

# XVII CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

## VII FENÁGUA - Feira Nacional da Água

### XVIII Encontro Nacional de Perfuradores de Poços

## **AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DO MODELO PIRFICT UTILIZANDO DIFERENTES SÉRIES TEMPORAIS DE ENTRADA**

Bruna C. Soldera<sup>1</sup>; Rodrigo L. Manzione<sup>2</sup> & Edson Wendland<sup>3</sup>

**RESUMO:** O monitoramento é uma ferramenta fundamental para avaliar o atual estado do aquífero, podendo ser realizado por meio de medidas de seus níveis freáticos, que irão fornecer informações sobre sua dinâmica. O presente trabalho tem como objetivo aplicação de modelos baseados em observações e em séries temporais, para compreensão dos processos que ocorrem durante o ciclo hidrológico e que afetam a disponibilidade dos recursos hídricos subterrâneos do Sistema Aquífero Guarani (SAG). Para isto foi utilizado o modelo PIRFICT, que se baseia em um sistema linear de entrada e saída que usa funções de impulso e resposta para caracterizar a relação dinâmica entre o excedente hídrico e os níveis freáticos. Foram analisados dois poços de monitoramento freático e feito à calibração dos modelos utilizando a combinação das variáveis: precipitação; precipitação e evapotranspiração; e precipitação, evapotranspiração e nível do rio. Os resultados demonstraram uma boa calibração do modelo aos dados, melhorando à medida que as séries de entrada são combinadas.

**PALAVRAS-CHAVE:** modelo PIRFICT, funções de impulso e resposta, estatística.

## **PIRFICT MODEL PERFORMANCE EVALUATION USING DIFFERENT TIME SERIES INPUTS**

**ABSTRACT:** Monitoring is an essential tool to evaluate the current state of the aquifer. It can be accomplished through measuring groundwater levels, which will provide information about its dynamics. The present work aims to apply models based on observations and time series, for understanding the processes that occur during the hydrological cycle and affect the availability of groundwater resources at the Guarani Aquifer System (SAG). It was used the PIRFICT model, which is based on a linear system of input and output functions and uses impulse response function to

<sup>1</sup>Geógrafa. Pós-graduanda em Agronomia, Programa Irrigação e Drenagem - UNESP/Botucatu. Rua José Barbosa de Barros, 1780 CEP: 18610-307, Botucatu – SP, Brasil. Tel: +55 14 3880-7132 email: [brusoldera@hotmail.com](mailto:brusoldera@hotmail.com)

<sup>2</sup>Professor Dr., UNESP/Ourinhos. Av. Vitalina Marcusso, 1500 CEP: 19210-206 Ourinhos – SP, Brasil. email: [manzione@ourinhos.unesp.br](mailto:manzione@ourinhos.unesp.br)

<sup>3</sup> Professor, Dr., USP / EESC - Depto. de Hidráulica e Saneamento. CP 359, CEP 13566-590 São Carlos – SP, Brasil. email: [ew@sc.usp.br](mailto:ew@sc.usp.br)

characterize the dynamic relationship between water excess and the water table. Two wells were analyzed and the model calibrated using the combination of the following variables: precipitation; precipitation and evapotranspiration; and precipitation, evapotranspiration and river level. The results presented a good model calibration, improving as the series input is combined.

**KEYWORDS:** PIRFICT model, impulse response function, statistics.

## 1 – INTRODUÇÃO

Prever a resposta de um aquífero (em termos de quantidade e qualidade) quanto às atividades de exploração propostas, e em tempo hábil para gerar políticas racionais de exploração em determinada região, é uma questão complicada, devido à complexidade dos processos envolvidos (MANOEL FILHO, 2008). Em áreas onde os níveis de reserva hídrica podem se tornar críticos existe a necessidade que as previsões a respeito sejam seguras, auxiliando assim no suporte a decisão. O monitoramento é uma ferramenta fundamental para diagnosticar o atual estado do aquífero, para tomar as devidas medidas em relação a modificações causadas por efeitos naturais ou antrópicos (SOLDERA e MANZIONE, 2012).

O objetivo deste trabalho é a aplicação de modelos baseados em observações e em séries temporais para compreensão dos processos que ocorrem durante o ciclo hidrológico e afetam a disponibilidade dos recursos subterrâneos do Sistema Aquífero Guarani (SAG). Em aquíferos afetados por variações sazonais, diferentes estresses hídricos e onde utilização da água é feita de maneira contínua, se faz necessário a utilização de diferentes séries de entrada no modelo para compreender a dinâmica do aquífero e permitir que o risco associado às estimativas seja mensurado.

## 2 – MATERIAL E MÉTODOS

A área analisada situa-se na Bacia do Ribeirão da Onça localizado na região do Município de Brotas-SP, região 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 (WENDLAND et al., 2007). É uma típica bacia hidrográfica encontrada no interior do Estado de São Paulo, fortemente sujeita a utilização econômica, apresentando diversos cultivos como cana de açúcar, citros, eucalipto e pastagens, além de pequenos remanescentes de cerrado e mata nativa junto às drenagens, é uma área de afloramento do Aquífero Guarani. Os dados de oscilações dos níveis formam uma série com início em abril de 2004 até julho de 2011. Próxima à bacia (1,5 km) encontra-se a Estação Climatológica do Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada da Universidade de São Paulo (CRHEA/USP), o que permite a inclusão de dados históricos de precipitação, insolação e infiltração nos estudos de estimativa de evapotranspiração para a realização do balanço hídrico. Os dados climáticos disponíveis na Estação Climatológica formam uma série temporal com início em 1974. E

também estão disponíveis séries de vazão e altura do nível do ribeirão medidos na estação fluviométrica da bacia. Informações sobre a dinâmica do lençol freático são importantes para balancear os interesses econômicos e ecológicos quanto ao uso do solo e da água (VON ASMUTH & KNOTTERS, 2004). Diante disto, selecionou-se dois poços, um localizado próximo ao divisor de águas da bacia (poço 8 – P08) e outro localizado próximo a drenagem (poço 22 – P22) e utilizou-se o modelo PIRFICT (Predefined Impulse Response Function In Continuous Time) (VON ASMUTH *et al.*, 2002), cujo sistema transforma séries de observações de entrada (variáveis explicativas, como precipitação, evapotranspiração potencial) em séries de saída (variável de resposta, no caso níveis freáticos) para calibração das séries. Neste modelo o pulso de entrada é transformado em uma série de saída por uma função de transferência, essa transformação é completamente governada pela função IR (Impulso e Resposta). Foram realizadas calibrações nos dois poços utilizando combinações de séries temporais de precipitação, evapotranspiração potencial e o nível do rio existente na área estudada, para posterior análise e compreensão de como a dinâmica do nível freático é afetada por esses processos.

### 3 – RESULTADOS E DISCUSSÕES

O modelo PIRFICT foi calibrado para dois poços de monitoramento dos níveis freáticos, P08 e P22. Em um primeiro ajuste usou-se apenas a precipitação como entrada, seguido de um segundo ajuste utilizando precipitação e evapotranspiração potencial como entradas e um terceiro ajuste utilizando precipitação, evapotranspiração potencial e o nível do rio como variáveis de entrada no modelo. As estatísticas das calibrações do modelo podem ser visualizadas na Tabela 1.

Tabela 1: Estatísticas da calibração do modelo PIRFICT às séries temporais

SÉRIES DE ENTRADA	PVE	RMSE (m)	RMSI (m)
PREC			
P08	43,96	1,569	0,665
P22	79,61	0,135	0,094
PREC/EVAP			
P08	48,10	1,474	0,661
P22	79,67	0,136	0,095
PREC/EVAP/RIO			
P08	81,69	0,895	0,579
P22	78,49	0,140	0,097

PREC = precipitação; EVAP = evapotranspiração; RIO = nível do rio; P08 = poço 8; P22 = poço 22; PVE = Percentual da Variância Explicada pelo modelo; RMSE = Raiz do erro médio quadrático; e RMSI = Raiz das inovações quadráticas.

O ajuste do modelo PIRFICT as diferentes séries temporais utilizadas no P08 demonstrou que quando leva-se em consideração somente as séries de precipitação e evapotranspiração os ajustes

não são satisfatórios, pois apresentou valores Percentuais da Variância Explicada (PVE) inferiores a 50%. Quando adicionada a série de nível do rio à calibração, os resultados apresentam sensível melhora passando para 81,69%. Com isso os erros expressos pelos valores do RMSE e RMSI diminuem, melhorando o desempenho do modelo. Já em relação ao P22 podemos perceber que todos os ajustes do modelo foram bons, com altos valores de PVE. Entretanto, a medida que se adicionam mais série e conseqüentemente mais perturbações no sistema linear, os valores de PVE, RMSE e RMSI diminuem levemente, demonstrando que a incerteza do modelo aumenta. Isto deve-se ao fato do poço estar mais próximo do rio, sendo mais sensível à perturbações como mudanças na descarga do rio.

#### 4 – CONCLUSÕES

O modelo PIRFICT realizou um bom ajuste aos dados de monitoramento dos níveis freáticos dos dois poços estudados do Sistema Aquífero Guarani. A inclusão de múltiplas séries que perturbam o sistema aquífero deve levar em conta as condições hidrológicas locais para que ocorram melhoras no desempenho do modelo e diminuição das incertezas associadas a modelagem.

**AGRADECIMENTOS:** Os autores agradecem à FAPESP (Processo # 2011-11484-3) e a Capes pelos auxílios financeiros que viabilizaram o desenvolvimento deste trabalho.

#### 5 – REFERÊNCIAS

- MANOEL FILHO, J. Água subterrânea: História e importância. In: FEITOSA, F. A. C.; MANOEL FILHO, J.; FEITOSA, E. C.; DEMETRIO, J. G. (Eds.) **Hidrogeologia: conceitos e aplicações**. Rio de Janeiro: CPRM/LABHID, 2008. p. 3-12.
- SOLDERA, B. C.; MANZIONE, R. L. Modelagem de níveis freáticos no Sistema Aquífero Bauru como ferramenta na gestão de recursos hídricos subterrâneos. **Ciência Geográfica**, vol. 16 (1), 2012. p. 54-61.
- OAS/GEF (Organization of American States / Global Environment Facility). **Proyecto para la Protección Ambiental y Desarrollo Sostenible Integrado del SAG**. Montevideo, 2001. 133p.
- 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.
- VON ASMUTH, J. R.; KNOTTERS, M. Characterising groundwater dynamics based on a system identification approach. **Journal of Hydrology**, v. 296. p. 118-34, 2004.
- WENDLAND, E, BARRETO, C. E. A. G., GOMES, L. H. Water balance in the Guarani Aquifer outcrop zone based on hydrogeologic monitoring. **Journal of Hydrology**, v.342, 2007. p. 261-269.