



ENCONTRO TEMÁTICO  
GESTÃO DE  
RECURSOS HÍDRICOS



VIII SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE  
*Sociedade Brasileira de Geologia - São Pedro, SP - 2003*

## **PLANEJAMENTO E GESTÃO DE HIDROVIAS INTERIORES POR MEIO DE SISTEMAS INTEGRADOS DE INFORMAÇÃO: A EXPERIÊNCIA DO SIGEST<sup>STP</sup> – SISTEMA INTEGRADO DE GESTÃO DO EIXO DE DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA TIETÊ-PARANÁ**

Antonio CAMARGO JUNIOR

Nas hidrovias brasileiras, questões como ganho de competitividade do produto nacional de exportação convivem com a preocupação da viabilidade ambiental e da disponibilidade hídrica para sua operação. Nestes novos Eixos de Desenvolvimento Sustentável, a negociação de conflitos e as decisões sobre investimentos públicos e privados demandam uma nova visão de conjunto: a mesma água empregada na geração de energia elétrica precisa ser preservada para o calado das embarcações; a ocupação descontrolada de áreas para fins agrícolas gera processos erosivos que prejudicam a navegabilidade dos rios; a poluição de recursos hídricos influencia o ecoturismo fluvial e assim por diante.

Esta visão de conjunto depende do reconhecimento dos fatores ambientais e das cadeias produtivas intersetoriais em que uma hidrovia se insere. A construção de um cenário de situação satisfatório deve garantir uma gestão hidroviária mais eficiente, e novos subsídios para a tomada de decisões sobre investimentos públicos e privados. Porém, uma visão de conjunto é dificultada pela falta de dados, ou pior, pela falta de complementaridade de dados dispersos em instituições públicas e privadas que se lançaram em maciços investimentos de informatização de suas atividades setoriais. Rotineiramente observa-se duplicação de esforços e a produção de bases de dados semelhantes.

Avaliando as possibilidades de conexão e integração da informação existente nos cenários de situação das hidrovias brasileiras, mais de uma dezena de especialistas em Geoprocessamento, Tecnologia da Informação, Engenharia Hidráulica, Engenharia Naval, Agronomia, Geologia, Turismo, Demografia e Meio Ambiente da USP, UNESP, UNICAMP e IPT se reuniram ao longo dos três últimos anos com o objetivo de propor uma plataforma tecnológica de acesso unificado a sistemas digitais e bases de dados relacionados a hidrovias e suas funções de Desenvolvimento.

Os resultados deste esforço foram consolidados no protótipo do SIGEST<sup>STP</sup> – Sistema Integrado de Gestão do Eixo de Desenvolvimento no Sistema Tietê-Paraná, na área de influência do reservatório da UHE Bariri, no Tramo Tietê da Hidrovia Tietê-Paraná. Ali, a navegação fluvial se insere numa representativa matriz de uso múltiplo das águas, cuja disponibilidade de dados e sistemas por parte de diversas instituições atuantes no cenário, permitiram a validação do SIGEST<sup>STP</sup>.

Este trabalho apresenta as características da plataforma tecnológica concebida. Os resultados apontam para o estabelecimento de um novo ambiente de acesso a informações institucionais compartilhadas em tempo real, a partir de um novo modelo de gestão da informação sobre navegação fluvial, energia, turismo, agroindústria, saneamento, abastecimento e preservação ambiental em eixos de Desenvolvimento representados por hidrovias brasileiras.

## **RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS: CONSIDERAÇÕES SOBRE SUA GESTÃO**

Wilson José Figueiredo **ALVES JUNIOR**<sup>1</sup> & Sueli Yoshinaga **PEREIRA**<sup>2</sup>

A Constituição Federal de 1988 estabelece que, praticamente, todas as águas são públicas, de domínio da União, dos Estados e do Distrito Federal (art. 20, III). Cabem aos Estados e, ao Distrito Federal, as águas superficiais ou subterrâneas, fluentes, emergentes e em depósito, ressalvadas, neste caso, as decorrentes de obras da União (art. 26, I). A Lei Federal 9.433/97 prevê em seu artigo 1º, inciso VI, que a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e que a União se articulará com os Estados, tendo em vista o gerenciamento dos recursos hídricos de interesse comum (art. 4º). Porém, não se faz menção a quais bacias (hidrográfica e hidrogeológica) serão implementadas essa articulação.

No Estado de São Paulo, a Lei 6.134/88, prevê em seu artigo 2º a interconexão entre as águas subterrâneas e superficiais e as interações observadas no ciclo hidrológico.

O estudo comparativo da legislação nos permite inferir: a) que as águas de superfície e as águas subterrâneas não são necessariamente recursos independentes; b) não podemos separar a bacia hidrográfica (superficial) da bacia hidrogeológica (subterrâneo), vez que ambas devem ser estudadas e gerenciadas conjuntamente; e c) o ciclo hidrológico não permite que a aplicação do conceito de bacia hidrográfica seja dissociada do conceito de bacia hidrogeológica, sob pena de querermos estagnar a natureza.

Existe uma lacuna promovida pela Lei 9.433, no que se refere ao gerenciamento dos recursos hídricos, vez que não há vedação expressa para que bacias hidrográficas e hidrogeológicas, sobrepostas, pudessem integrar um mesmo Comitê, considerando-se que o recurso hídrico principal seja de domínio da União.

Ainda, a proteção deste recurso deve ser destacada. Exemplificam-se vários casos de contaminação de aquíferos por resíduos de áreas industriais desativadas, e a ingestão da água contaminada por pessoas, ao longo de muitos anos. Casos como Recanto dos Pássaros, Paulínia, e Mansões Santo Antônio, Campinas, refletem a necessidade de ações sobre a gestão da qualidade deste recurso.

Considerações:

- I - Tendo em vista a interação natural entre as águas superficiais e subterrâneas, inseridas no ciclo hidrológico, o manejo integrado desses recursos deve proporcionar uma proteção mais eficaz face a grande variação existente em sua disponibilidade e qualidade para melhor atender às necessidades das populações, ultrapassando fronteiras estaduais e nacionais.
- II - A adoção de políticas públicas para implementar a gestão coordenada dos recursos hídricos, não se restringe somente a ações voltadas a estes recursos hídricos, mas passa também por uma gestão maior que envolve, dentre outros, o uso e ocupação das terras, educação, sócio-economia, e até políticas maiores como a melhor distribuição de renda à população.
- III - Ainda não se possui uma gestão efetiva sobre esse recurso. A questão se encontra em fase embrionária, e ações referentes a situações emergentes como contaminações e toxicidade estão restritas a órgãos de controle, sem que seja ainda foco de discussão e deliberações em fóruns como Comitês de bacias, no que se refere a sua gestão.

(1) IGE/UNICAMP; USF/Bragança, SP (wilson@ige.unicamp.br). (2) IGE/UNICAMP (sueliyos@ige.unicamp.br) - Campinas, SP.

## PROPOSTA DE UM SISTEMA DE INFORMAÇÃO PARA ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA DE RECURSOS HÍDRICO NA BACIA DO RIO CORUMBATAI - SP

Antonio Henrique Dantas da Gama **PENTEADO** & Sueli Yoshinaga **PEREIRA**

O presente trabalho tem por finalidade apresentar e discorrer sobre um modelo de sistema de informação para recursos hídricos. Tal estudo é parte integrante de um projeto de pesquisa maior no âmbito do processo nº 101418/2002-0 do CNPQ/ CT-HIDRO referente ao doutoramento do autor.

O poder público, enquanto gestor e gerenciador do uso dos recursos hídricos, que no caso do Estado de São Paulo é representado pelo DAEE, carece de infra-estrutura básica informatizado e corpo técnico funcional capacitado a operar novas ferramentas de tecnologias.

O assunto abordado é um sistema de informação e a proposição de modelos experimentais de bases de dados e de bases cartográficas georreferenciadas. Mas estas bases não são somente dados armazenados e sim compõem um sistema estruturado e padronizado cuja organização e funcionalidade faz representação idealista de um sistema gestor e administrativo de recursos hídricos na sua unidade gerencial e das intervenções existentes. Este sistema de informação refere-se, no entanto, a bases de dados, a rotinas de programação, a interfaces de manipulação de informações através da internet e a um sistema organizacional cujo ponto de partida são modelos de “Agências de Bacias Virtuais”.

Considerando a importância da Bacia Hidrográfica do Rio Corumbataí na história das águas e dos estudos ambientais, esta foi adotada como bacia modelo para estudo no âmbito do projeto do CT-HIDRO. Ao se abordar recursos hídricos, referência se faz tanto para as águas superficiais quanto para as subterrâneas, nos remetendo profundamente aos aspectos geológicos, hidrogeológicos e ambientais, sendo estas as informações objeto deste sistema de informação orientado aos gestores e administradores das águas.

Os primeiros resultados são as primeiras bases de dados e de bases 1:50.000 georreferenciadas, compondo um dos níveis de informações do projeto maior. Por outro lado, um estudo de sistematização de hierarquia funcional foi elaborado na forma de se relacionar duas unidades administrativas adjacentes. A interdependência e a ordem hierárquica estabelecem um sistema que pode, numa alusão fractal, se reproduzir e se agregar automaticamente. Desta forma a primeira organização que se observa é uma Unidade Centralizada (UC) e uma Unidade Descentralizada (UD) que responde e obedece à primeira. Ao se defender a descentralização das ações no âmbito de política pública, a tarefa administrativa deve passar para uma UD, pois permitem ações mais pontuais, rápidas e sensíveis às ocorrências. Para ilustrar, propõe-se uma bacia hidrográfica BH, subdividida em três sub-bacias (SBH1, SBH2, SBH3), cuja administração ocorre na Unidade Administrativa UA. Podemos associar UA a uma unidade central UC que administra as SBHs e suas correspondentes UASBHs que correspondem a diferentes UD (UD1, UD2 ou UD3). Após incorporação dos conceitos de organização estrutural para fins de sistemas de informação, o próximo passo será identificar as informações pertinentes à UC que devem ser coletadas, armazenadas, processadas e disponibilizadas nas UD para a estas UC.

Estes resultados, ainda preliminares, compõem a base do projeto de pesquisa do autor que deverá dentro em breve estar disponível na íntegra. Este trabalho, portanto, procura estabelecer um conceito de inter-relacionamento entre bacias e sub-bacias objetivando-se a descentralização das ações, sem perder a coerência e o controle administrativo regional da bacia maior como um todo.

*Agradecimentos:* Ao CNPQ/CT-Hidro processo nº 101418/2002-0, ao corpo técnico e administrativo do DAEE/Piracicaba - São Paulo.

## PARÂMETROS HIDROLÓGICOS E ESTATÍSTICOS PARA ESTIMATIVA DE VAZÃO NOS RIOS DA BACIA DO RIO CORUMBATAÍ (SP)

Fabiano Tomazini da **CONCEIÇÃO**<sup>1</sup> & Daniel Marcos **BONOTTO**<sup>2</sup>

A bacia do Rio Corumbataí assume uma importante função regional no abastecimento doméstico e industrial de água para os municípios integrantes, também fornecendo água para municípios de bacias vizinhas que enfrentam problemas com seus recursos hídricos (Piracicaba e Araras). Porém, para a realização de estudos hidrológicos, a bacia do Rio Corumbataí não possui dados históricos de uma importante variável fundamental, isto é, a sua vazão a montante da cidade de Rio Claro (em Analândia e entre Ajapí-Ferraz) e a de seus principais afluentes (Rio das Cabeças, Rio Passa Cinco, Ribeirão Claro, Ribeirão Paraíso e Córrego da Assistência). Sem isto, não é possível efetuar a avaliação do transporte específico dos elementos dissolvidos nas águas fluviais na bacia do Rio Corumbataí de maneira a determinar a contribuição relativa e as principais fontes de poluição (efluentes domésticos, industriais e hospitalares) responsáveis pela alteração no sistema aquático e interferência direta nesta atrofia ao promover efeitos em níveis diferentes, ou seja, biológicos, econômicos, sociais e de saúde.

Este trabalho leva em conta diferentes parâmetros hidrológicos e estatísticos para definir uma possível contribuição anual de vazão dos principais afluentes e do próprio Rio Corumbataí antes da cidade de Rio Claro (em Analândia e entre Ajapí-Ferraz) no período compreendido entre os anos de 1973 e 1999.

A precipitação média anual na bacia do Rio Corumbataí entre 1973 e 1999 foi de 1.505 mm. Considerando à distribuição espacial de chuvas nesses 27 anos, as regiões próximas às Serras do Cuscuzeiro (Analândia) e de Itaqueri (Itirapina) apresentam índices pluviométricos superiores aos demais, concentrando maior pluviosidade nas regiões norte (na nascente do Rio Corumbataí) e oeste (nos rios Passa Cinco e das Cabeças), e menor pluviosidade na região leste (Ribeirão Claro) e sul (Ribeirão Paraíso e Córrego da Assistência) da bacia do Rio Corumbataí. A exceção foi à alta pluviosidade registrada no posto pluviométrico de Rio Claro (1560,8 mm), a presença desse município parece afetar o clima da região. A vazão média mensal no Rio Corumbataí é de 25,9 m<sup>3</sup>/s, com a vazão média mensal máxima de 168,0 m<sup>3</sup>/s registrada no mês fevereiro de 1995 e vazão média mensal mínima de 6,0 m<sup>3</sup>/s registrada no mês de setembro de 1994. A maior vazão média anual calculada entre os anos de 1973 e 1999 é do Rio Corumbataí entre Ajapí-Ferraz (5,4 m<sup>3</sup>/s), valor muito próximo ao calculado para o Rio Passa Cinco (5,1 m<sup>3</sup>/s), seguido do Ribeirão Claro (2,8 m<sup>3</sup>/s). O Rio das Cabeças (1,9 m<sup>3</sup>/s) possui vazão ligeiramente superior ao Rio Corumbataí em Analândia (1,6 m<sup>3</sup>/s), enquanto que o Ribeirão Paraíso (1,2 m<sup>3</sup>/s) e o Córrego da Assistência (0,9 m<sup>3</sup>/s) exibem a menor vazão média anual calculada.

Testes estatísticos utilizando análise de variância (ANOVA) para a área não puderam explicar e representar a variabilidade na vazão anual de cada sub-bacia. A partir deste trabalho sugere-se outro método de determinação da vazão de um rio, empregando-se a seguinte equação:

$$Ql = Qp (Al/Ap) (Pi/Pp) \quad (1),$$

onde: Qp = Vazão do posto com dados; Ap = área da bacia do posto; Al = área de cada sub-bacia; Pi = precipitação anual em cada sub-bacia; Pp = precipitação média anual de toda bacia.

(1) IGCE/UNESP (rstein@claretianas.com.br). (2) DPM/IGCE/UNESP (dmbonotto@rc.unesp.br) - Rio Claro, SP.

## O EMPREGO DA ANÁLISE FATORIAL COMO FERRAMENTA NA AVALIAÇÃO DE ÁGUAS MINERAIS E POTÁVEIS NO MUNICÍPIO DE SOCORRO, ESTADO DE SÃO PAULO

Duilio RONDINELLI & Sérgio Gouveia de AZEVEDO

Dentro do escopo do Programa de Apoio Tecnológico aos Municípios -PATEM da Secretaria de Ciência, Tecnologia e Desenvolvimento Econômico do Estado de São Paulo-SCTDE, o Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT, desenvolveu em parceria com a Prefeitura Municipal do Município de Socorro, o projeto constante do Parecer Técnico IPT nº 8115 (Del Monte *et al.*, 2001).

Dentre os vários objetivos deste projeto, executou-se um levantamento para a caracterização físico-química das fontes de água e poços de utilidade pública, com a coleta de um total de 20 amostras, analisadas para 31 parâmetros. Para o estudo estatístico deste trabalho, foram considerados 11 parâmetros, tais como, alcalinidade, sulfato, fluoreto, sódio, potássio, magnésio, cálcio, cloreto, nitrato, condutividade e resíduo de evaporação.

Na realização desta tarefa, utilizou-se a ferramenta estatística denominada análise fatorial. Segundo Rondinelli *et al.* (1989), a técnica de análise fatorial é um procedimento estatístico multivariado, de grande utilidade em estudos geoquímicos. Desta forma efetuou-se uma comparação das 20 amostras de água de Socorro, com 13 amostras de águas de fontes dos municípios de Lindoia, Águas de Lindoia, Serra Negra, Amparo e Monte Alegre, obtendo-se quatro fatores assim distribuídos: Fator 1-Associação Alcalinidade-Mg-Ca-Resíduo de Evaporação; Fator 2-Associação Cl-NO<sub>3</sub>; Fator 3-Associação F-Na-K-Conductividade Elétrica; Fator 4- Associação F-SO<sub>4</sub>.

Como resultado, foi demonstrado que pelo menos as águas de dois poços e de uma fonte do Município de Socorro, dentre as 20 amostras estudadas, são semelhantes as águas minerais das Fontes São José e São Bernardo do Município de Lindoia, Fontes Santa Filomena e Beleza, do Município de Águas de Lindoia. e Fontes Nossa Senhora do Amparo e Bocaina, do Município de Amparo.

Finalizando, o emprego da análise fatorial mostrou-se eficaz, no levantamento regional de águas, sendo de grande valia para estudos de maior detalhe em áreas potenciais assim delineadas, visando por consequência, o incremento industrial da produção de água mineral ou potável de mesa.

### REFERÊNCIAS

- Del Monte E., Almeida S.A., Sintoni A., Rondinelli D., Souza C.N.R., Carvalho I. C., Motta J.F.M., Baladore L.S.S., Tanno L.C., Cabral Jr., M., Azevedo S.G., Camargo A.C., Portela J.C.S., Lomônico M.J., Silva C.A.A. 2001. Assessoria para Qualificação e Regularização das Fontes Públicas de Água Mineral e das Lavras de Argila e Olarias no Município de Socorro. Parecer Técnico IPT nº 8115. IPT-SCDTE. São Paulo.
- Rondinelli D., Quintanilha J.A., Silveira A.C., Mayema O., Beljavskis P. 1989. Geoquímica Regional da Folha Pilar do Sul - São Paulo. Anais do II Congresso Brasileiro de Geoquímica 47-60. SBGq-CPRM-DNPM. Rio de Janeiro.

## **SIGEST<sup>STP</sup> - SISTEMA INTEGRADO DE GESTÃO DO USO MÚLTIPLO DAS ÁGUAS DO SISTEMA TIETÊ-PARANÁ: EXEMPLO DE UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTAS DE GEOPROCESSAMENTO NO AUXÍLIO À GESTÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS**

Norberto **MORALES**<sup>1,2</sup>, Sérgio Luis **ANTONELLO**<sup>1</sup>,  
Antonio Misson **GODOY**<sup>2</sup>, Antonio **CAMARGO JÚNIOR**<sup>3</sup>

O Projeto SIGEST<sup>STP</sup> ([www.sigest.fcth.br](http://www.sigest.fcth.br)) é um projeto multiinstitucional de concepção de uma plataforma tecnológica de acesso público e gratuito para a integração de dados e informações sobre o uso múltiplo das águas do Sistema Tietê-Paraná. Está sendo desenvolvido sob os auspícios do Fundo Setorial de Recursos Hídricos - CTHIDRO e financiado pela FINEP através de convênio com a FUNDUNESP - Fundação para o Desenvolvimento da UNESP.

Em seu estágio atual de concepção, a plataforma integra uma série de ferramentas tecnológicas aplicadas à análise de informações relacionadas ao uso da água para fins de geração de energia, navegação fluvial, irrigação, turismo, preservação ambiental e abastecimento. No que concerne aos modelos de simulação construídos para a análise de disponibilidade hídrica para fins de abastecimento, os autores utilizaram ferramentas de geoprocessamento, para a construção de um banco de dados sobre águas subterrâneas na área piloto de validação do protótipo do SIGEST, entorno do Reservatório de Bariri, localizado no Médio Rio Tietê em território paulista.

Coube ao CEAPLA - Centro de Análise e Planejamento Ambiental, desenvolver um banco de dados georreferenciados e ajustados à base cartográfica digital 1:50.000 de Bariri, Jaú, Agudos e Arealva. A entrada de dados teve como fonte de informações o cadastro de poços tubulares profundos da CPRM - Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais para a área piloto, alimentados através de formulários eletrônicos desenvolvidos em *Access*.

A aplicação do banco de dados no *software ArcGIS* permitiu o manuseio dos poços, sua inserção sobre os mapas dos municípios, sobre a base cartográfica (relevo, drenagem, topografia etc) e sobre *layers* temáticos (geologia, solos, uso e ocupação do solo, etc). A validação desta rotina possibilitou a visualização, seleção e pesquisa de dados por palavras chave como, por exemplo, poços que exploram o Aquífero Guarani, poços de determinado município, poços com determinada capacidade de vazão e outras pesquisas com combinações variadas.

Os principais resultados alcançados foram: 1) Construção de um modelo de banco de dados com informações sobre os poços tubulares profundos, relacionados a sua distribuição geográfica sobre a base cartográfica e sobre *layers* temáticos; 2) *links* entre objetos gráficos e informações alfanuméricas; 3) rotinas de pesquisa na base de dados; 4) elaboração de mapas temáticos com base nos produtos anteriores, sendo que o manuseio dos dados permite modelagem e preparação de mapas estatísticos (por exemplo, vazão e capacidade específica).

A utilização desta plataforma permite a aplicação de *softwares* específicos para a gestão de água subterrânea em função do uso e ocupação do solo. É possível trabalhar e definir com maior agilidade e precisão a disponibilidade hídrica, caracterizar plumas de contaminação e/ou mineralização e elaborar cenários futuros, essenciais em atividades de gestão. A disponibilização desta metodologia e das ferramentas tecnológicas na plataforma tecnológica do SIGEST em ambiente da Rede Internet permite a utilização multi-usuário, com diferentes níveis de acesso, tanto aos dados consolidados em diferentes formatos (usuário comum), às bases de dados (usuários responsáveis por outorga e fiscalização) e alimentação e gestão da base de dados (usuário gerente), utilizando-se diferentes protocolos de comunicações.

(1) CEAPLA/UNESP ([nmoraes@rc.unesp.br](mailto:nmoraes@rc.unesp.br)). (2) DPM/IGCE/UNESP ([mgodoy@rc.unesp.br](mailto:mgodoy@rc.unesp.br)) - Rio Claro, SP. (3) FUNDUNESP - São Paulo, SP.

## DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE RETARDAÇÃO DO TRAÇADOR FLUORESCENTE URANINA EM AMOSTRAS DO AQUÍFERO DO PARQUE ECOLÓGICO DO TIETÊ - SÃO PAULO

Alexandra V. SUHOGUSOFF, Ricardo HIRATA, Luiz Carlos FERRARI

O conhecimento do comportamento de um contaminante em um aquífero é fundamental para a determinação da extensão do problema e para a escolha das alternativas de remediação. A injeção de traçadores solúveis e fluorescentes em aquíferos tem sido uma das alternativas para entender este comportamento, sobretudo aqueles associados aos processos advectivos e de retardação.

O objetivo dessa pesquisa correspondeu à determinação do coeficiente de retardação, que representa um parâmetro essencial para a elaboração do modelo matemático previsto no projeto “Modelamento Inverso Tridimensional de Fluxo e Transporte em Aquífero Livre e Raso: Aplicação no Parque Ecológico do Tietê - São Paulo”. Para tanto, foi preciso saber se a geologia e a química da área eram compatíveis ao comportamento do traçador, sendo imprescindível estudar, primeiramente, as propriedades dessa tintura e sua interação com o meio físico.

O coeficiente de retardação refere-se à sorção do traçador pela matriz sólida do aquífero, sendo determinado através de *batch-tests*, experimentos que consistem em se mesclar amostras de solo e água do aquífero com diferentes concentrações do traçador. Medindo-se as concentrações de uranina, por meio de um fluorímetro, antes e após a mistura, é possível determinar a massa que foi adsorvida com a matriz sólida. Logo, poder-se-á saber quanto da tintura ficou retida nos sedimentos por meio das diferenças de concentração do soluto e, assim, determinar o coeficiente de partição água-sólido ( $K_d$ ), através do qual é possível estabelecer a retardação.

Os *batch-tests* foram realizados em 45 amostras contendo soluções de água destilada e traçador misturadas a solos da área de estudo. Trabalhou-se com três tipos de proporções granulométricas: areia (razão de 1:1:1 de areia fina, média e grossa/muito grossa), argila ( $<0,064 \mu m$ ) e uma mistura entre essas duas granulações (60% argila e 40% areia). Os sedimentos mais arenosos foram obtidos a um intervalo de profundidade de 3 a 5 m e os argilosos, de 10 a 12 m. Confeccionaram-se triplicatas para cada uma das cinco concentrações selecionadas (10, 40, 70, 100 e 150  $\mu g/L$ ) a pH 5 (valor próximo ao observado nas águas do aquífero estudado), e para cada material. A proporção entre solução de uranina e sedimentos adotada foi de 4:1 (200 mL: 50 g). Após colocar a solução e os sedimentos em frascos âmbar, recobertos por papel alumínio, a fim de evitar a foto-degradação do traçador, procedia-se com sua agitação por um minuto, e seu resguardo a um intervalo de tempo suficiente para decantação das partículas. Por meio de uma pipeta, a solução era extraída com a mínima perturbação possível, ajustada a um pH acima de 10, e sujeita à medição no fluorímetro.

Os resultados mostraram que há adsorção da uranina pelos sedimentos, independente da fração granulométrica, se argila ou areia, cuja composição mineralógica refere-se a quartzo e, secundariamente, caulinita e illita. A geologia e a água da área praticamente não apresentaram concentração de fundo e dentre as propriedades estudadas desse traçador, observou-se que, tomando-se os devidos cuidados, é possível controlar sua foto-degradação. O que demonstra ser o maior problema desse traçador é a influência que variações do pH exercem sobre sua intensidade de fluorescência. A pHs ácidos, a fluorescência dessa substância é baixa, sendo que a adsorção é mais favorecida nos sedimentos.

## **DOMÍNIOS HIDROGEOLÓGICOS SUPERFICIAIS DAS ÁREAS URBANAS DE VITÓRIA E VILA VELHA, ESPÍRITO SANTO**

João Eduardo **ADDAD**<sup>1,2</sup> & Bruno Salaroli **PIUMBINI**<sup>1</sup>

Contextos geológicos são considerados como substrato para os processos envolvidos em possíveis problemas de contaminação ambiental, sua prevenção e remediação, principalmente no que diz respeito aos fluxos subterrâneos. As características do solo/sedimento presente e os gradientes, determinam e condicionam o comportamento do lençol freático.

Foram realizados procedimentos de sondagem geológica e de definição de fluxo subterrâneo nas áreas urbanas de Vitória e Vila Velha, Espírito Santo. Um número considerável de informações (ao redor de 40 locais) permitiu a determinação de condicionantes hidrogeológicas superficiais, *i.e.*, referentes aos aquíferos freáticos. Foram definidos três domínios principais que correspondem a condicionantes característicos para o fluxo subterrâneo raso: depósitos de paleopraias, depósitos de paleomangues e depósitos coluvionares.

Nos depósitos de paleopraia a estratigrafia é condicionada por sedimentos sucessivamente depositados em ambiente costeiro progradante. Os sedimentos presentes são predominantemente arenosos, praias e pertencentes ao Pleistoceno/Holoceno. São descritas areias de granulometrias variáveis, com presença de bioclastos em quantidades também variáveis, com presença de filmes de hidróxido de ferro a profundidades entre 1,5 e 2,5 m, pela interface entre água salgada e água doce. A profundidades maiores que 2 m, são comuns as infiltrações mecânicas de argila. Eventuais níveis de sedimentos argilosos agem como confinantes locais para a água subterrânea. A conformação dos depósitos determina um comportamento local específico para a água subterrânea, influenciado pelo alinhamento da linha de costa atual, estabelecendo padrões que obedecem ao balanço entre intrusões de água fluvial, recargas locais e oscilação da cunha salina.

Nos depósitos de paleomangues, os sedimentos presentes são predominantemente lamosos, com presença de matéria orgânica e pertencentes ao Pleistoceno/Holoceno. São descritos níveis mais ou menos ricos em matéria orgânica e bioclastos, que incluem foraminíferos. Intercalações de sedimento arenoso, em um modo inverso dos domínios de paleopraia, atuam como faixas permeáveis. Grande parte dos trechos deste domínio são posicionados periféricamente a elevações gnáissicas, determinando a presença de um fluxo contínuo de água a partir de fraturas e diáclases, em direção ao eixo/paleoeixo do sistema.

As áreas coluvionares são condicionadas por sedimentos transportados e solos formados localmente por processos pedogênicos e intempéricos, em posições coluvionares, que eventualmente evoluem para aluvionares. Ocorrem níveis com solos gradando para regolitos em profundidades variáveis. Apesar da variação no volume de água fornecido subsuperficialmente pelas formações rochosas, dependente de condições pluviais, os fluxos nestes locais apresentam direção preferencial permanente, intensificados por recargas durante períodos chuvosos ou antropicamente determinadas.

Os condicionantes encontrados estabelecem padrões distintos para os três domínios, determinativos para a previsão do comportamento do lençol freático.

---

(1) Instituto Ambien (addad@ambien.org.br) - Vila Velha, ES. (2) CT/UFES - Vitória, ES.

## AVALIAÇÃO DAS ÁGUAS DO RIBEIRÃO CLARO (RIO CLARO - SP)

Maiza Aparecida Arthus **CUNHA** & Maria Margarita Torres **MORENO**

A crescente e contínua urbanização aumenta a demanda de água para tratamento e abastecimento, assim como as ações antrópicas nas cidades. O Ribeirão Claro (Rio Claro - SP) é uma das fontes de abastecimento da cidade de Rio Claro (ETA1), e recebe, após a captação, os rejeitos da área oeste da cidade que constituem 40% do total. Neste estudo, foi feito um levantamento de dados no seu percurso, a partir da região da nascente até as proximidades da junção com o Rio Corumbataí visando avaliar as mudanças na composição da água e os fatores que contribuem.

Foram selecionados dez pontos no percurso do rio e outros em córregos afluentes fazendo-se a coleta em diferentes épocas no ano de 1999: julho (período de estiagem) e setembro (após o início das chuvas). A coleta das amostras foi realizada de acordo com as recomendações da CETESB (1987) e os parâmetros avaliados foram: a)  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Cl^-$ , OD, surfactantes e condutividade, que resultaram fortemente afetados na região urbana em relação aos pontos à montante, b) Fe, P, pH e temperatura da água, com variações em todos os pontos, porém, menos acentuadas e c) Al, Ba, Zn, Mn, Sr e nitratos, encontrados em baixas concentrações e/ou apresentando variações mínimas. Os parâmetros deste último grupo se encontram em concentrações abaixo dos limites estabelecidos pela Resolução nº 20 (1986) CONAMA para a Classe 2. No grupo b) o ferro e o fósforo estão acima das especificações para esta Classe, principalmente na região urbana, sendo que à montante, o teor de ferro pode ter como fonte a litologia e pedologia e o fósforo os fertilizantes aplicados à cultura de cana, abundante na região. A legislação não apresenta limites para os parâmetros do grupo a), exceto para cloretos ( $250 \text{ mg.L}^{-1}$ ) e OD ( $5,0 \text{ mg.L}^{-1}$ ) os quais, nos pontos à montante, estão dentro das especificações; os outros parâmetros, se comparados com outros trabalhos (Conte, 1999), são bastante altos nos pontos localizados no perímetro urbano.

Comparando os dois períodos amostrados nota-se tendência semelhante de variação nos pontos, porém, na maioria deles com menor concentração durante o período de chuvas, neste aspecto, a variação da temperatura da água entre os dois períodos é particularmente importante, principalmente em relação ao OD (oxigênio dissolvido), que dissolve menos a temperaturas altas, sendo também influenciado pela aeração das águas. A temperatura também influi na dissolução de íons (normalmente maior a temperaturas altas).

De maneira geral pode-se dizer que a variabilidade observada na composição das águas deve-se a aspectos litológicos, pedológicos, condições climáticas, uso e ocupação da terra e ação antrópica. Até a estação de captação as águas poderiam ser classificadas como CLASSE 2, exceto pelos teores de P e Fe. Após este ponto, sob a influência da zona urbana e atividades antrópicas, cai para a CLASSE 4, ou pior, não atendendo aos padrões físico-químicos de potabilidade. Para restabelecer as condições do manancial, deve-se fazer, pelo menos o tratamento prévio de esgotos domésticos e dos efluentes das indústrias da região, e paralelamente, conscientizar a população e órgãos competentes sobre a proteção de mananciais e bacias hidrográficas.

*Agradecimentos:* à FAPESP pelo financiamento da pesquisa.

### REFERENCIAS

- CETESB. Guia de coleta e preservação de amostras de água, São Paulo, CETESB, 1987, 150p.  
Conte, M.L. e Leopoldo, P.R. Avaliação de recursos hídricos: ..., São Paulo, Unesp, 1999, 141p.

## DISPONIBILIDADES HÍDRICAS SUBTERRÂNEA E SUPERFICIAL NA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIRAJIBU, REGIÃO DE SOROCABA-SP

Gustavo Alves da SILVA <sup>1</sup>, Tamar Milca Bortolozzo GALEMBECK <sup>2</sup>, Otavio GALEMBECK <sup>3</sup>

Uma das principais atividades da administração dos recursos hídricos pelo Estado exige conhecimentos da disponibilidade hídrica subterrânea e dos níveis de utilização atuais desta água, a fim de se controlar a perfuração de poços, solucionar eventuais conflitos entre usuários, estabelecer limites de exploração e decidir sobre a liberação do direito de uso da água subterrânea.

A avaliação das disponibilidades hídricas subterrâneas e superficiais na sub-bacia hidrográfica do rio Pirajibu, na região do município de Sorocaba, SP, baseada nas características de exploração de 56 poços cadastrados no DAEE, permite estabelecer as condições de aproveitamento da água subterrânea do sistema aquífero cristalino.

Geologicamente a sub-bacia posiciona-se junto à borda leste da Bacia Sedimentar do Paraná, ocupando em sua grande parte rochas cristalinas pertencentes à região de dobramentos sudeste, Faixa Ribeira, Bloco São Roque e hidrologicamente à Bacia do Médio Tietê/Sorocaba, região de ocorrência do grande sistema aquífero cristalino. As unidades litológicas constituintes do Bloco São Roque na sub-bacia compreendem principalmente os Grupos São Roque e Serra do Itaberaba formados predominantemente por metassedimentos e os Maciços Granitóides Sorocaba e São Francisco recobertos parcialmente por rochas sedimentares do Subgrupo Itaré.

A análise hidrodinâmica do aquífero na sub-bacia, relativa ao aquífero cristalino, revela valores médios de capacidade específica de 0,71 m<sup>3</sup>/h/m e vazão de 10,40 m<sup>3</sup>/h.

Os resultados da precipitação, da evaporação, da vazão total, da infiltração e do escoamento básico, possibilitaram estimar a reserva regulável (35,42 milhões m<sup>3</sup>/ano) e a reserva explorável (1032,02 m<sup>3</sup>/h ou 0,87 l/s.km<sup>2</sup> para o aquífero cristalino.

Comparando-se o consumo de água atual e a disponibilidade potencial deste recurso no aquífero cristalino, chega-se a uma disponibilidade remanescente de 451,11 m<sup>3</sup>/h, ou seja, um índice de comprometimento da disponibilidade na ordem de 56,28%, sendo que a disponibilidade hídrica superficial calculada com base em parâmetros de regionalização hidrológica resulta num  $Q_{7.10}$  de 1978,20 m<sup>3</sup>/h na área considerada.

Na sub-bacia do rio Pirajibu, as demandas de águas subterrâneas são predominantemente para uso consuntivo principalmente para fins de abastecimento público, com comprometimento de cerca de 43,55% da reserva explorável, considerando-se um índice de 25% da reserva reguladora.

O balanço hídrico revela que aproximadamente 30% do que chove na sub-bacia estudada, sai como vazão total e 8,83% infiltram no solo alimentando o lençol freático e retornando ao leito do rio na forma de vazão básica. Este índice de infiltração está relacionado principalmente as porções da sub-bacia onde ocorrem espessos mantos de intemperismo, que atuam como um retentor das águas pluviais.

*Agradecimentos:* A autora (2) agradece o apoio da FUNDUNESP - Processo 422/2002-DFP.

(1) Hidroplan. (2) DPM/IGCE/UNESP (tamarmbg@rc.unesp.br) - Rio Claro, SP. (3) DAEE/BMT - Piracicaba, SP.

## **VARIABILIDADE DE SALINIDADE NO LENÇOL FREÁTICO NO PANTANAL DA NHECOLÂNDIA, FAZENDA NHUMIRIM - MS**

Ary Rezende **TAVARES FILHO**<sup>1</sup>, Laurent **BARBIÉRO**<sup>2,3</sup>, Sônia **FURIAN**<sup>3</sup>,  
José Pereira de **QUEIROZ NETO**<sup>3</sup>, Arnaldo **SAKAMOTO**<sup>1</sup>

Estudos recentes realizados em escala regional no Pantanal da Nhecolândia mostraram que ha uma grande variabilidade de salinidade no lençol freático. O objetivo deste estudo é identificar, em escala local, a organização espacial dessa salinidade.

Para isto, foram estudadas, numa área de 8 hectares, a distribuição espacial da profundidade do lençol freático e a condutividade elétrica da água. Os dados passaram por um tratamento geoestatístico visando a elaboração de mapas por krigeagem. O lençol apresenta uma altura máxima a nível da lagoa e diminui à medida que dela se afasta. O aprofundamento do nível do lençol freático é maior na parte Sudeste da área estudada, onde a salinidade é mais elevada. Este fato parece confirmar que a salinização do lençol é um processo em andamento, ligado aos fluxos atuais da água e não herança de antigas fases climáticas áridas. Os altos valores de salinidade no lençol coincidem com as diferenciações laterais dos solos. Os resultados deste trabalho indicam que a amostragem realizada é suficiente para identificar as variações na topografia do terreno bem como as variações de profundidade no nível do lençol freático, porem, ela é insuficiente para captar os contornos da zona salina cuja variabilidade, a pequena distância, é muito elevada. São apresentadas, igualmente, as conseqüências destes resultados para a continuidade das pesquisas nessa área.

(1) DG/UFMS (sakamoto@ceul.ufms.br) - Mato Grosso do Sul, MS. (2) IRD/CEFIRSE - Department of Metallurgy, Indian Institute of Science - Bangalore, India. (3) FFLCH/USP - São Paulo, SP.

## METODOLOGIA PARA DETERMINAÇÃO DE ARSÊNIO E ANTIMÔNIO POR ICP-AES E GERAÇÃO DE HIDRETO APLICADA À GEOQUÍMICA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E DE SUPERFÍCIE

Elisa Moura **BORGES**<sup>1</sup>, Antonio José Ranally **NARDY**<sup>2</sup>, Mirtes Irene Ariza **MALAGUTTI**<sup>2</sup>

Tendo em vista a toxicidade do arsênio e antimônio à saúde humana é importante avaliar a concentração desses elementos na natureza. Visando a determinação de arsênio e antimônio, foram empregados um Espectrômetro de Emissão Atômica com Fonte de Plasma Acoplado Indutivamente (ICP-AES) e um sistema de geração de hidreto disponíveis no DPM/IGCE/UNESP, onde foram estabelecidos parâmetros instrumentais e analíticos para geração de hidreto, de modo a proporcionar as melhores condições para determinação desses elementos em águas subterrâneas e de superfície, em especial regiões consideradas críticas, ou seja as de grande atividade industrial.

Os parâmetros estudados objetivaram a estabilidade do plasma e a sensibilidade dos elementos em estudo. Para cada parâmetro foram realizadas três leituras de branco, que é uma solução semelhante a solução padrão, mas sem a adição dos elementos de interesse, e três leituras do padrão multielementar com  $100\mu\text{g.l}^{-1}$  de arsênio e antimônio em meio HCl  $3\text{mol.l}^{-1}$ , e com concentração final de tiouréia ( $\text{NH}_2\text{CSNH}_2$ ) de  $0,02\text{mol.l}^{-1}$ .

Definida as condições instrumentais: potência do plasma 705W, fluxo do gás Ar refrigerante 35psi, fluxo do gás Ar de arraste 937cc/min, velocidade da bomba peristáltica 30rpm, altura de observação acima da bobina de cobre 10mm, e as condições analíticas para geração de hidreto: o tempo de integração do sinal 60s, concentração de  $\text{NaBH}_4$  a 0,75% e a concentração de HCl a  $3\text{mol.l}^{-1}$ , a etapa seguinte consistiu na escolha da melhor linha de emissão através do cálculo da concentração equivalente de *background*, do limite de detecção e da razão entre sinal obtido para o padrão e para o branco.

Para esses cálculos foram feitas 11 leituras do branco e três do padrão nas três linhas de emissão mais sensíveis para cada elemento de estudo. Após a escolha do comprimento de onda foram traçadas curvas analíticas dos elementos de interesse. As linhas de emissão mais sensíveis nas condições de operação escolhidas foram: 189.042nm para arsênio e 206.833nm para antimônio.

Os estudos foram satisfatórios e demonstram que as condições instrumentais, analíticas para a geração de hidreto e as linhas de emissão escolhidas possuem uma alta precisão, garantindo uma ótima curva analítica para ambos os elementos com um coeficiente de correlação 0,99986 para arsênio e 0,99925 para antimônio.

Nesse estudo pode-se concluir que é possível a análise de arsênio e antimônio para baixíssimas concentrações com um limite de determinação de  $0,8\mu\text{g.l}^{-1}$  para ambos os elementos de interesse em águas subterrâneas e de superfície, sendo que o padrão de potabilidade para águas aceito pela portaria nº 1.469, de 29 de dezembro de 2000 do Ministério da Saúde é de  $10\mu\text{g.l}^{-1}$  para arsênio e  $50\mu\text{g.l}^{-1}$  para antimônio.

(1) Pós-Graduação - IGCE/UNESP. (2) DPM/IGCE/UNESP - Rio Claro, SP.

## AVALIAÇÃO DA RECARGA EM ÁREAS URBANAS: ASPECTOS METODOLÓGICOS

Ingo WAHNFRIED & Ricardo HIRATA

Estimava-se que no ano de 2000 havia mais de 10.000 poços tubulares de abastecimento privado na Bacia Hidrográfica do Alto Tietê (BAT), dos quais 7.000 estavam ativos, com extração superior a 7,9 m<sup>3</sup>/s (249 Mm<sup>3</sup>/a). Esta vazão permite abastecer potencialmente uma população de 2,5 milhões de pessoas. Avalia-se que 400 novos poços são perfurados anualmente. Apesar da grande importância no gerenciamento sustentável do recurso, não se sabe qual é a capacidade de exploração máxima que os aquíferos suportam, uma vez que se desconhece a sua recarga.

Estudos conduzidos no *campus* universitário da USP obtiveram, pelo uso do método de estimativas darcinianas, valores de recarga de 250 mm/ano. Nos bairros de Sumaré e Pompéia foi determinada uma recarga de 67 mm/ano, pelo uso do método de variação do nível de água. A estes valores deve ser acrescida uma recarga não intencional, associada à perda das redes públicas de água e de esgoto. Estendendo-se estes valores para a área da BAT, avalia-se que um total de 498 Mm<sup>3</sup>/ano (15,8 m<sup>3</sup>/s ou 410mm/a) esteja recarregando os seus aquíferos. Valores similares têm sido reportados para algumas metrópoles na América Latina e Ásia (300 a 700 mm/a).

Os métodos de estimativa mencionados apresentam imprecisões inerentes às técnicas, tendo ainda como complicante as variações de uso e ocupação urbana do solo. Quanto maior o número de técnicas aplicadas, maior será a precisão da estimativa. Em muitos casos, técnicas diferentes se complementam, refinando o modelo conceitual do processo de recarga.

O presente trabalho compara três técnicas diferentes: variação do nível d'água, estimativas darcinianas e balanço hídrico. Estas serão aplicadas em duas áreas experimentais na BAT, uma na Cidade Universitária e outra em um bairro de classe média-baixa na zona leste de São Paulo. O método da variação do nível d'água permite identificar recargas, como as causadas por precipitações. Tal método, porém, não é adequado para estimar recargas contínuas, características de fugas de redes de abastecimento de água e de coleta de esgoto. O método do balanço hídrico funciona para todas as fontes de recarga, mas pode induzir a erros significativos causados pela dificuldade da estimativa de algumas das variáveis, como a vazão específica e a evapotranspiração real. A estimativa darciniana é de fácil uso quando existem dados sobre o gradiente hidráulico e a condutividade hidráulica efetiva, porém possui um alto grau de incerteza devido às variações espaciais da condutividade hidráulica. Outras técnicas que estão sendo utilizadas para distinguir a origem da água de recarga são as isotópicas e as hidrogeoquímicas. Ambas partem do princípio que as águas apresentam uma assinatura isotópica ou química associada a sua origem. Como a água da rede pública tem origem nos grandes reservatórios próximos às serras espera-se diferentes relações entre <sup>18</sup>O/<sup>16</sup>O e D/H comparativamente às águas de recarga direta. Da mesma forma, as águas da rede pública são fluoretadas, o que não ocorre com as águas de recarga direta. O mesmo raciocínio é aplicado para as fugas de efluentes da rede de esgoto. O acompanhamento químico e isotópico das águas em poços de monitoramento tem permitido traçar qualitativamente esta proporcão.

A recarga total será definida extrapolando-se os resultados obtidos nas duas áreas experimentais para o restante da Bacia através da análise de uso e ocupação do terreno com sensoriamento remoto.

## ESTIMATIVA DE RECARGA DOS AQUÍFEROS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO TIETÊ (SP)

Juliana Baitz **VIVIANI**, Ricardo César Aoki **HIRATA**, Luiz Carlos **FERRARI**

A Bacia do Alto Tietê (BAT) é a mais importante unidade hidrográfica do Estado de São Paulo, na qual está localizada quase a totalidade da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), cuja atividade econômica representa 19% do total de riqueza do país. A BAT engloba a Bacia Sedimentar de São Paulo (1.452 km<sup>2</sup>) e as rochas pré-cambrianas do embasamento cristalino (4.238 km<sup>2</sup>) que a circundam. Tal contexto geológico define: o Sistema Aquífero Cristalino (SAC) e o Sistema Aquífero Sedimentar (SAS).

Estima-se que 7.000 poços de bombeamento estejam ativos, de um total de 10.000 poços existentes, extraindo aproximadamente 249 Mm<sup>3</sup>/ano (7,9 m<sup>3</sup>/s) dos sistemas aquíferos. Tal regime de bombeamento provoca uma redução nos níveis aquíferos, modificando o traço original das linhas de fluxo. O volume máximo de água a ser extraído de um aquífero está diretamente relacionado com sua recarga e com o custo de produção de água (incluindo extração, tratamento e distribuição).

Há uma grande dificuldade em se estimar a recarga em áreas densamente urbanizadas, como é o caso da RMSP, já que não há muitos dados de campo disponíveis. Os dados existentes para a BAT só permitem avaliar as reservas e o regime de exploração de forma indicativa, requerendo estudos mais detalhados para precisar os resultados.

Estima-se um volume total de água subterrânea (reserva secular ou permanente) de 6.357 Mm<sup>3</sup> no domínio do SAC e de 8.785 Mm<sup>3</sup> no domínio do SAS, totalizando 15.142 Mm<sup>3</sup> para a BAT. Foram calculadas recargas para as sub-bacias da BAT. Para uma situação de não-ocupação (zonas não-urbanizadas), a recarga média é de 355 mm/ano (0,355 Mm<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>/ano). Admitindo-se que grande parte do SAS está ocupada e parcialmente impermeabilizada, a recarga natural pode se reduzir a 67 mm/ano (0,067 Mm<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>/ano). A urbanização, porém, induz uma recarga não-natural, que soma 536 Mm<sup>3</sup>/ano (17,0 m<sup>3</sup>/s), representando 19,7% (perdas físicas) da distribuição total de água na BAT (64 m<sup>3</sup>/s), mais 5% da rede de esgoto e 30% da infiltração total dos sistemas de saneamento *in situ* (fossas sépticas e negras). O cálculo dos sistemas de saneamento *in situ* foi baseado no total da população sem rede de esgoto em cada uma das sub-bacias.

Considerando-se os valores de área das sub-bacias e área urbana, foram calculados os seguintes valores de recarga para as sub-bacias da BAT: *Cabeceiras* - recarga em zona não-urbanizada (RNU): 476,84 Mm<sup>3</sup>/ano, recarga em zona urbanizada (RU): 23,50 Mm<sup>3</sup>/ano, recarga por fugas da rede pública (RF): 66,88 Mm<sup>3</sup>/ano, somando uma recarga total (RT) de 567,22 Mm<sup>3</sup>/ano (335 mm/ano); *Cotia-Guarapiranga* - RNU: 298,20 Mm<sup>3</sup>/ano, RU: 8,33 Mm<sup>3</sup>/ano, RF: 23,35 Mm<sup>3</sup>/ano, e RT: 329,88 Mm<sup>3</sup>/ano (342 mm/ano); *Penha-Pinheiros* - RNU: 0 Mm<sup>3</sup>/ano (totalmente urbanizada); RU: 68,27 Mm<sup>3</sup>/ano; RF: 313,19 Mm<sup>3</sup>/ano; e RT: 381,46 Mm<sup>3</sup>/ano (374 mm/ano); *Jusante Penha-Pirapora* - RNU: 92,62 Mm<sup>3</sup>/ano; RU: 14,61 Mm<sup>3</sup>/ano; RF: 49,15 Mm<sup>3</sup>/ano; e RT: 156,38 Mm<sup>3</sup>/ano (326 mm/ano); *Juqueri-Cantareira* - RNU: 220,56 Mm<sup>3</sup>/ano; RU: 6,14 Mm<sup>3</sup>/ano; RF: 11,50 Mm<sup>3</sup>/ano; e RT: 238,21 Mm<sup>3</sup>/ano (334 mm/ano); *Billings* - RNU: 217,43 Mm<sup>3</sup>/ano; RU: 17,45 Mm<sup>3</sup>/ano; RF: 71,43 Mm<sup>3</sup>/ano; e RT: 360,31 Mm<sup>3</sup>/ano (352 mm/ano). O total estimado para a BAT foi RNU: 1359,65 Mm<sup>3</sup>/ano; RU: 138,31 Mm<sup>3</sup>/ano; RF: 535,51 Mm<sup>3</sup>/ano; e RT: 2033,46 Mm<sup>3</sup>/ano (345 mm/ano).

## ANÁLISE ESTATÍSTICA PRELIMINAR DA PRODUTIVIDADE DE AQUIFEROS FISSURAIS NA PORÇÃO OESTE DA BACIA DO ALTO TIETÊ - SP \*

Ivanety Pereira Santos de JESUS <sup>1</sup> & Ginaldo Ademar da Cruz CAMPANHA <sup>2</sup>

A necessidade de estudar os condicionantes da circulação de água em meios fraturados e do potencial dos recursos hídricos subterrâneos na área, motivaram a execução do presente trabalho. O objetivo deste estudo é avaliar estatisticamente a produtividade dos poços tubulares profundos em função dos tipos litológicos da região. A área está inserida na porção oeste da Bacia do Alto Tietê, em terrenos metamórficos (Complexo Embu e os Grupos São Roque e Serra do Itaberaba), rochas granitóides, sedimentos terciários da Bacia de São Paulo incluindo o Grupo Taubaté (Formações Resende e São Paulo), bem como os depósitos neocenozóicos. Este contexto geológico define, na área, os seguintes sistemas hidrogeológicos: Sistema Aquífero Granitóide (granitos e gnaisses) e Sistema Aquífero Metassedimentar (filitos, micaxistos, quartzitos e calcários) e o Sistema Aquífero Sedimentar (lamitos argilosos/arenosos e areias/cascalhos). O estudo baseia-se no cadastro de poços do DAEE (Departamento de Águas e Energia Elétrica) do qual gerou-se um banco de dados com cerca de 200 poços tubulares profundos. Os parâmetros utilizados para avaliar a produção dos poços foram Vazão (Q) e a Capacidade Específica (Q/s).

A análise de produção para todos os poços tubulares da área, apresentou vazão média de 12,52m<sup>3</sup>/h e a capacidade específica com média de 0,68m<sup>3</sup>/h/m. O Sistema Aquífero Granitóide é analisado pelos tipos litológicos distintos e os resultados se comportam da seguinte maneira: Granitos com 63 poços mostram vazão média de 8,16m<sup>3</sup>/h e a capacidade específica apresenta média de 0,42m<sup>3</sup>/h/m; Gnaisses com uma distribuição de 43 poços, cuja vazão média é de 8,58m<sup>3</sup>/h, capacidade específica média de 0,37m<sup>3</sup>/h/m. O Sistema Aquífero Metassedimentar, para cada tipo litológico, demonstraram os seguintes resultados: Filitos proporcionam produção mais elevada na área, com 09 poços apresentam vazão média de 33,93m<sup>3</sup>/h e capacidade específica média de 1,25m<sup>3</sup>/h/m; Micaxistos com 20 poços, vazão média de 15,32m<sup>3</sup>/h e capacidade específica com média de 0,46m<sup>3</sup>/h/m; Quartzitos com 18 poços exibem vazão média de 13,67m<sup>3</sup>/h e capacidade específica com média de 0,23m<sup>3</sup>/h/m; os Calcários apresentam 19 poços com vazão média de 19,23m<sup>3</sup>/h, capacidade específica com média de 0,60 m<sup>3</sup>/h/m. O Sistema Aquífero Sedimentar, de um modo geral, apresenta 28 poços com vazão média de 14,25m<sup>3</sup>/h e capacidade específica média de 2,64 m<sup>3</sup>/h/m.

Os estudos preliminares realizados mostram resultados de produtividade baixas para os granitos e gnaisses; já os metassedimentos apresentam produção elevada. É interessante notar que os sedimentos da Bacia de São Paulo de ocorrência restrita na área de estudo, demonstram a mesma ordem de grandeza à produção que os metassedimentos.

Os estudos prosseguem na tentativa de analisar a relação de produtividade dos poços entre os padrões estruturais presentes na área, o manto de intemperismo, a topografia utilizando análise de correlação e os parâmetros hidrogeológicos.

\* Trabalho desenvolvido com apoio da FAPESP (Processo nº 02/00265-0).

## PRODUTIVIDADE DOS AQÜÍFEROS DA BACIA DO RIO JUNDIAÍ: RESULTADOS PRELIMINARES

Mirna Aparecida NEVES<sup>1</sup> & Norberto MORALES<sup>2</sup>

No Brasil, existe uma carência muito grande de conhecimentos relativos à hidrogeologia regional, principalmente no caso dos aquíferos fraturados. O comportamento da água subterrânea em rochas cristalinas é bastante complexo e ainda pouco conhecido. O interesse nestes aquíferos tem crescido no mundo todo, pela necessidade cada vez maior de água para abastecimento urbano e industrial e de locais seguros para disposição de resíduos perigosos. A maior parte da bacia do rio Jundiaí, onde os problemas de escassez hídrica são alarmantes, situa-se sobre terrenos cristalinos. No extremo oeste da área, ocorrem rochas sedimentares paleozóicas pertencentes ao Grupo Tubarão e, distribuídos de forma descontínua, encontram-se ainda depósitos sedimentares cenozóicos inconsolidados.

O estudo teve como base os dados de poços tubulares profundos que exploram os sistemas aquíferos Cristalino e Tubarão, não apenas na bacia, mas também nas áreas adjacentes. Apresenta-se uma análise de erros para avaliar a qualidade dos bancos de dados disponíveis no estado de São Paulo. Em seguida, os dados são apresentados e analisados estatisticamente com testes de correlação entre os aquíferos. São 486 poços no Sistema Aquífero Cristalino, 40 no Tubarão e 27 que exploram ambos, os quais são denominados poços mistos. Os dados de capacidade específica, vazão e profundidade de poços das três amostras foram analisados separadamente. Nos poços do Cristalino, a capacidade específica mediana é de 0,08 m<sup>3</sup>/h/m, nos do Tubarão é de 0,09 m<sup>3</sup>/h/m e nos mistos, 0,06 m<sup>3</sup>/h/m. A vazão mediana é de 5,00 m<sup>3</sup>/h no Sistema Aquífero Cristalino, 5,75 m<sup>3</sup>/h no Sistema Tubarão e de 4,40 m<sup>3</sup>/h nos poços mistos. A mediana da profundidade dos poços no Cristalino é 150,00 m, no Tubarão, 133,00 e nos mistos, 170,00 m.

A faixa entre os 150 e 300 m de profundidade é o intervalo mais produtivo do Sistema Aquífero Cristalino, apesar da ocorrência conjunta de poços com baixa produtividade em todos os intervalos. A relação é diferente no Sistema Aquífero Tubarão, onde a produtividade tende a diminuir com a profundidade e os poços mais produtivos estão entre 50 e 150 m. Nos poços mistos, a capacidade específica também diminui com o aumento da profundidade.

A distribuição da produtividade em área parece ser aleatória. Aparentemente, também não se observa controle litológico, pois ocorrem todos os intervalos de produtividade em um mesmo litotipo. A densidade de lineamentos, recomendada na utilização de sensores, não tem ligação com a produtividade, o que se percebe pela presença de poços muito produtivos mesmo onde a densidade de lineamentos é baixa. Isto não é de se estranhar, uma vez que em locais com coberturas intemperizadas ou com coberturas coluviais, os lineamentos ficam mascarados. Por outro lado, poços com alta vazão parecem se ajustar a determinados lineamentos, que mostram importante papel na conformação da paisagem local, necessitando uma investigação mais detalhada, ou o aporte de maior quantidade de informação.

No modelo conceitual adotado, a camada superficial alterada e a zona intermediária, alterada e fraturada por alívio de pressão, apresentam alta capacidade de armazenamento e estão sujeitas à influência de vários fatores como, por exemplo, os *landforms*. Já a rocha fraturada subjacente, mais transmissiva do que armazenadora, apresenta fraturamento essencialmente tectônico. Acredita-se que os poços mais produtivos da área, situados entre 150 e 300 m de profundidade, estejam captando água em zonas de fraturas abertas geradas ou reativadas por eventos tectônicos recentes.

(1) Pós-Graduação - IGCE/UNESP (mirnaan@rc.unesp.br). (2) DPM/IGCE/UNESP - Rio Claro, SP.

## **ENSAIOS GEOFÍSICOS APLICADOS AO MONITORAMENTO DO SOLO E DO LENÇOL FREÁTICO EM ÁREA DE DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS**

Antonio Celso de Oliveira **BRAGA**, Walter **MALAGUTTI FILHO**, João Carlos **DOURADO**

Ensaio geofísico pelo método da eletrorresistividade, utilizando as técnicas de campo do caminhamento elétrico - CE e da sondagem elétrica vertical - SEV, foram executados em área de disposição de resíduos industriais no município de Matão/SP. Os estudos tiveram como objetivo obter uma caracterização geoeletrica dos materiais geológicos em subsuperfície, auxiliando os estudos ambientais que se desenvolveram na área; determinando a profundidade do nível d'água, a identificação dos materiais geológicos em subsuperfície e procurando detectar eventuais plumas de contaminação. Foram executadas quatro linhas de caminhamento elétrico - CE, totalizando 910 m lineares de investigação, e três sondagens elétricas verticais - SEV, cujos AB máximo atingido foi de 160 m, localizadas ao longo da área de interesse.

Através do CE identificaram-se níveis em profundidade, cujos valores de resistividades aparentes, extremamente baixos em relação aos demais níveis, principalmente, em relação ao primeiro e quarto, refletiriam sedimentos contendo grande concentração de minerais metálicos. O segundo nível, com valores intermediários, entre o primeiro e o terceiro nível, evidencia uma menor concentração de minerais metálicos, comportando-se como uma transição. As resistividades obtidas, para o quarto nível de investigação, são extremamente elevadas, o que caracterizaram uma ocorrência de sedimentos não saturados, como ficou evidenciado nas sondagens elétricas (SEV), cuja posição do nível d'água, mais profundo, o CE não determinou.

Para melhor visualizar o comportamento lateral e em profundidade das resistividades, foram traçados os mapas referentes aos quatro níveis investigados. Nestes mapas pode-se observar que, o terceiro nível apresenta baixos valores em, praticamente, toda a área investigada. Já, para o mapa do segundo nível, tem-se a ocorrência dessa gama de baixos valores, em locais mais restritos. A partir da interpretação quantitativa das SEV's, observa-se que a profundidade real do terceiro nível do CE, extremamente condutor, varia de 3,1 m (SEV-01) a 10,6 m (SEV-03). Sendo o nível d'água (NA), variando de 15,0 (SEV-01) a 17,0 (SEV-02) m.

Os resultados obtidos permitiram identificar e posicionar em profundidade os diferentes estratos correlacionados com a geologia da área, em especial aqueles que caracterizam os objetivos do trabalho: nível e fluxo d'água subterrâneo e delimitação de plumas de contaminação. Portanto, os poços de monitoramento a serem instalados, deverão investigar estes níveis, atingindo as profundidades mínimas de 12 m (linha 1 - CE) a 5 m (linha 4 - CE).

**ENCONTRO TEMÁTICO  
GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS**

PLANEJAMENTO E GESTÃO DE HIDROVIAS INTERIORES POR MEIO DE SISTEMAS INTEGRADOS DE INFORMAÇÃO: A EXPERIÊNCIA DO SIGEST <sup>STP</sup> – SISTEMA INTEGRADO DE GESTÃO DO EIXO DE DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA TIETÊ-PARANÁ	
Antonio Camargo Júnior .....	249
RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS: CONSIDERAÇÕES SOBRE SUA GESTÃO	
Wilson José Figueiredo Alves Junior & Sueli Yoshinaga Pereira .....	250
PROPOSTA DE UM SISTEMA DE INFORMAÇÃO PARA ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA DE RECURSOS HÍDRICOS NA BACIA DO RIO CORUMBATAI - SP	
Antonio Henrique Dantas da Gama Penteado & Sueli Yoshinaga Pereira .....	251
PARÂMETROS HIDROLÓGICOS E ESTATÍSTICOS PARA ESTIMATIVA DE VAZÃO NOS RIOS DA BACIA DO RIO CORUMBATAÍ (SP)	
Fabiano Tomazini da Conceição & Daniel Marcos Bonotto .....	252
O EMPREGO DA ANÁLISE FATORIAL COMO FERRAMENTA NA AVALIAÇÃO DE ÁGUAS MINERAIS E POTÁVEIS NO MUNICÍPIO DE SOCORRO, ESTADO DE SÃO PAULO	
Duilio Rondinelli & Sérgio Gouveia de Azevedo .....	253
SIGEST <sup>STP</sup> - SISTEMA INTEGRADO DE GESTÃO DO USO MÚLTIPLO DAS ÁGUAS DO SISTEMA TIETÊ-PARANÁ: EXEMPLO DE UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTAS DE GEOPROCESSAMENTO NO AUXÍLIO À GESTÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	
Norberto Morales, Sérgio Luis Antonello, Antonio Misson Godoy, Antonio Camargo Júnior .....	254
DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE RETARDAÇÃO DO TRAÇADOR FLUORESCENTE URANINA EM AMOSTRAS DO AQUIFERO DO PARQUE ECOLÓGICO DO TIETÊ - SÃO PAULO	
Alexandra V. Suhogusoff, Ricardo Hirata, Luiz Carlos Ferrari .....	255
DOMÍNIOS HIDROGEOLÓGICOS SUPERFICIAIS DAS ÁREAS URBANAS DE VITÓRIA E VILA VELHA, ESPÍRITO SANTO	
João Eduardo Addad & Bruno Salaroli Piumbini .....	256
AVALIAÇÃO DAS ÁGUAS DO RIBEIRÃO CLARO (RIO CLARO - SP)	
Maiza Aparecida Arthus Cunha & Maria Margarita Torres Moreno .....	257
DISPONIBILIDADES HÍDRICAS SUBTERRÂNEA E SUPERFICIAL NA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIRAJIBU, REGIÃO DE SOROCABA-SP	
Gustavo Alves da Silva, Tamar Milca Bortolozzo Galembeck, Otavio Galembeck .....	258
VARIABILIDADE DE SALINIDADE NO LENÇOL FREÁTICO NO PANTANAL DA NHECOLÂNDIA, FAZENDA NHUMIRIM - MS	
Ary Rezende Tavares Filho, Laurent Barbiéro, Sônia Furian, José Pereira de Queiroz Neto, Arnaldo Sakamoto .....	259
METODOLOGIA PARA DETERMINAÇÃO DE ARSÊNIO E ANTIMÔNIO POR ICP-AES E GERAÇÃO DE HIDRETO APLICADA À GEOQUÍMICA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E DE SUPERFÍCIE	
Elisa Moura Borges, Antonio José Ranally Nardy, Mirtes Irene Ariza Malagutti .....	260
AVALIAÇÃO DA RECARGA EM ÁREAS URBANAS: ASPECTOS METODOLÓGICOS	
Ingo Wahnfried & Ricardo Hirata .....	261
ESTIMATIVA DE RECARGA DOS AQUIFEROS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO TIETÊ (SP)	
Juliana Baitz Viviani, Ricardo César Aoki Hirata, Luiz Carlos Ferrari .....	262



ANÁLISE ESTATÍSTICA PRELIMINAR DA PRODUTIVIDADE DE AQUÍFEROS FISSURAIS NA PORÇÃO OESTE DA BACIA DO ALTO TIETÊ - SP	
Ivanety Pereira Santos de Jesus & Ginaldo Ademar da Cruz Campanha .....	263
PRODUTIVIDADE DOS AQUÍFEROS DA BACIA DO RIO JUNDIAÍ: RESULTADOS PRELIMINARES	
Mirna Aparecida Neves & Norberto Morales .....	264
ENSAIOS GEOFÍSICOS APLICADOS AO MONITORAMENTO DO SOLO E DO LENÇOL FREÁTICO EM ÁREA DE DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS	
Antonio Celso de Oliveira Braga, Walter Malagutti Filho, João Carlos Dourado .....	265