



XVI CBA

CONGRESSO BRASILEIRO DE
AGROMETEOROLOGIA

22 a 25 de setembro de 2009 Belo Horizonte / MG

Séries de evapotranspiração potencial para estimativas de níveis freáticos em área de recarga Aqüífero Guarani

unesp 



Rodrigo L. Manzione
UNESP/Ourinhos

Francisco F Marcuzzo
CPRM/GO

Edson C. Wendland
EESC-USP/São Carlos



E E S C

Escola de Engenharia
de São Carlos

PÓS-GRADUAÇÃO em ENGENHARIA



**HIDRÁULICA e
SANEAMENTO**

PPG-SHS USP/SÃO CARLOS

USP

Introdução

Projeto

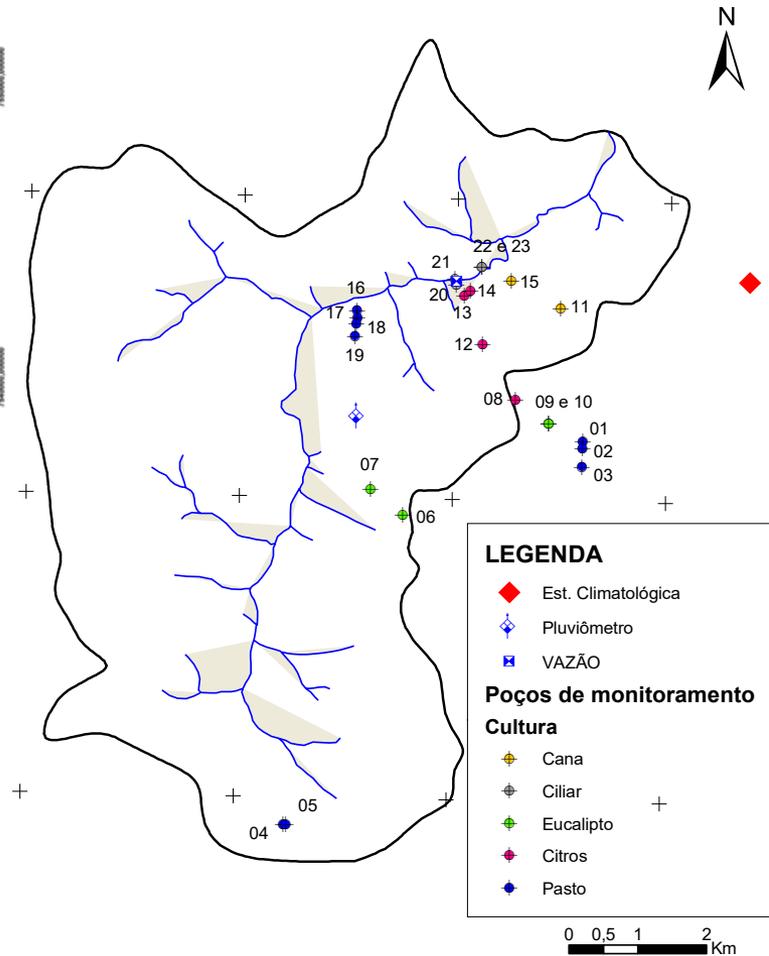
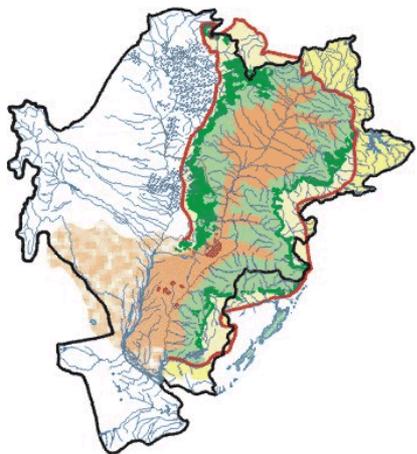
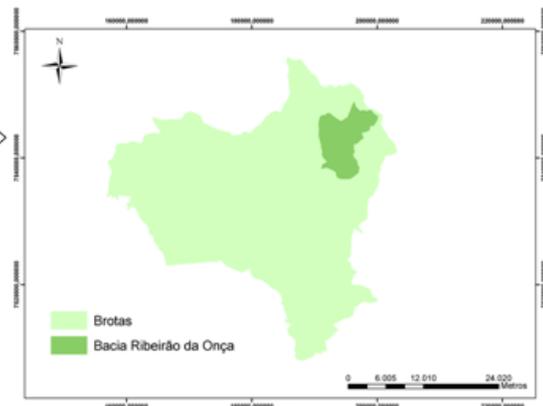
Monitoramento hidrológico em área de recarga do Aqüífero Guarani

Líder: Dr. Edson Wendland

Bacia do Ribeirão da Onça – Brotas (SP)

Monitoramento desde 2004 em 23 poços







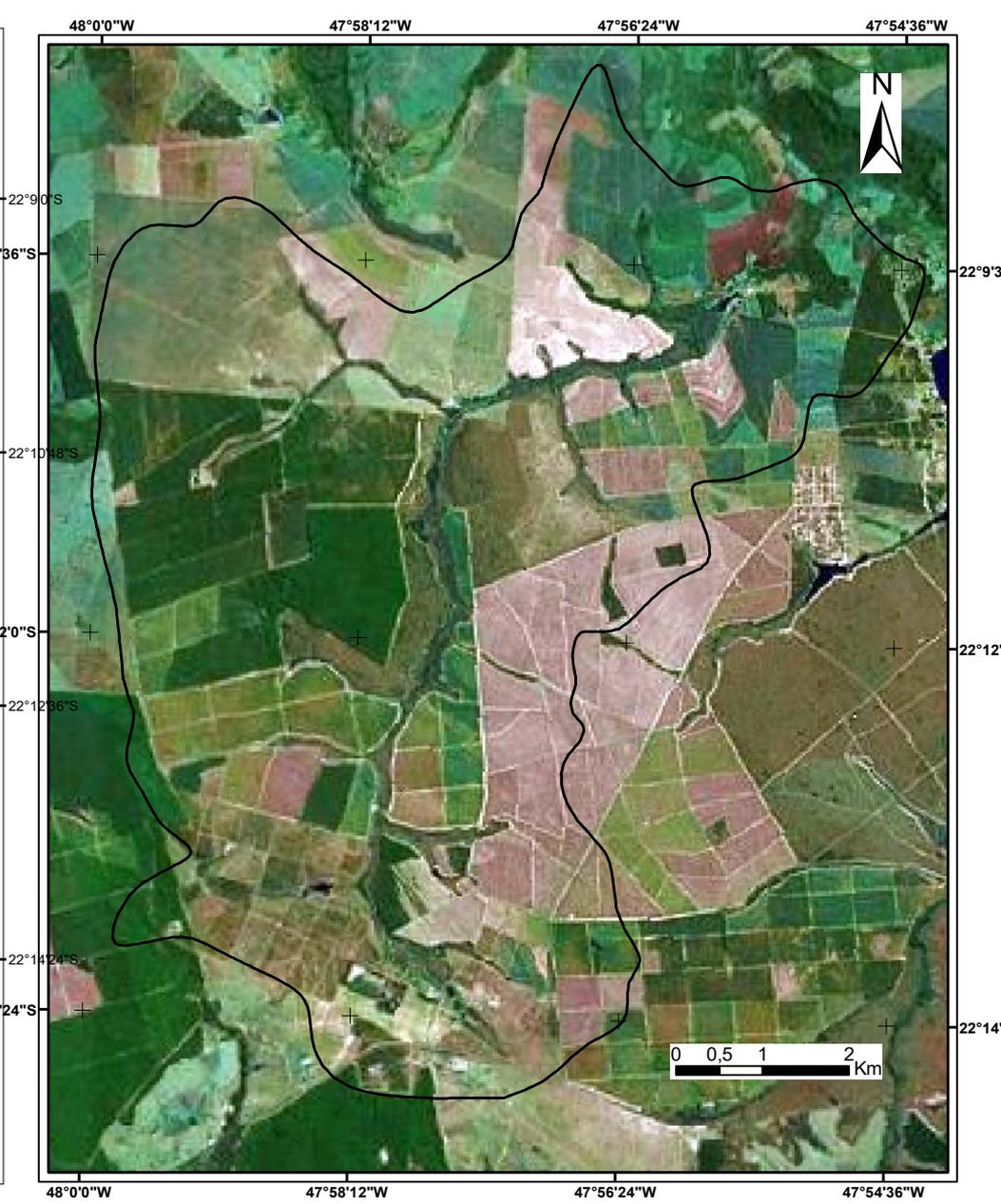
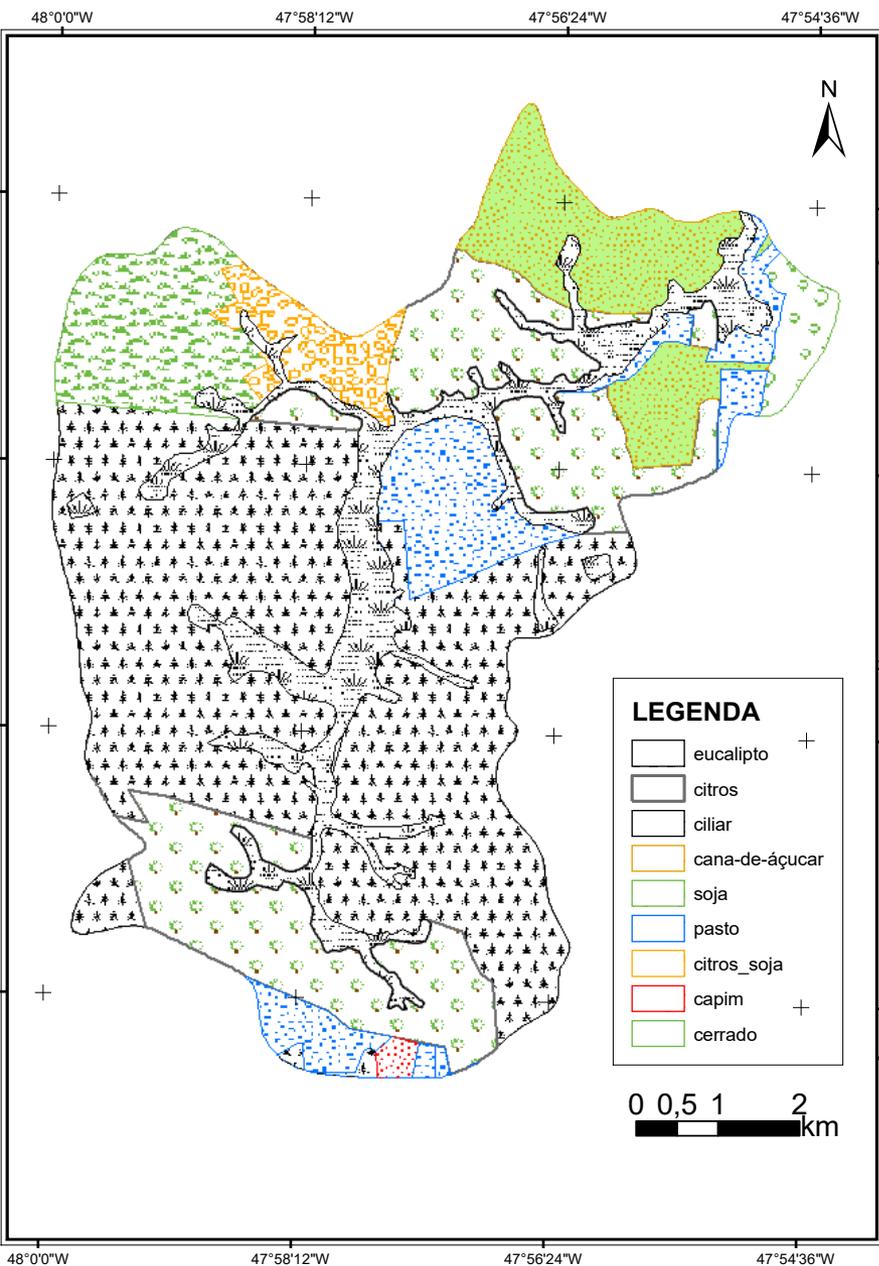
Bacia do Ribeirão da Onça

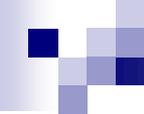
Diferentes usos do solo

Diferentes demandas hídricas

Pouca mata ciliar

Típica microbacia encontrada no interior do Estado de SP





Bacia do Ribeirão da Onça

Monitoramento quinzenal

23 poços

Alguns poços e linígrafo com dataloggers

Medição de vazão em uma transeção do rio







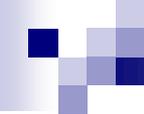
Bacia do Ribeirão da Onça

Séries de dados climáticos

- Na bacia
- CREHA/USP desde 1974







Parceria

Início de 2008

Projeto semelhante ao do meu doutorado

Edson tinha os ingredientes e eu uma fórmula

Pós-doutorado – desafio de trabalhar com os mesmos métodos em área de afloramento do SAG e validar a técnica para realidades brasileiras



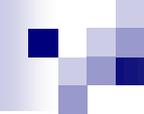
Parceria

Meio de 2008 - projetos aprovados

Convocação pela UNESP

Estabelecimento de um convênio de cooperação
entre as Universidades

Estágio probatório RDIDP



Objetivos do projeto

Aplicação de modelos espaço-temporais baseados em observações e em séries temporais para compreensão dos processos que ocorrem durante o ciclo hidrológico e afetam a disponibilidade dos recursos

Caracterização dos recursos hídricos disponíveis em áreas críticas, afetadas pelas variações sazonais e onde a utilização da água é feita de maneira contínua

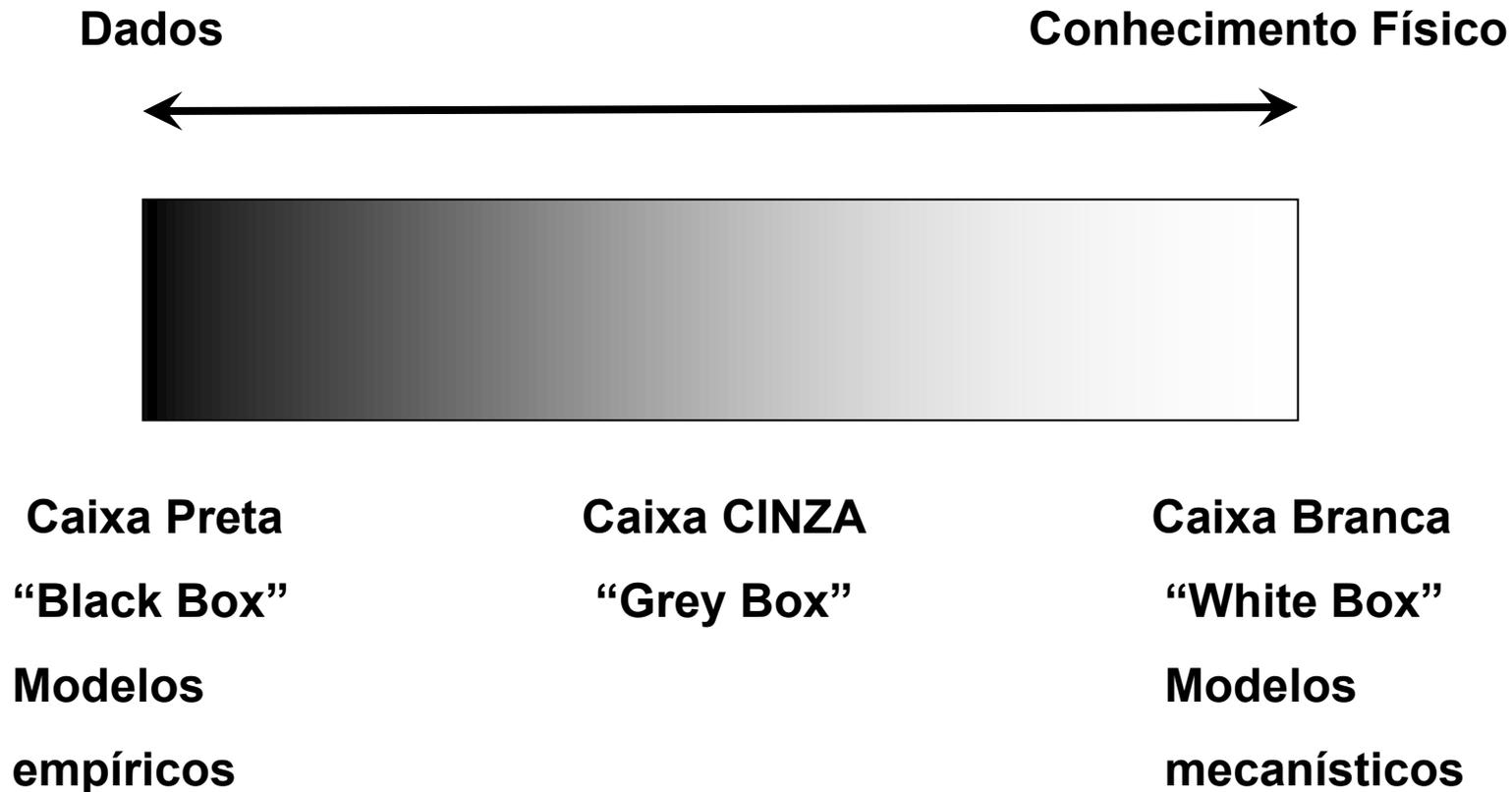
Método

PIRFICT model (Von Asmuth et al., 2002)

- Predefined Impulse Response Function In Continuous Time
- Modelo baseado em séries temporais
- Explica oscilações de níveis freáticos
- Variáveis de entrada
 - Níveis freáticos
 - Precipitação
 - Evapotranspiração Potencial
- Variável de saída – h (metros)

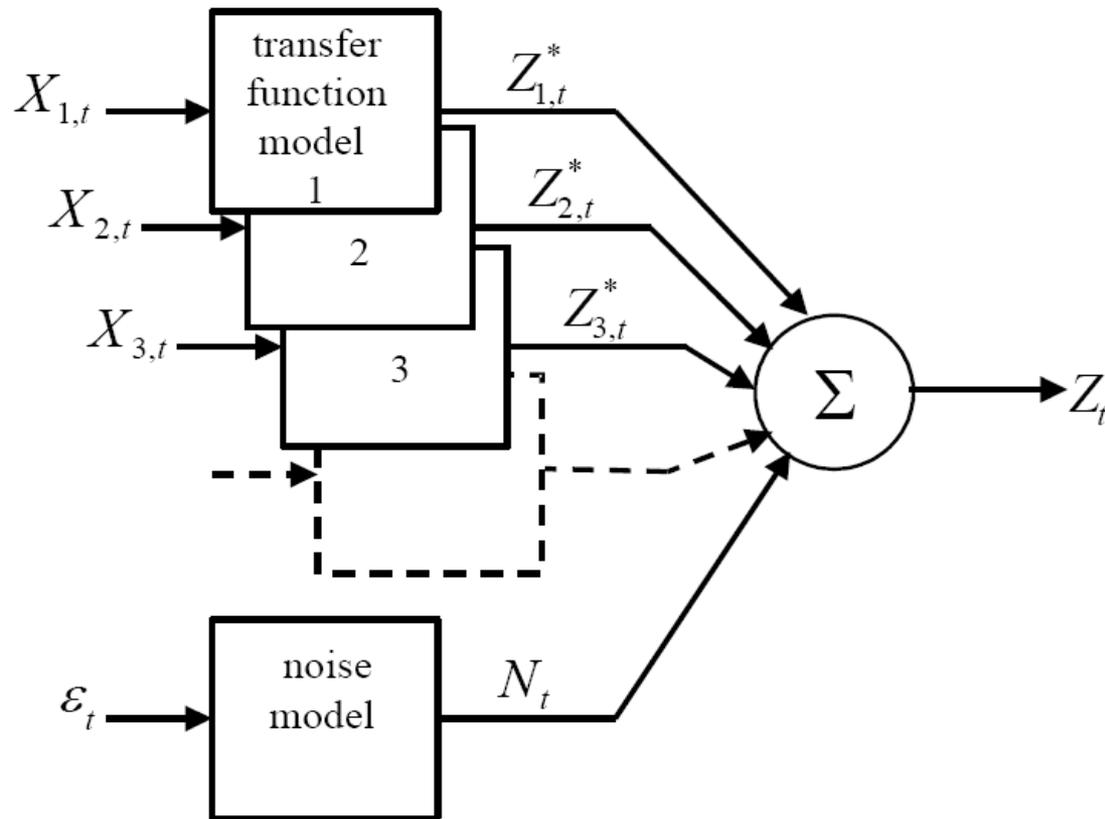
Physical based TFN-model

“Modelo de função de transferência de ruído fisicamente embasado”



Modelos de séries temporais

Transfer Function Noise (TFN) models



Schematic representation of a transfer function model with an added noise.

The PIRFICT-model

$$h(t) = h^*(t) + d + r(t)$$

onde:

$$h^*(t) = \int_{-\infty}^t p(\tau) \theta(t - \tau) \partial \tau$$

$$r(t) = \int_{-\infty}^t \phi(t - \tau) \partial W(\tau)$$

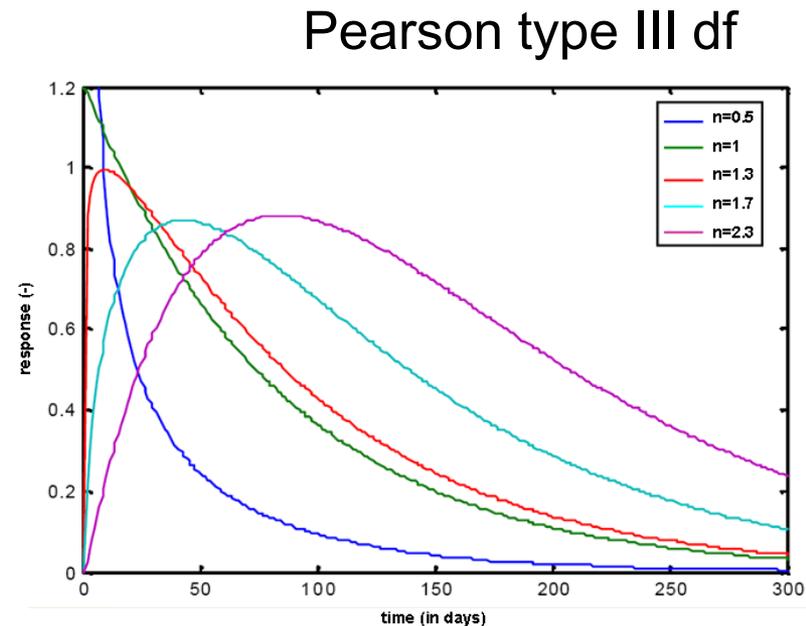
$$d = \frac{\sum_{i=0}^N h(t_i)}{N} - \frac{\sum_{i=0}^N h^*(t_i)}{N} - \frac{\sum_{i=0}^N r(t_i)}{N}$$

PIRFICT model

Dinâmica física do meio aquifero

Função de Impulso-Resposta

- Flexível
- Bom ajuste para diferentes dinâmicas de aquiferos

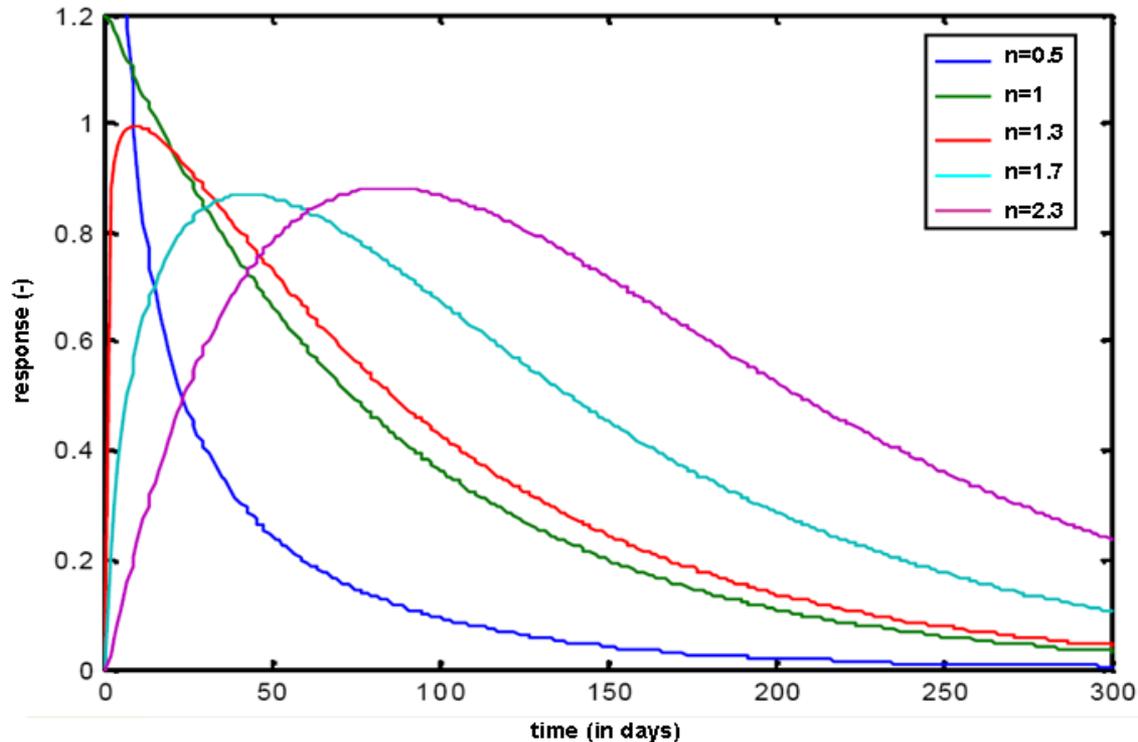


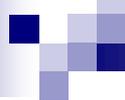
PIRFICT model

Análogo a um hidrograma unitário

Parâmetros da função IR podem ser interpretados fisicamente

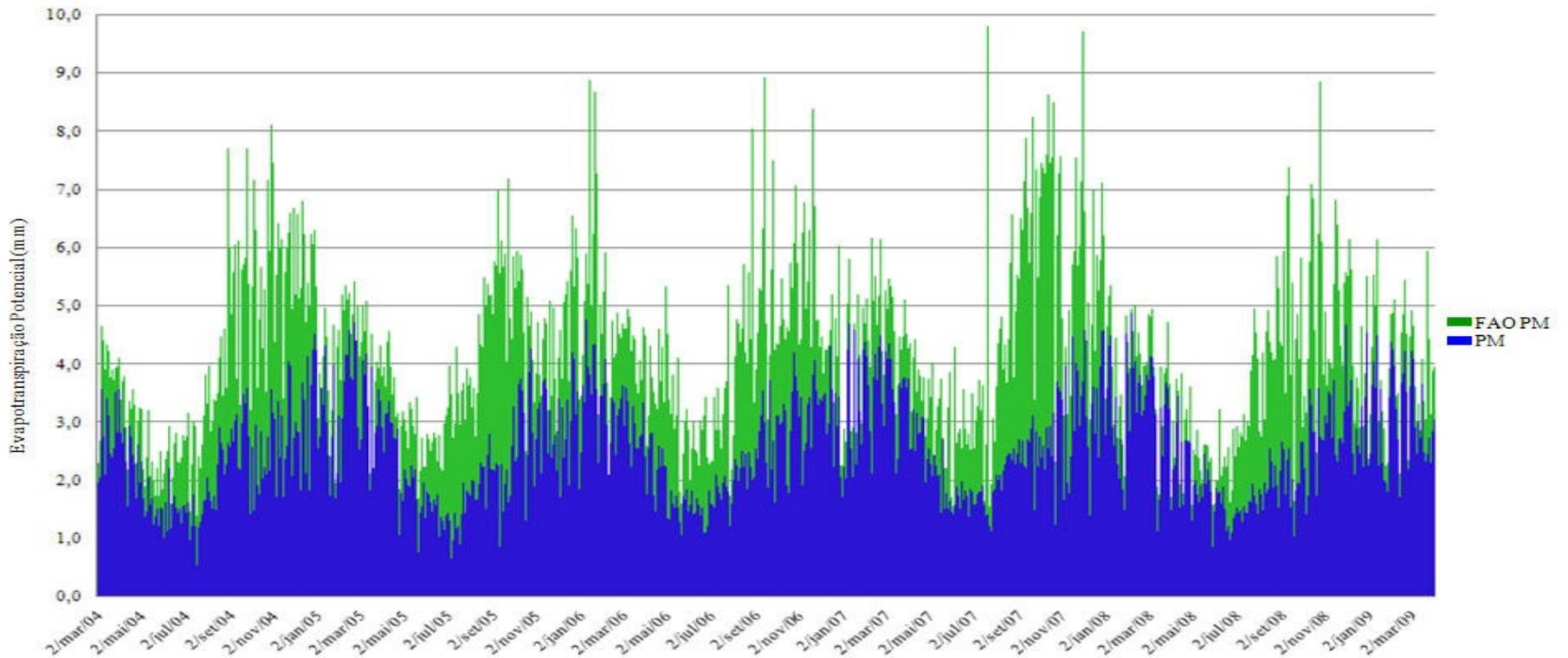
- Porosidade
- Condutividade hidráulica
- Memória do sistema





Objetivos desse trabalho

Comparar o método para estimativa da evapotranspiração potencial FAO Penman-Monteith (1998) com o método Penman-Monteith (1965) para estabelecer a relação entre o excedente/déficit hídrico e os níveis freáticos observados

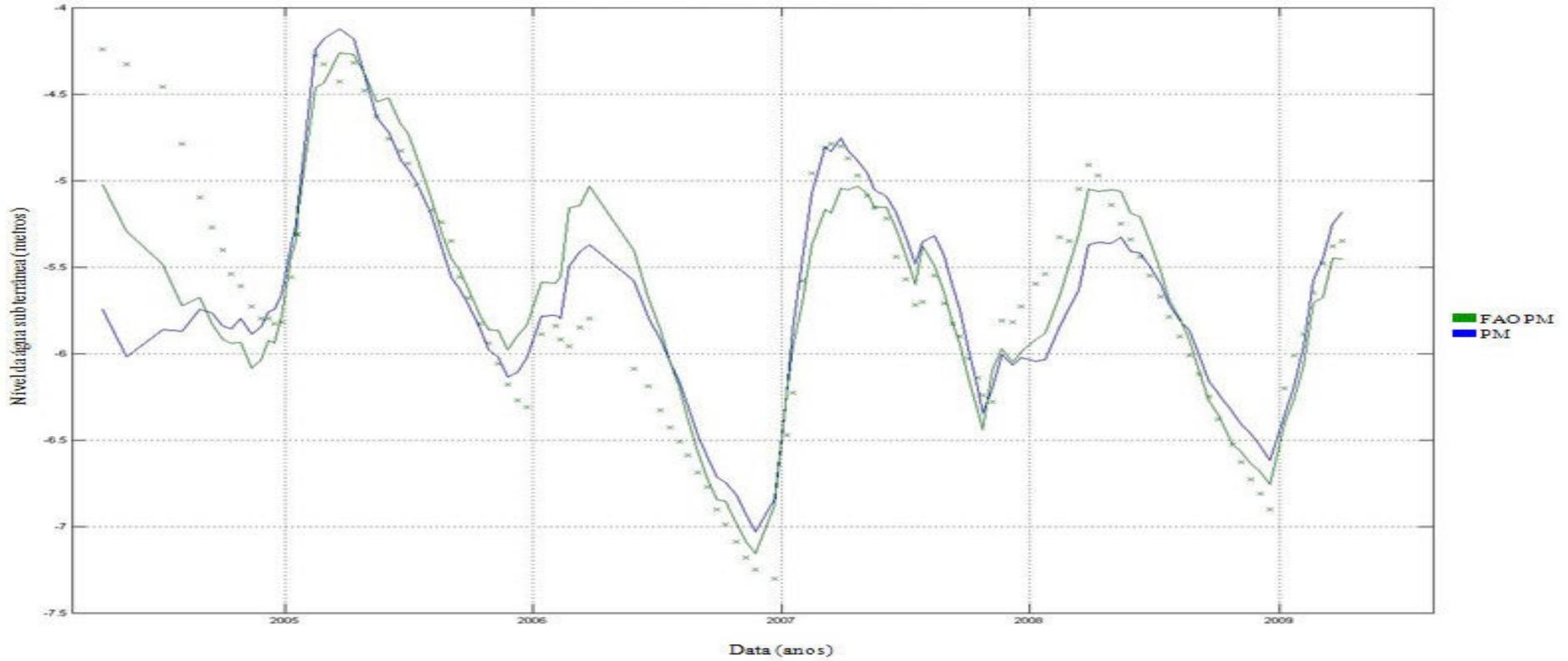


Séries de *ET-PM* e *ET-FAOPM* de 02 de março de 2004 a 04 de abril de 2009.

Resultados da calibração do modelo PIRFICT para as séries de *ET_{PM}* e *ET_{FAO-PM}*.

Método	R ²	RMSE	A	a	n	E	α
<i>ET_{PM}</i>	73,28	0,359	1615 (270)	0,00576 (0,0013)	1,539 (0,11)	1,93 (0,2)	123,87 (16,50)
<i>ET_{FAO-PM}</i>	80,15	0,309	1149000 (13000000)	0,00001 (0,0001)	1,193 (0,03)	0,02 (0,2)	123,01 (22,04)

R²=percentual da variância explicada pelo modelo; RMSE=raiz do erro quadrático médio (m); A=resistência à drenagem (dias); a= coeficiente de armazenamento no solo (1/dias); n=tempo de convecção/dispersão (dias); E=fator de evapotranspiração (-); α=decaimento(-)



Níveis freáticos simulados pelo modelo PIRFCT para séries de *ET PM* e *ET FAO-PM*.

Conclusões

Ambos os métodos de estimativa de evapotranspiração potencial utilizados no modelo PIRFICT para calcular níveis freáticos apresentaram bons resultados.

O método Penman-Monteith caracterizou melhor a dinâmica do sistema através de funções de IR por apresentar uma estimativa mais suave das variações diárias de evapotranspiração potencial, uma vez que se trata de um sistema aquífero de resposta lenta e memória muito grande.



Mapeamento do risco

Feito isso para cada poço, pode-se mapear os níveis críticos para as datas específicas selecionadas

Variabilidade espacial acessada através de técnicas geoestatísticas

Integração de modelo digital de terreno e imagens de satélite na previsão espacial pela krigagem universal

AGRADECIMENTOS

FAPESP (processo 2009/05204-8)

CNPq (processo 152033/2008-4)



Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico



Muito obrigado pela atenção

Sugestões, dúvidas, críticas, novas parcerias...

manziona@ourinhos.unesp.br