

IDENTIFICAÇÃO DOS PARÂMETROS DE UM MODELO DE INTERCEPTAÇÃO UTILIZANDO UM ALGORITMO DE CALIBRAÇÃO AUTOMÁTICA



Debora Yumi de Oliveira
Orientador: Prof. Dr. Pedro Luiz Borges Chaffe
Coorientador: Me. João Henrique Macedo Sá



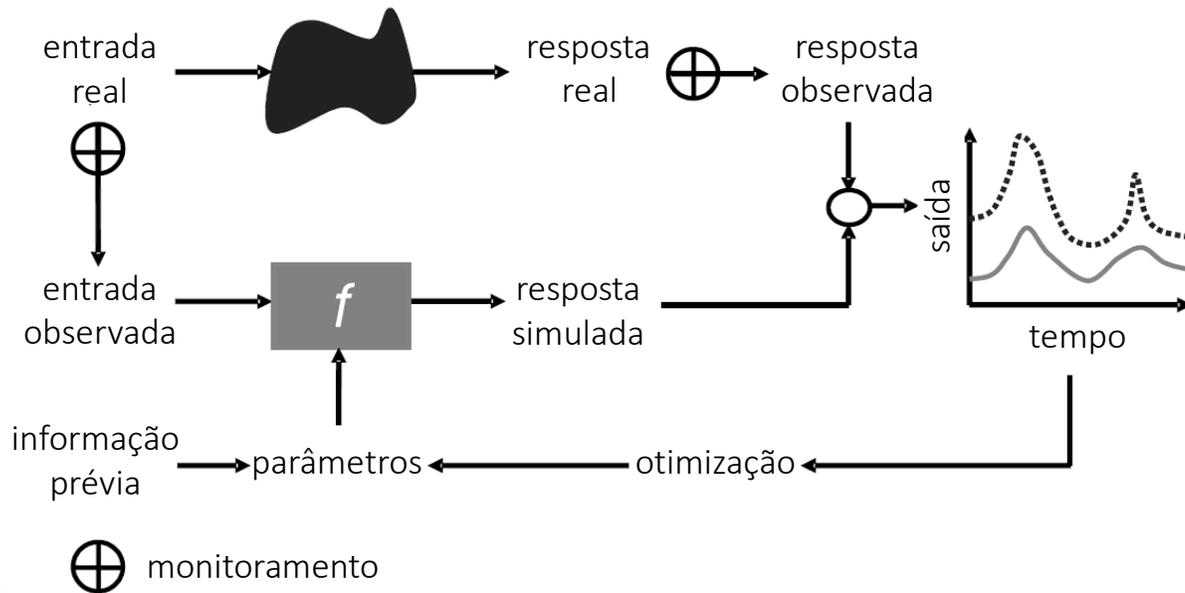
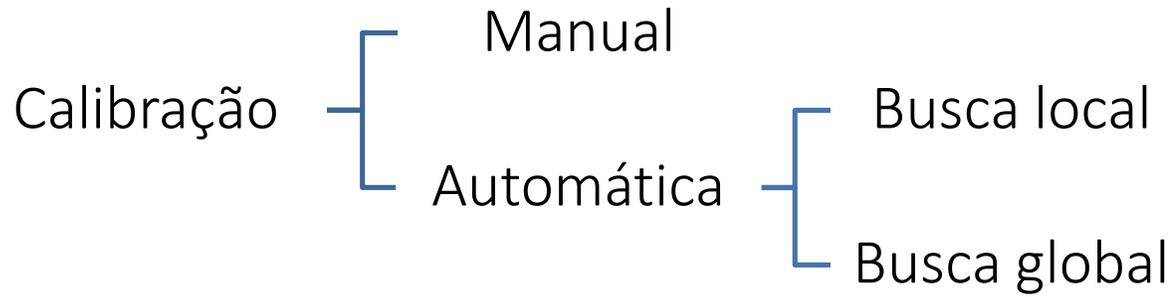
O QUE É INTERCEPTAÇÃO?

Interceptação altera a quantidade e qualidade da água que chega no solo

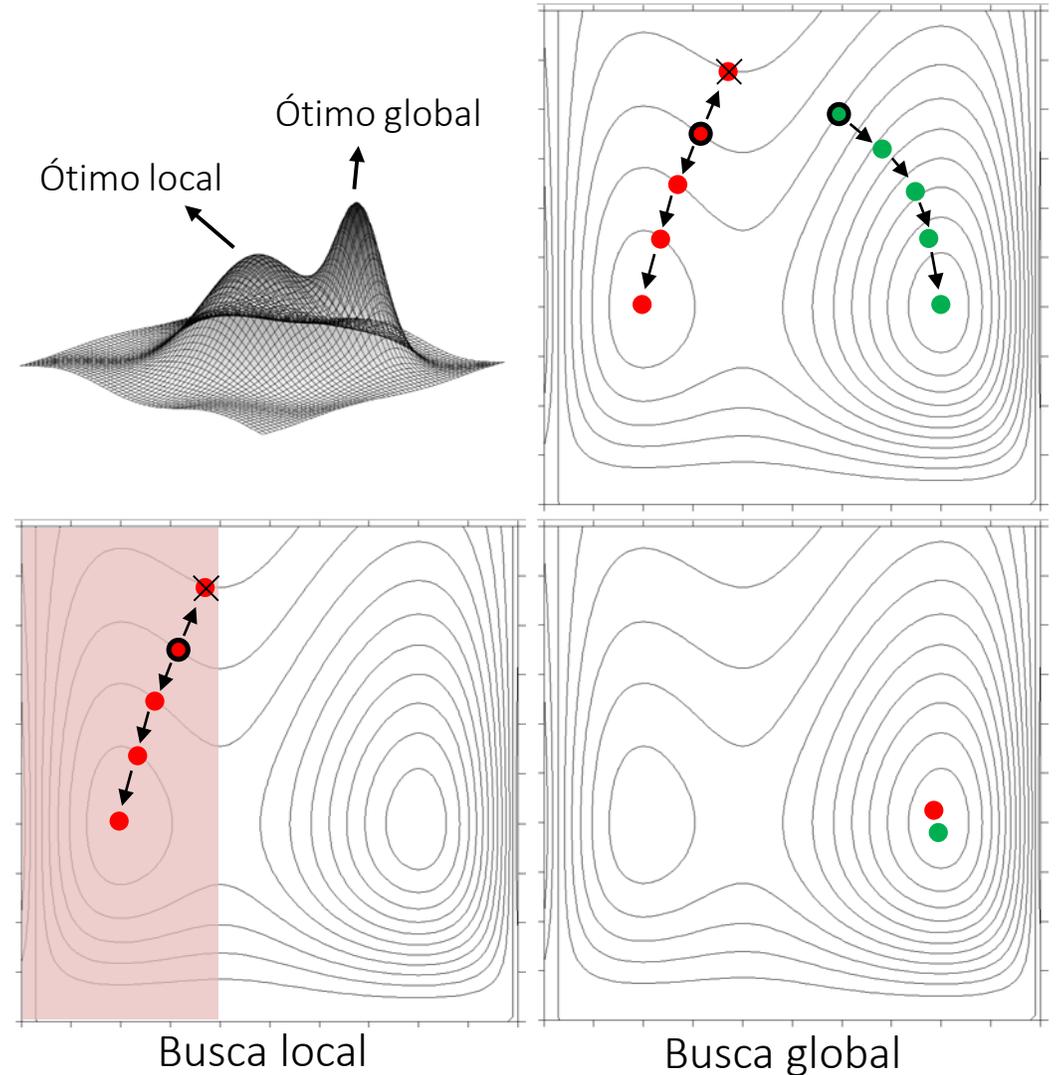


Fonte: Adaptado de Gerrits & Savenije (2011)

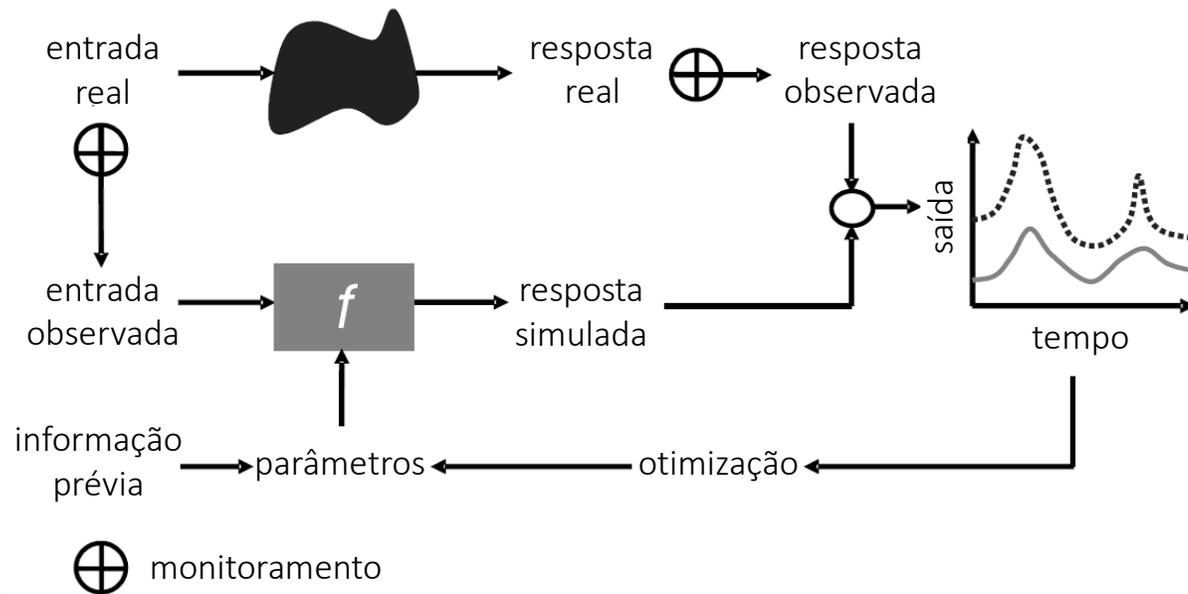
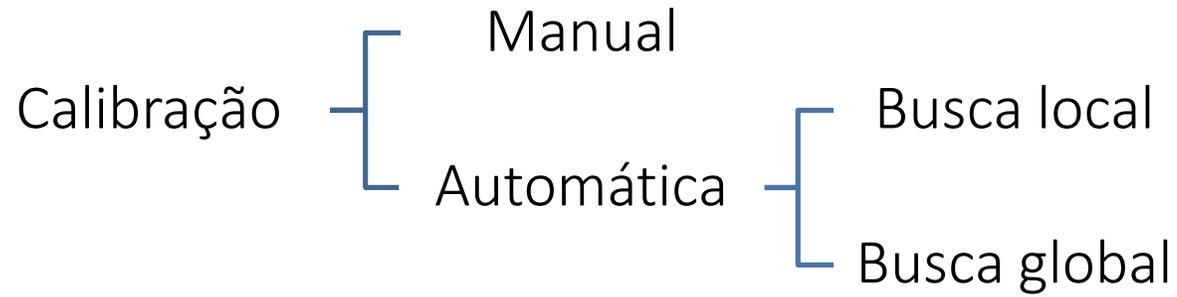
O QUE É CALIBRAÇÃO?



Fonte: Adaptado de Vrugt et al. (2008)

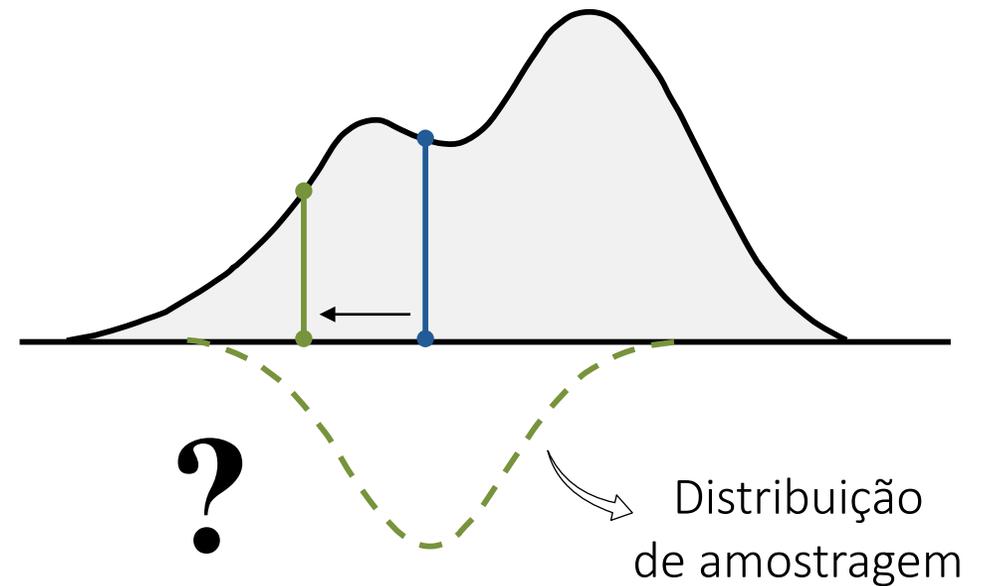


O QUE É CALIBRAÇÃO?



Fonte: Adaptado de Vrugt et al. (2008)

DREAM
↓
Markov Chain Monte Carlo

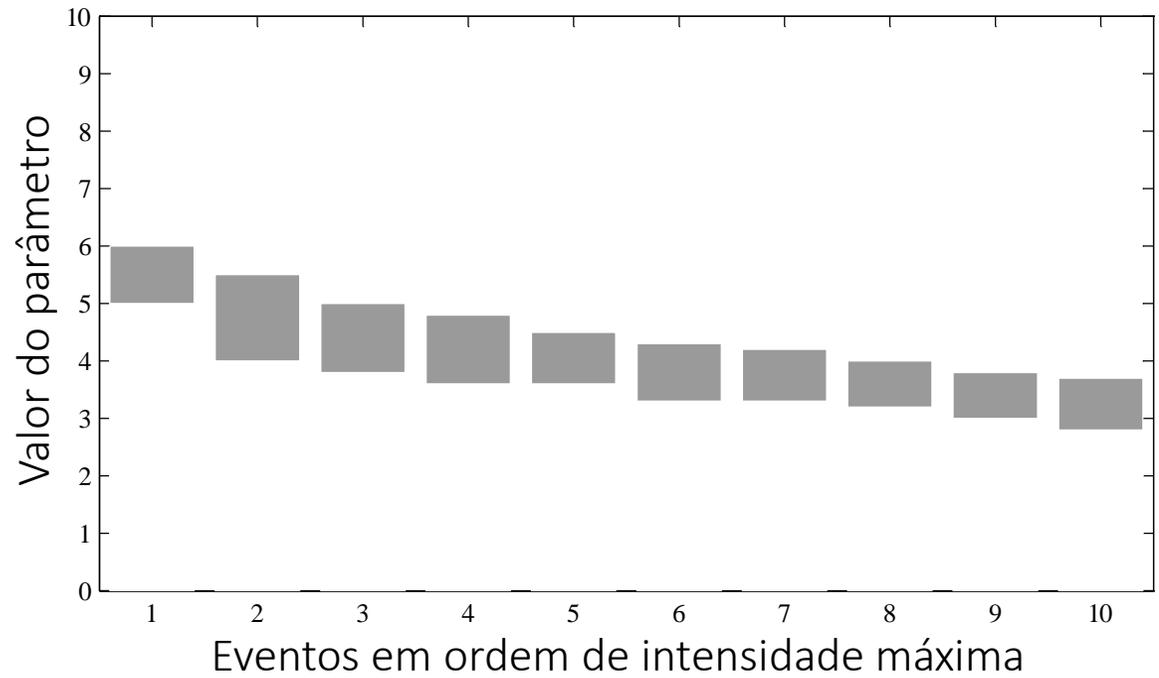
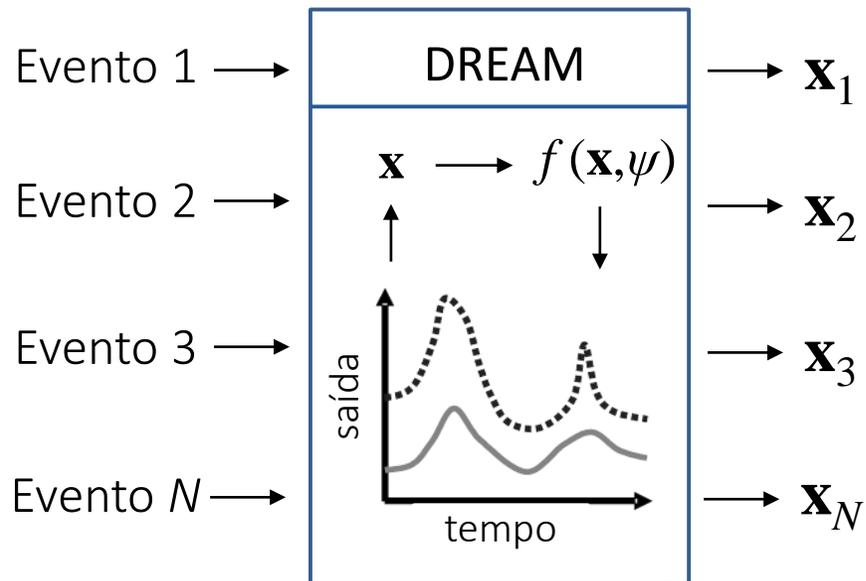


OBJETIVO GERAL

- Avaliar o desempenho da calibração do modelo de Rutter aplicado a uma bacia experimental coberta por Floresta Ombrófila Mista utilizando o algoritmo de calibração automática *Differential Evolution Adaptive Metropolis* (DREAM).

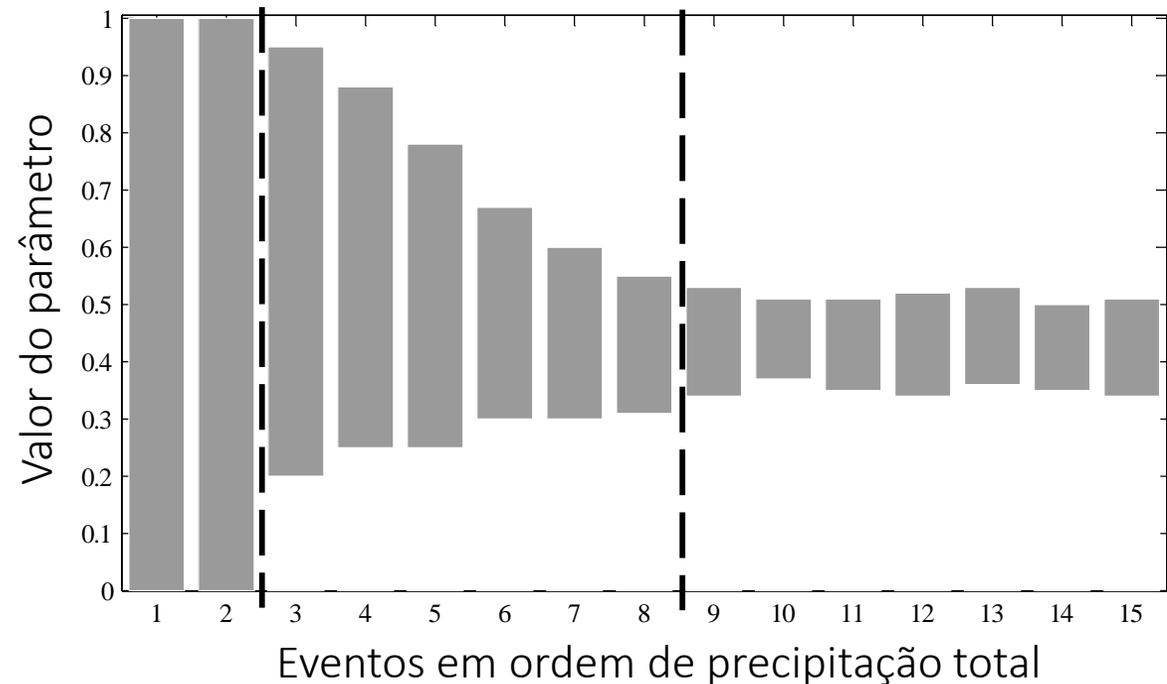
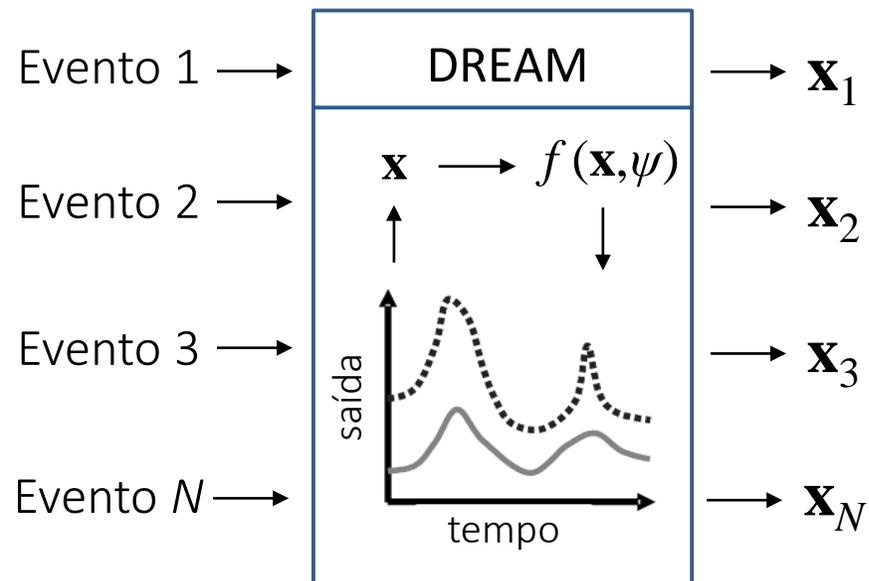
OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Verificar o comportamento dos valores dos parâmetros do modelo de Rutter em relação às características dos eventos de precipitação



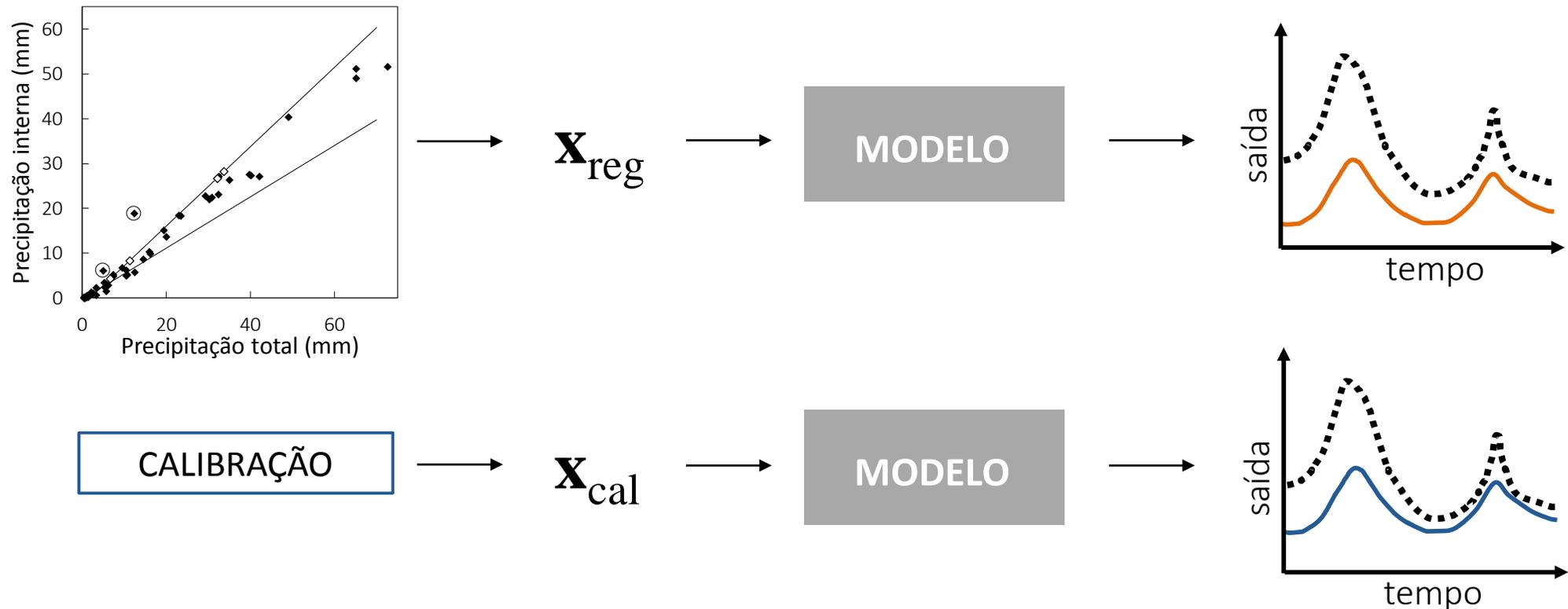
OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar o desempenho do DREAM na identificação dos parâmetros do modelo de Rutter a partir de diferentes eventos de precipitação



OBJETIVOS ESPECÍFICOS

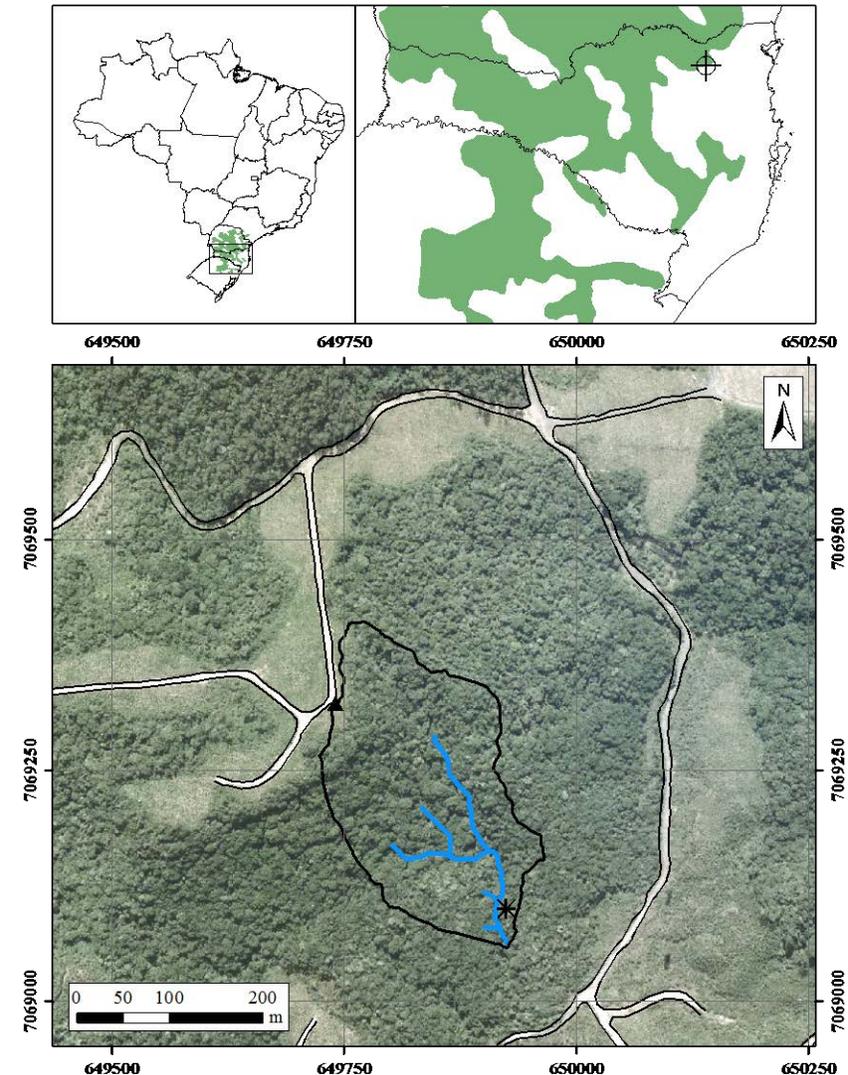
- Comparar os valores dos parâmetros obtidos a partir da calibração do modelo e os valores determinados a partir de métodos de regressão



MATERIAIS E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO

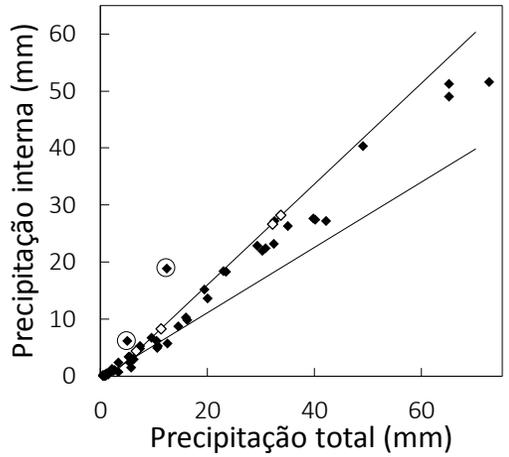
- Bacia experimental do rio Araponga
 - 5,3 ha
 - Floresta nativa
 - Coberta por Floresta Ombrófila Mista
- Dados monitorados
 - Precipitação total (P_g), precipitação interna, escoamento pelos troncos
 - Dados meteorológicos $\rightarrow E_p$
- De 26/02/2014 a 06/10/2014 (223 dias)
 - 60 eventos



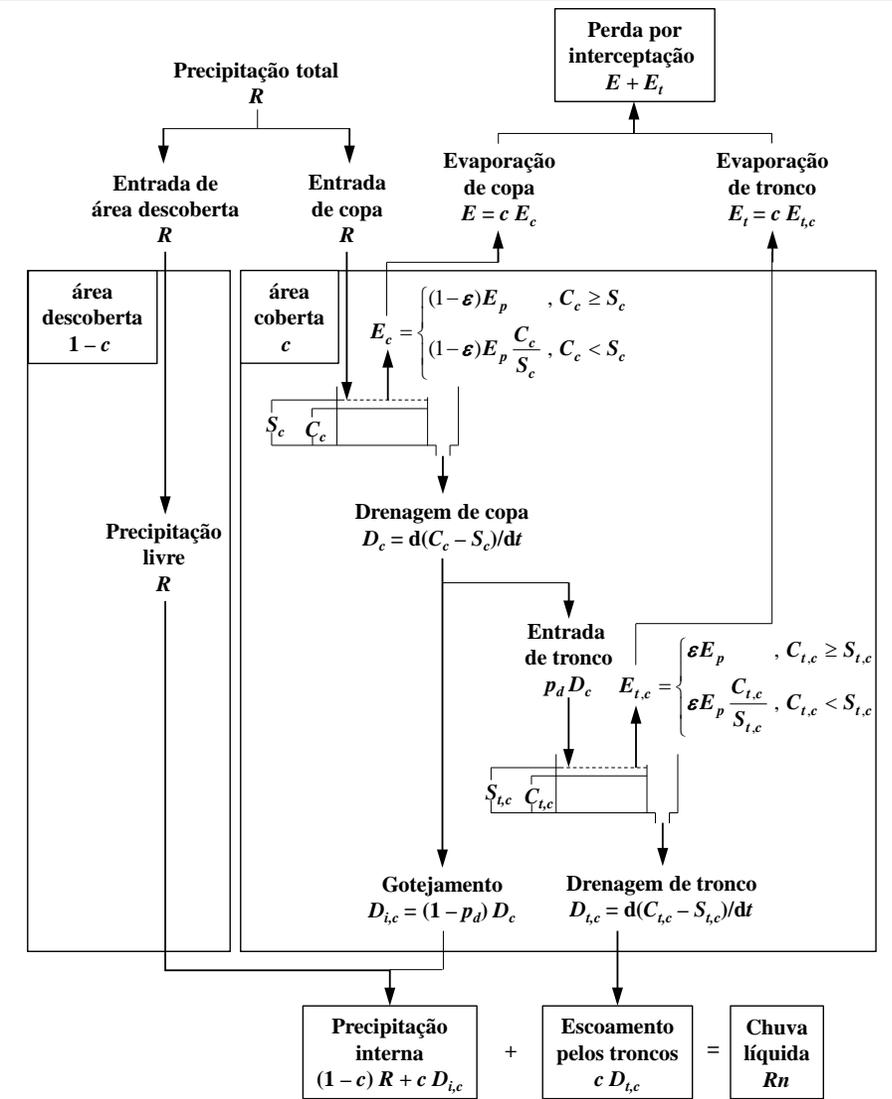
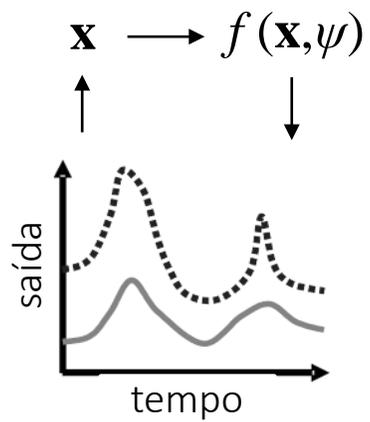
MODELO DE RUTTER

- Dados de entrada:
 - E_p → Método de Penman modificado
 - P_g → Monitoramento
- 5 parâmetros: $c, S_c, S_{t,c}, p_d, \varepsilon$

Análise de regressão



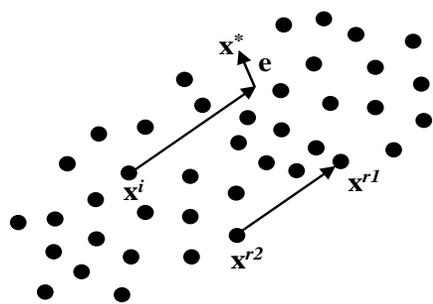
Calibração



ALGORITMO DE CALIBRAÇÃO AUTOMÁTICA

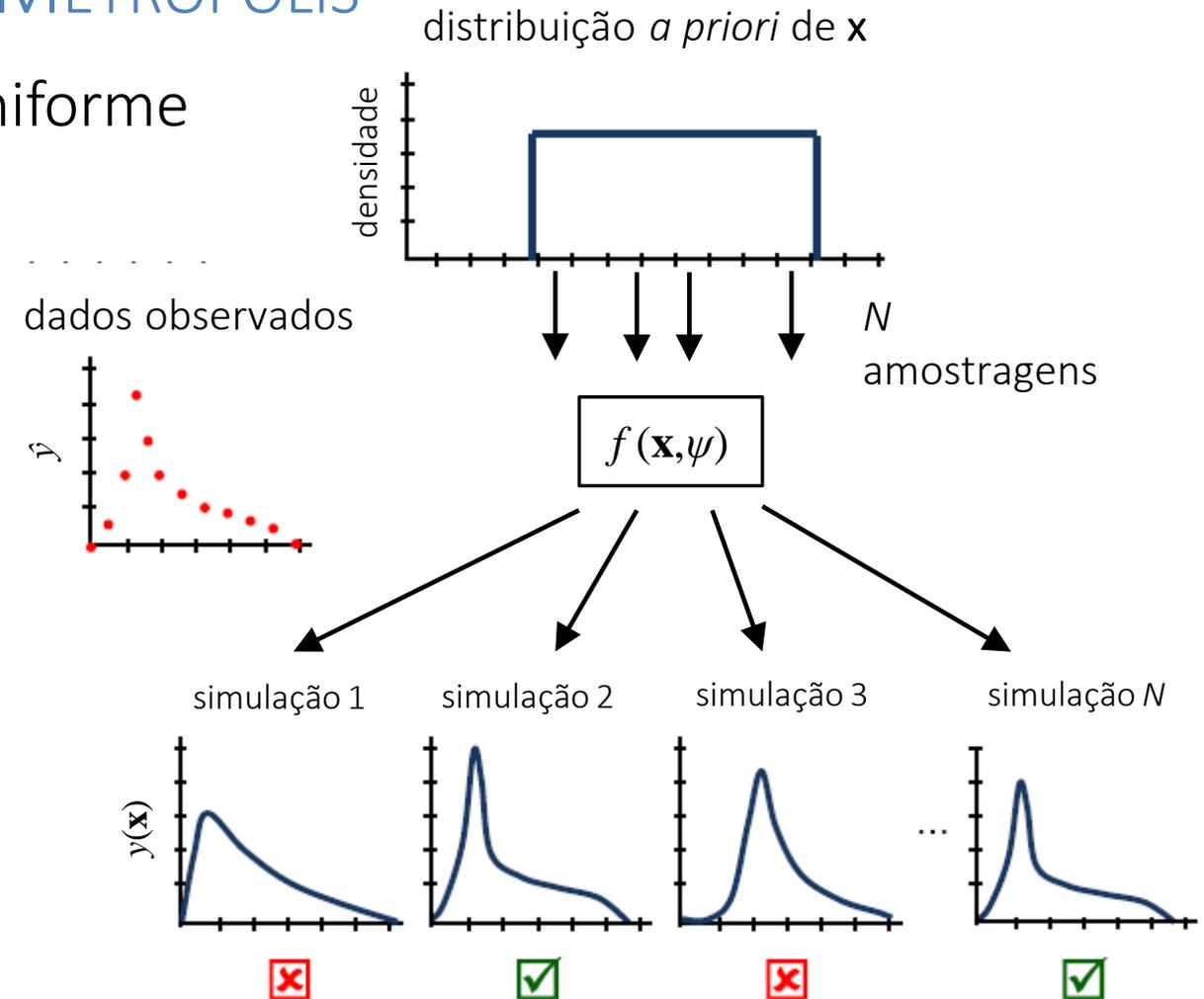
DIFFERENTIAL EVOLUTION ADAPTIVE METROPOLIS

- Distribuição *a priori*: distribuição uniforme
- Amostragem de novos pontos:



- Função de verossimilhança:

$$L(\mathbf{x} | \hat{\mathbf{Y}}, \psi) = \left[\sum_{t=1}^T (y_t(\mathbf{x}) - \hat{y}_t)^2 \right]^{-\frac{1}{2}T}$$



VALIDAÇÃO

- Validação: (1) para cada evento
(2) para série completa (60 eventos)
- Medidas de ajuste:

Erro de volume

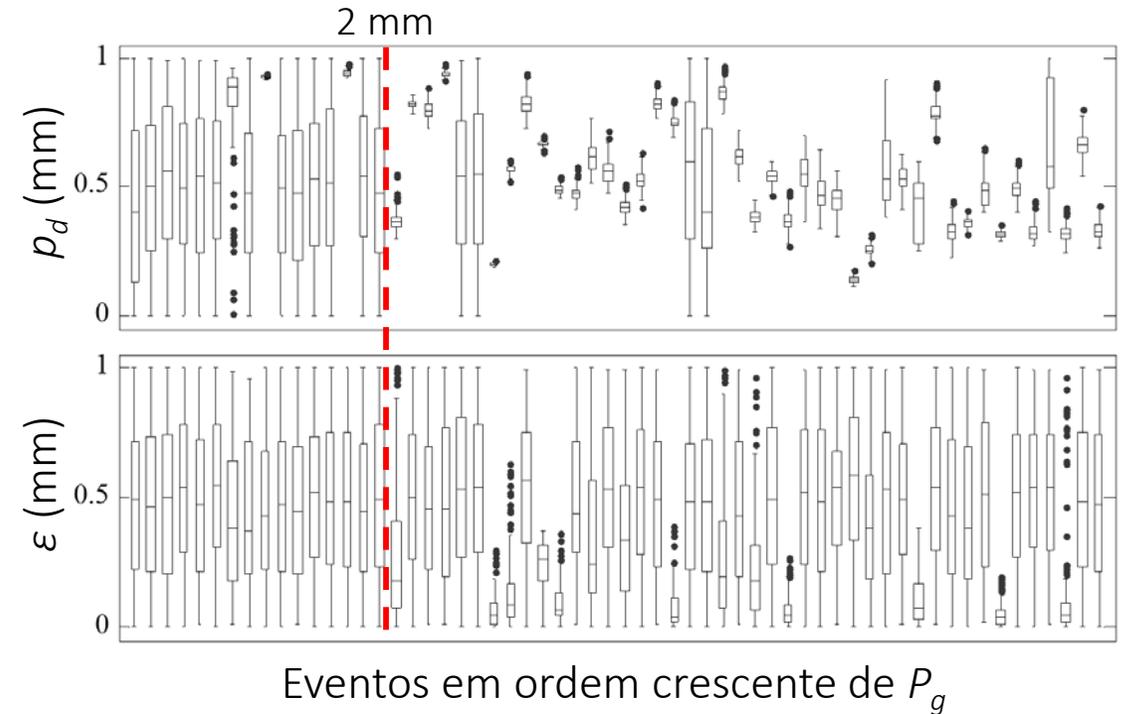
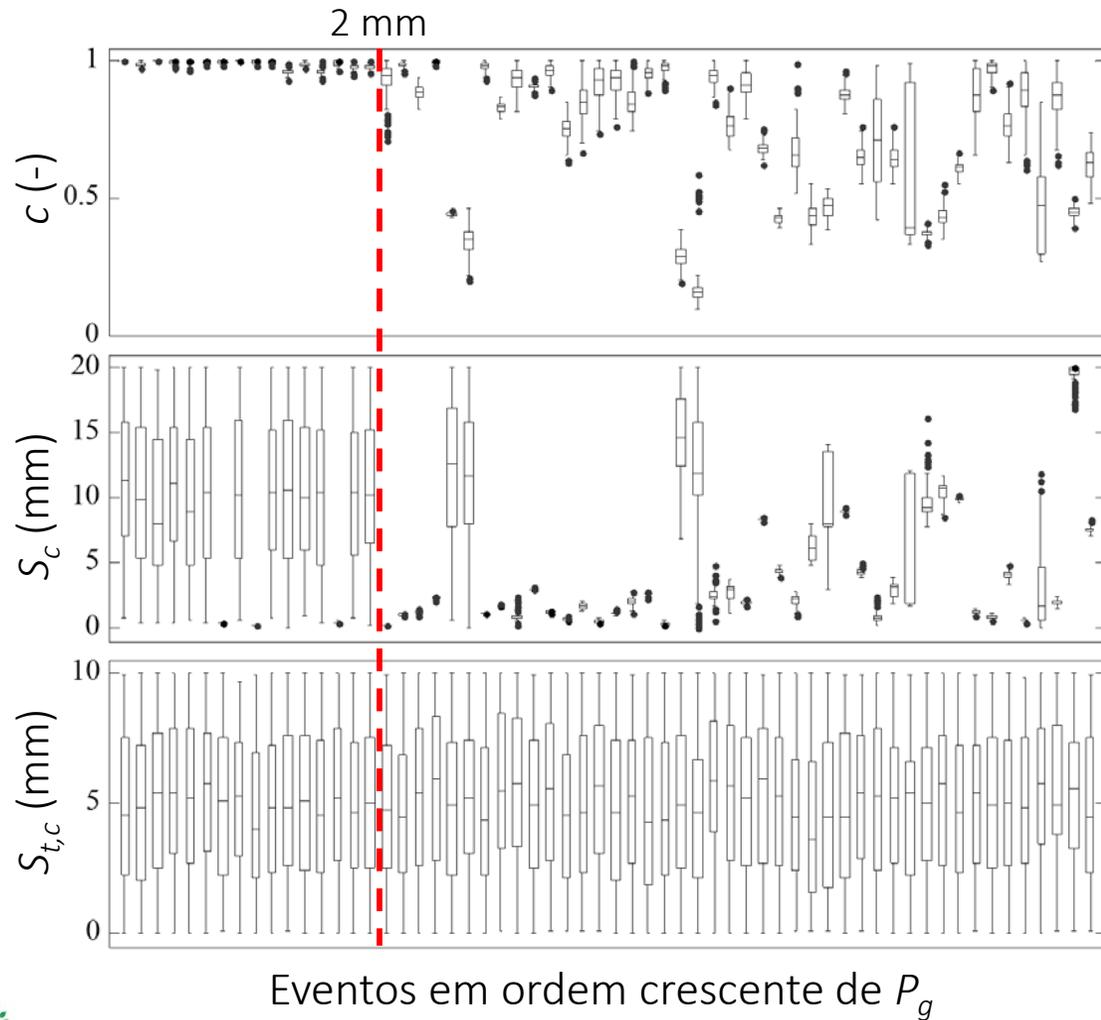
$$ER(\mathbf{x}) = \frac{\left| \sum_{t=1}^T \hat{y}_t - \sum_{t=1}^T y_t(\mathbf{x}) \right|}{\sum_{t=1}^T \hat{y}_t} \times 100$$

Coefficiente de *Nash*

$$Nash(\mathbf{x}) = 1 - \frac{\sum_{t=1}^T (\hat{y}_t - y_t(\mathbf{x}))^2}{\sum_{t=1}^T (\hat{y}_t - \bar{y})^2}$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

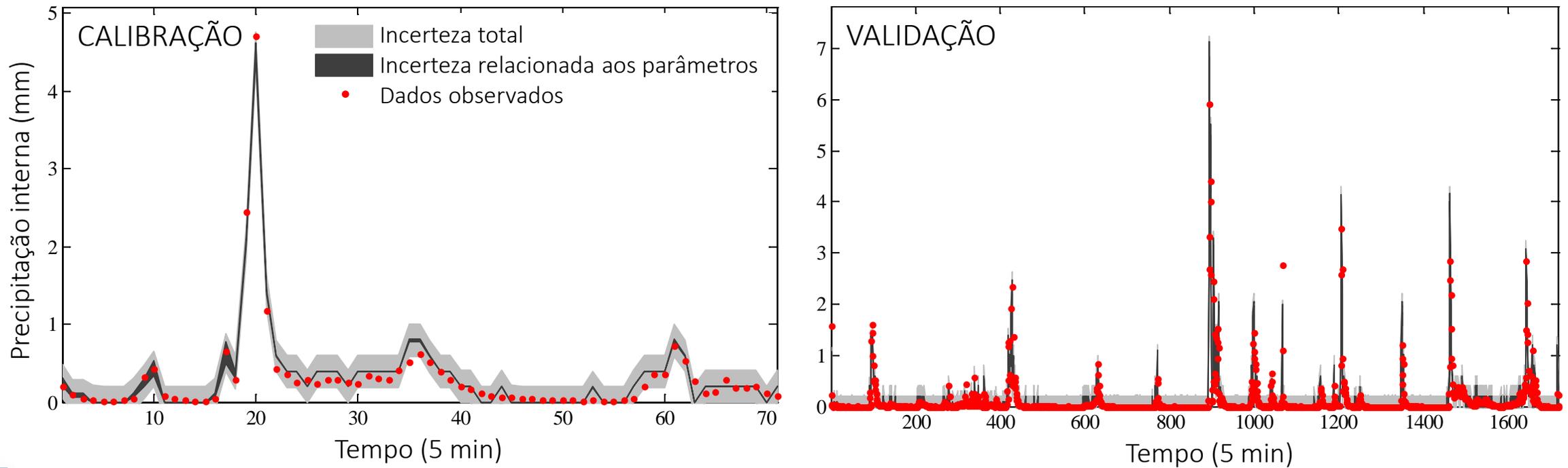
CALIBRAÇÃO POR EVENTO



Eventos com $P_g > 2$ mm possibilitam a identificação dos parâmetros

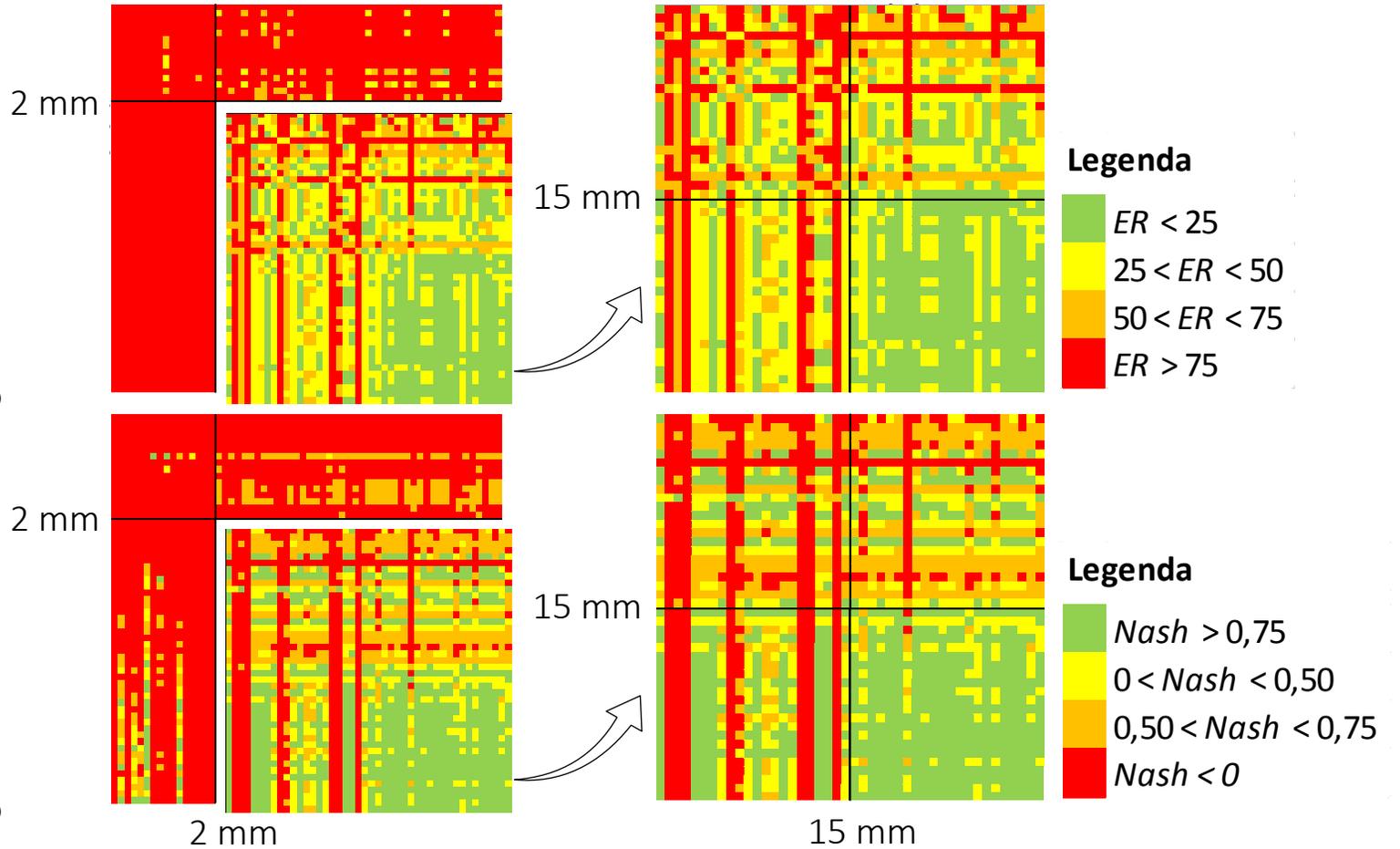
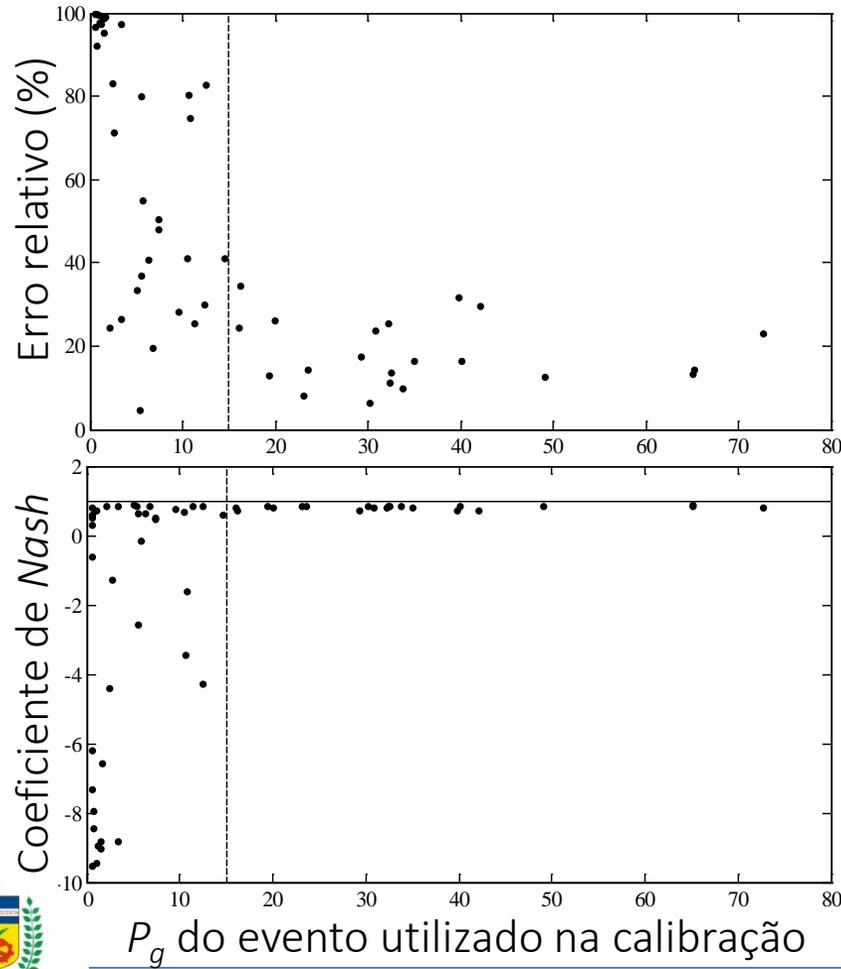
CALIBRAÇÃO E VALIDAÇÃO

Faixa de incerteza associada aos valores dos parâmetros nem sempre contempla os dados observados



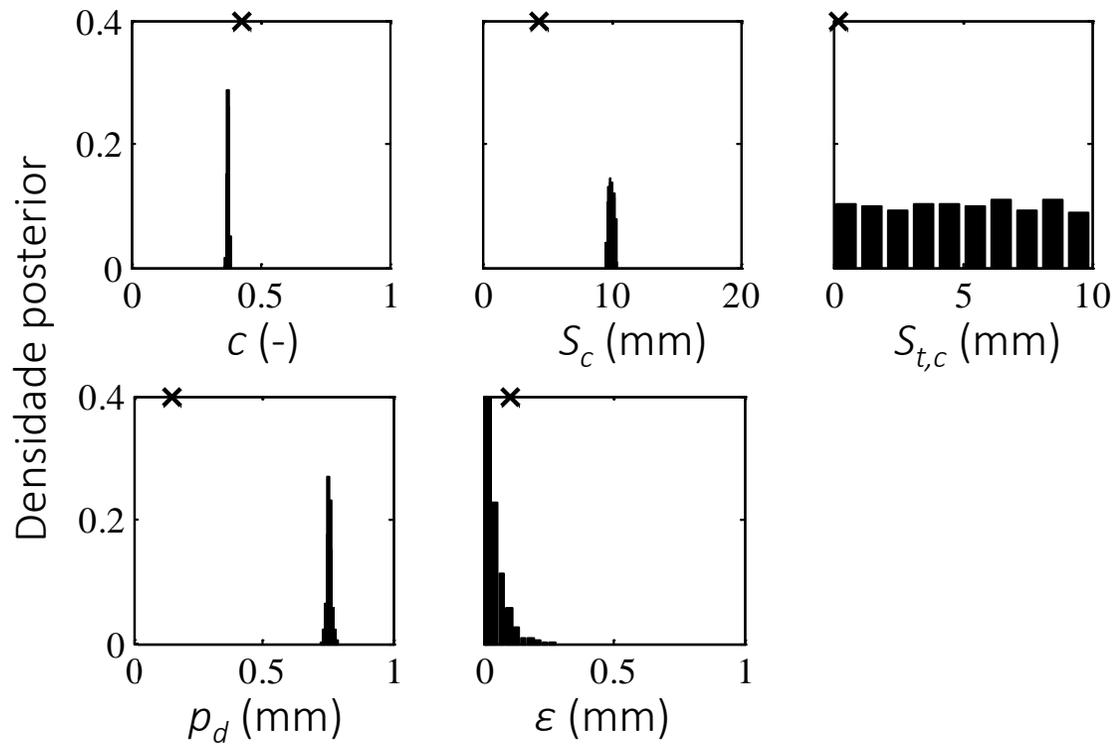
VALIDAÇÃO

Melhores resultados para eventos com $P_g > 15$ mm



REGRESSÃO X CALIBRAÇÃO

Desempenho similar ao se utilizar parâmetros obtidos por métodos de regressão e por calibração



Parâmetro	Regressão	Calibração	Unidade
c	0,43	0,37-0,38	-
S_c	4,39	9,63-10,3	mm
$S_{t,c}$	0,20	0,23-9,68	mm
p_d	0,15	0,74-0,78	-
ϵ	0,10*	0,00-0,14	-
<i>Erro de volume</i>	16	7	%
<i>Nash</i>	0,854	0,878	-

* Valor adotado

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

CONCLUSÕES

OBJETIVO ESPECÍFICO 1

Verificar o comportamento dos valores dos parâmetros do modelo de Rutter em relação às características dos eventos de precipitação

- Variação nos valores dos parâmetros identificados a partir de diferentes eventos
 - Sem relação com características dos eventos
 - Sem padrão de variação sazonal

CONCLUSÕES

OBJETIVO ESPECÍFICO 2

Analisar o desempenho do DREAM na identificação dos parâmetros do modelo de Rutter a partir de diferentes eventos de precipitação

- Eventos com $P_g > 15$ mm proporcionaram melhores resultados

CONCLUSÕES

OBJETIVO ESPECÍFICO 3

Comparar os valores dos parâmetros obtidos a partir da calibração do modelo e os valores determinados a partir de métodos de regressão

- Desempenho similar ao se utilizar parâmetros obtidos por métodos de regressão

RECOMENDAÇÕES

- Testar outras funções de verossimilhança
 - Combinação das diferentes saídas do modelo
 - Consideração explícita de outras fontes de incerteza
- Melhor estimativa do escoamento pelos troncos
- Melhorias na formulação do modelo
 - Alteração do cálculo da drenagem

MUITO OBRIGADA!

SEPARAÇÃO DA SÉRIE DE DADOS

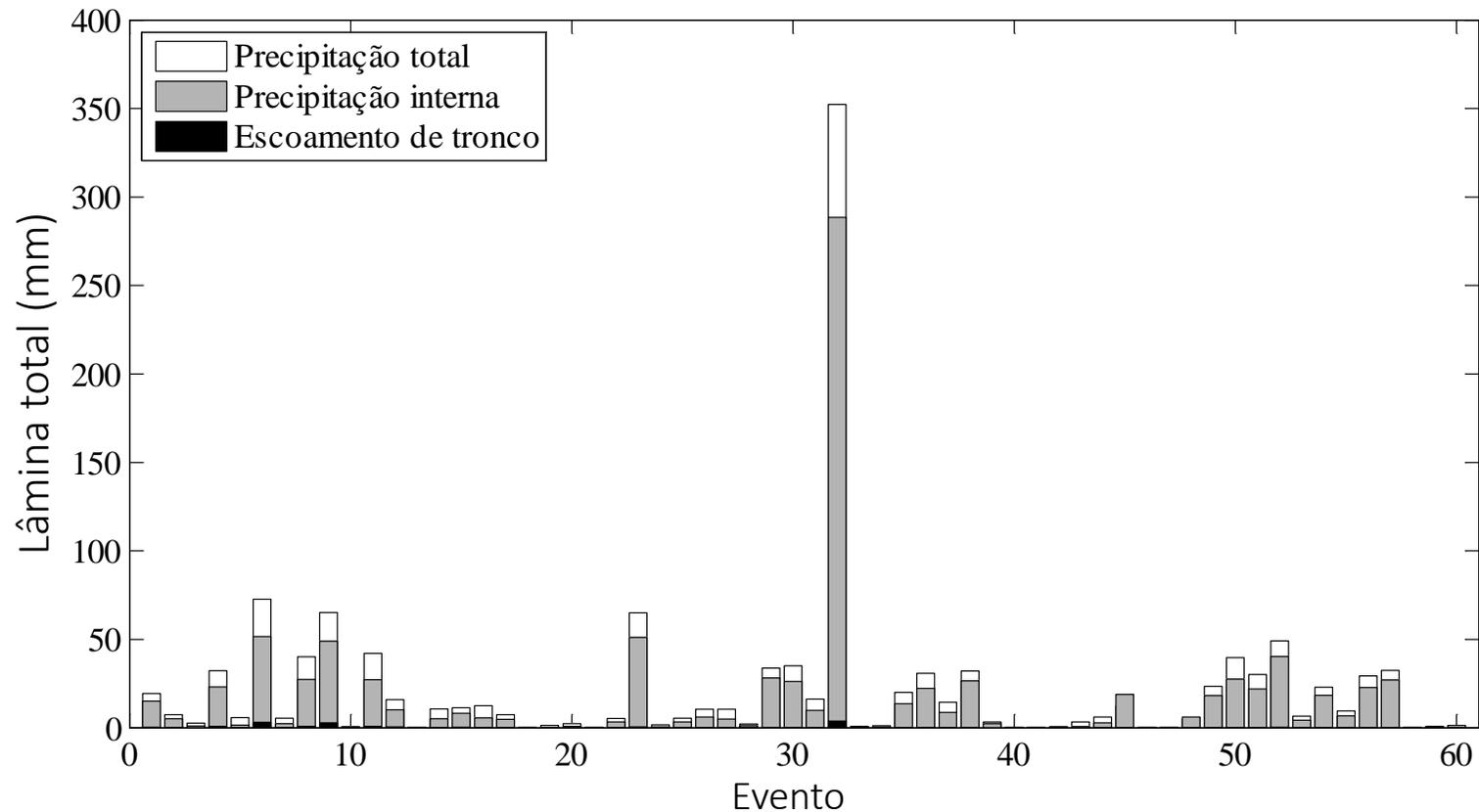
CRITÉRIOS ADOTADOS

- 12 horas de período seco
- Precipitação total acumulada $> 0,24$ mm
- Início do evento um Δt antes do início do registro de precipitação total
- Eventos com falhas descartados

De 26.02.2014 a 06.10.2014 (223 dias)

TOTAL DE 60 EVENTOS

SEPARAÇÃO DA SÉRIE DE DADOS



Série completa

Precipitação total: 1.435 mm

Precipitação interna: 1.006 mm (70%)

Escoamento de tronco: 18 mm (1,2%)

60 eventos

Precipitação total: 1.274 mm

Precipitação interna: 955 mm

Escoamento de tronco: 17 mm

ANÁLISE DE INCERTEZA

- **Incerteza** relacionada à estimativa dos **parâmetros**:
 - Simulação do modelo de Rutter com os 10.000 últimos valores de \mathbf{x}
 - Sumarizada pelos percentis 2,5 e 97,5
- **Incerteza total**:
 - Para cada passo de tempo, acréscimo ao resultado da simulação de um valor amostrado de $N_d(0, RMSE)$

$$RMSE(\mathbf{x}) = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T (\hat{y}_t - y_t(\mathbf{x}))^2}$$

Erro
homocedástico!

- Sumarizada pelos percentis 2,5 e 97,5