

## II CONGRESSO INTERNACIONAL DE MEIO AMBIENTE SUBTERRÂNEO

### MAPEAMENTO DE NÍVEIS FREÁTICOS EM ÁREA DE RECARGA DO SISTEMA AQUÍFERO GUARANÍ (SAG) A PARTIR DE DADOS DE MONITORAMENTO

RODRIGO L. MANZIONE<sup>1</sup>; EDSON C. WENDLAND<sup>2</sup>

**Resumo:** A representação espacial de processos hidrológicos nem sempre é feita de maneira adequada, seja por falta de dados ou mesmo difusão metodológica. No caso de dados de monitoramento, as dimensões temporais podem ser associadas a dimensão espacial quando a rede de coleta de dados for representativa. Métodos apropriados devem ser aplicados a esses dados, buscando inferir sobre a dinâmica do sistema aquífero e as variações sazonais. O presente trabalho teve como objetivo aplicação de modelos baseados em séries temporais para compreensão da dinâmica do Sistema Aquífero Guarani (SAG) em uma bacia hidrográfica em área de afloramento. Seus resultados são interpolados espacialmente por meio de técnicas geoestatísticas, utilizando um modelo digital de terreno (MDT) como fonte de informação auxiliar nas estimativas. Os mapa final representa a probabilidade de ocorrência de alturas dos níveis freáticos na bacia em determinada época do ano. Esses mapas auxiliam no processo de gerenciamento e tomada de decisão no planejamento dos recursos hídricos subterrâneos.

**Palavras- Chave:** séries temporais; modelo PIRFICT; geoestatística, MDT.

**Abstract:** The spatial representation of hydrological processes is not always adequate, because of lack of data or even so methodological transfer. In the case of monitoring data, the temporal dimension can be associated with the spatial dimension when the sampling network is representative. Appropriated methods should be applied in these data looking for infer about the aquifer system dynamics and seasonal variations. The present work had as objective apply time series models to understand the Guarani Aquifer System (GAS) dynamics in a watershed in a outcrop area. The results are interpolated spatially using geostatistics techniques, using a digital elevation model (DEM) as ancillary information in the estimatives. The final maps represents the

<sup>1</sup> Eng. Agr., Prof. Assistente Dr., UNESP/Ourinhos – Av. Vitalina Marcusso, 1500, CEP 19910-206, Ourinhos-SP. Fone: (14) 3302-5700, [manzione@ourinhos.unesp.br](mailto:manzione@ourinhos.unesp.br)

<sup>2</sup> Eng. Civil, Prof. Titular, EESC/USP – Depto. de Hidráulica e Saneamento. Av. Trabalhador São-carlense, 400 CP 359 CEP: 13566-590 São Carlos (SP) Fone: (16) 3373-9541 [ew@sc.usp.br](mailto:ew@sc.usp.br)

probability of occurrence of water table levels in the watershed in a given date of the year. These maps help in the water management process and decision making in the groundwater planning.

**KEYWORDS:** time series; PIRFICT model; geostatistics; DEM.

## 1 – INTRODUÇÃO

O monitoramento de recursos hídricos subterrâneos fornece informações para que se possa atender a demanda hídrica de sistemas agrícolas, atividades industriais, ecossistemas e abastecimento urbano, sem afetar a oferta e comprometer reservas importantes de sistemas aquíferos. Ao modelar esse tipo de fenômeno é necessário considerar as variações espaço-temporais para que seja caracterizada a dinâmica do sistema. Os cenários gerados na forma de mapas representam a continuidade do processo e podem auxiliar no planejamento das atividades desenvolvidas sobre o manancial subterrâneo assim com o uso sustentável da água. O Sistema Aquífero Guarani (SAG) constitui uma importante reserva de água subterrânea mundial. No Brasil apresenta grande importância econômica, com diversos municípios localizados na sua área de abrangência. Suas zonas de recarga correspondem a 10 % de sua área total. O objetivo desse estudo foi caracterizar os recursos hídricos em uma bacia hidrográfica em uma área de recarga do SAG, mapeando níveis freáticos para datas de interesse, através da simulação de séries temporais regionalizados fisicamente embasados.

## 2 – MATERIAL E MÉTODOS

A Bacia do Ribeirão da Onça localiza-se na região do Município de Brotas-SP, no centro-norte do Estado de São Paulo, entre os paralelos 22°10' e 22°15' de latitude sul e entre os meridianos 47°55' e 48°00' de longitude oeste (Figura 1). O Ribeirão da Onça é um dos formadores do Rio Jacaré-Guaçu, afluente do Rio Tietê pela margem direita. A região pertence à área de afloramento do SAG e apresenta alta representatividade como possível área de recarga do sistema.

Os níveis freáticos são observados em 23 poços distribuídos ao longo da bacia com uma frequência quinzenal (Figura 1). Os poços estão localizados em regiões de diferentes ocupações do solo na bacia (eucalipto, cana, pastagens e citros), permitindo observar as variações dos níveis freáticos sob diferentes exigências hídricas. O monitoramento dos níveis freáticos teve início em abril de 2004 compondo uma série histórica contínua até abril de 2011. A uma distância de 1,5 km encontra-se a Estação Climatológica do Centro

de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada (CRHEA) da Universidade de São Paulo (USP) onde são registradas séries de precipitação e obtidos os dados climatológicos para a estimativa da evapotranspiração, utilizadas como variáveis explicativas no modelo de oscilação dos níveis freáticos. Os dados climáticos disponíveis na Estação Climatológica formam uma série temporal com início em 1974.

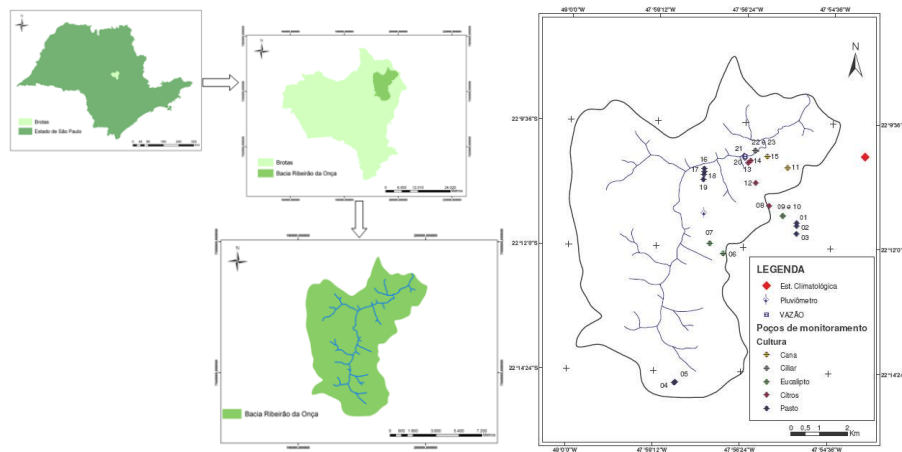


Figura 1: Localização da Bacia do Ribeirão da Onça, Brotas-SP e distribuição dos poços.

Para modelagem de níveis utilizou-se a metodologia descrita em Manzione et al. (2010 [1]), simulando modelos de séries temporais e posteriormente espacializando os resultados a partir de técnicas geoestatísticas. O modelo de séries temporais adotado foi o PIRFICT (Predefined Impulse Response Function In Continuous Time) que é uma alternativa a modelos de função de transferência de ruído em intervalos de tempo discretos (Von Asmuth et al., 2002 [2]). O modelo foi simulado para a data de 12 de outubro, considerada o início dos cultivos na região. Foi utilizado um modelo digital de terreno (MDT) com escala 1:10.000 como variável auxiliar no sistema de krigagem ordinária para melhorar as estimativas, agregar sentido físico ao mapa final e possibilitar a predição espacial em locais onde não há informação disponível sobre os níveis freáticos.

### 3 – RESULTADOS E DISCUSSÕES

O mapa com as alturas de lençol freático previstas para 12 de outubro na Bacia do Ribeirão da Onça, assim como os desvios padrões das estimativas podem ser vistos na Figura 2. Pode-se verificar que a alta correlação ( $r^2=0,82$ ) entre as alturas de lençol freático e altimetria da bacia possibilitaram com que o MDT fosse uma fonte valiosa de informação auxiliar na interpolação espacial, permitindo reconstruir os padrões dos níveis na margem esquerda do ribeirão onde não haviam dados piezométricos. O mapa com os

desvios fornece informação sobre as incertezas associadas as estimativas, que devem ser consideradas no planejamento, buscando uma gestão segura e eficiente da água.

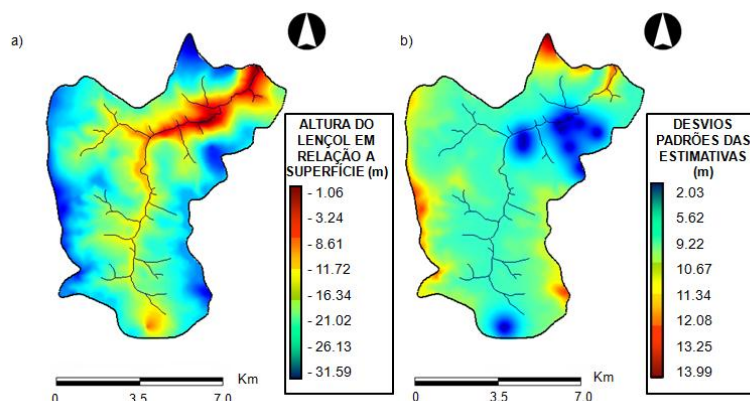


Figura 2: a Alturas de lençol freático previstas para 12 de Outubro na bacia do Ribeirão da Onça e b desvios padrões das estimativas.

#### 4 – CONCLUSÕES

A partir dos resultados apresentados, pode-se concluir que:

- as técnicas empregadas foram eficazes na descrição do estado médio dos níveis freáticos em uma determinada data;
- os mapas apresentados possibilitam determinar áreas com níveis mais elevados ou mais superficiais ou mesmo áreas de risco de níveis críticos; e
- a apresentação de cenários possíveis sobre o comportamento do aquífero auxiliam o planejamento e a gestão da água subterrânea.

**AGRADECIMENTOS:** À FAPESP (processo 2009/05204-8) e ao CNPQ pelo auxílio financeiro que possibilitou o desenvolvimento deste trabalho.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] MANZIONE, R. L.; Knotters, M.; Heuvelink, G. B. M.; Von Asmuth, J. R.; Camara, G. Transfer function-noise modeling and spatial interpolation to evaluate the risk of extreme (shallow) water-table levels in the Brazilian Cerrados. **Hydrogeology Journal**, v.18, 2010. p. 1927-1938.

[2] VON ASMUTH, J. R.; Bierkens, M. F. P.; Maas, C. Transfer function noise modelling in continuous time using predefined impulse response functions. **Water Resources Research**, v. 38 (12), 2002. p. 23.1-23.12.