

# Modelagem de sistemas em recursos hídricos e saneamento

Análise de sistemas

Maria M. Gamboa

2<sup>o</sup> Semestre de 2023. 28/08/2023

# Análise de quê sistemas em Recursos hídricos e saneamento

## Sistema:

Conjunto de objetos, físicos ou abstratos, funcionalmente interligados para servir a um ou mais propósitos.

# Análise de quê sistemas em Recursos hídricos e saneamento

## Sistema:

Conjunto de objetos, físicos ou abstratos, funcionalmente interligados para servir a um ou mais propósitos.

Pode ser representado simplificadaamente, identificando:

- fronteira
- elementos (entradas e saídas)
- processos (relações entre elementos)

## MODELOS

## Modelo:

Representação simplificada de um sistema real a través de elementos diferentes aos originais, conservando as suas características de interesse.

Podem ser:

- físicos

## Modelo:

Representação simplificada de um sistema real a través de elementos diferentes aos originais, conservando as suas características de interesse.

Podem ser:

- físicos
- conceituais

## Modelo:

Representação simplificada de um sistema real a través de elementos diferentes aos originais, conservando as suas características de interesse.

Podem ser:

- físicos
- conceituais
- matemáticos (Análise de sistemas está suportada nestes)

## Modelo:

Representação simplificada de um sistema real a través de elementos diferentes aos originais, conservando as suas características de interesse.

Podem ser:

- físicos
- conceituais
- matemáticos (Análise de sistemas está suportada nestes)

Resolução de um problema em um sistema real → análise de simplificação que mantenha somente o essencial.

**Modelo** adequado, que permita **simular** o comportamento do sistema no âmbito de interesse.

Por exemplo, ter entradas supostas e simular as saídas correspondentes



**Modelo** adequado, que permita **simular** o comportamento do sistema no âmbito de interesse.

Por exemplo, ter entradas supostas e simular as saídas correspondentes

Vantagens da utilização de modelos:

**Modelo** adequado, que permita **simular** o comportamento do sistema no âmbito de interesse.

Por exemplo, ter entradas supostas e simular as saídas correspondentes

Vantagens da utilização de modelos:

- custo

**Modelo** adequado, que permita **simular** o comportamento do sistema no âmbito de interesse.

Por exemplo, ter entradas supostas e simular as saídas correspondentes

Vantagens da utilização de modelos:

- custo
- múltiplas alternativas

**Modelo** adequado, que permita **simular** o comportamento do sistema no âmbito de interesse.

Por exemplo, ter entradas supostas e simular as saídas correspondentes

Vantagens da utilização de modelos:

- custo
- múltiplas alternativas
- erros ou experiências

**Modelo** adequado, que permita **simular** o comportamento do sistema no âmbito de interesse.

Por exemplo, ter entradas supostas e simular as saídas correspondentes

Vantagens da utilização de modelos:

- custo
- múltiplas alternativas
- erros ou experiências
- aprendizado

# Elementos dos modelos

Simplificadamente, o modelo matemático é caracterizado por:

- Elementos constituintes  
Entradas e saídas, representadas normalmente por variáveis
- Relações entre elementos  
Toda relação matemática (função, etc) entre os elementos

# Elementos dos modelos

Simplificadamente, o modelo matemático é caracterizado por:

- Elementos constituintes  
Entradas e saídas, representadas normalmente por variáveis
- Relações entre elementos  
Toda relação matemática (função, etc) entre os elementos

Para tanto, é fundamental definir bem:

# Elementos dos modelos

Simplificadamente, o modelo matemático é caracterizado por:

- Elementos constituintes  
Entradas e saídas, representadas normalmente por variáveis
- Relações entre elementos  
Toda relação matemática (função, etc) entre os elementos

Para tanto, é fundamental definir bem:

- variáveis não controláveis definidas



# Elementos dos modelos

Simplificadamente, o modelo matemático é caracterizado por:

- Elementos constituintes  
Entradas e saídas, representadas normalmente por variáveis
- Relações entre elementos  
Toda relação matemática (função, etc) entre os elementos

Para tanto, é fundamental definir bem:

- variáveis não controláveis definidas
- variáveis não controláveis possíveis (incertas)

# Elementos dos modelos

Simplificadamente, o modelo matemático é caracterizado por:

- Elementos constituintes  
Entradas e saídas, representadas normalmente por variáveis
- Relações entre elementos  
Toda relação matemática (função, etc) entre os elementos

Para tanto, é fundamental definir bem:

- variáveis não controláveis definidas
- variáveis não controláveis possíveis (incertas)
- variáveis controláveis (variáveis de decisão)

# Elementos dos modelos

Simplificadamente, o modelo matemático é caracterizado por:

- Elementos constituintes  
Entradas e saídas, representadas normalmente por variáveis
- Relações entre elementos  
Toda relação matemática (função, etc) entre os elementos

Para tanto, é fundamental definir bem:

- variáveis não controláveis definidas
- variáveis não controláveis possíveis (incertas)
- variáveis controláveis (variáveis de decisão)
- limitações dos valores de todas as variáveis

# Elementos dos modelos

Simplificadamente, o modelo matemático é caracterizado por:

- Elementos constituintes  
Entradas e saídas, representadas normalmente por variáveis
- Relações entre elementos  
Toda relação matemática (função, etc) entre os elementos

Para tanto, é fundamental definir bem:

- variáveis não controláveis definidas
- variáveis não controláveis possíveis (incertas)
- variáveis controláveis (variáveis de decisão)
- limitações dos valores de todas as variáveis
- variáveis que têm seus valores atribuídos pela simulação (saídas) ou que são mantidas fixas (entradas)

# Elementos dos modelos

Simplificadamente, o modelo matemático é caracterizado por:

- Elementos constituintes  
Entradas e saídas, representadas normalmente por variáveis
- Relações entre elementos  
Toda relação matemática (função, etc) entre os elementos

Para tanto, é fundamental definir bem:

- variáveis não controláveis definidas
- variáveis não controláveis possíveis (incertas)
- variáveis controláveis (variáveis de decisão)
- limitações dos valores de todas as variáveis
- variáveis que têm seus valores atribuídos pela simulação (saídas) ou que são mantidas fixas (entradas)
- relações!

# Avaliação de modelos

Desafio comum:

Escolher o modelo mais apropriado, adequado para a resolução do **problema específico**.

- Precisão

Desafio comum:

Escolher o modelo mais apropriado, adequado para a resolução do **problema específico**.

Como deve ser o modelo?

- Precisão
- Simplicidade

Desafio comum:

Escolher o modelo mais apropriado, adequado para a resolução do **problema específico**.

Como deve ser o modelo?

- Precisão
- Simplicidade
- Robustez



Desafio comum:

Escolher o modelo mais apropriado, adequado para a resolução do **problema específico**.

Como deve ser o modelo?

- Precisão
- Simplicidade
- Robustez
- Transparência

Desafio comum:

Escolher o modelo mais apropriado, adequado para a resolução do **problema específico**.

Como deve ser o modelo?

- Precisão
- Simplicidade
- Robustez
- Transparência
- Adequação

# Calibração

Os processos que vinculam entradas com saídas, ou relações, podem incluir também outros parâmetros.

Os parâmetros dos processos podem não ter significado físico.

# Calibração

Os processos que vinculam entradas com saídas, ou relações, podem incluir também outros parâmetros.

Os parâmetros dos processos podem não ter significado físico.

Sucesso do modelo depende de:

- Adequação da arquitetura ao problema de interesse
- Adequada representação das características (valores das variáveis e parâmetros)

# Calibração

Os processos que vinculam entradas com saídas, ou relações, podem incluir também outros parâmetros.

Os parâmetros dos processos podem não ter significado físico.

Sucesso do modelo depende de:

- Adequação da arquitetura ao problema de interesse
- Adequada representação das características (valores das variáveis e parâmetros)

Conhecimento do sistema e do problema são necessários mas, usualmente, insuficientes.

→ necessidade de **calibração**

# Calibração

Os processos que vinculam entradas com saídas, ou relações, podem incluir também outros parâmetros.

Os parâmetros dos processos podem não ter significado físico.

Sucesso do modelo depende de:

- Adequação da arquitetura ao problema de interesse
- Adequada representação das características (valores das variáveis e parâmetros)

Conhecimento do sistema e do problema são necessários mas, usualmente, insuficientes.

→ necessidade de **calibração**

Calibrar um modelo: encontrar valores para os parâmetros desconhecidos, a partir de informações conhecidas de entradas e saídas.

# Problema de aplicação (Parte 1 do trabalho)

## Problema

Em um esforço por modernizar o serviço de abastecimento de água numa pequena cidade, e sabendo que o uso de modelos pode melhorar os processos de tomada de decisão, tem encomendado a vocês a construção de um modelo matemático para simulação do funcionamento hidráulico da rede de distribuição principal. Os responsáveis tem especial interesse em usar o modelo para analisar cenários de mudanças de consumo, e para avaliar alternativas de troca de tubulações.

É fornecida a planta da rede, com as características de cada elemento (para os nós a cota, e para os trechos o comprimento, diâmetro e material). Também estão disponíveis os valores de porcentagem de consumo correspondente a cada nó.

Sua responsabilidade é construir esse modelo.

# Problema de aplicação (Parte 1 do trabalho)

## Métodos

O modelo para simulação da rede deverá ficar contido em rotinas ou módulos que aplicam o método de Hardy-Cross para a resolução da rede. Com esses métodos, segundo as características da rede e os consumos, é calculada a vazão em todos os trechos e a pressão em todos os nós. É válido trabalhar unicamente para o problema em consideração.



# Problema de aplicação (Parte 1 do trabalho)

## **Ferramentas e entrega**

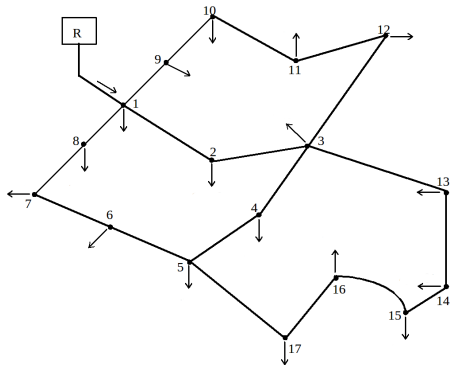
Poderá ser usada qualquer linguagem de programação para construir o modelo suficientemente flexível. Quem preferir pode procurar um código já desenvolvido, mas deve referenciá-lo e compreender em detalhe seu funcionamento.

O código e um relatório muito curto deve ser submetido pelo ambiente virtual antes da data de apresentação. Durante as apresentações deverão explicar sua estratégia, seu código, e análises, e responder questões da plateia.

# Problema de aplicação (Parte 1 do trabalho)

## Dados

Esquema da rede principal:



Dados disponíveis no ambiente virtual.

# Tomada de decisão

Obter um modelo, e poder simular com ele soluções, não é suficiente para resolver um problema

# Tomada de decisão

Obter um modelo, e poder simular com ele soluções, não é suficiente para resolver um problema

Em recursos hídricos e saneamento, normalmente, temos:

**problemas não estruturados** → **múltiplas soluções possíveis**

# Tomada de decisão

Obter um modelo, e poder simular com ele soluções, não é suficiente para resolver um problema

Em recursos hídricos e saneamento, normalmente, temos:  
**problemas não estruturados** → **múltiplas soluções possíveis**

Necessário ter um **critério** para comparar soluções, um ou vários **objetivos**

# Tomada de decisão

Obter um modelo, e poder simular com ele soluções, não é suficiente para resolver um problema

Em recursos hídricos e saneamento, normalmente, temos:

**problemas não estruturados** → **múltiplas soluções possíveis**

Necessário ter um **critério** para comparar soluções, um ou vários **objetivos**

Esses critérios ou objetivos devem poder ser avaliados para todas as soluções

Deve ser possível saber qual é melhor ou pior que outra, pelo menos segundo cada critério.

Modelagem do problema faz somente uma parte do

SUORTE À DECISÃO

Modelagem do problema faz somente uma parte do

## SUORTE À DECISÃO

Duas abordagens, normalmente apresentadas como áreas diferentes, mas na verdade não são excludentes:

OTIMIZAÇÃO

ANÁLISE DE DECISÃO