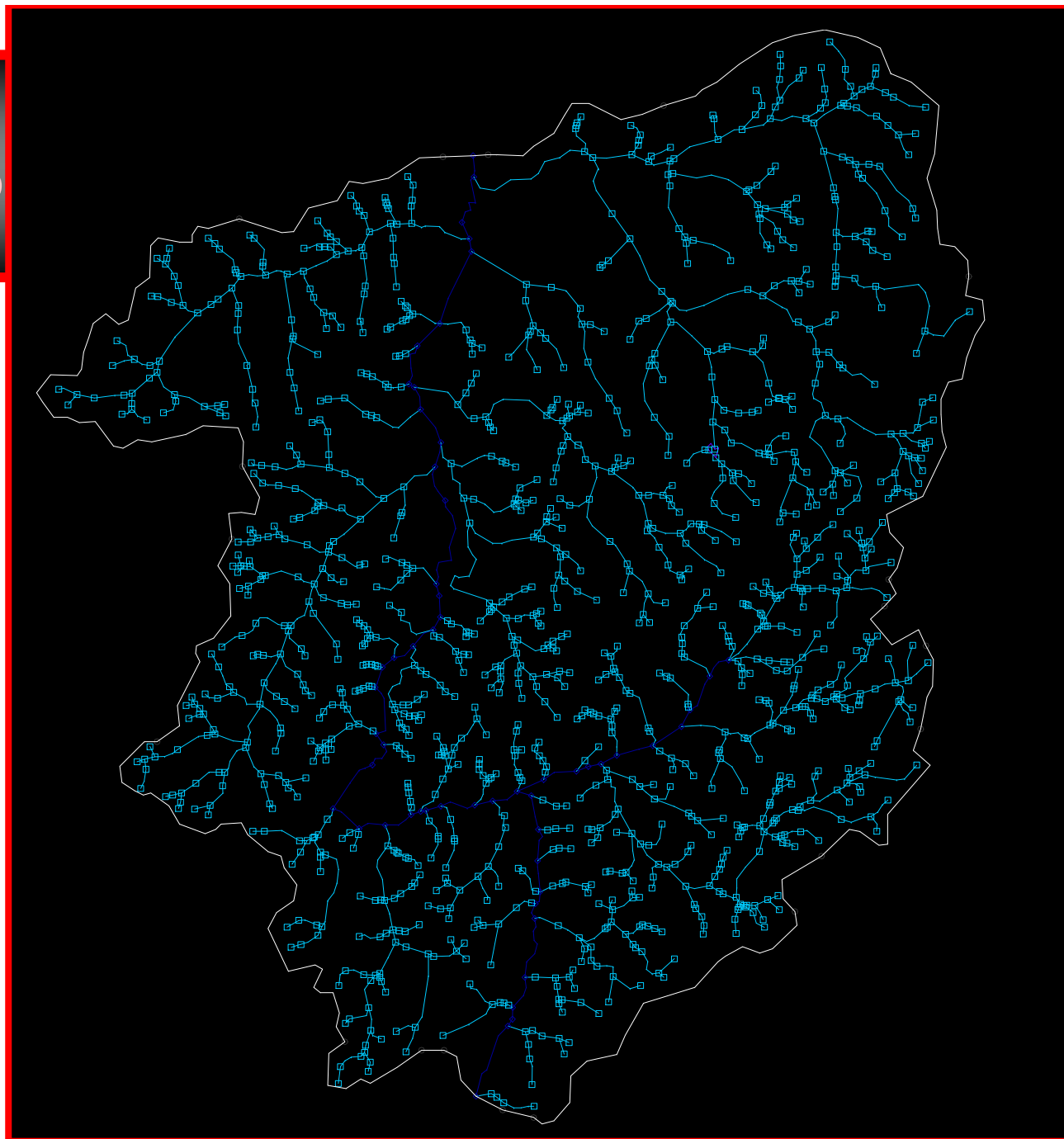


## **DEFINIÇÃO DO PROGRAMA DE MONITORAMENTO DO AQUÍFERO LIVRE**

*Definição do período e periodicidade de monitoramento após o enchimento da albufeira*



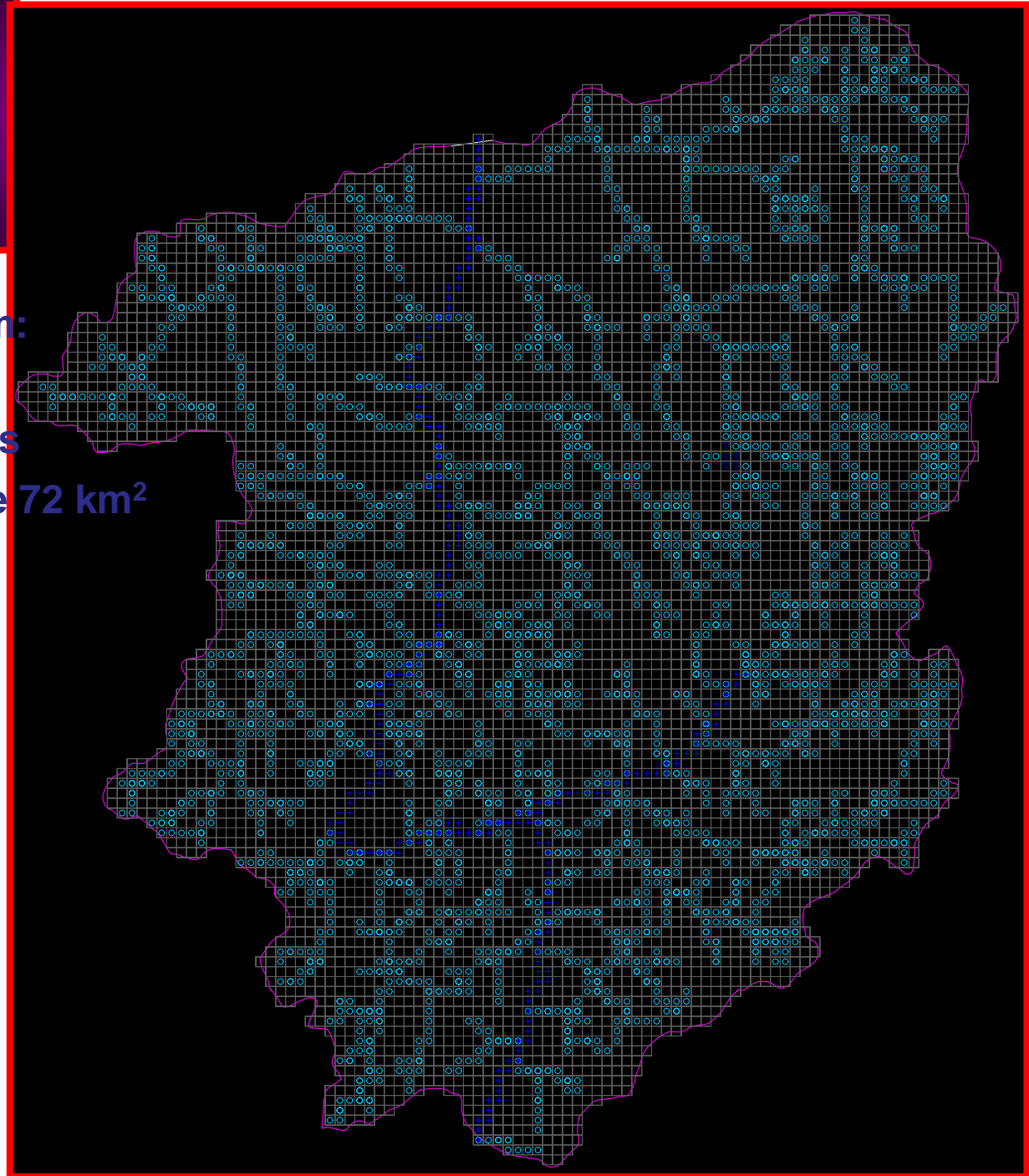
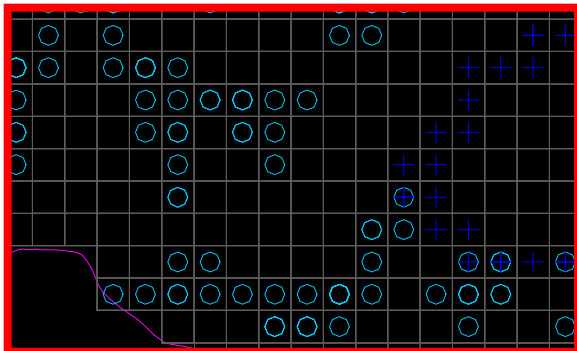
Projeto do modelo  
conceitual em SIG.  
Plano de Informação  
Fontes/Sumidouros



# Transferência dos dados para o modelo numérico

SIG      MODFLOW

- **Malha: 100m x 100m x 200m:**
  - blocos centralizados
  - 120 linhas e 104 colunas
  - superfície modelada de 72 km<sup>2</sup>
  - 7.246 células activas



# SIMULAÇÃO DO ENCHIMENTO DA ALBUFEIRA

MODELO CALIBRADO



1ª SIMULAÇÃO DO ENCHIMENTO DA ALBUFEIRA

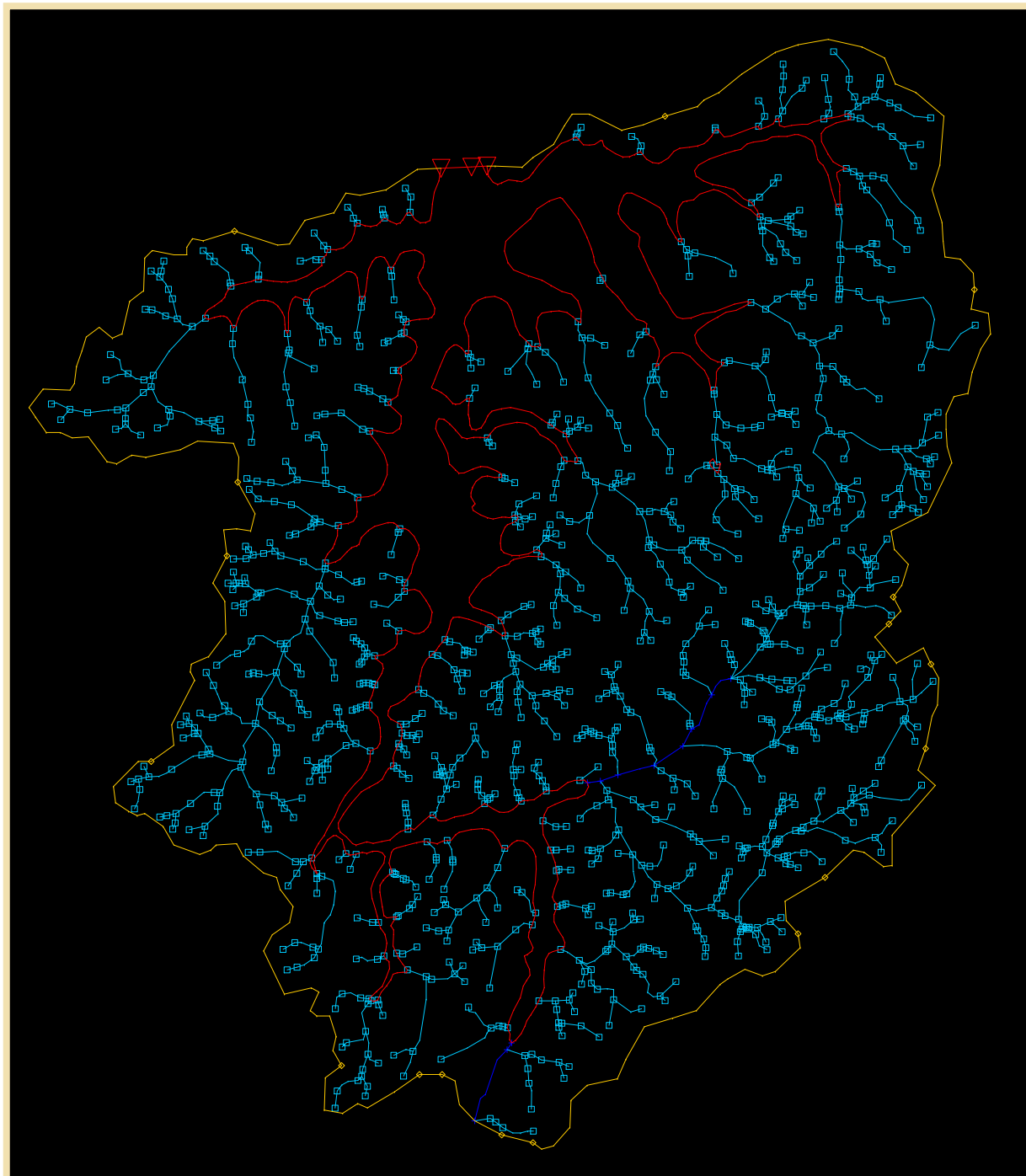
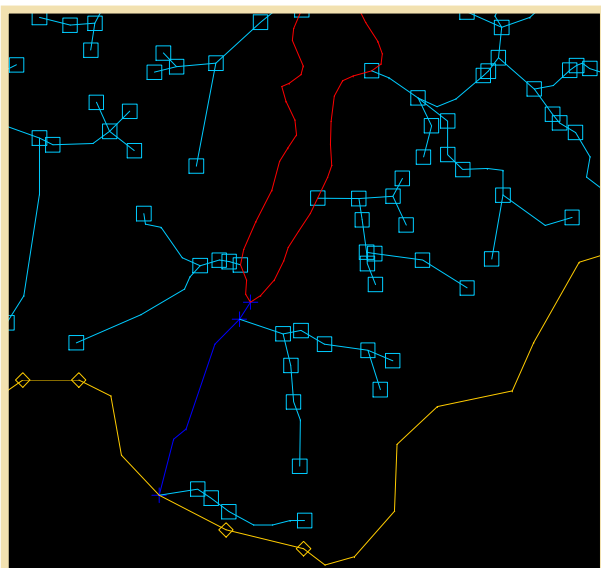


Inserção da albufeira em SIG

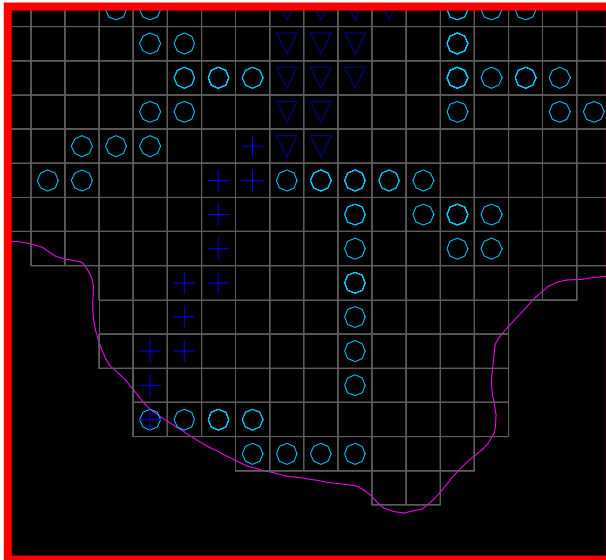
Nível potenciométrico específico (cota 757,5 m)

- ❖ Curva de enchimento e interior do lago
- ❖ Ajuste da curva de enchimento com a curva topográfica

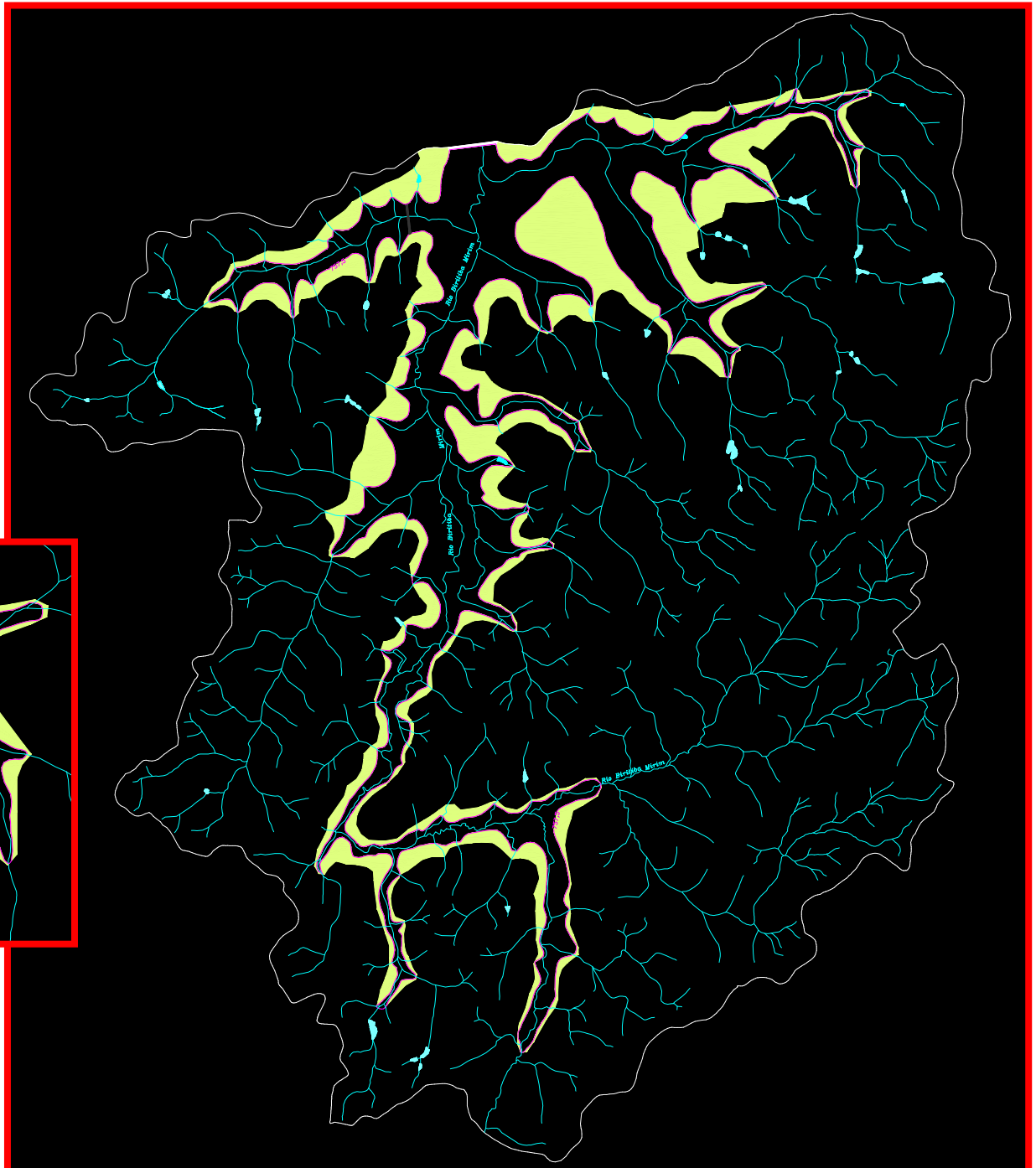
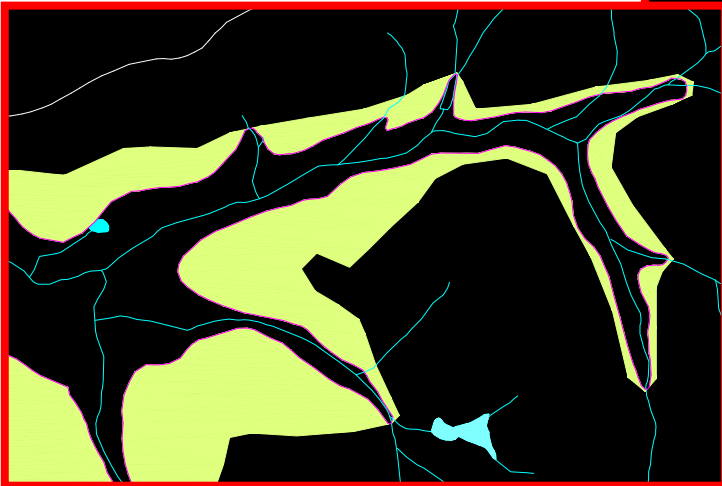
# Inserção da albufeira no SIG



Transferência dos  
dados para o modelo  
numérico  
SIG → MODFLOW



Delimitação das principais áreas de influência

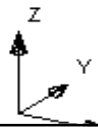
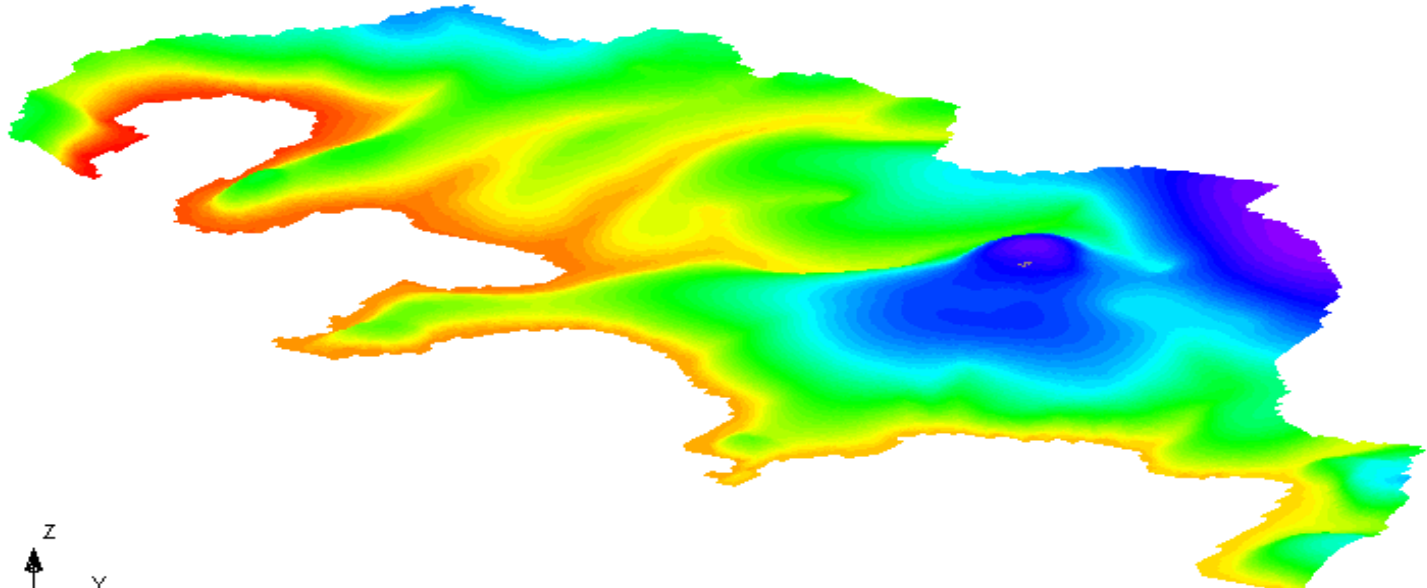




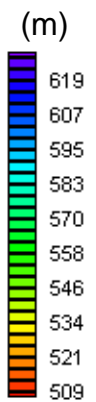
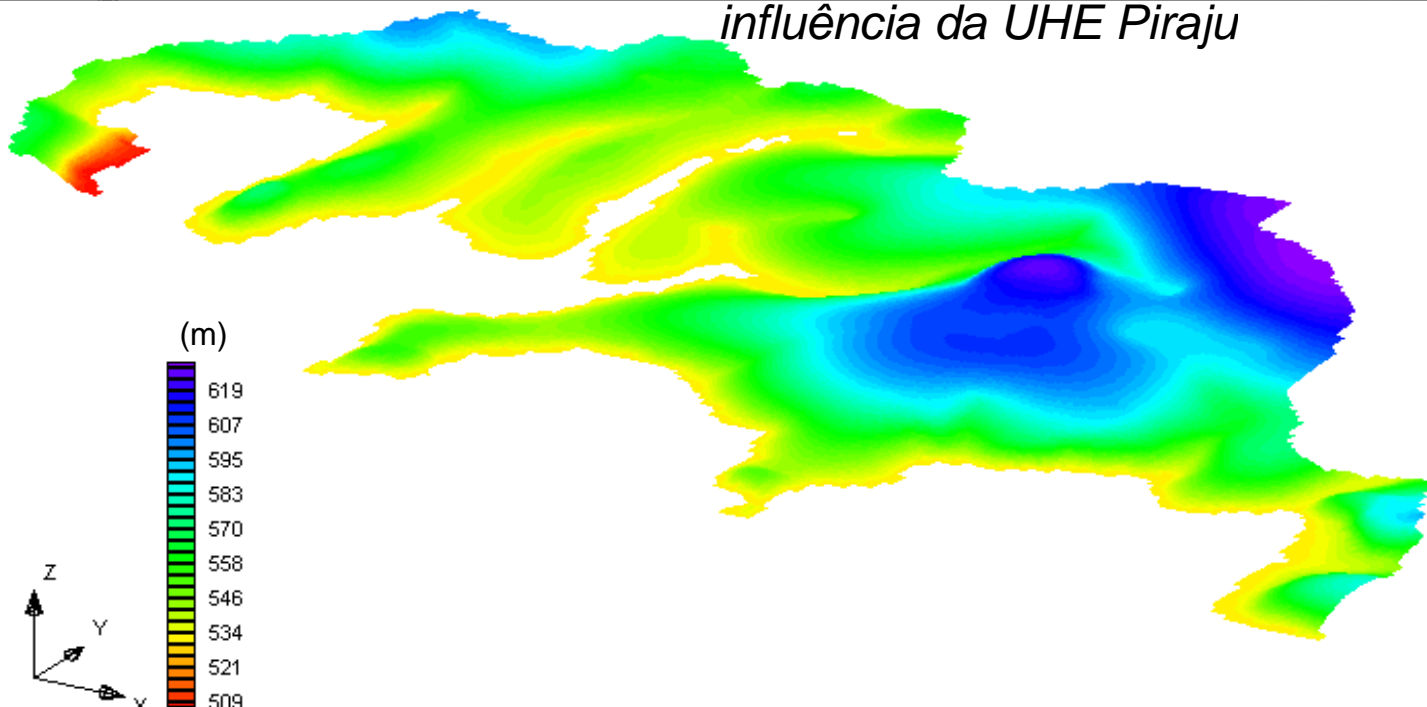
## VERIFICAÇÃO DO MODELO

- ❖ Instalação de poços de monitoramento
- ❖ Monitoramento do aquífero antes do enchimento
- ❖ Testes de permeabilidade

- Ajustes no modelo
- Simulação de novas cargas hidráulicas



*Piezometria resultante da modelagem matemática do aquífero freático. Área de influência da UHE Piraju*





# ELABORAÇÃO DO MAPA PREVISIONAL DE INFLUÊNCIA

2ª Simulação do enchimento da albufeira com os parâmetros devidamente corrigidos



Sobreposição do mapa topográfico com o piezométrico resultante da simulação do enchimento



Mapa de profundidade final do N.A.

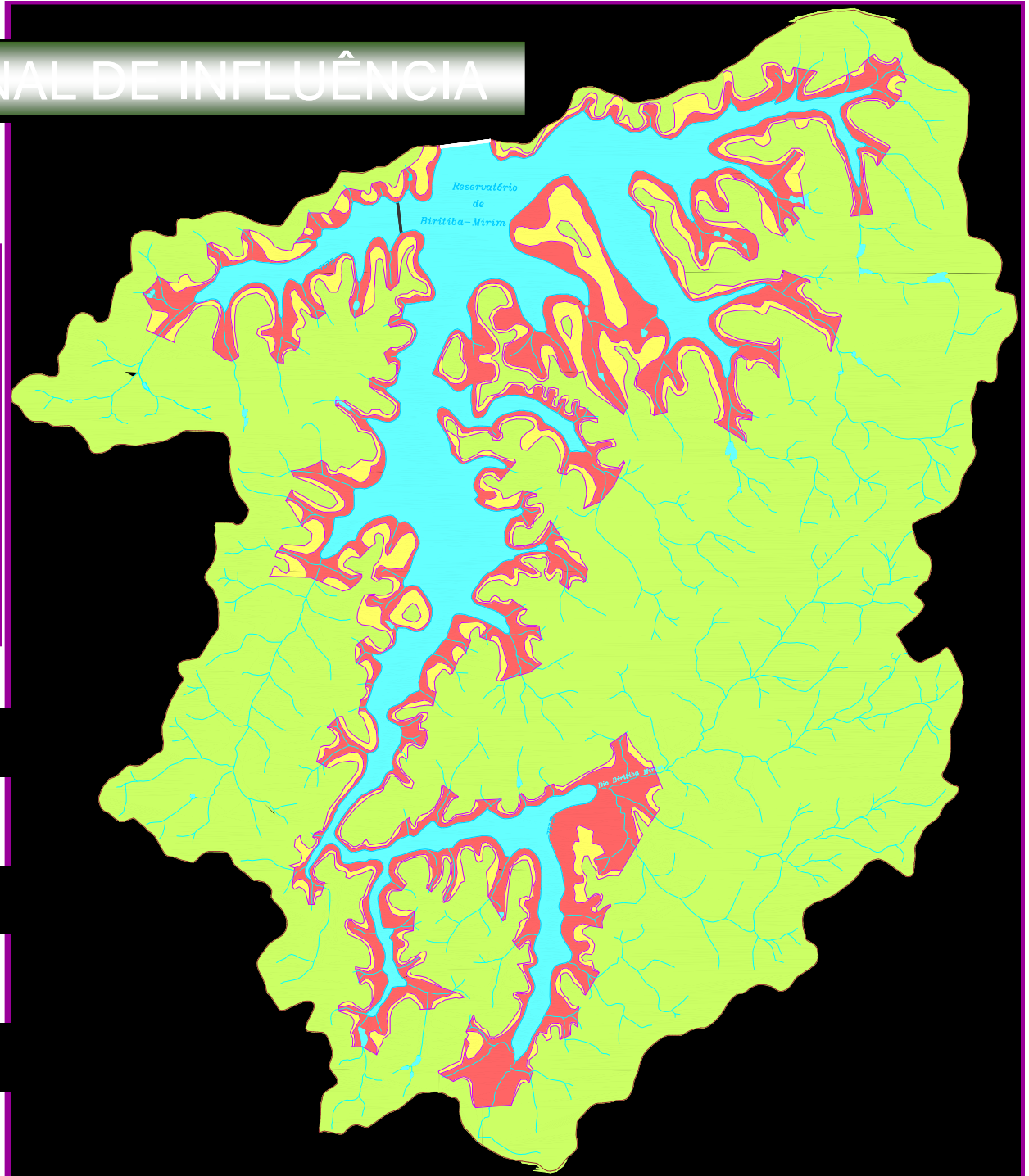
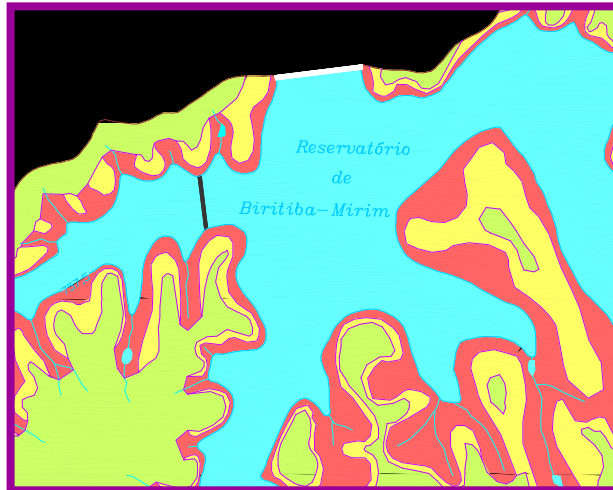
ZONA A – prof. final entre 0 e 5 m

ZONA B – prof. final entre 5 e 10 m

ZONA C – áreas que não sofrerão influência do enchimento e áreas com prof. de N.A. > 10 m

# MAPA PREVISIONAL DE INFLUÊNCIA

## Biritiba-Mirim



Zona A



Zona B



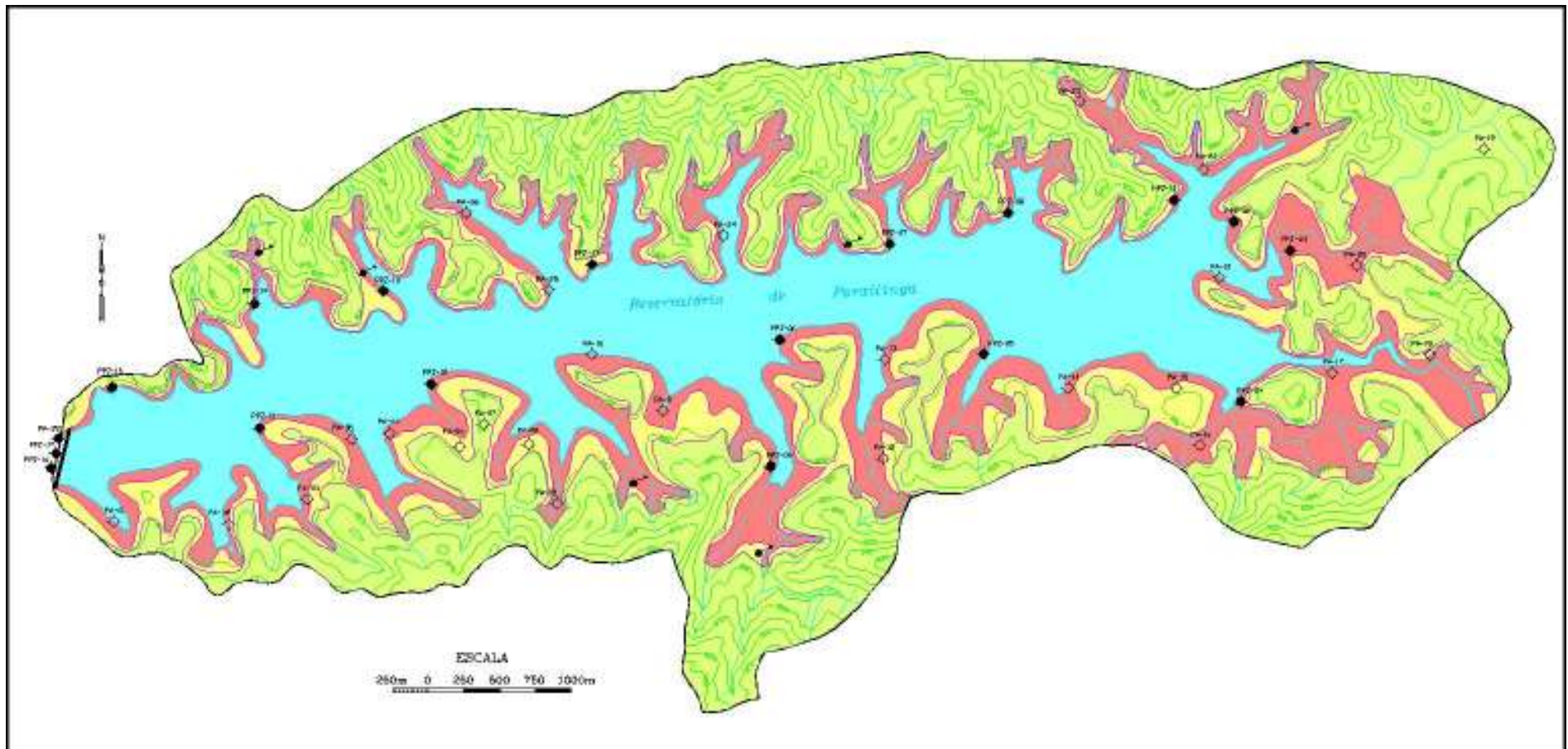
Zona C

# MAPA PREVISIONAL DE INFLUÊNCIA

## Paraitinga



LABORATÓRIO NACIONAL  
DE ENGENHARIA CIVIL



## CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES



LABORATÓRIO NACIONAL  
DE ENGENHARIA CIVIL

A utilização do SIG foi fundamental para a calibração do modelo matemático das bacias, considerando o armazenamento da diversidade de informações necessárias e a facilidade de transferência das mesmas para o MODFLOW.

O mesmo se aplica em relação aos ajustes realizados durante a verificação e à inserção de um novo elemento, a albufeira, durante a simulação.

Destaca-se, entretanto, a importância da realização de *postaudit*, o que permite aferir as previsões realizadas e validar o modelo para a área.