

TEA018 - Hidrologia Ambiental

Modelos Hidrológicos

Models da Família GR - *Genie Rural*

Explicação do Trabalho

Exemplo da bacia do rio Purus (Afluente do Rio Amazonas)

Emílio Graciliano Ferreira Mercuri

Departamento de Engenharia Ambiental

Universidade Federal do Paraná (UFPR)

Outline

Agenda de atividades

- Modelos Hidrológicos
 - Definição e Classificações
- Modelos da família GR - (*Institut national de la recherche agronomique* (INRAE) - França)
 - Modelo GR2M
 - Formulação
- Exemplo da Aplicação para a bacia CABra 1 (Rio Purus, Amazônia)
- Google Colaboratory
- Explicação do Edital do Trabalho - Parte 3

Modelo Hidrológico

é uma ferramenta para converter entradas em saídas de um sistema hidrológico

Sejam as entradas $I(t)$ e saídas $O(t)$ funções do tempo t :

Um modelo é uma transformação:

$$O(t) = \Omega I(t)$$

Ω : função de transferência (operador matemático: algébrico, diferencial,...)

$I(t)$ = inputs: precipitação, ...

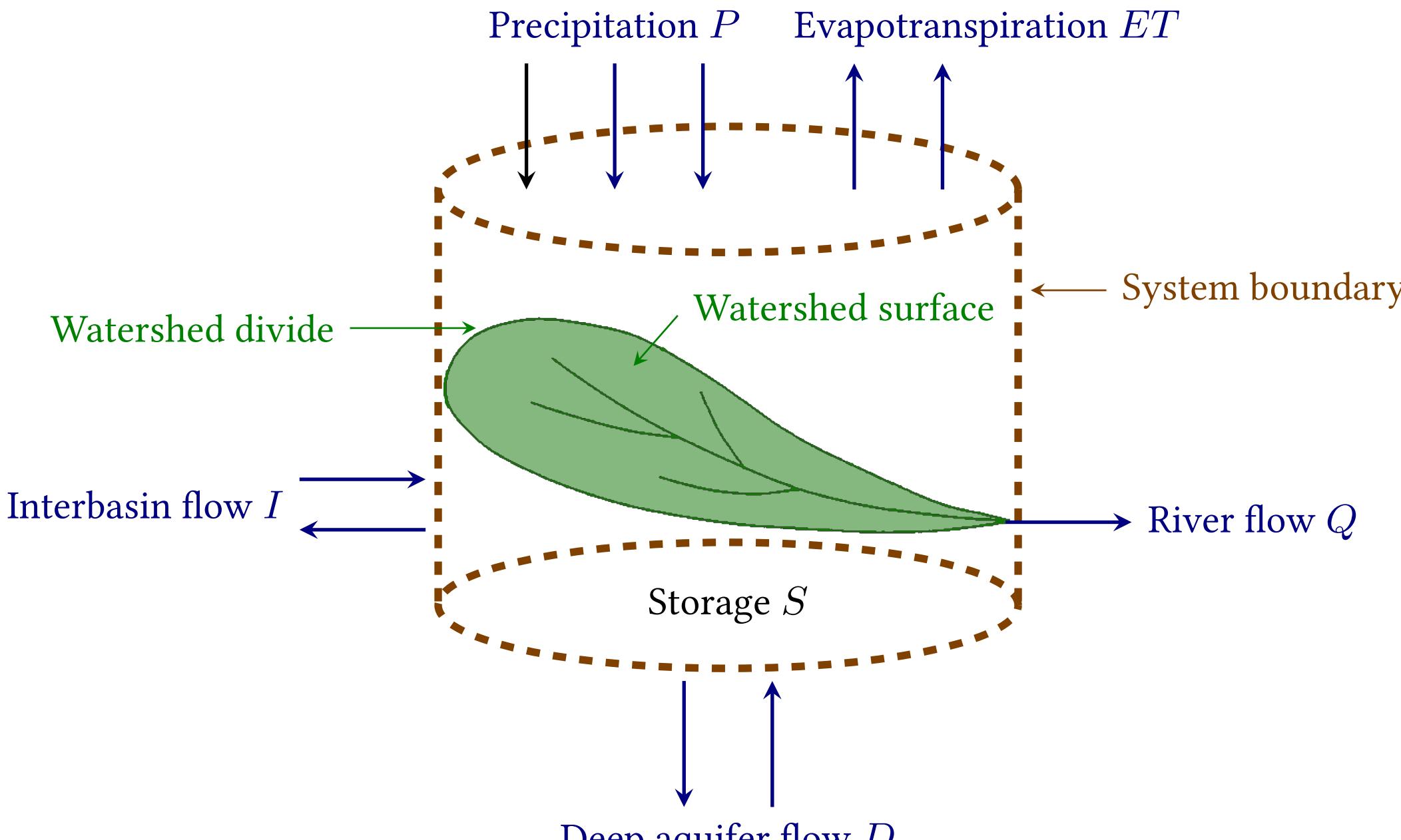
$O(t)$ = outputs: vazão, evapotranspiração, ...



rio Purus, afluente do rio Amazonas.

Modelo Hidrológico

é uma ferramenta para converter entradas em saídas de um sistema hidrológico



A bacia hidrográfica como sistema hidrológico

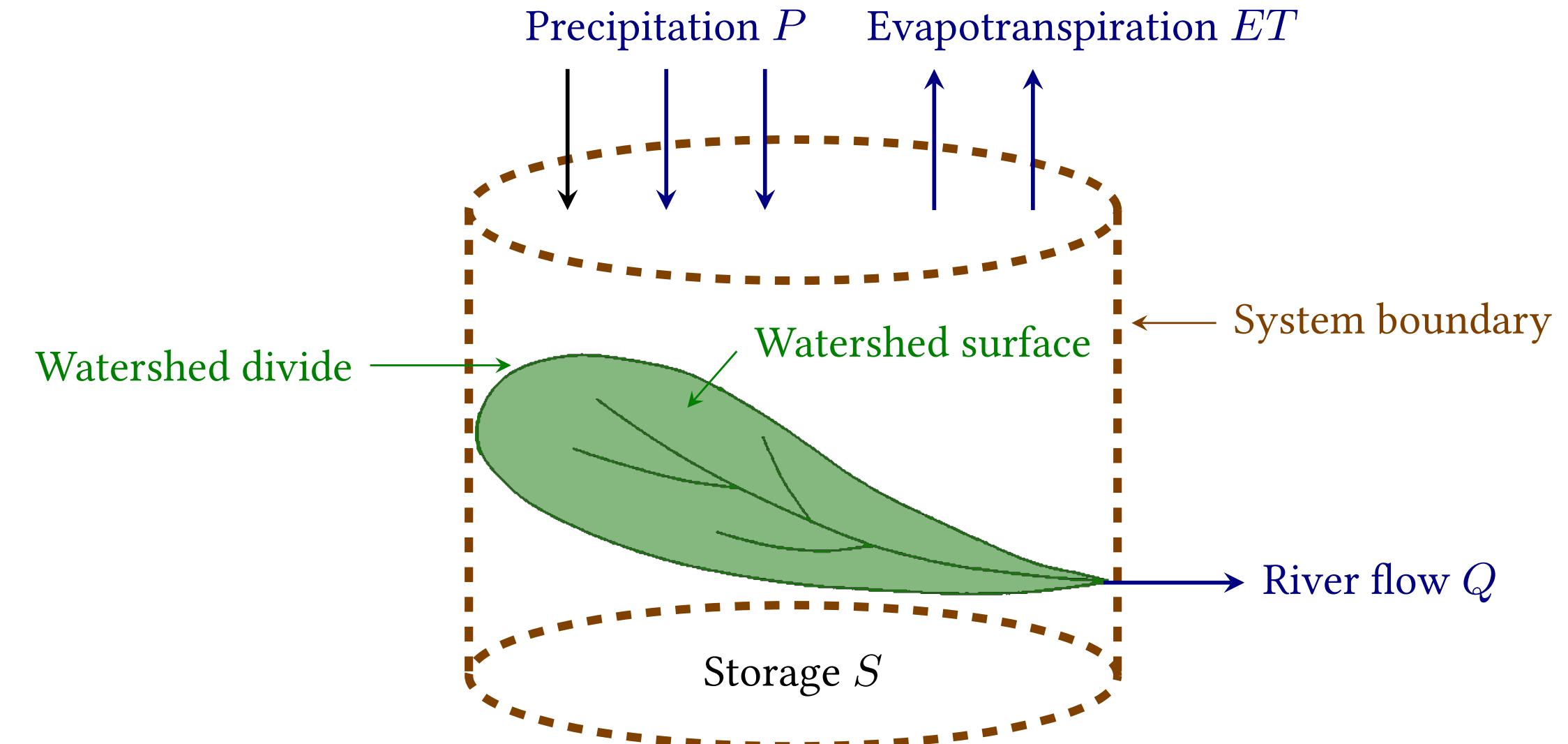
Balanço Hídrico:

$$\frac{dS}{dt} = P - ET - Q + (D + I)$$

A bacia hidrográfica pode ser um sistema hidrológico, mas o sistema pode ser definido em outras escalas, como a vertente, um volume de solo, etc...

Modelo Hidrológico

Simplificações comuns em modelos hidrológicos



A bacia hidrográfica como sistema hidrológico

Balanço Hídrico:

$$\frac{dS}{dt} = P - ET - Q$$

Classificação de Modelos Hidrológicos

Descrita por Brutsaert no livro Hydrology - An Introduction

Pode-se dividir os modelos hidrológicos em 3 classes ou aproximações:

1. Modelos Físicos

Na abordagem física, a relação entre os fluxos de entrada e de saída do sistema hidrológico é dada pela **solução das equações de conservação** conhecidas da **mecânica dos fluidos** e da **termodinâmica** com condições de contorno apropriadas para descrever o fluxo e o transporte da água ao longo do ciclo hidrológico. Ex. Hidrograma Unitário, Equação de Richards para fluxo no solo, modelo de célula de tempestade (Teorema de Transporte de Reynolds).

2. Modelos Empíricos (abordagem de "sistema" ou "operacional")

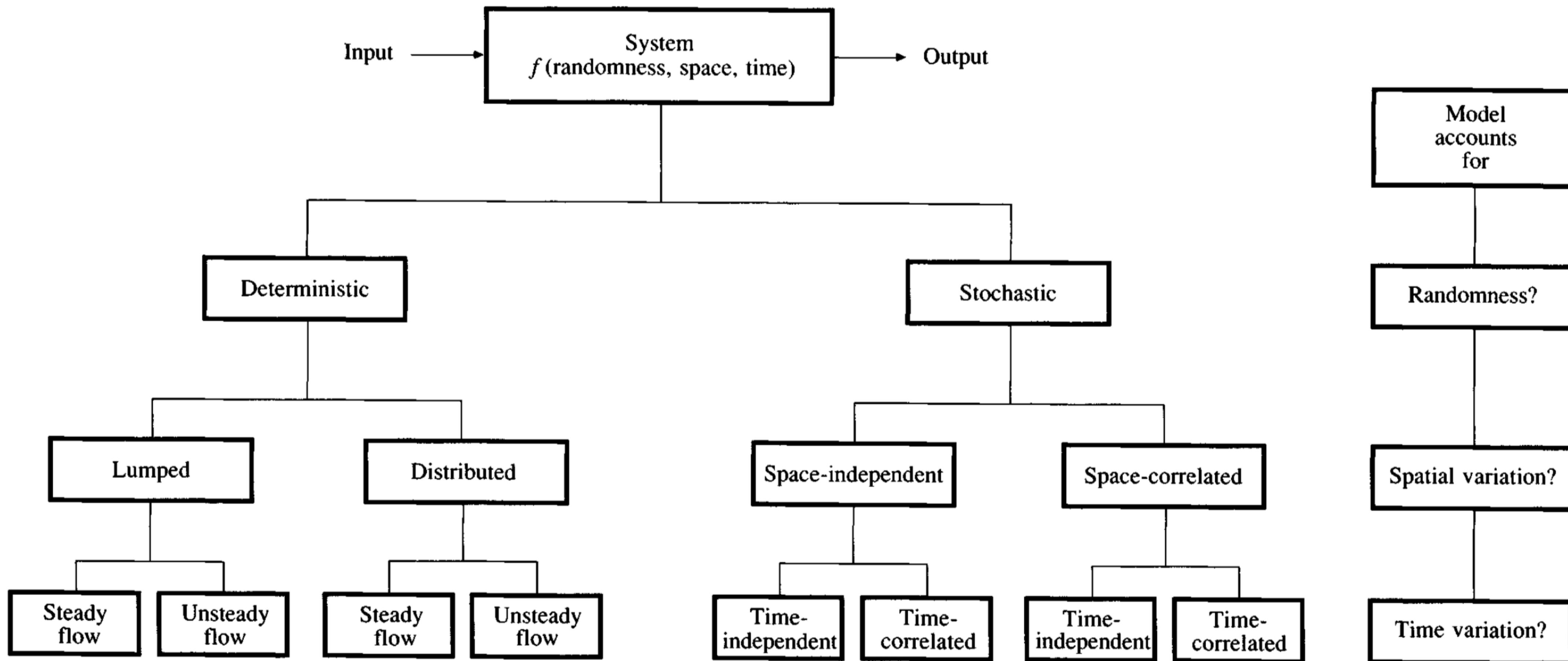
Nesta abordagem não são consideradas a estrutura física dos vários componentes do ciclo hidrológico e os seus mecanismos internos; em vez disso, **cada componente** é pensado como uma “**caixa preta**”, e a análise centra-se na descoberta de uma **relação matemática entre a entrada** (por exemplo, precipitação, temperatura do ar, etc.) e **a saída** (por exemplo, vazão de um rio, umidade do solo, evaporação, etc.). Ex. Família de modelos GR.

3. Modelos Conceituais (uma classificação intermediária entre os Modelos Físico e Empírico)

Nesta visão, o funcionamento de uma unidade hidrológica, digamos uma bacia hidrográfica, é representado em termos de alguns componentes idealizados ou “**caixas cinzentas**”, cujas funções de resposta de entrada-saída são estruturadas após soluções de algumas situações tratáveis ou adequadamente simplificadas dos processos físicos considerados relevantes. ■

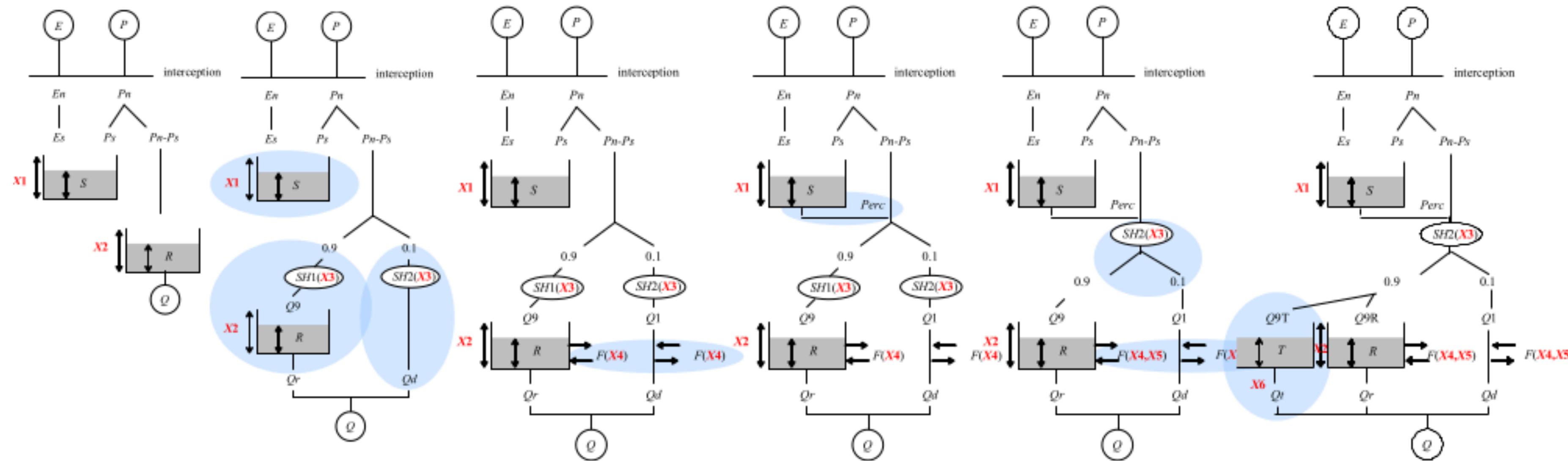
Classificação de Modelos Hidrológicos

Descrita por Chow, Maidment, Mays no livro Applied Hydrology



Família de modelos GR

- Desenvolvidos por universidades, grupos e institutos de pesquisa na França
- Institut national de la recherche agronomique (INRAE)*
- Catchment Hydrology research group at INRAE* in Antony (sul de Paris)



GR1-GR2
Michel, 1983

Reservoirs
of different
capacities

GR3
Edijatno, 1991

Complete redesign of
the model
Addition of unit
hydrographs

GR4
Nascimento, 1995

Addition of an
underground
exchange function

GR4
Perrin, 2000

Addition
of a percolation
of the production
reservoir

GR5
Mathevet, 2005
Le Moine, 2008

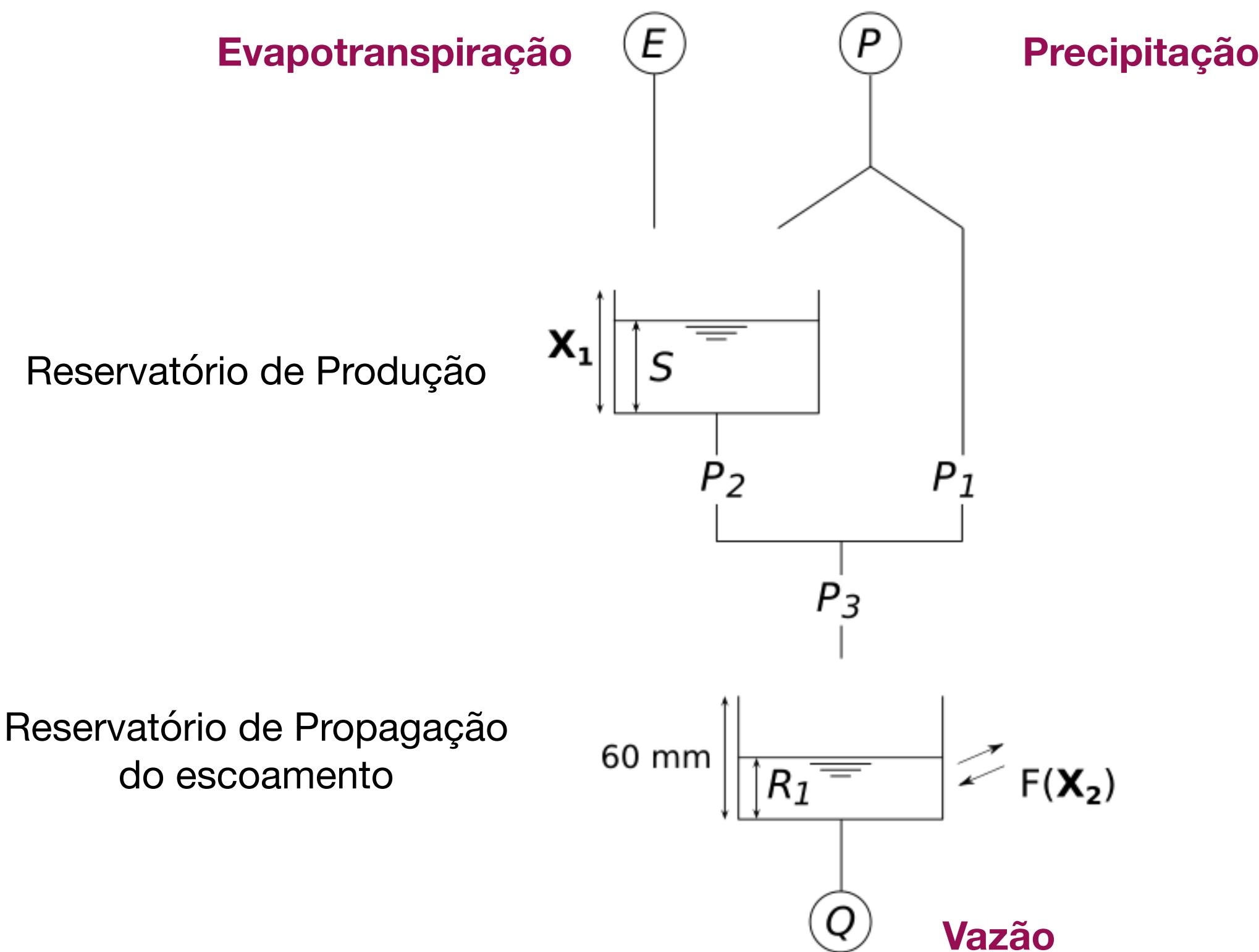
Simplification of routing
Modification of the
exchange function

GR6
Pushpalatha, 2013

Add a second
routing reservoir

Modelo GR2M

- **GR2M** (*Génie Rural à 2 paramètres Mensuel*)
- Desenvolvido por Kabouya (1990), Kabouya et Michel (1991), Makhlof (1994), Makhlof et Michel (1994), Mouelhi (2003) et Mouelhi et al. (2006b).
- A versão atual é de Mouelhi et al. (2006b)



Modelo GR2M

No modelo GR2M, a função de produção de água depende do armazenamento de umidade do solo.

Dada uma precipitação P , o nível S no reservatório de produção torna-se S_1 e é definido por:

$$S_1 = \frac{S + X_1 \varphi}{1 + \varphi \frac{S}{X_1}}, \text{ sendo } \varphi = \tanh\left(\frac{P}{X_1}\right)$$

O parâmetro X_1 , a capacidade máxima do **reservatório de produção**, é positivo e é dado em mm.

O excesso de precipitação P_1 é dado por:

$$P_1 = P + S - S_1$$

Dada a evapotranspiração potencial E , o nível S_1 torna-se S_2 :

$$S_2 = \frac{S_1(1 - \psi)}{1 + \psi\left(1 - \frac{S_1}{X_1}\right)} \quad \text{e} \quad \psi = \tanh\left(\frac{E}{X_1}\right)$$

O reservatório de produção então se esvazia com uma percolação P_2 e seu nível S , pronto para os cálculos do mês seguinte, é dado por:

$$S = \frac{S_2}{\left[1 + \left(\frac{S_2}{X_1}\right)^3\right]^{1/3}} \quad \text{e} \quad P_2 = S_2 - S$$

A chuva total P_3 que chega ao **reservatório de propagação** é dada por:

$$P_3 = P_1 + P_2$$

O nível R no reservatório de propagação torna-se então R_1 :

$$R_1 = R + P_3$$

Um termo de troca de água subterrânea entre bacias vizinhas e aquíferos profundos é então calculado por:

$$F = (X_2 - 1) R_1$$

O parâmetro X_2 é positivo e adimensional. O nível no reservatório torna-se:

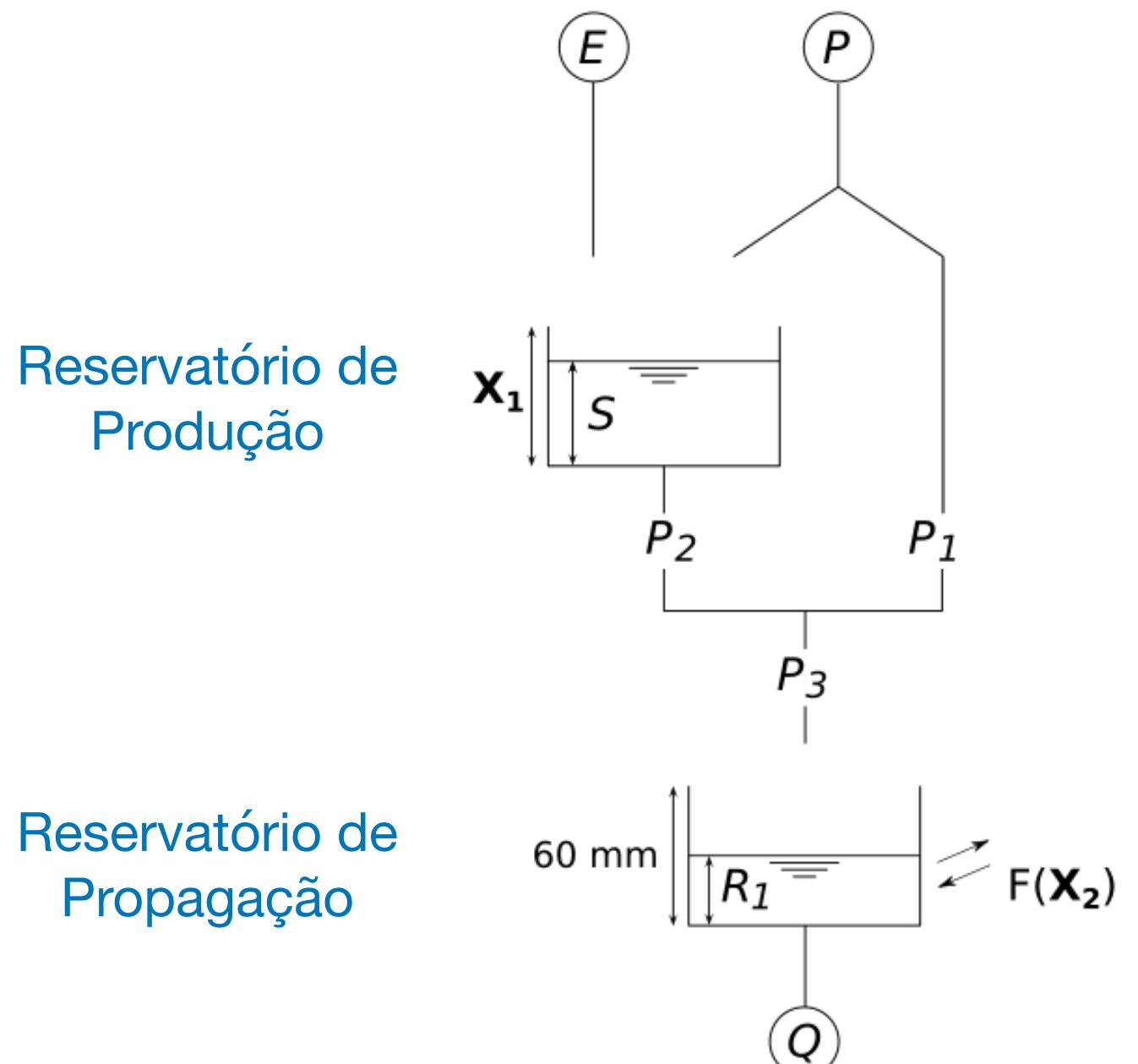
$$R_2 = X_2 R_1$$

O reservatório, com capacidade fixa igual a 60 mm, esvazia segundo uma função quadrática. O fluxo é dado por:

$$Q = \frac{R_2^2}{R_2 + 60}$$

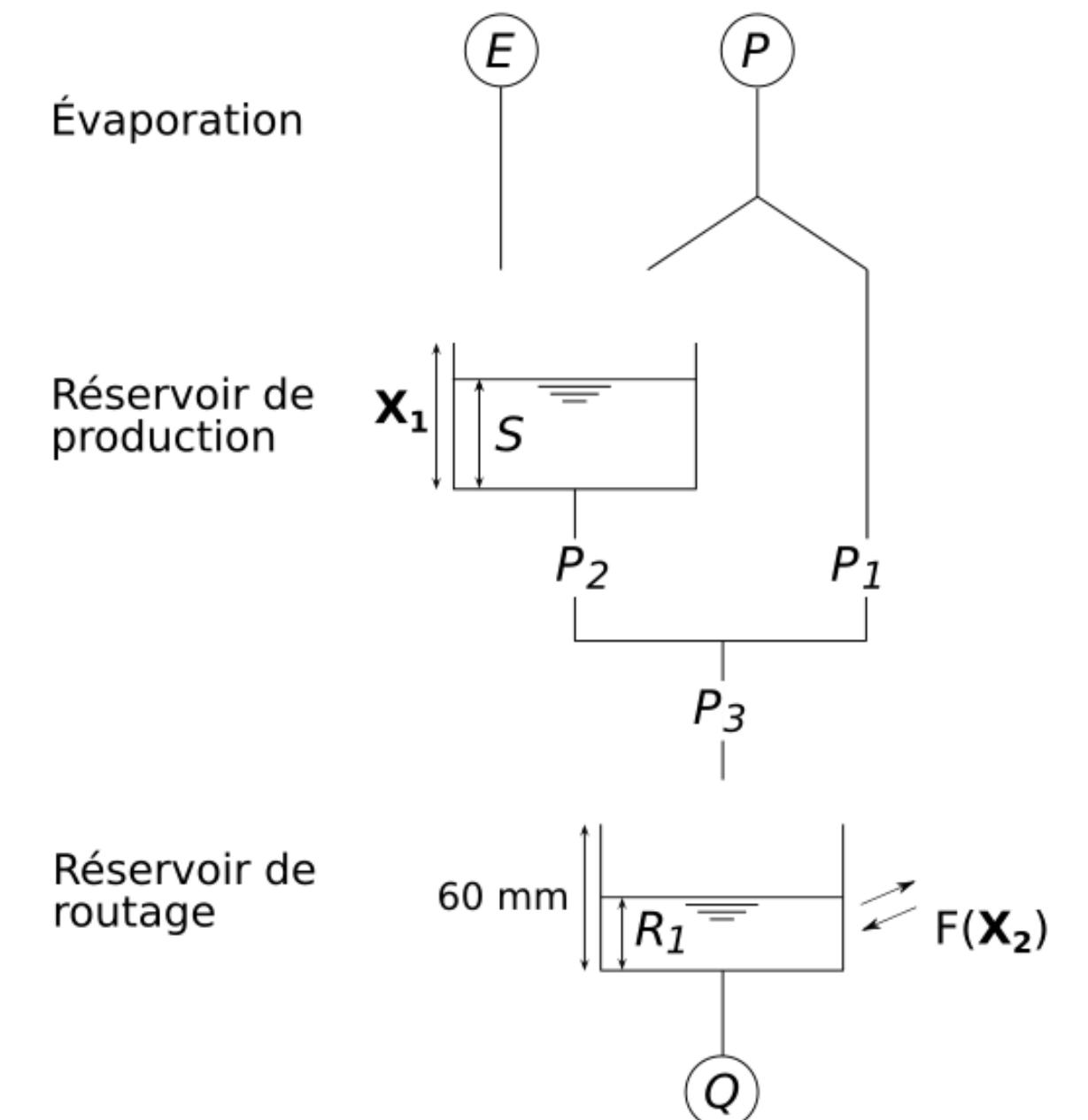
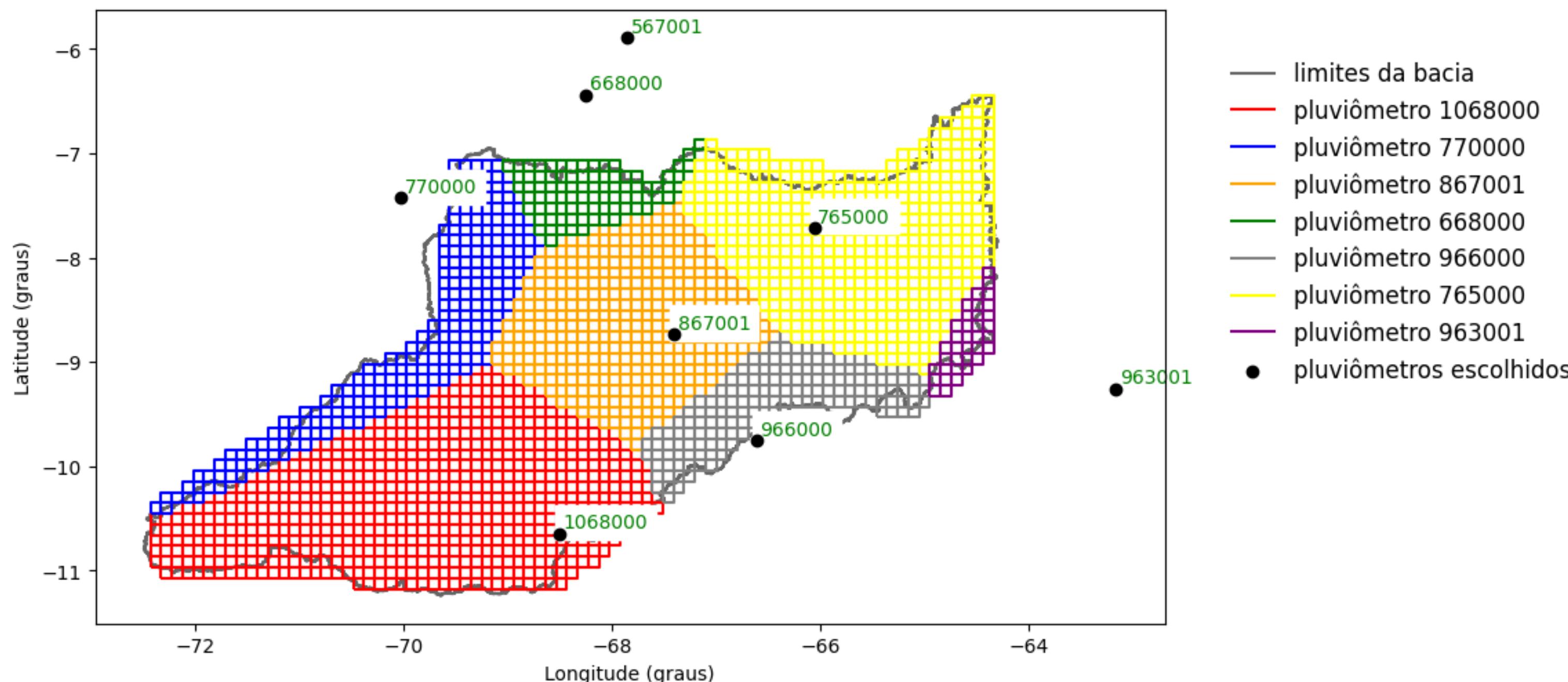
O modelo tem dois parâmetros para otimizar na calibração:

- X_1 : capacidade do tanque de produção (mm),
- X_2 : coeficiente de troca subterrânea (-).



Modelo GR2M

Aplicação do Modelo GR2M para a bacia do rio Purus, afluente do rio Amazonas.



Aplicação do Modelo GR2M na Bacia do rio Purus

Aplicação do Modelo GR2M para a bacia do rio Purus, afluente do rio Amazonas.

Atividade usando o Google Colaboratory.



<https://amazonia.exame.com/raizes-do-purus/>