

LABORATÓRIO NACIONAL  
DE ENGENHARIA CIVIL

Lisboa, 5-6 Março 2009

# **A MODELAÇÃO MATEMÁTICA COMO INSTRUMENTO DE SUPORTE À GESTÃO INTEGRADA DOS RECURSOS HÍDRICOS EM BACIAS HIDROGRÁFICAS. RIBEIRÃO GALANTE (SP, BRASIL)**

*Mancuso, M.A  
Liazi, A.  
Campos, J.E.  
Rocha, G.*

LNEC-Laboratório Nacional de Engenharia Civil (Portugal)  
IPT- Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (Brasil)  
DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica

# INTRODUÇÃO

Um dos instrumentos da política estadual do Estado de São Paulo (Brasil) são as outorgas de direitos de uso dos recursos hídricos, estas são concedidas geralmente dissociadas de suas fases superficial e subterrânea.

❖ Entretanto, por ser a água um recurso finito, deve ser gerido em conjunto, de forma a permitir a manutenção de seu equilíbrio natural no ambiente.

## OBJECTIVO

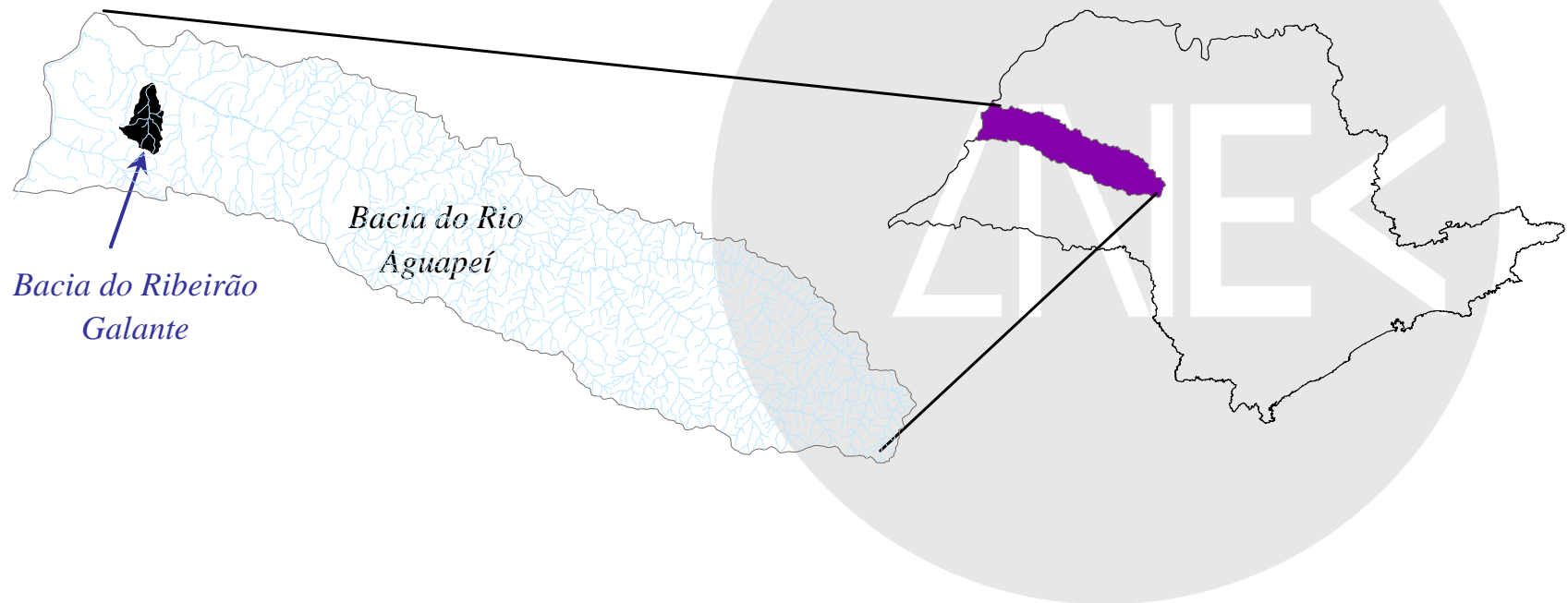
- ❖ Indicar a **modelação matemática** como um instrumento que permite fornecer subsídios técnicos para a **análise integrada da disponibilidade hídrica**, sendo esta considerada a vazão natural total disponível (parcela superficial mais a parcela subterrânea) destinado às extracções por poços e captações a fio d'água para os diversos fins.

- ❖ Pretendeu-se **quantificar os volumes totais de água subterrânea disponíveis na porção superior do aquífero** (Reserva Reguladora) assim como avaliar a **influência das captações subterrâneas na descarga de base** desse sistema, que é actualmente utilizada para outorga.

- ❖ A área seleccionada para este exercício foi a bacia do ribeirão Galante (SP, Brasil), com área de **146 km<sup>2</sup>** e população de aproximadamente 19.000 habitantes,
- ❖ O principal consumidor de água é representado pelos sistemas públicos de abastecimento. Nesta bacia é explorado o **aquífero Bauru** (esp. 250m), que é poroso e livre, e apresenta conexão hidráulica directa com o sistema hídrico superficial.



# Localização da área



# METODOLOGIA

- ❖ A modelação foi desenvolvida considerando **dados preexistentes** publicados pelo DAEE (1979) e dados de uso dos recursos hídricos disponibilizados pelo DAEE.
- ❖ A simulação do sistema aquífero e interacção com o sistema de superfície (drenagens), foi realizada com o programa tridimensional modular **MODFLOW** (MCDonald & Harbaugh, 1988) e auxílio do **ArcGIS**, de acordo com o protocolo indicado por **Anderson & Woessner** (1992).

# MODELAÇÃO MATEMÁTICA

- > Cotas potenciométricas entre 320 e 410 m.
- > Descarga de base na cota 275 m aprox.
- > Transmissividades de 50 a 140 m<sup>2</sup>/d
- > Conductividades Hidráulicas da ordem de 1,3 m/d
- > Potencialidade dos furos: 10 a 20 m<sup>3</sup>/d
- > Escoamento básico calculado por balanço hídrico indica recarga de 8,5% da precipitação
- > Área modelada de 146 km<sup>2</sup>
- > Malha de 100 x 100m (esp. variável)



## Escoamento básico calculado x resultante da modelação matemática

- > **Qb Calculado por sub-bacia pelo método de regionalização: 40 099 m<sup>3</sup>/d**
- > **Qb Resultante do modelo matemático: 40 471 m<sup>3</sup>/d**

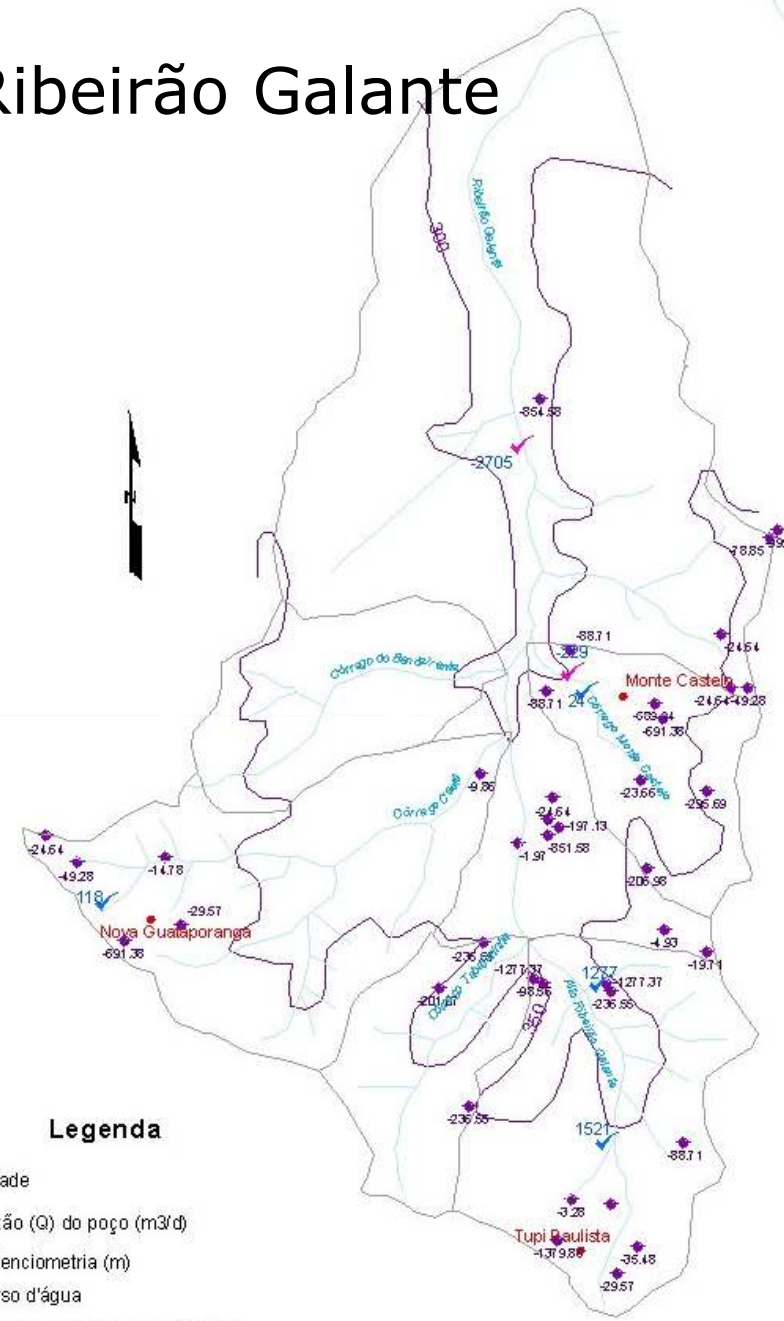
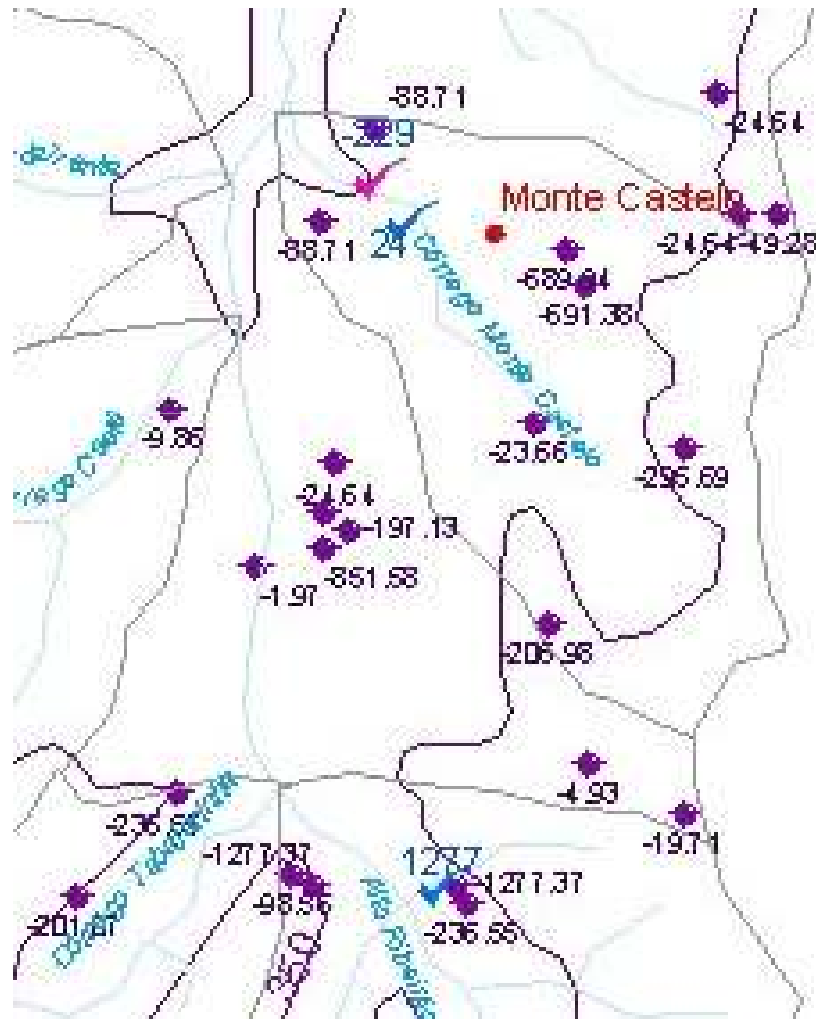




# SIMULAÇÃO DO USO ACTUAL DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

- > A simulação matemática do aquífero Bauru, em situação actual, elaborado para a bacia do Ribeirão Galante permitiu a identificação da interferência da exploração subterrânea, ocasionada por 38 furos, com vazões até  $1380 \text{ m}^3/\text{d}$ , na descarga de base das sub-bacias de drenagem.

## > Usos cadastrados da Bacia Ribeirão Galante



### Legenda

- Cidade
- ◆ Vazão (Q) do poço (m³/d)
- Potenciometria (m)
- Curso d'água
- Divisor de sub-bacia hidrográfica
- ✓ Captação superficial (Q) (m³/d)
- ✓ Lançamento superficial (Q) (m³/d)

## RESULTADOS

- > Com o auxílio do modelo matemático foi possível identificar a interconexão hídrica entre os sistemas de superfície (drenagens) e subterrâneo (sistema aquífero Bauru) e observar que o volume de água disponível em superfície, e actualmente quantificado para outorga, sofre influência das águas subterrâneas, ou seja, depende dos volumes de água subterrânea explorados.

## RESULTADOS

- > Ocorre uma redução de aproximadamente 20% no escoamento de base em decorrência da exploração subterrânea na bacia.
- > Em determinados casos, a exploração afecta divisores de águas subterrâneas interferindo na descarga de base de bacias adjacentes, ao provocar rebaixamentos devido às zonas de influência de poços de bombeamento.

# CONCLUSÃO

- > A análise da disponibilidade natural (vazão mínima,  $Q_{7,10}$ ) versus a demanda na bacia do Ribeirão Galante foi igual a 55%, sendo o comprometimento do uso da água classificado como restritivo (condição para mais de 50% do comprometimento da disponibilidade do recurso).

## A considerar

- > Existência de furos clandestinos (20% ?)
- > Taxa de retorno das águas subterrâneas aos cursos de água próximos (lançamentos)
- > Importância do desenvolvimento de um instrumento de gestão adequado considerando a sustentabilidade do recurso na bacia hidrográfica
- > Interesse actual em função da cobrança pelo uso da água