

MODELAGEM DE NÍVEIS FREÁTICOS EM ÁREA DE RECARGA DO SISTEMA AQUÍFERO GUARANI SOB DIFERENTES USOS DO SOLO



RODRIGO L. MANZIONE ¹; FRANCISCO F. N. MARCUZZO ²; EDSON C. WENDLAND ³

¹ Professor Doutor - UNESP Campus de Ourinhos manziona@ourinhos.unesp.br

Av. Vitalina Marcusso, 1500 CEP: 19910-206 Ourinhos (SP) - Brasil Tel: (14)3302-5716 Fax: (14) 3302-5702 URL: <http://www.ourinhos.unesp.br>

² Dr., Pesquisador em Geociências, CPRM - Serviço Geológico do Brasil - Rua 148, 485 CEP 74170-110 Goiânia (GO) - Brasil Tel: (62)3240-1400. fmarcuazzo@go.cprm.gov.br

³ Professor Doutor - USP Escola de Engenharia de São Carlos - Departamento de Hidráulica e Saneamento ew@sc.usp.br

Caixa Postal 359 CEP:13560-970 São Carlos (SP) - Brasil Tel: (16) 3373-9541 Fax: (16) 3373-9550 URL: <http://albatroz.shs.eesc.usp.br/>

RESUMO - O Sistema Aquífero Guarani (SAG) é uma das mais importantes reservas de água subterrânea do mundo, cobrindo uma grande porção da parte sul do continente sul-americano. O monitoramento de lençóis freáticos é um elemento chave na gestão e planejamento das águas subterrâneas. Esse trabalho aplicou o chamado modelo PIRFICT, um tipo especial de modelo de transferência de ruído, na modelagem de dados de monitoramento de níveis freáticos em uma bacia em área de recarga do SAG em Brotas (SP). O objetivo foi entender o comportamento do lençol freático sob diferentes usos do solo (citros e cana-de-açúcar) e as interações desses cultivos com solo e clima, afetando a recarga do aquífero. O modelo PIRFICT usa séries temporais de observações de alturas de lençol freático e de precipitação e evapotranspiração potencial para descrever a relação dinâmica entre os níveis freáticos e o déficit/excedente de precipitação. Os parâmetros do modelo são interpretados fisicamente e possibilitam a compreender como os diferentes usos do solo interagem com as alturas do lençol e com a recarga. Os resultados demonstram diferenças entre os cultivos, principalmente quanto aos parâmetros do modelo. As calibrações do modelo descreveram o comportamento das águas subterrâneas na bacia, sendo fiéis às observações.

PALAVRAS-CHAVE - Monitoramento, séries temporais, modelo PIRFICT

ABSTRACT - Guarani Aquifer System (GAS) is one of the most important groundwater reservoirs in the world, covering a big portion of the southern part of the South American continent. Monitoring water table depths is a key element on groundwater management and planning. This work applied the so-called PIRFICT-model (Predefined Impulse Response Function In Continuous Time), a special type of transfer function-noise model, to model water table monitoring data from a watershed in a Guarani Aquifer System recharge area in Brotas, São Paulo, Brazil. The aim was to understand water table behavior under different agricultural crops (citrus and sugarcane) and the interactions of these crops with soil and climate affecting aquifer recharge. The PIRFICT-model uses time series of observed water table depths and series of precipitation and potential evapotranspiration to describe the dynamic relationship between phreatic levels and precipitation surplus/deficit. The parameters of the model are interpreted physically and possible interpretation of how different land uses interacts with water table depths and interfere in the recharge. The results showed differences between cultivations, most in the model parameters. The model calibrations described water table behavior in the basin, being accurate with observations.

KEY-WORDS: monitoring, time series, PIRFICT-model

ÁREA DE ESTUDO

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).

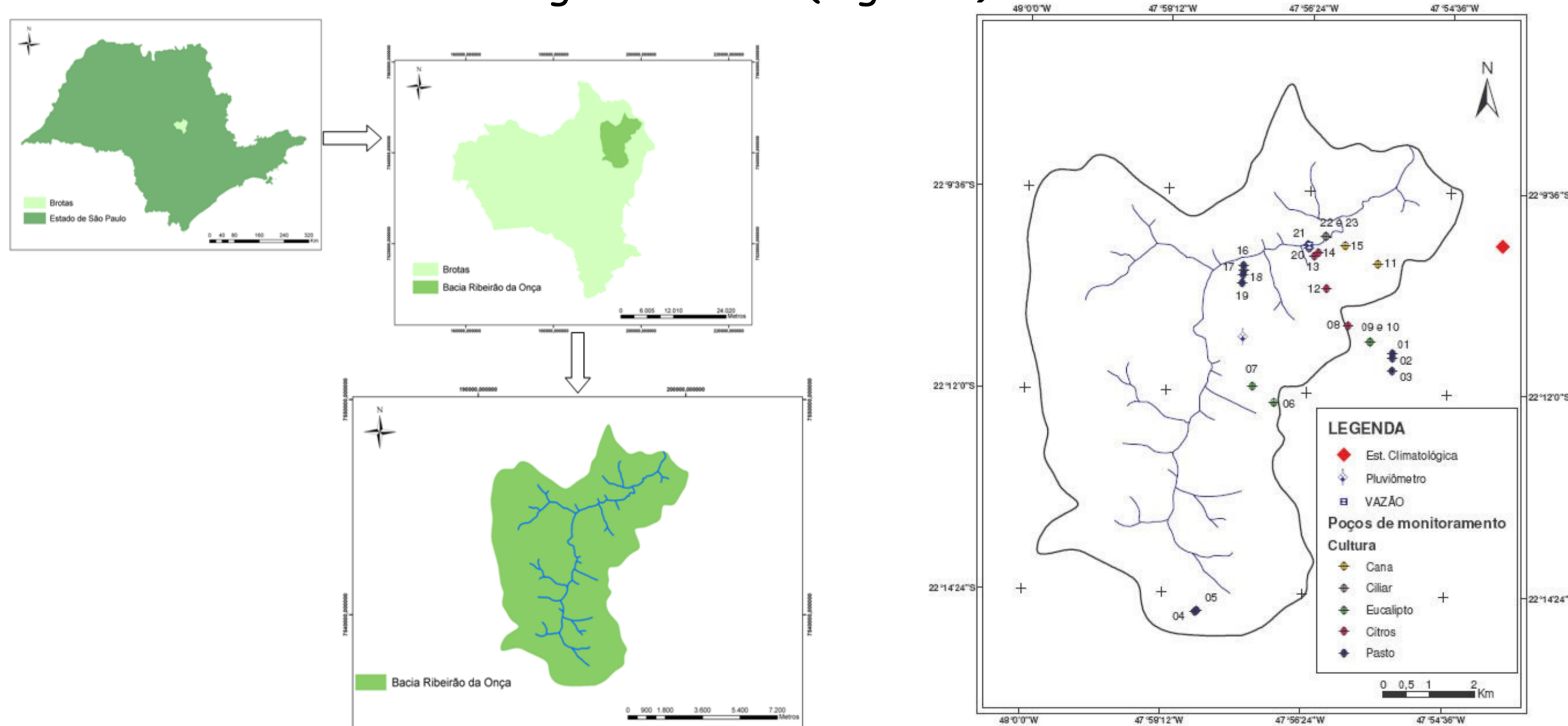


Figura 1: Localização da Bacia do Ribeirão da Onça e distribuição dos poços.

O Ribeirão da Onça é um dos formadores do Rio Jacaré-Guaçu, afluente do Rio Tietê pela margem direita. A região pertence a área de afloramento do Aquífero Guarani e é de extrema importância por apresentar características representativas típicas da região de afloramento do SAG no Estado de São Paulo e devido a sua alta representatividade como possível área de recarga do sistema. Uma característica importante desta bacia é situar-se quase inteiramente em uma das regiões de afloramento da Formação Botucatu, podendo fornecer elementos de interesse para o aprofundamento dos conhecimentos sobre o comportamento do SAG. As regiões de afloramento são estratégicas para a sustentação do Aquífero e têm merecido atenção de diversos trabalhos no sentido de entender e avaliar a quantidade em que essa recarga ocorre. A Bacia do Ribeirão da Onça está sujeita a utilização econômica, estando exposta a mecanismos potenciais de contaminação decorrente de atividades agrícolas.

DADOS DISPONÍVEIS

- 23 poços de monitoramento distribuídos ao longo da bacia com uma frequência quinzenal, localizados em regiões de diferentes ocupações do solo na bacia (eucalipto, cana, pastagens e citros) - série com início em outubro de 2004 até a presente data.
- Estação Climatológica do Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada da USP (CRHEA) - séries de precipitação e evapotranspiração potencial com início em 1974.
- Para esse estudo foram selecionados os poços 14 e 15, localizados próximos ao exutório da bacia piloto de monitoramento. Estes poços estão sob o mesmo domínio geológico, tipo de solo, profundidade do poço, diferindo apenas quanto ao uso a que são submetidos: poço 14 em área de cultivo de citros e poço 15 em área sob cultivo de cana-de-açúcar (Figura 1). Esses poços encontram-se a uma distância de 600 metros de distância um do outro e possuem uma diferença de cota altimétrica de 8 metros. As séries de evapotranspiração calculadas foram corrigidas em função do coeficiente (K_c) de cada cultura.

MODELAGEM DOS DADOS

Para modelagem dos dados de níveis freáticos foi utilizado o modelo PIRFICT (Predefined Impulse Response Function In Continuous Time), introduzido por Von Asmuth et al. (2002), para descrever a relação dinâmica entre séries de alturas de lençol freático e excesso/déficit hídrico. Nesse tipo de modelo as séries de entrada são adicionadas a um ruído estocástico, descrevendo as oscilações do aquífero como séries de saída do modelo. A flexibilidade da função de impulso e resposta que estabelece a relação entre as variáveis climáticas e os níveis freáticos (Pearson III df) permite ao modelo se ajustar a diferentes sistemas hidrológicos (Figura 2).

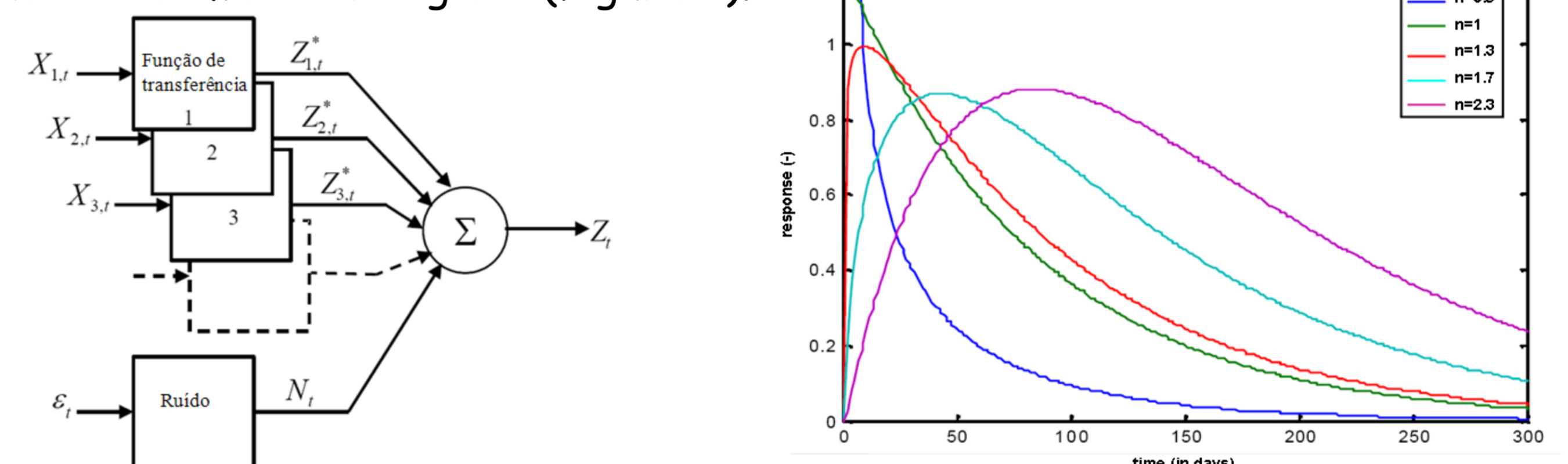


Figura 2: Representação esquemático do modelo PIRFICT e exemplos de funções de impulso-resposta teóricas com seus ajuste a diferentes dinâmicas freáticas

Outra vantagem é que o modelo é capaz de tratar dados com diferentes frequências amostrais por ser contínuo no tempo.

RESULTADOS

Tabela 1. Estatísticas e parâmetros dos modelos ajustados para os poços 14 e 15.

	EVP	RMSE	RMSI	A	a	n
Poço 14	80,31	0,405	0,257	898,4 (100)	0,010(0,002)	1,42 (0,280)
Poço 15	78,86	0,329	0,160	1944,0 (390)	0,004(0,001)	0,55 (0,210)

EVP=percentual da variância explicada pelo modelo; RMSE=raiz do erro quadrático médio; RMSI=raiz das inovações quadráticas médias; A=resistência à drenagem (metros); a=coeficiente de armazenamento no solo (1/dias); n=tempo de convecção e dispersão (dias). Valores entre parênteses são desvios.

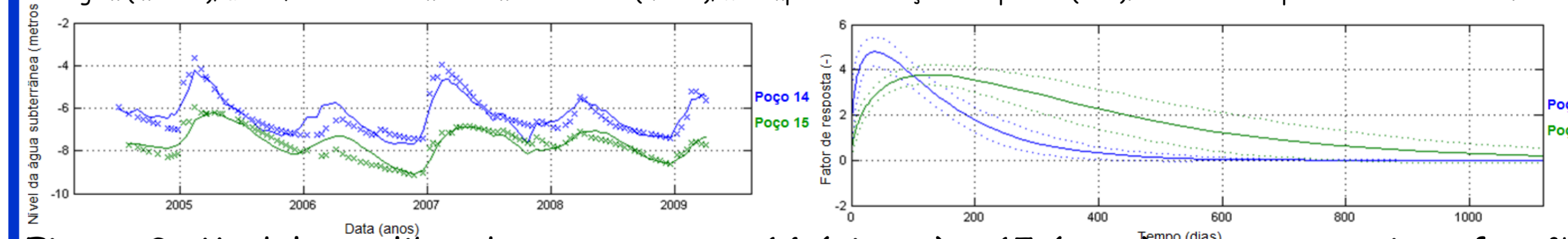


Figura 3: Modelos calibrados para o poço 14 (citros) e 15 (cana) e as respectivas funções de impulso e resposta ajustadas.

CONCLUSÕES

O modelo PIRFICT mostrou-se eficaz na modelagem de séries temporais de níveis freáticos em função das séries observadas e das séries climatológicas. As funções de impulso e resposta calculadas caracterizaram a dinâmica do sistema aquífero quanto aos diferentes usos do solo a que a bacia vem sendo submetida, no caso cana-de-açúcar e citros. O método demonstra potencial para modelagem de níveis em áreas de recarga do Sistema Aquífero Guarani, assim como aplicações em outros domínios aquíferos livres, capturando diferentes respostas em função do uso do solo.