



# **Seminário sobre Recursos Hídricos e Agricultura**

2 de outubro de 2013



engenharia  
**HÍDRICA**

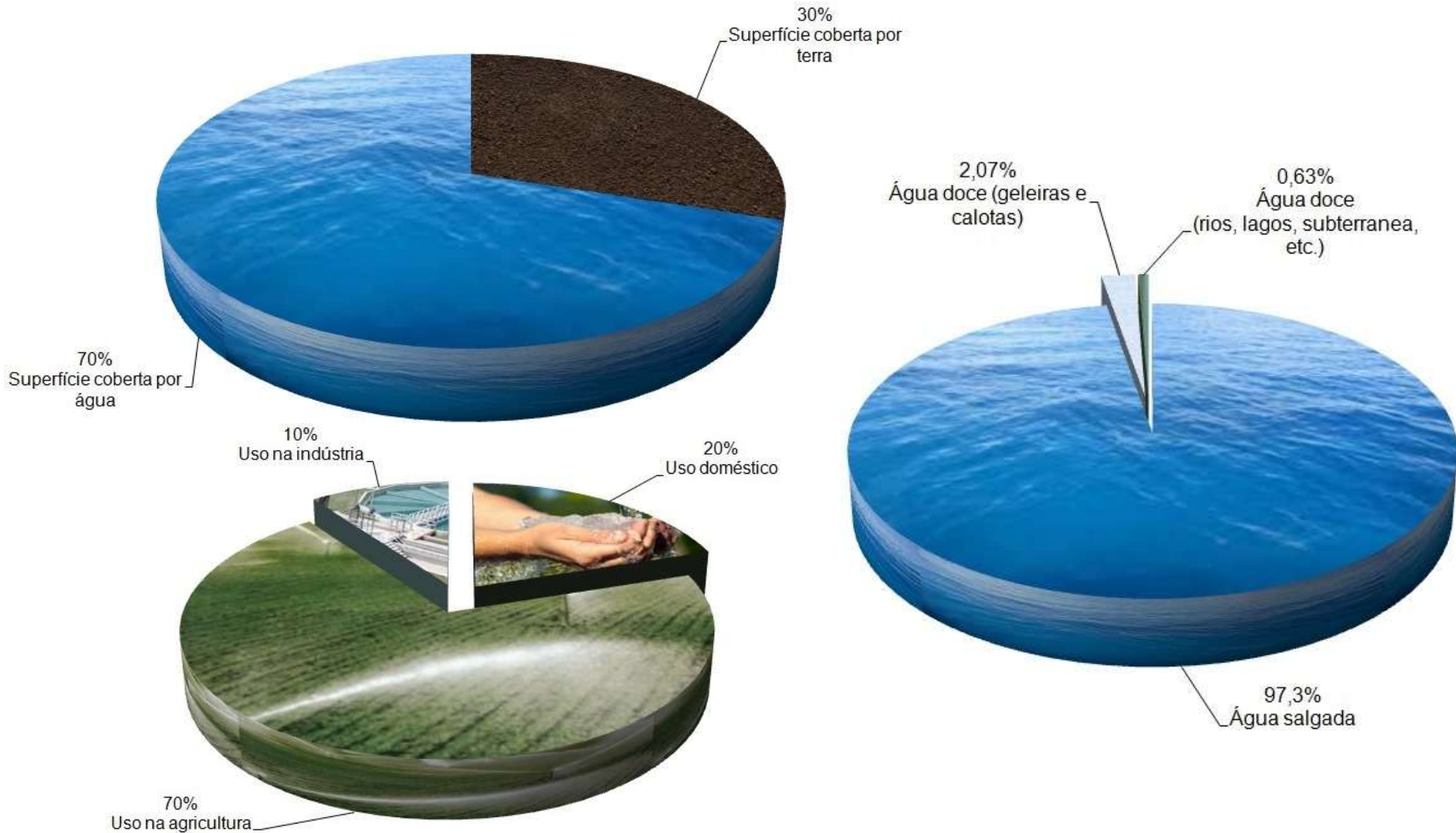


Programa de Pós-Graduação em  
**RECURSOS  
HÍDRICOS**  
Universidade Federal de Pelotas

Modelagem e simulação hidrológica em  
bacias hidrográficas – aplicações e desafios

Prof. Samuel Beskow

# Recursos hídricos e agricultura



# Cenário atual de recursos hídricos

---



# Consequências das ações antrópicas

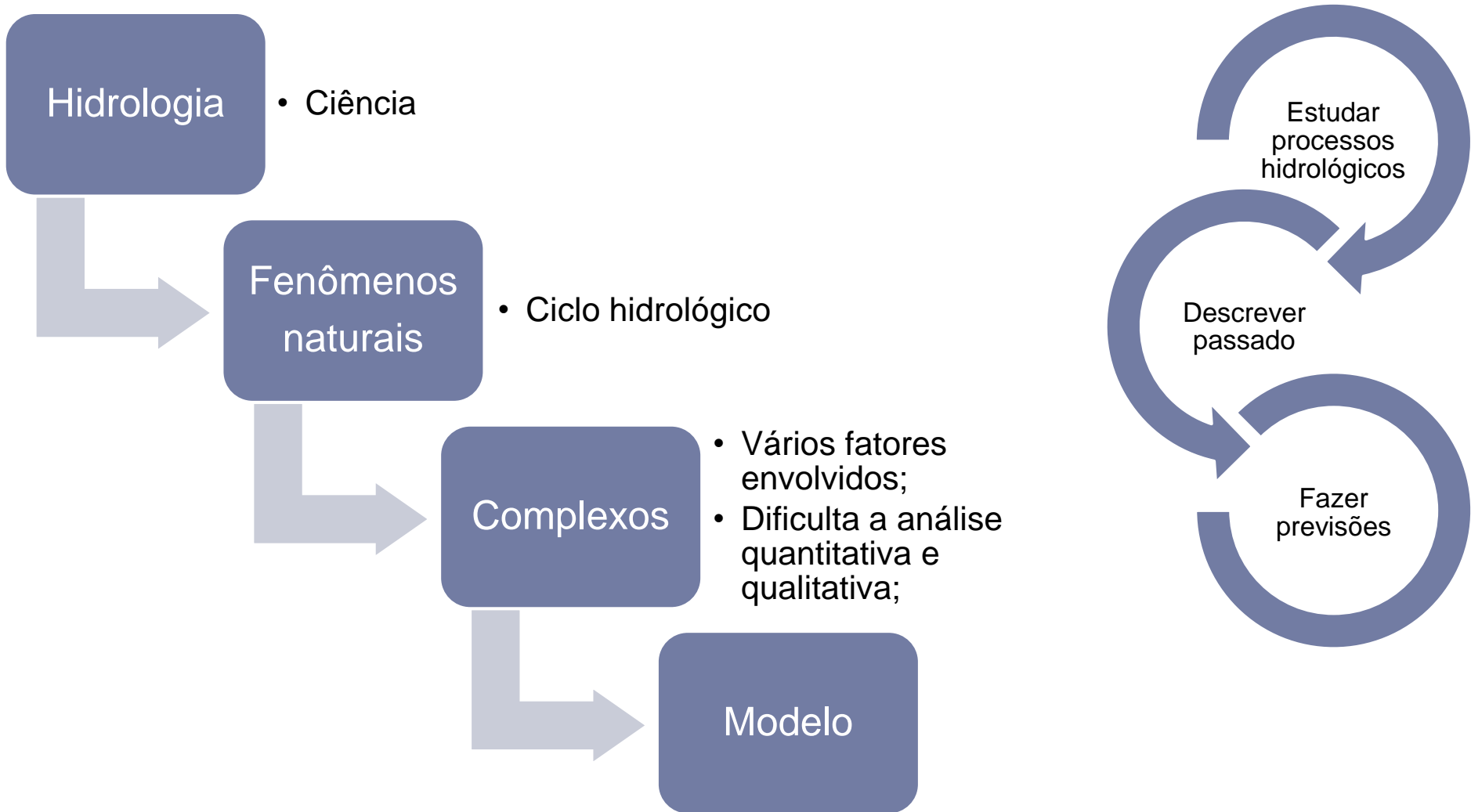


# Gestão de recursos hídricos



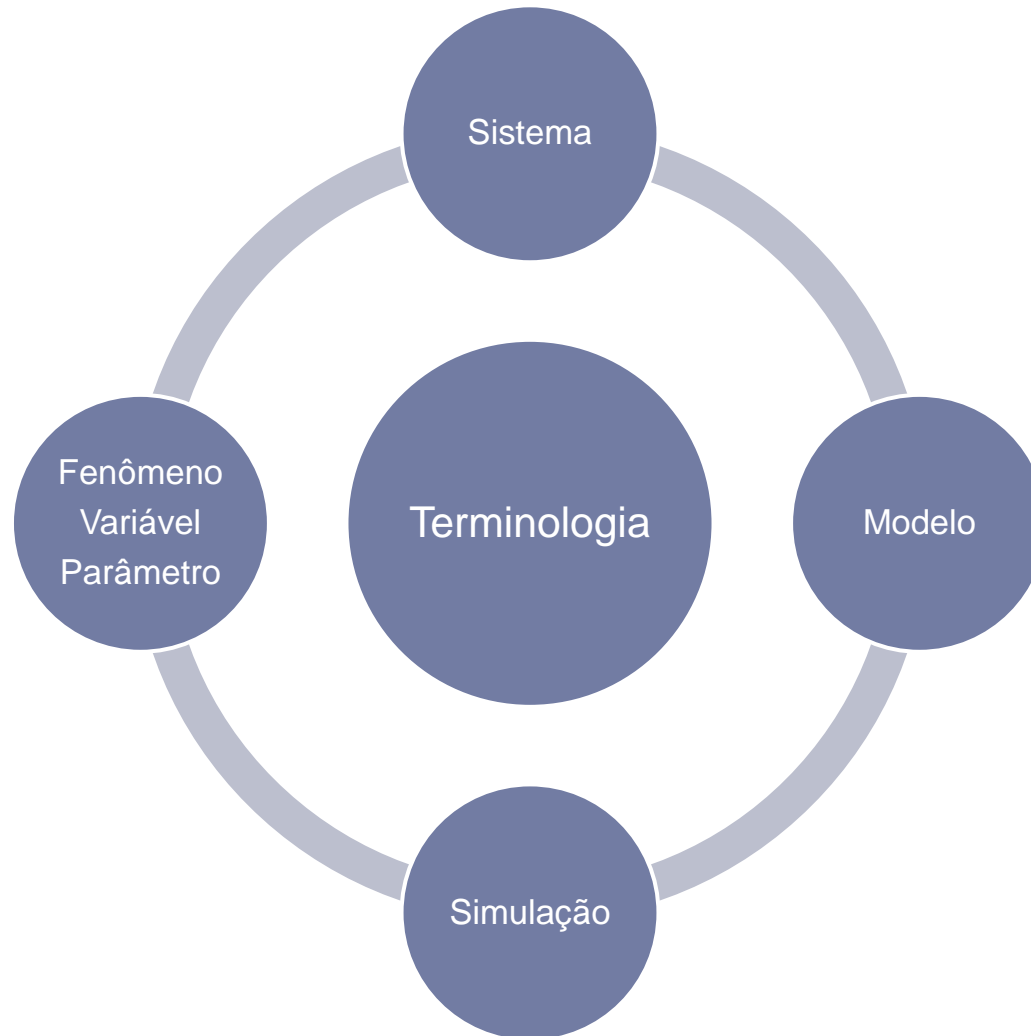
Fonte: Unesco\*

# Recursos hídricos x Hidrologia x Modelagem



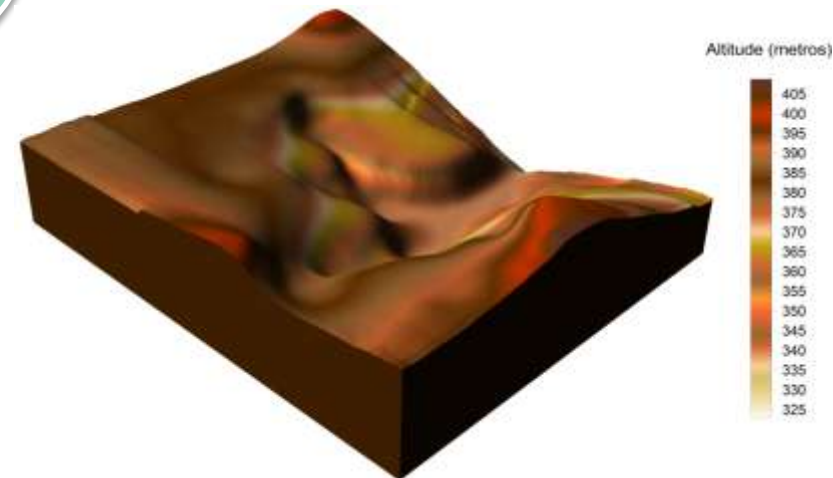
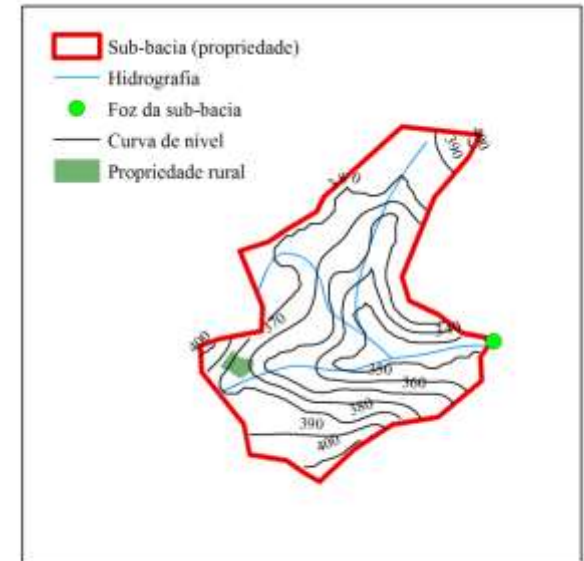
# Conceitos aplicados à modelagem

---

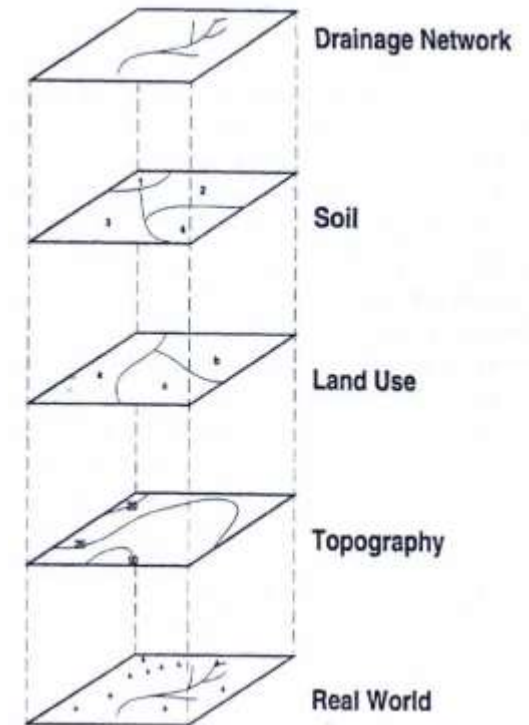
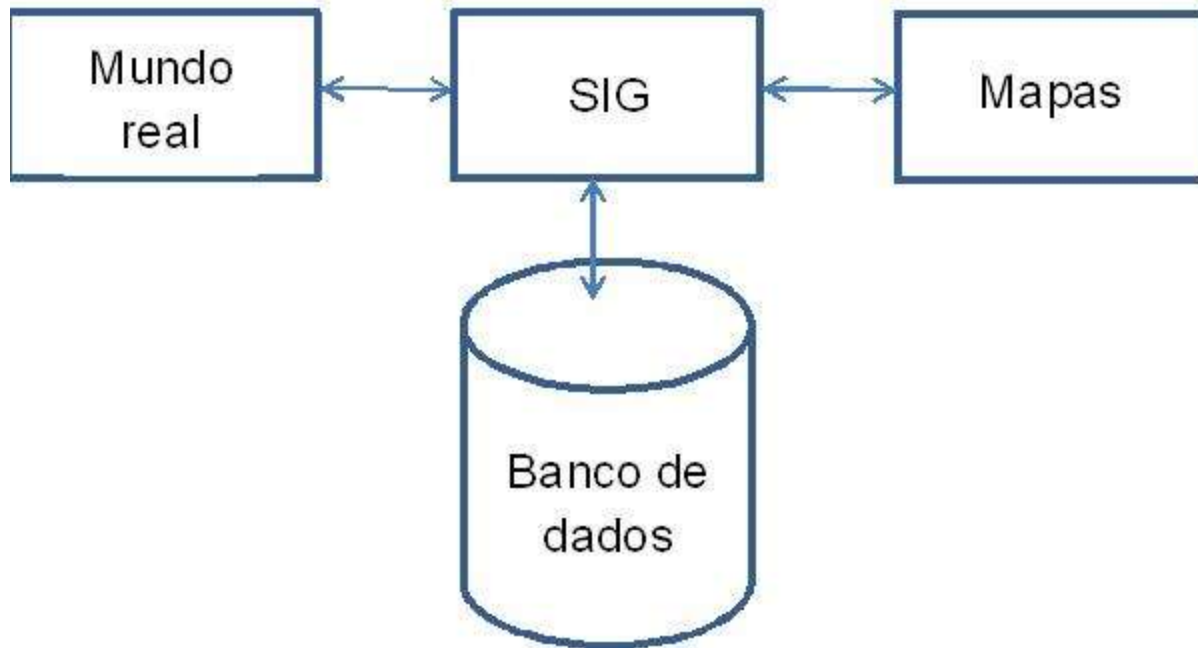




# Conceitos aplicados à modelagem



# Sistema de Informações Geográficas (SIG)



Fonte: Adaptado de Singh & Fiorentino (1996)

- ▶ Integração SIG e Hidrologia: natural (Singh e Fiorentino, 1996);

Fonte: Singh & Fiorentino (1996)

# Etapas para modelagem hidrológica

---

## Definição

- Bacia hidrográfica;
- Problemas;

## Monitoramento

- Processos hidrológicos;

## Modelagem

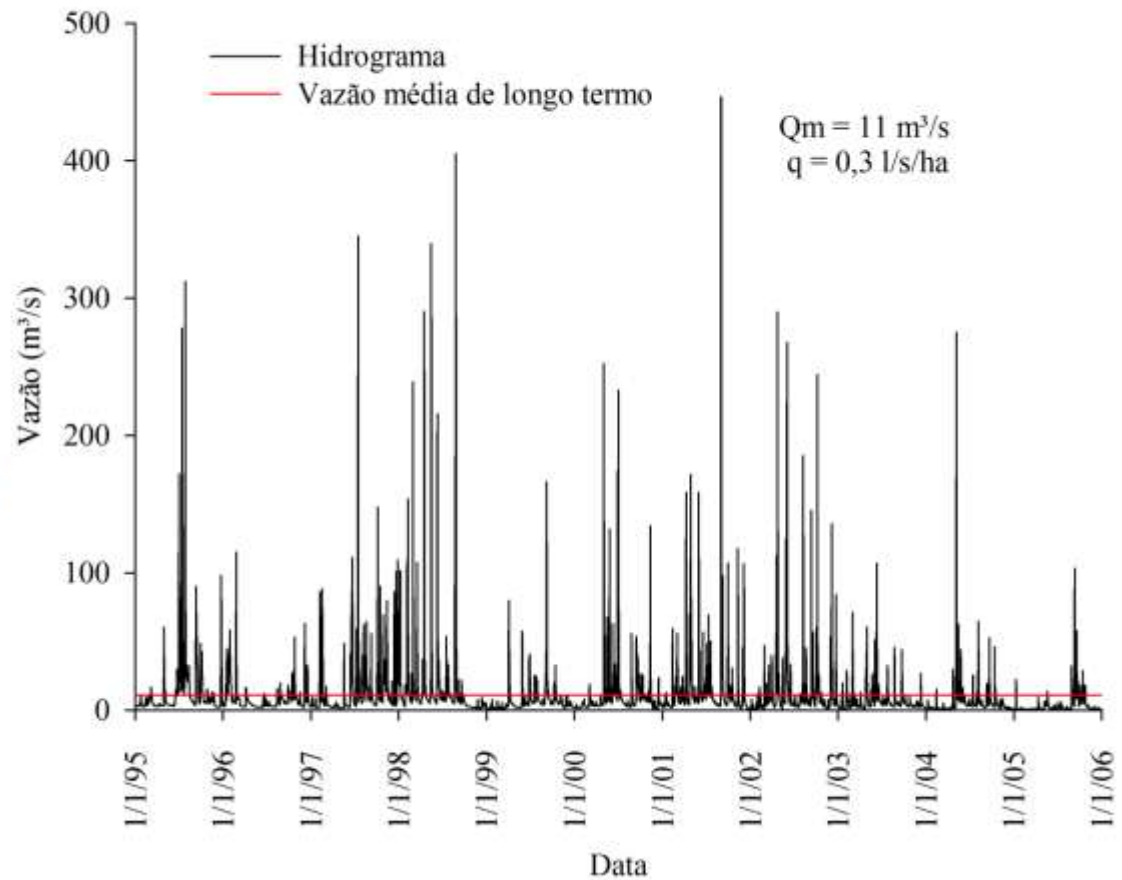
- Modelo;

## Simulação

- Tomada de decisões;
- **Gestão;**

Avançar

# Etapas (Definição)



[Voltar](#)

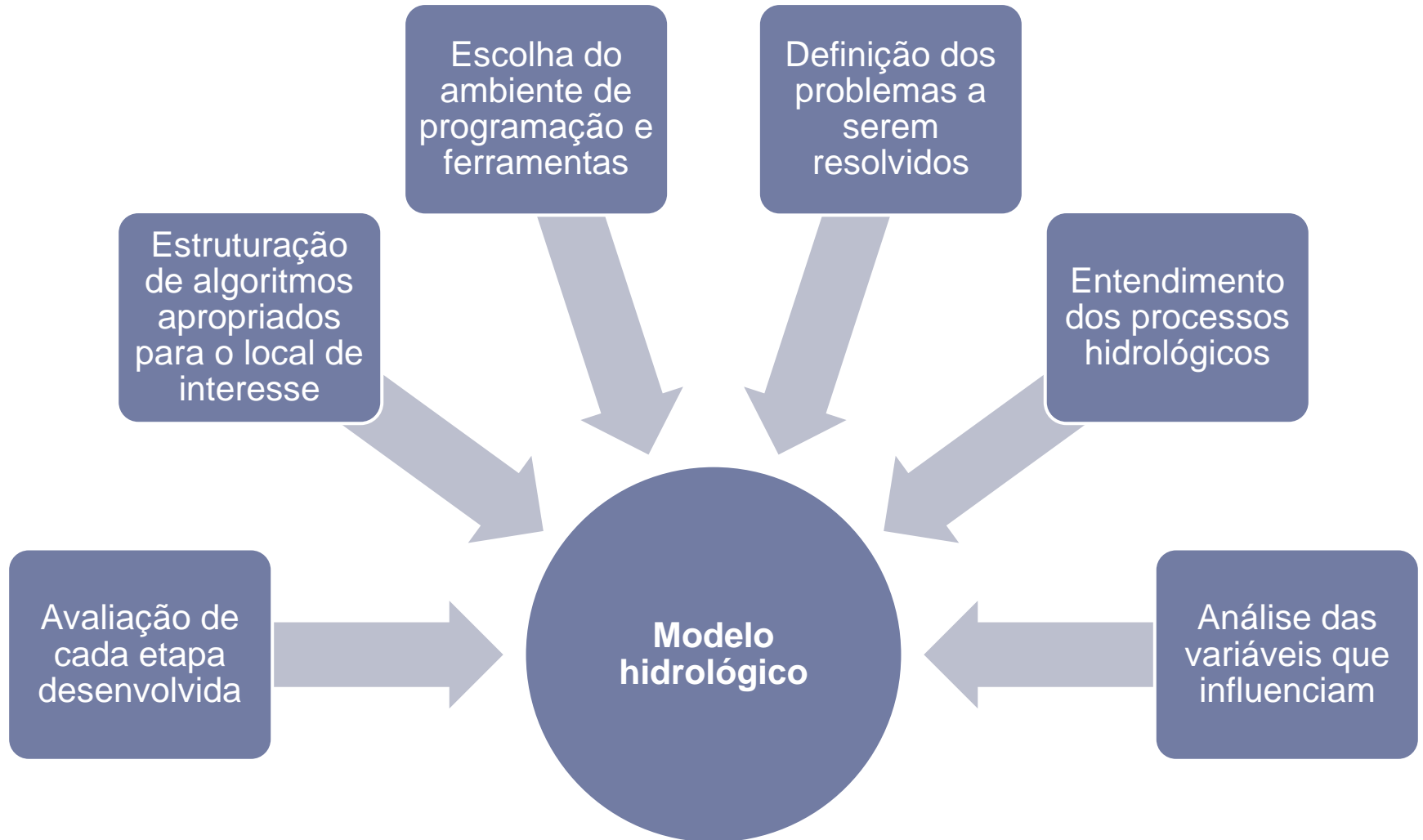
# Etapas (monitoramento)



[Voltar](#)

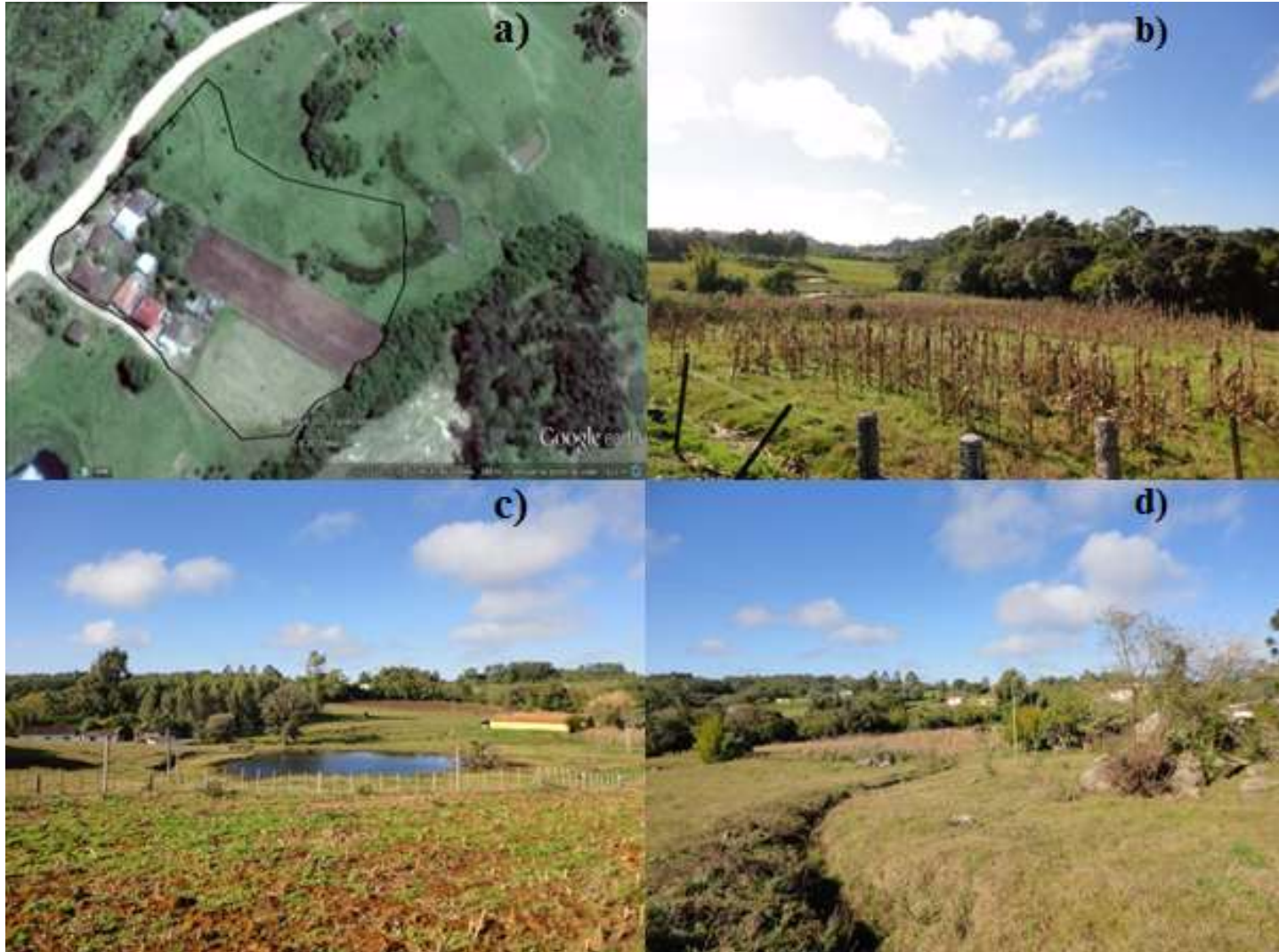
# Etapas (modelagem)

---



[Voltar](#)

# Etapas (simulação)



[Voltar](#)

# Reflexão (Beven, 2001; Tucci, 2005)

- ▶ Por que usar um modelo hidrológico se é possível medir variáveis hidrológicas?





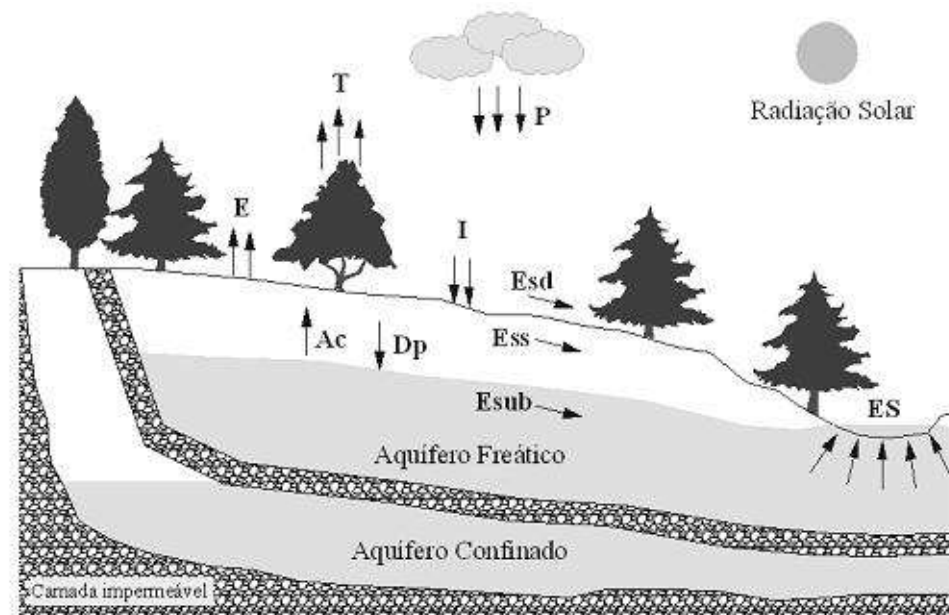
# Aplicações da simulação hidrológica

---

- Balanço hídrico;
- Extensão de séries;
- Estruturas hidráulicas;
- Curva de permanência;
- Previsão em tempo real;
- Modificação de uso do solo e do clima;
- Erosão hídrica e transporte de sedimentos;
- Qualidade de água;

[Avançar](#)

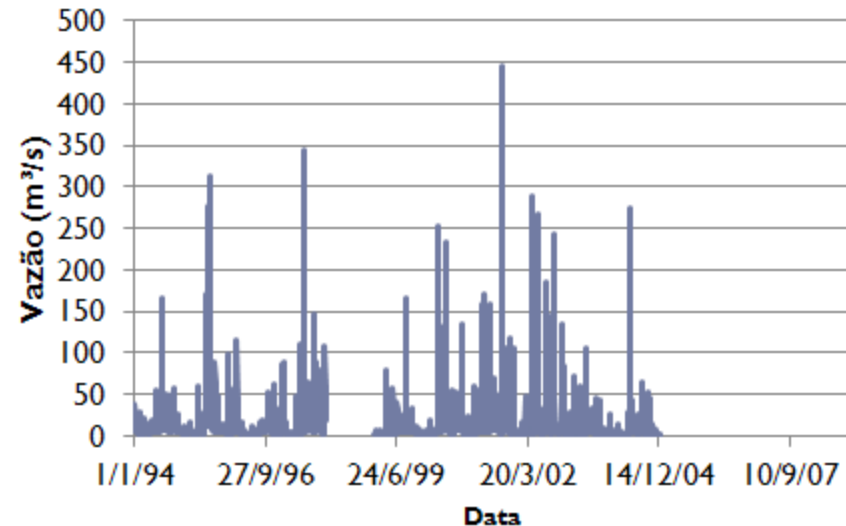
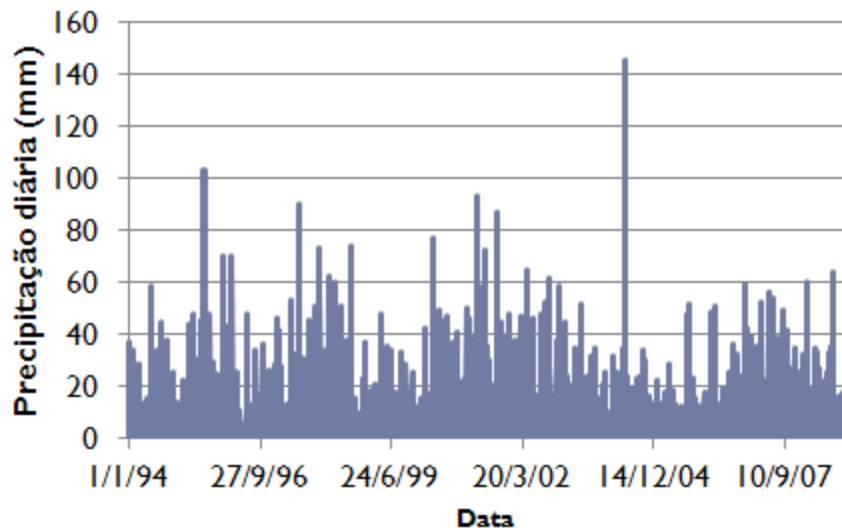
# Aplicações da simulação hidrológica: balanço hídrico



Fonte: Viola (2008)

[Voltar](#)

# Aplicações da simulação hidrológica: extensão de séries



Série de precipitação (01/01/1994-31/12/2008) na bacia hidrográfica do Arroio Pelotas e de vazão do Arroio Pelotas, seção de controle na Ponte Cordeiro de Farias, em Pelotas-RS, considerando o período entre 1994 e 2004.

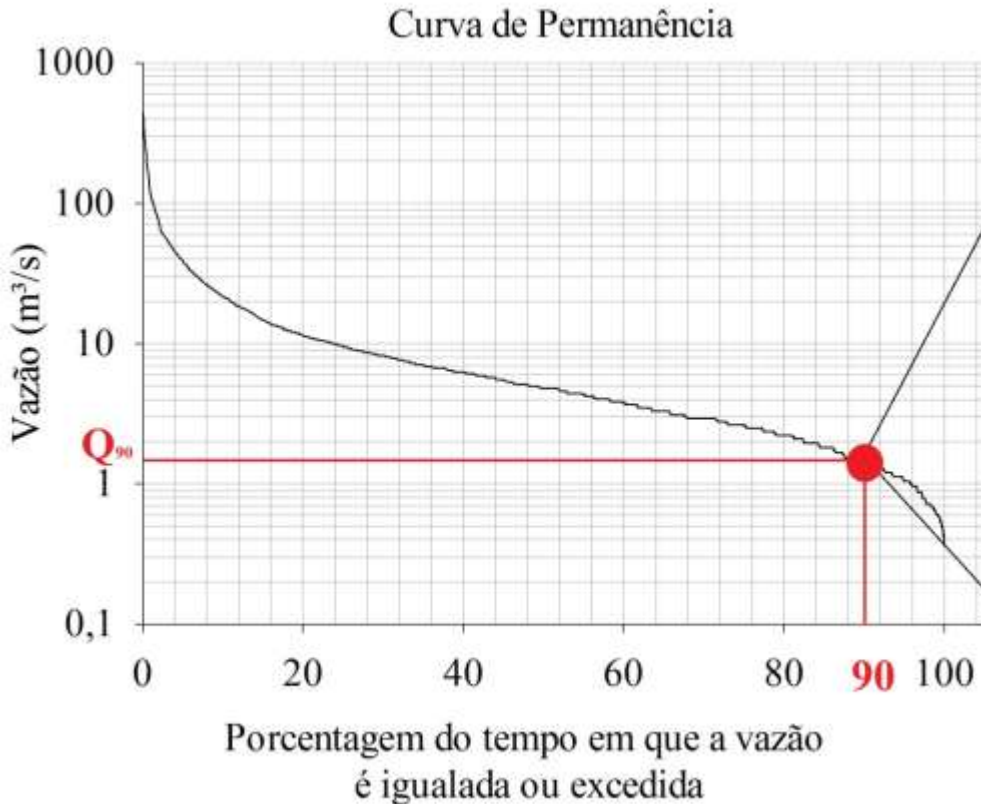
[Voltar](#)

# Aplicações da simulação hidrológica: estruturas hidráulicas



[Voltar](#)

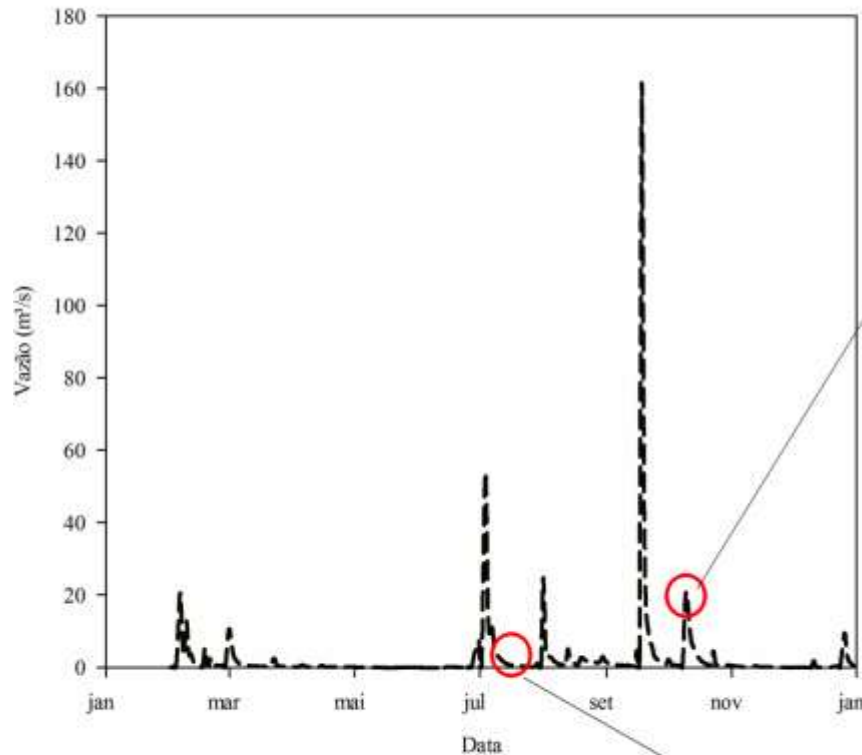
# Aplicações da simulação hidrológica: curva de permanência



Curva de permanência do Arroio Pelotas, seção de controle na Ponte Cordeiro de Farias, em Pelotas-RS, considerando dados de vazão do período entre 1999 e 2005.

[Voltar](#)

# Aplicações da simulação hidrológica: previsão em tempo real



[Voltar](#)

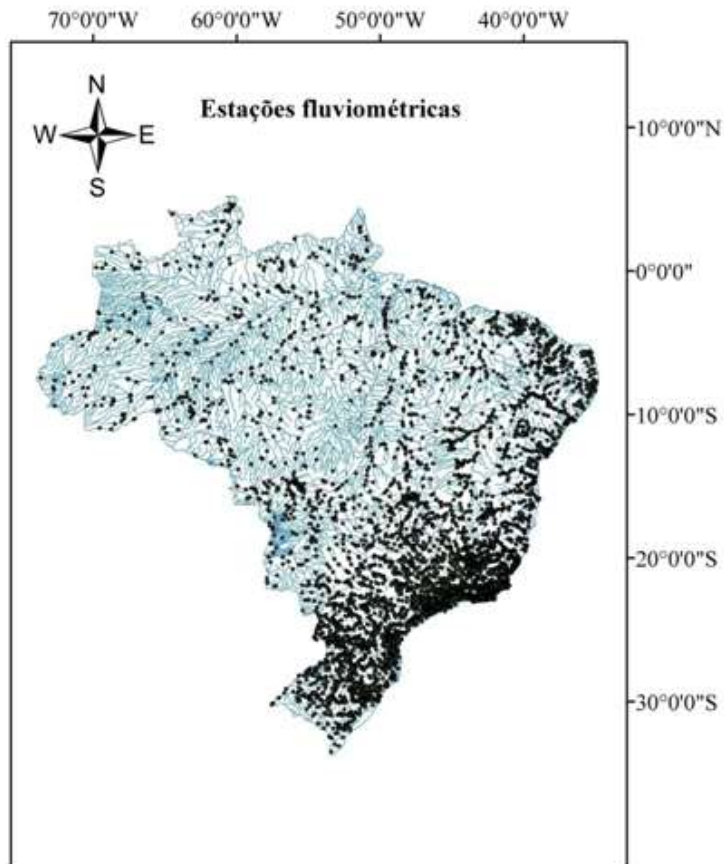
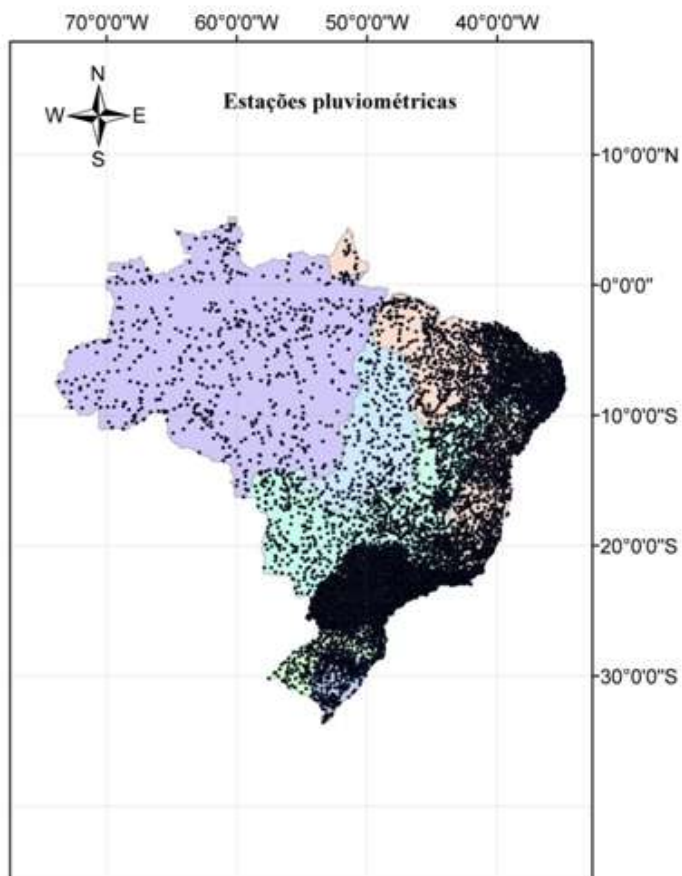
# Aplicações da simulação hidrológica: modificação de uso do solo e do clima

---



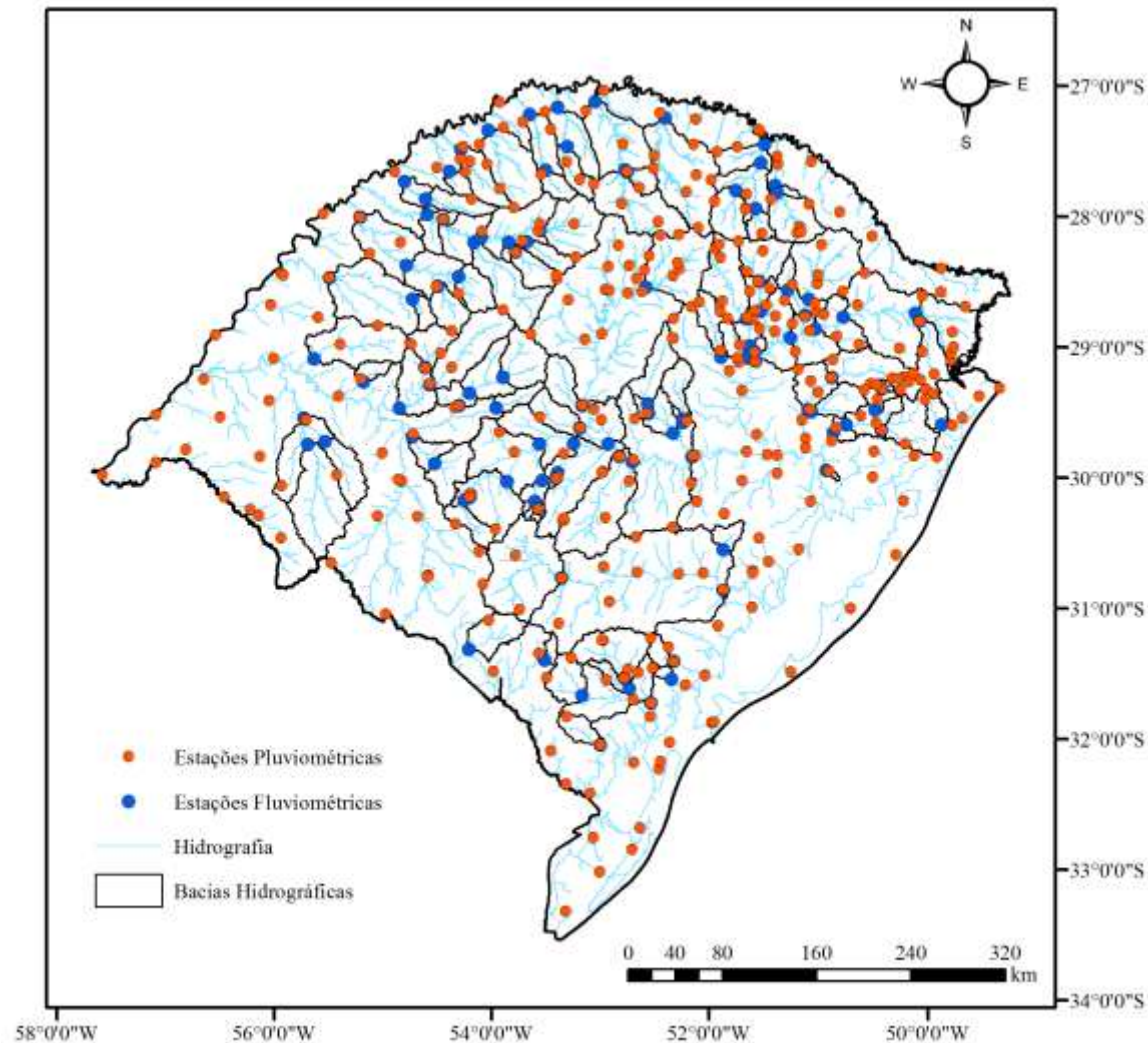
[Voltar](#)

# Motivação para modelagem e simulação hidrológica no Brasil





# Dados hidrológicos (ANA): Rio Grande do Sul



---

# Modelo hidrológico LAVras Simulation of Hydrology (LASH)

# Desenvolvimento da PRIMEIRA VERSÃO

---

## Instituições



## Equipe



- Samuel Beskow
- Carlos R. de Mello
- Marcelo R. Viola
- Lloyd D. Norton

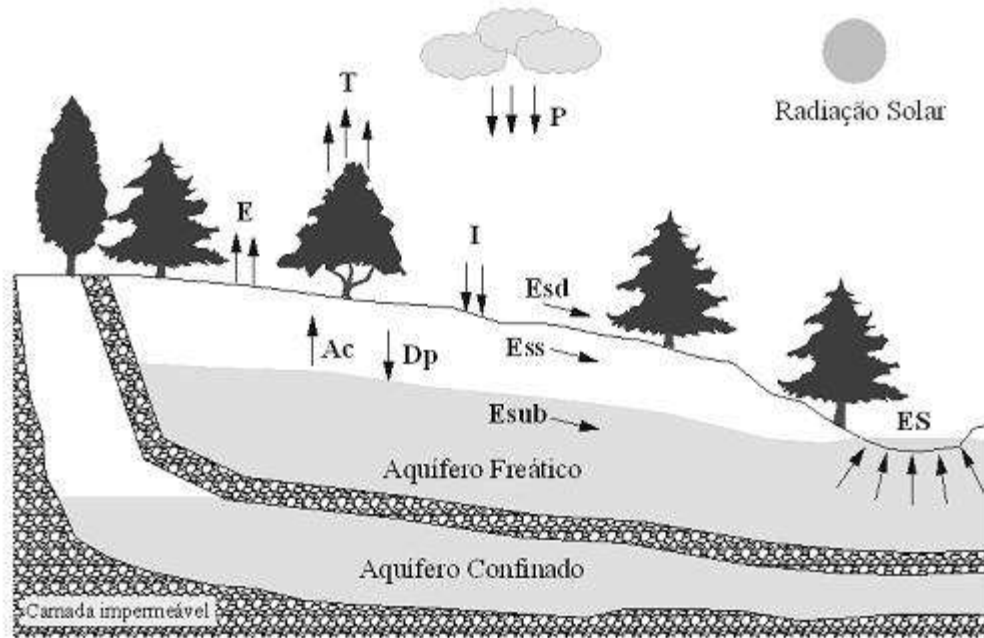
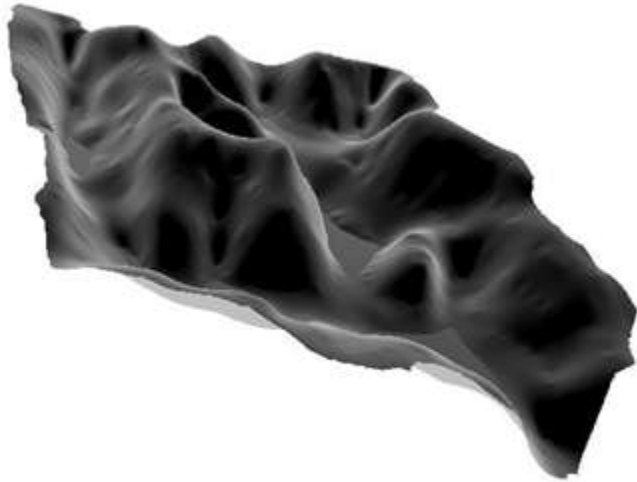
## Programação



- Delphi
- SIG ArcGIS

# Embasamento teórico do LASH

## □ Classificação;

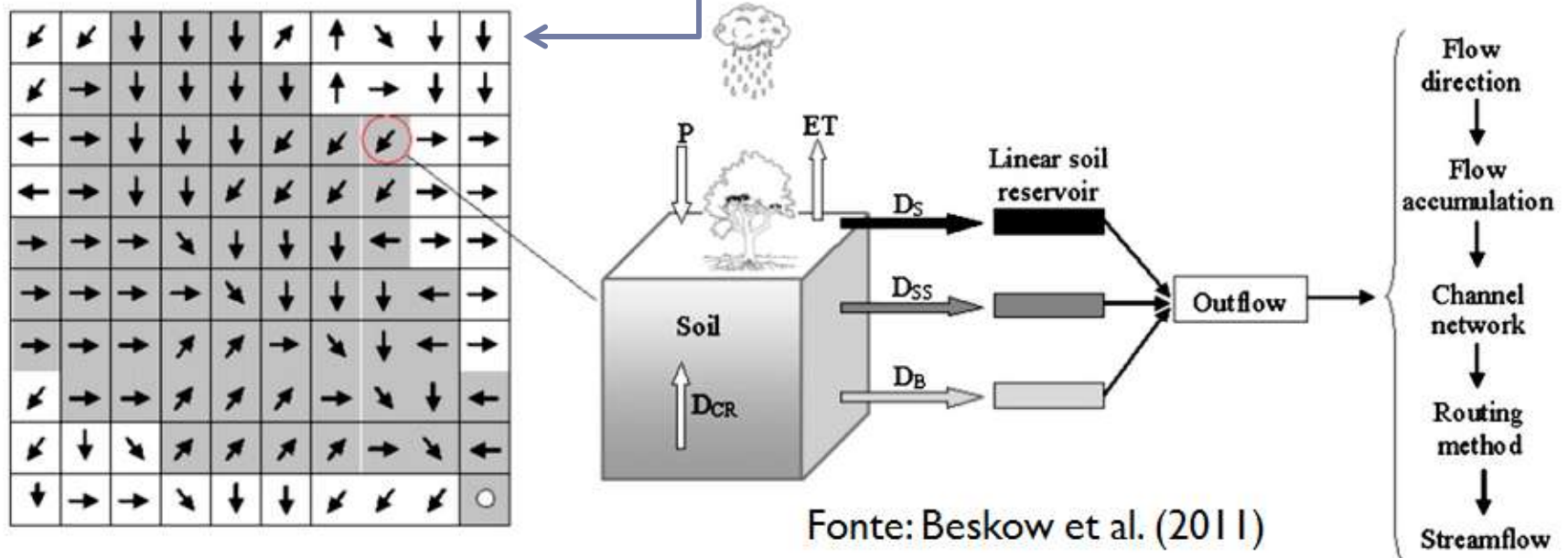
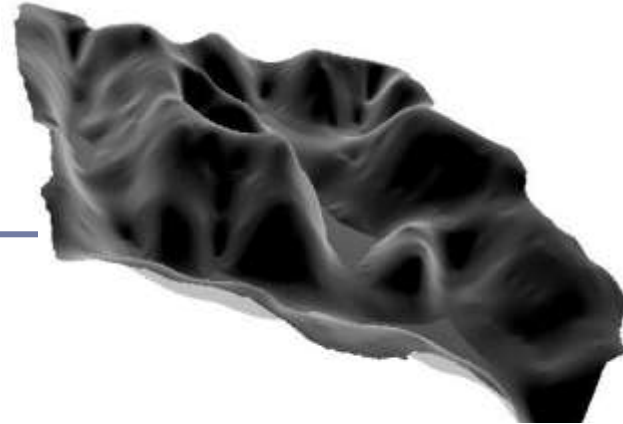


Fonte: Viola (2008)



# Embasamento teórico do LASH

- ❑ Divisão da bacia hidrográfica;
- ❑ Balanço hídrico;
- ❑ Componentes simulados.



# Dados de entrada do modelo LASH

Tabelas

Dados meteorológicos

Parâmetros (uso)

Mapas

DEM

Uso

Solo

Number	Month	Day	Year	Date	Time	Temp_min	Temp_max	Temp_mean	RH	WS	Rs	Rn
1	1	1	2006			18.4040	28.9010		74.9200	0.7400	15.2064	
2	1	2	2006			17.9730	23.6470		84.6000	0.8100	12.5608	
3	1	3	2006			17.2420	25.4040		54.2612	0.8317	12.7335	
4	1	4	2006			17.1330	27.5380		53.2771	0.6622	12.2461	
5	1	5	2006			17.3830	21.7760		64.5194	0.3684	7.3707	

Soil (Maps)

SVSMC   L

PWPSMC   L

IVSMC   L

% of Am

PS   L

Kb (mm/day)   L

Kss (mm/day)   L

Kcr   L

Land use (maps and table)

Vegetation map

Alpha   L

LAI   L

Height (m)   L

Albedo   L

Stomatal resistance (s/m)   L

Depth (m)   L

Other data

Latitude

Lambda

Cs

Css

Cbase (s)

Vs\_in (m3)

Vss\_in (m3)

Vbase\_in (m3)

# Otimização do LASH para uma bacia

- ❑ Calibração automática → Shuffled Complex Evolution (SCE-UA) (Duan et al., 1992);
- ❑ Seleção de parâmetros.

The image displays two screenshots of the 'Distributed Model' software interface. The left screenshot shows the 'Export' dialog with the 'Calibration' tab selected, displaying a grid of parameter selection options. The right screenshot shows the 'Export' dialog with the 'Parameter bounds' tab selected, displaying a table of parameter bounds and a list of parameters with their respective values and options.

**Parameter bounds table:**

Parameter	Lower Bound	Upper Bound
Kb	0	6
Kss	0	182.4
Kcap	0	5
Lambda	0	0.5
Cs	2000	10000
Css	10000	100000

**Parameter list:**

- p: 2
- m:  D
- q:  D
- pmin:  D
- Alpha:  D
- Beta:  D
- Loops: 3000
- Constraint (RMSE < X): 0.01

# Dados de saída do modelo LASH

Visual

Hidrograma observado

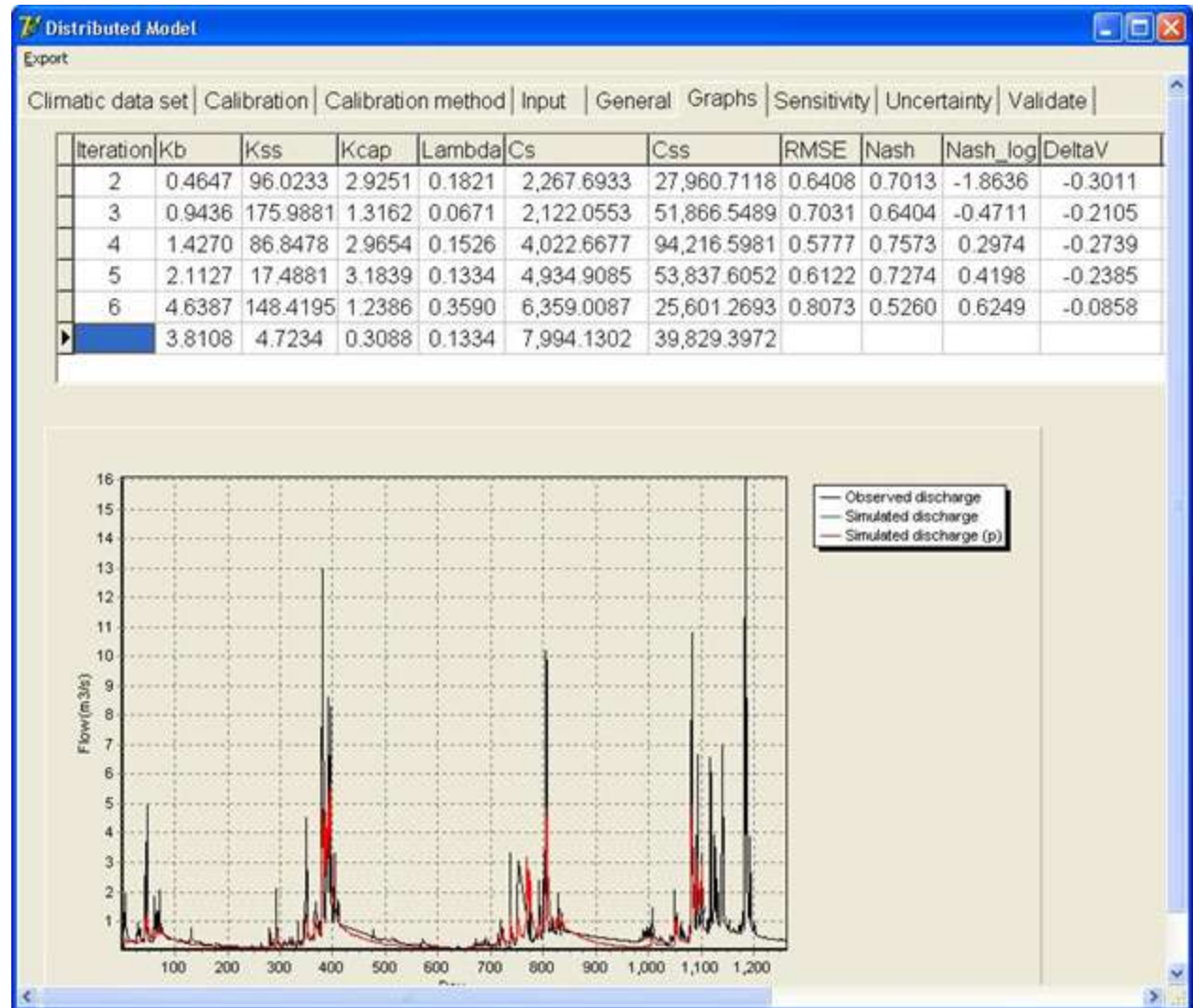
Hidrogramas simulados

Estatísticas de precisão

Tabelas para exportar

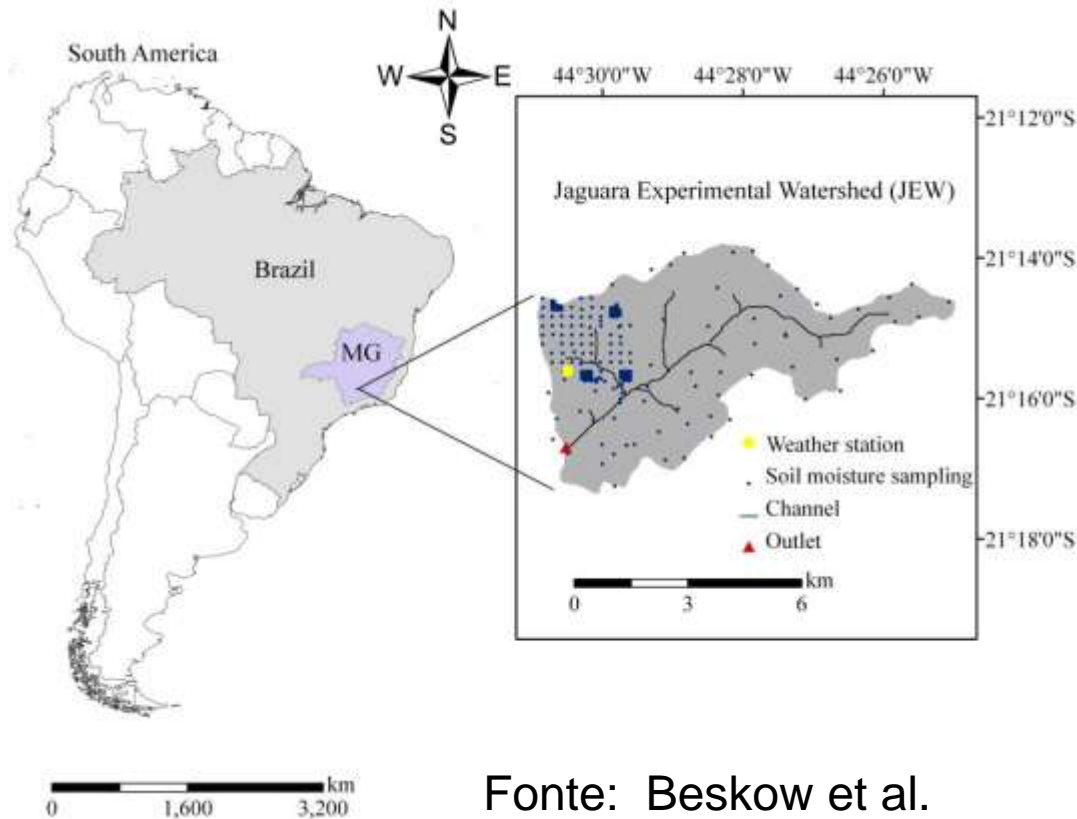
Hidrograma simulado para cada iteração

Parâmetros e estatísticas para cada iteração

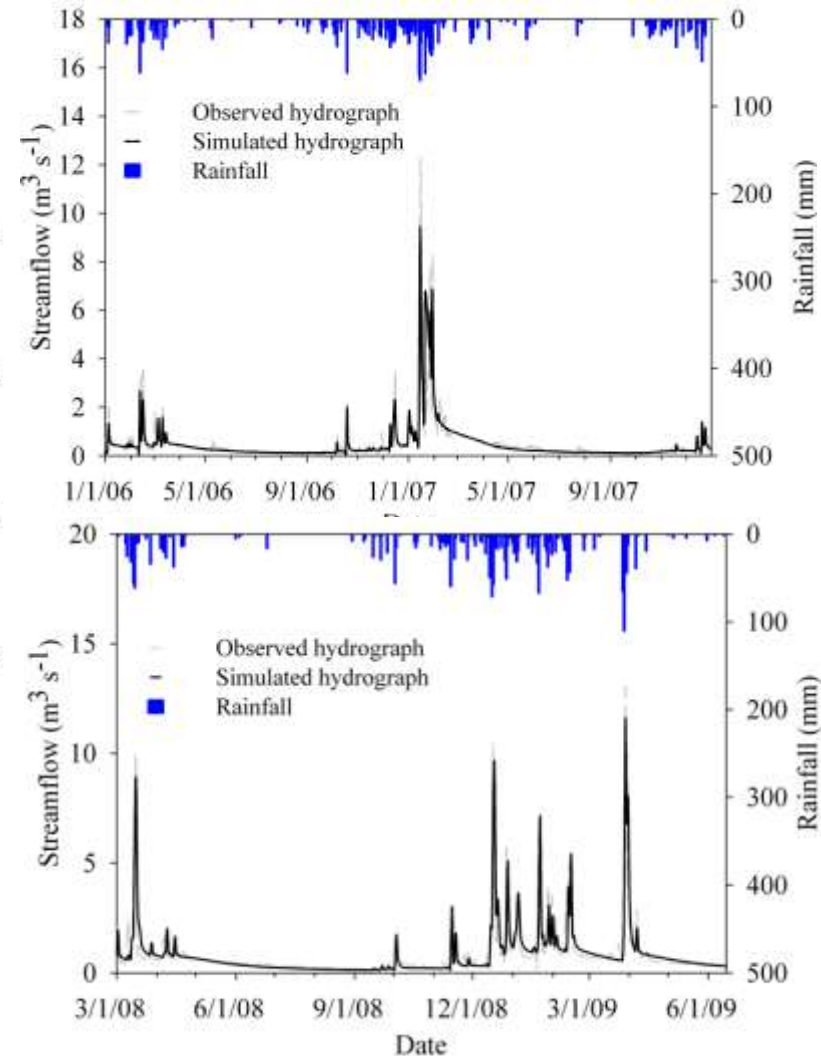




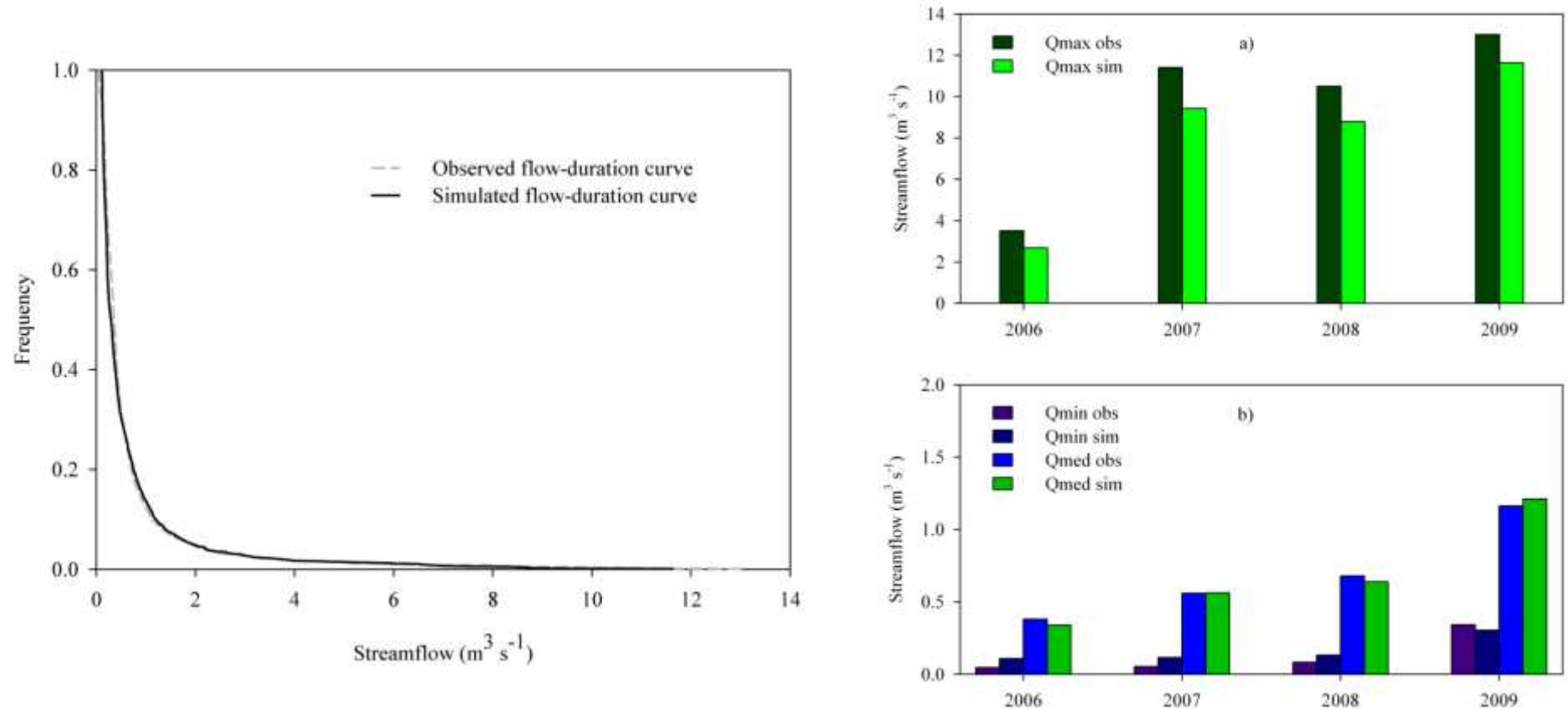
# Aplicação para a bacia hidrográfica do Ribeirão Jaguara (Minas Gerais)



Fonte: Beskow et al. (2011)



# Aplicação para a bacia hidrográfica do Ribeirão Jaguará (Minas Gerais)



Curvas de permanência observada e simulada e vazões mínimas e máximas anuais observadas e simuladas pelo modelo LASH, na bacia hidrográfica do Ribeirão Jaguará (Minas Gerais). Fonte: Beskow et al. (2013)

# Desenvolvimento da SEGUNDA VERSÃO

## Instituições

## Equipe

## Programação



- Samuel Beskow

- Carlos R. de Mello

- Marcelo R. Viola

- Lloyd D. Norton

- Orientados

- Delphi

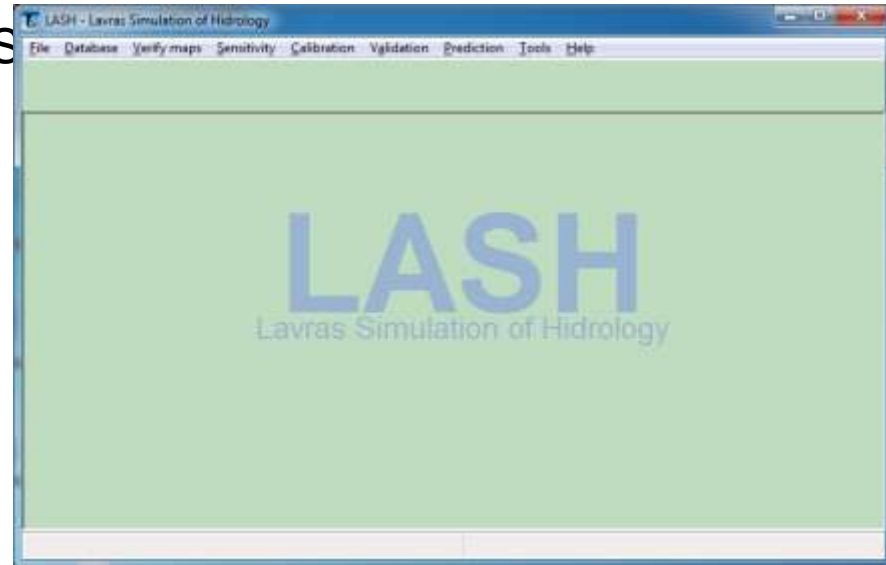
- SIG ArcGIS

- Biblioteca OpenGL

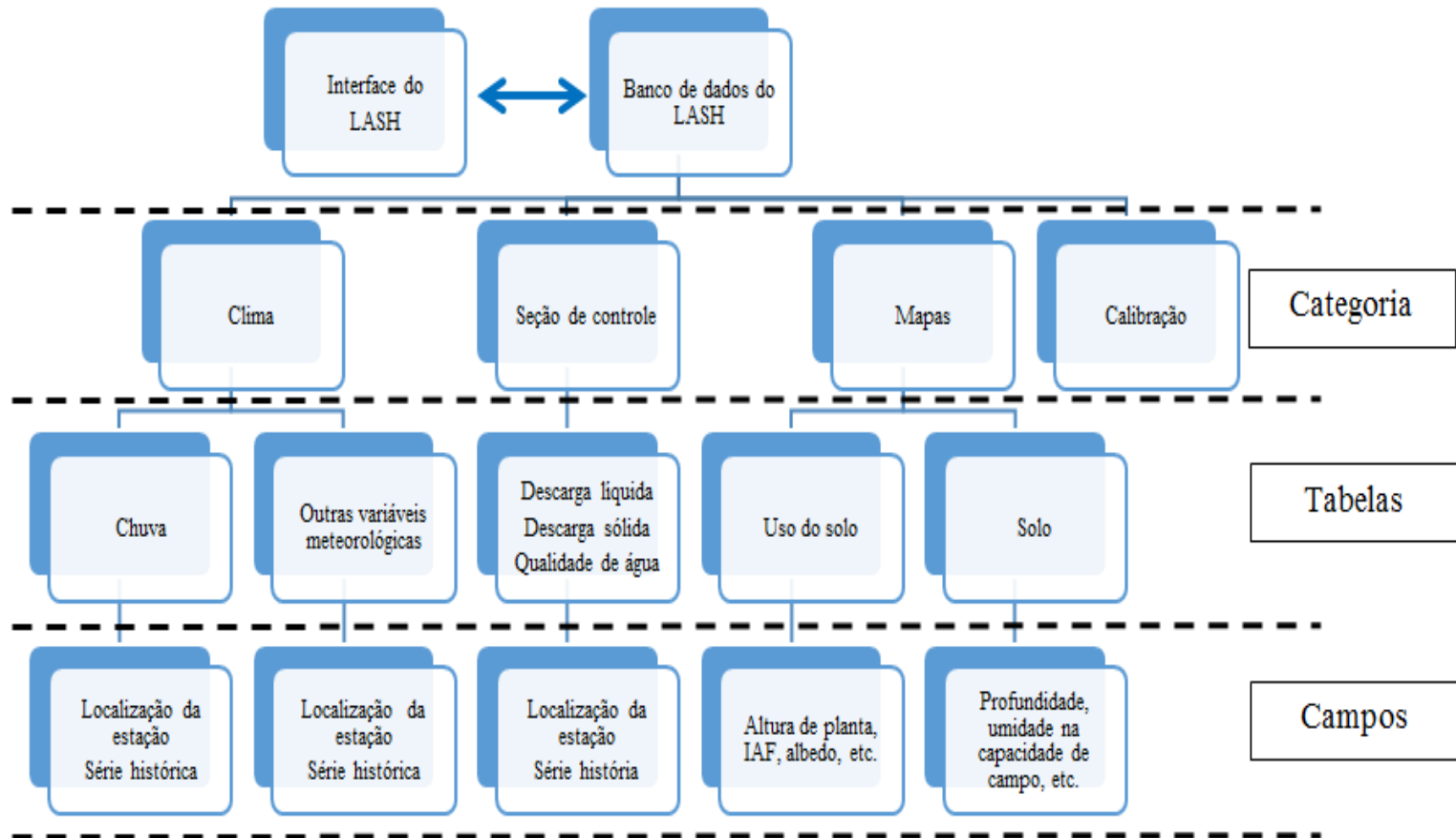
- Zeoslib

- Firebird

- Python



# Estrutura de banco de dados da segunda versão do LASH



# Banco de dados (estações de monitoramento)

The image displays two screenshots of the LASH (Lavras Simulation of Hydrology) software interface. The left screenshot shows the 'Station Register' window, which is used for defining monitoring stations. It includes a 'Data Type' dropdown menu with options like RAINFALL, METEOROLOGICAL, STREAMFLOW, SEDIMENT CONCENTRATION, and WATER QUALITY. A table below lists several stations with their respective coordinates and data types.

Cod	Station	Latitude	Longitude	Altitude	Data Type
00000003	PELOTAS	-52.35	-35.75	13	RAINFALL
00000004	PONTE CORDEIRO DE FARIAS	-31.57	-52.4831	40	METEOROLOGICAL
00000006	TESTE STREAMFLOW 1	-31.3215	-52.6547	400	STREAMFLOW
00000007	TESTE STREAMFLOW 2	-32.654	-54.3215	100	SEDIMENT CONCENTRATION

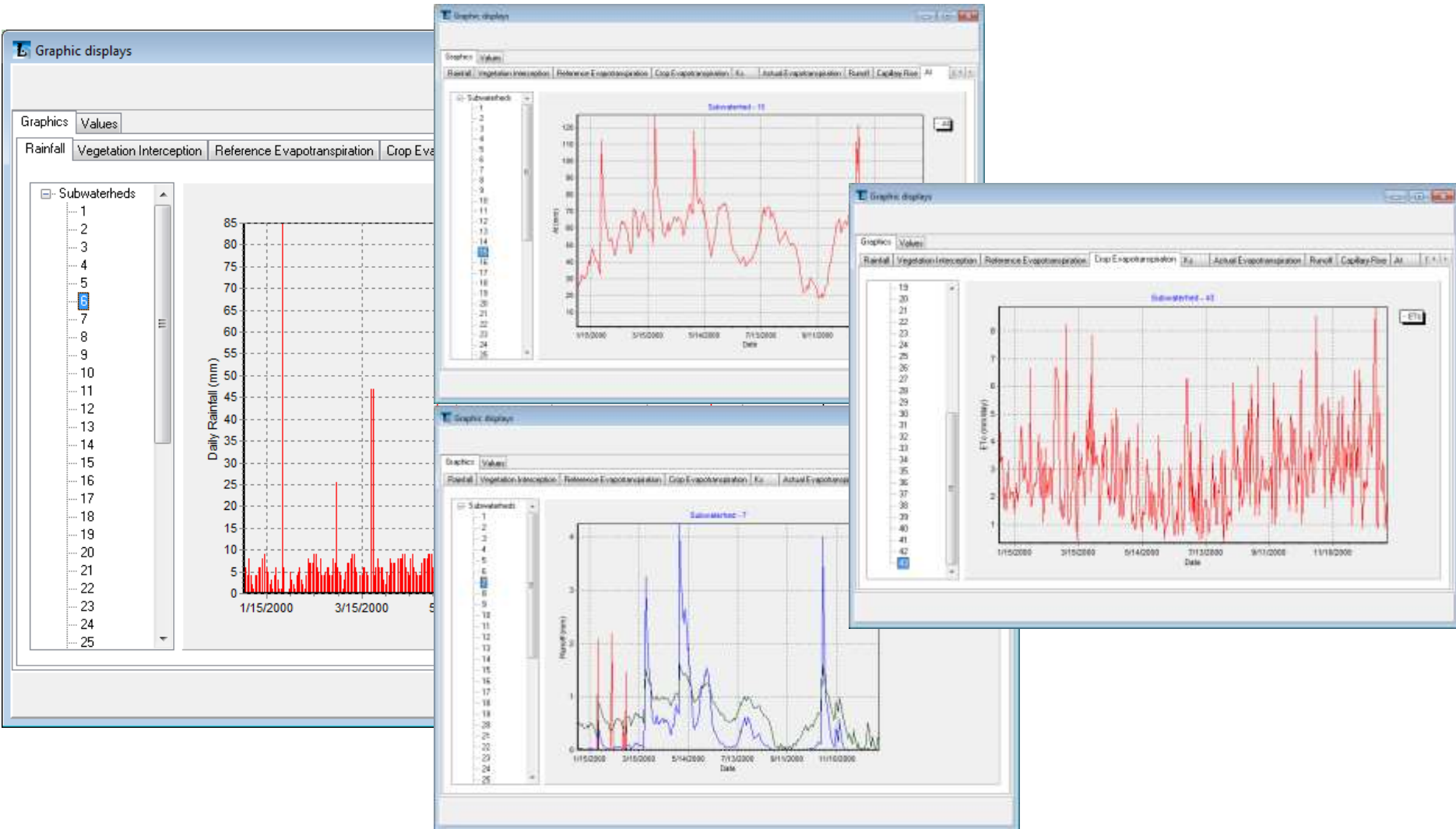
The right screenshot shows the 'Rainfall Records' window, which displays a table of recorded rainfall data for station 00000003 (PELOTAS). It also includes an 'Import daily rainfall records' dialog box with fields for 'Cod', 'Station', 'Time Interval', and 'Columns Options'.

Cod	Station	Date	Rainfall
00000001	PELOTAS	1/1/2000	
00000002	PELOTAS	1/2/2000	
00000003	PELOTAS	1/3/2000	4

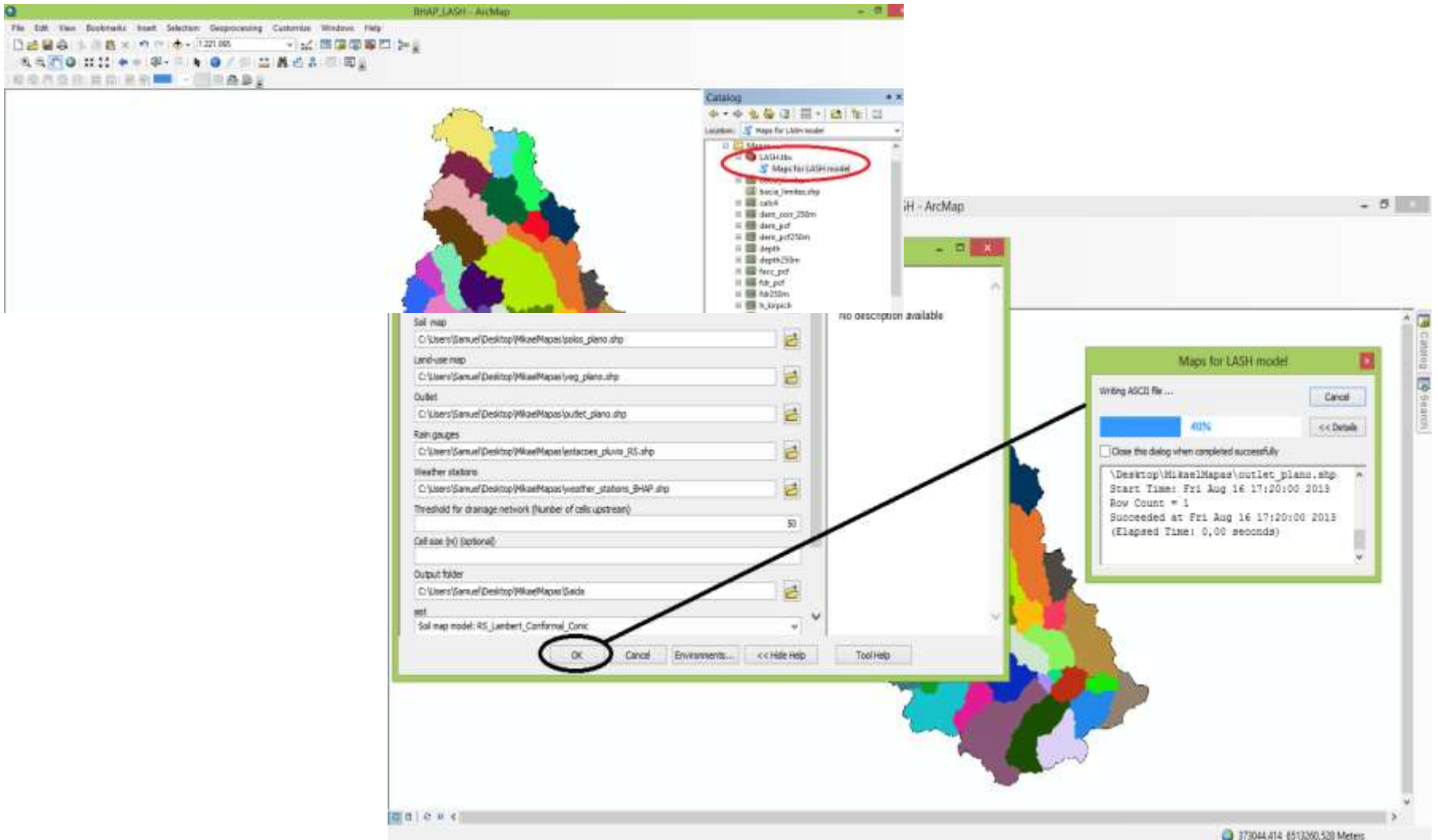
Cod	Station	-1-	-2-
00000001	PELOTAS	3/30/1963	0
00000002	PELOTAS	3/31/1963	0
00000003	PELOTAS	4/1/1963	9.4
00000004	PELOTAS	4/2/1963	0.2
00000005	PELOTAS	4/3/1963	0
00000006	PELOTAS	4/4/1963	1.2
00000007	PELOTAS	4/5/1963	0
00000008	PELOTAS	4/6/1963	0
00000009	PELOTAS	4/7/1963	0



# Módulo de visualização de resultados



# Módulo do LASH no SIG ArcGIS





# Desafios da modelagem e simulação hidrológica

Escala dos processos hidrológicos

Desenvolvimento de modelos apropriados para cada situação

Calibração de modelos

Formação de recursos humanos

Avançar



# Escala dos processos hidrológicos

---

Parcela



Lavoura ou propriedade



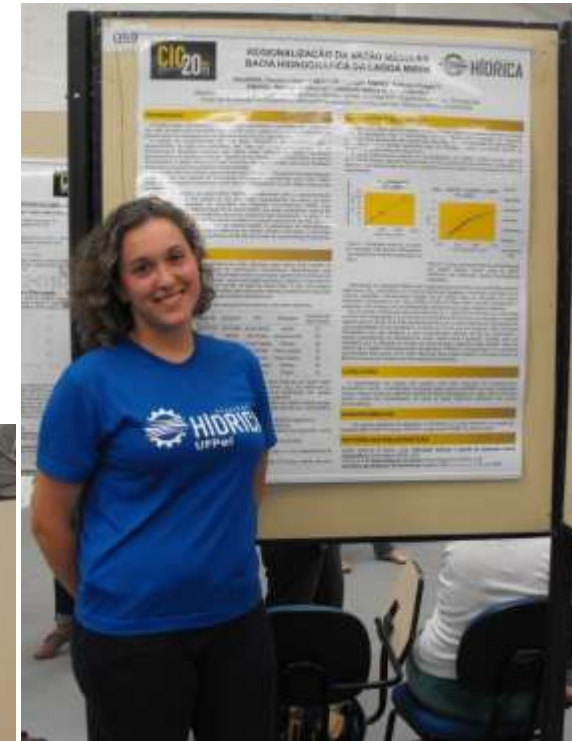
Bacia hidrográfica



[Voltar](#)



# Formação de recursos humanos



[Voltar](#)



Programa de Pós-Graduação em  
**RECURSOS  
HÍDRICOS**  
Universidade Federal de Pelotas

## **Prof. Dr. Samuel Beskow**

CDTec/Engenharia Hídrica - Universidade Federal de Pelotas (UFPEL)

Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos - UFPEL

Campus Porto - Rua Gomes Carneiro, 01

Pelotas - RS CEP 96010-610

Fone: (53) 3921-1240 ou (53) 8142-2382

e-mail: [samuel.beskow@ufpel.edu.br](mailto:samuel.beskow@ufpel.edu.br) ou [samuelbeskow@gmail.com](mailto:samuelbeskow@gmail.com)

<http://hidrica.ufpel.edu.br>

<http://ppgrechid.ufpel.edu.br>