

# PROJETO DE PROTEÇÃO E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO SISTEMA AQUÍFERO GUARANI



## MEMÓRIA

Seminário Aquífero Guarani

17, 18 e 19 de Setembro de 2003

Ribeirão Preto - São Paulo

### Promoção

- **Governo Federal**
  - Ministério do Meio Ambiente
  - Secretaria de Recursos Hídricos
  - Agência Nacional de Águas – ANA
- **Organismos Internacionais**
  - Banco Mundial
  - Fundo para o Meio Ambiente Mundial –GEF
  - Organização dos Estados Americanos – OEA
  - Agência Internacional de Energia Atômica - AIEA
- **Governo Estadual**
  - Conselho Estadual de Recursos Hídricos
  - Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo
  - Secretaria de Energia, Recursos Hídricos e Saneamento
  - Departamento de Águas e Energia Elétrica
  - Secretaria do Meio Ambiente
  - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
  - Instituto Geológico
- **Governos Municipais**
  - Prefeitura Municipal de Ribeirão Preto
  - Prefeitura Municipal de Serrana
  - Prefeitura Municipal de Altinópolis
  - Prefeitura Municipal de Cravinhos
  - Prefeitura Municipal de Jardinópolis
  - Prefeitura Municipal de Sertãozinho

## Comissão organizadora

Amauri Medeiros	CETESB-Rib. Preto	José Eduardo Campos	DAEE/CORHI
Ana Luiza Saboia de Freitas	ANA	José Francisco Felipe	PM Jardinópolis
Armando Takahashi	CPRM	José Luiz Albuquerque Filho	IPT
Carlos Eduardo N. Alencastre	DAEE – CBH/Pardo	José Luiz Barbieri	PM-Rib. Preto
Carlos Newton Vicentini	PM Altinópolis	José Luiz Galvão de Mendonça	DAEE/Araraquara
Carlos Roberto Sarni	PM Sertãozinho	Mara Akie Iritani	IG/SMA
Celso Peticarrari	DAEE – CBH/Pardo	Márcia M. N. Pressinotti	IG/SMA
Chang Hung Kiang	IGCE-UNESP	Marco Antonio F. Gomes	EMBRAPA
Edson Wendland	EESC-USP	Osmar José Gualdi	DAEE/Araraquara
Genésio A. de P. e Silva	CBH/Pardo	Osmar Sinelli	USP/RP- COC
Gerônimo Rocha	DAEE/SERHS	Otávio Okano	CETESB
Isabel Bordini	DAERP	Wagner Alves Cardoso	PM Ribeirão Preto
Joaquim Ignácio da Costa	DAERP		

## Comissão executiva local

Andreia Crivellenti de Ávila	PM-Ribeirão Preto	José Laércio Sanches	DAEE – CBH/Pardo
Chaim Zaher	Faculdades COC	Maria Eurípedes V. G. Braz	DAEE – CBH/Pardo
Cláudio H.B. Moreira	DAEE – CBH/Pardo	Maurício Figueiredo	PM-Ribeirão Preto
Durval Antunes Filho	Faculdades COC	Michele Aparecida Dela Ricci	DAEE – CBH/Pardo
Francisco dos Santos	DAEE – CBH/Pardo	Rosana de Lourdes T. Ramos	DAEE – CBH/Pardo

## Mesa de edição:

Gerônimo Rocha, José Eduardo Campos, Mara Akie Iritani, Márcia Maria N. Pressinotti

## Colaboração nesta edição:

Juan Cabezas Castilho, Kelly Cristina de Melo, Mirian Ramos Gutjahr, Ricardo Hirata

## Projeto gráfico

Beth Kok

## Arte final

Luiz Fernando Teston - Estúdio Girassol

## Apoio

Conselho Estadual de Recursos Hídricos - CRH  
Fundo Estadual de Recursos Hídricos – FEHIDRO  
Departamento de Águas e Energia Elétrica – DAEE / Diretoria da Bacia do Rio Pardo  
OEA / Secretaria Geral do Projeto  
AIEA – Agência Internacional de Energia Atômica  
Faculdades COC

## Colaboração

Associação de Engenharia, Arquitetura e Agronomia de Ribeirão Preto - AEAARP  
Associação Rural de Ribeirão Preto  
Benedini Imóveis  
Departamento de Água e Esgotos de Ribeirão Preto – DAERP  
Sindicato Rural de Ribeirão Preto  
Universidade de Ribeirão Preto - UNAERP

## Ficha catalográfica

Projeto de Proteção e Desenvolvimento Sustentável do Sistema Aquífero Guarani: Memória  
Seminário Aquífero Guarani 17 a 19 de setembro de 2003. Ribeirão Preto, DAEE/IG (org.),  
2003, ? pg.  
1. Hidrogeologia. 2. Recursos Hídricos. 3. Águas Subterrâneas. 4. Aquífero Guarani

CDD 551.44

*Mediador*

Agora, a penúltima apresentação sobre o conhecimento da isotopia do sistema Aquífero Guarani proporcionado pelo Projeto ARCAL XIII, que vai ser feita pelo professor Rebouças. Aldo Rebouças, assim como o professor Sinelli, no início, dispensaria apresentação pelo histórico que já tem.

## PROJETO ARCAL XIII

*Aldo Rebouças – Instituto de Estudos Avançados/IEA – USP*

Muito obrigado Gerônimo, muito obrigado a todos e para mim é uma grande satisfação estar novamente em Ribeirão Preto, sobretudo, falando do Aquífero Guarani, dessas águas invisíveis que se tornam cada dia mais visíveis.

O termo Aquífero Guarani é a denominação dada ao sistema hidro-estratigráfico Mesozóico transfronteiriço – Argentina, Brasil, Paraguai e Uruguai - constituído por depósitos eólicos do Jurássico (Formações Botucatu no Brasil, Misiones no Paraguai e Tacuarembó no Uruguai e Argentina, depósitos de origem fluvial e lacustre do Triássico Superior e Médio (Formação Pirambóia, Rosário do Sul no Brasil e Beuna Vista no Uruguai, (Rocha, 1997). Mesmo depois do hiato de erosão correspondente ao Triássico Inferior, a condição aquífera no Brasil se continua pelos sedimentos arenosos da Formação Rio do Rasto de idade Permiano Superior

A área total do sistema Aquífero Guarani é estimada em cerca de 1.195.200 km<sup>2</sup>, sendo a porção brasileira de 839.800 km<sup>2</sup>, Argentina de 225.300km<sup>2</sup>, Paraguaia de 71.700 km<sup>2</sup>, e Uruguia de 58.400km<sup>2</sup>. Este sistema aquífero é confinado pelos mais extensos derrames de rochas vulcânicas do mundo, a Formação Serra Geral (Jura-Cretáceo) e tem por substrato hidrogeológico e estratigráfico os sedimentos argilosos de idade Paleozóica do Grupo Passa Dois (Formações Estrada Nova e Serra Alta), principalmente, depois do hiato de erosão correspondente ao Triássico Inferior.

Preliminarmente, queria situar o seguinte: O projeto ARCAL XIII era um programa da Agência Internacional de Energia Atômica – AIEA, que se desenvolvia na América Latina procurando aplicar as análises isotópicas aos problemas hidrológicos. Eu fui coordenador durante um período deste programa, cujo objetivo fundamental era estabelecer as análises isotópicas adequadas aos estudos das águas subterrâneas na bacia geológica do Paraná, em particular. Visitamos Viena, Munique, México, Argentina e no Brasil – CENA-Piracicaba, para conhecer as condições de análise tradicional dos isótopos de O16, O18, H2, H3, C14 e a série do Nitrogênio, principalmente.

Depois da importância econômica das águas subterrâneas da Bacia do Paraná ter sido bem evidenciada na década de 1970, pelos “Estudos de Águas Subterrâneas do Estado de São Paulo DAEE/ENCO/TAHAL, Maack, 1970 e Rebouças, 1976, o problema básico que se apresentava no Brasil, era de estabelecer a conectividade entre os diferentes sistemas aquíferos da Bacia Geológica do Paraná, tais como os sistemas aquíferos Bauru, Basaltos da Formação Serra geral, sistema aquíferos Botucatu no Brasil.

Por sua vez, os estudos hidroquímicos e isotópicos clássicos realizados (Silva, R. B. G. da, 1983) evidenciaram o pequeno alcance das análises isotópicas tradicionais, à medida que os teores de trício (H3) eram muito baixos, geralmente, próximos aos limites de detecção dos equipamentos, tendo em vista que se teve uma parada dos testes nucleares na atmosfera. Some-se a isso, que as águas do aquífero Botucatu ou Guarani eram muito pobres em carbonatos, obrigando a amostragem de várias centenas de litros de água para concentração de carbonatos necessários à datação pelo C14. Por sua vez, sendo as águas do sistema Aquífero Guarani, regra geral, aquecidas pelo gradiente geotérmico natural, a determinação das idades destas águas com base no C14, tornava-se pouco consistente, havendo tendência a um envelhecimento maior nas zonas de confinamento, do que se teria na realidade.

Então, passou-se a determinação de gases nobres, para conhecer a conectividade dos sistemas aquíferos. Em 1976, o fato dos níveis de água nos poços profundos ocorrerem em cotas superiores aos 500m e apresentarem em alguns setores, características hidrogeoquímicas dos aquíferos superiores, enquanto os poços jorrantes e as fontes de água quente ocorrerem na bacia do Paraná nos setores topográficos com cotas inferiores a 500 m, determinaram-se no mapa topográfico na escala 1: 2.500.000, as áreas de descarga e de recarga direta, correspondente as zonas de afloramento, ou de recarga indireta, sendo aquelas com cotas de níveis potenciométricos superiores a 500 m. O estudo hidrogeológico empreendido por Rebouças, 1976, caracterizou que, sem dúvida, a Bacia Geológica do Paraná constituía a mais importante província hidrogeológica do Brasil.

As reservas permanentes de água subterrânea da porção brasileira foram estimadas em 48.000 km<sup>3</sup>, tomando por base a extensão da camada aquífera em território nacional de 818.000 km<sup>2</sup>, a espessura média aquífera 300 m, coeficiente de porosidade efetiva variando entre 10 e 20%, e coeficiente de armazenamento variando entre 10<sup>-3</sup> e 10<sup>-6</sup>.

As reservas reguladoras - volume correspondente às taxas de realimentação anual dos aquíferos da área - foram estimadas a partir das descargas de base dos rios da região, da ordem de 160 km<sup>3</sup>/ano, sendo as recargas indiretas da ordem de 113 km<sup>3</sup>/ano, admitindo como explorável cerca de 1/3 das taxas de recarga totais.

Em 1994, por sugestão do geólogo Danilo Anton, do Uruguai, foi adotada a denominação comum de Sistema Aquífero Guarani, tendo em vista sua área de ocorrência corresponder ao domínio ocupado pela Nação Guarani, antes do descobrimento.

Seguiram-se os estudos lito-estratigráficos empreendidos pela PETROBRAS, sobre os processos diagenéticos que poderiam influir nas propriedades de reservatório das camadas sedimentares da bacia do Paraná. Este deu origem a uma análise dos aspectos hidrogeológicos e foi publicado pela Associação Internacional de Hidrogeólogos - Hydrogeology of the Mercosul aquifer system in the Paraná and Chaco-Paraná Basins, South America, and comparison with the Navajo-Nugget aquifer system, USA. - L.M Araújo, A.B. França, P.E. Potter, Hydrogeology Journal, Vol 7, No 3, June 1999, pp 317-336.

O mapa apresentando a extensão do Aquífero Guarani na América Latina ou do Sul é aqui apresentado, mais para dirimir dúvidas geográficas sobre a sua real importância.

Por sua vez, a noção de homogeneidade que era transmitida pelo bloco diagrama dos poços da PETROBRAS, disponíveis em 1976, para que é, hoje, obsoleta, tendo em vista que fica clara a grande compartimentação da área e que poderia ser mais conhecida mediante os estudos Neotectônicos. Verifica-se assim, que os principais rios da região tais como o rio Grande, o Tietê, Paranapanema, Uruguai e o próprio Paraná, são drenos naturais das águas subterrâneas da área. Assim, se estes rios nunca secam é porque as taxas de infiltração nos aquíferos da região drenada por suas respectivas bacias hidrográficas são suficientes para alimentar os fluxos durante os períodos sem chuvas. Portanto, não existe rio separando territórios, mas unido. Desta forma, as regras de uso e conservação das águas subterrâneas na bacia do Paraná, não podem ser diferentes, tanto nos estados da Brasil quanto nos diferentes países fronteiriços. Some-se a isso, a pequena quantia -14 milhões de dólares, ou, aproximadamente, 10 dólares por km<sup>2</sup> de área - destinada ao estudo das condições de gestão integrada das águas subterrâneas desta bacia. Além disso, tem-se que em cada país as condições de uso e conservação das águas são muito diferentes, em particular as águas invisíveis.

Desta forma, deve-se atentar para o fato de que, nas sucessivas apresentações já feitas sobre a utilização do Aquífero Guarani na região de Ribeirão Preto, em nenhuma oportunidade foi caracterizada a necessidade de um uso cada vez mais eficiente das águas, tanto no meio urbano quanto na agricultura, principalmente. Quando se falou da necessidade de controlar a exploração caótica que se faz das águas subterrâneas na área, não se ressaltou que a maioria dos poços são mais propriamente buracos de onde se extrai água. Desta forma, tanto na cidade quanto na agricultura, os problemas mais graves decorrem da

forma empírica e improvisada de locação, construção e uso dos poços. Há problemas de interferência que resultam em queda excessivas dos níveis de água de poços parecendo que o Aquífero Guarani está sendo sobreexplorado, há problemas de contaminação sanitária ou agrícolas que são engendrados pela construção de poços sem proteção sanitárias, extração de água como se esta fosse inesgotável e uso dos poços para alimentar pivô central ou canhão de aspersão convencional, métodos de irrigação obsoletos que, além de serem pouco eficientes em termos de oferta de água, ainda são de consumo intenso de energia elétrica. Porém, todos estes fatos caracterizam, tradicionalmente, a estratégia da escassez, justificando o investimento de grandes somas de dinheiro público ou obtidas junto as agências financeiras nacionais ou internacionais, com juros privilegiados, para captação e tratamento de águas para abastecimento das cidades, principalmente, uma vez que o Aquífero Guarani já evidencia sobre exploração e desta forma, não é capaz de atender a crescente demanda de água, por exemplo.

Torna-se, portanto, de fundamental importância considerar, no caso de Ribeirão Preto, as condições de uso cada vez mais eficiente da gota d'água disponível, que não se deverá utilizar água de boa qualidade, como a subterrânea, em geral, em atividades que poderiam ser desenvolvidas com água de qualidade inferior, tais como a irrigação de gramados públicos ou privados, o cultivo de espécies vegetais de interesse do agronegócio, onde se utiliza a maior parte da água (60 a 70% do volume total, contra 10-20% no caso do consumo humano nas áreas mais populosas).

A partir de 92, o número crescente de casos positivos nos países desenvolvidos, principalmente, mostra que o modelo de uso da água evoluiu para a situação em que se torna mais importante usar de forma cada vez mais eficiente a gota d'água disponível do que continuar ostentando sua abundância ou escassez.