

# 2 – Consumo de Água

---

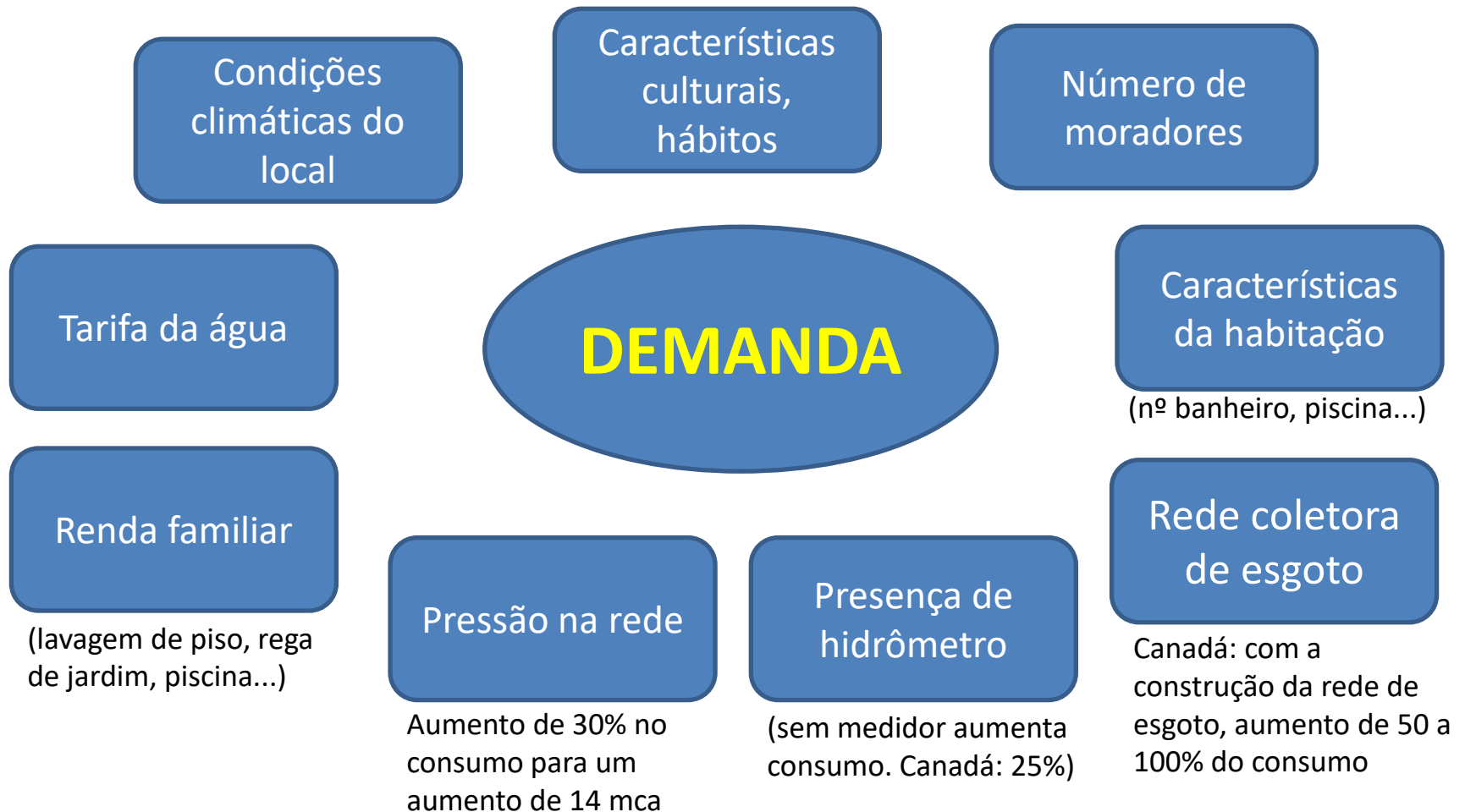
- Classificação dos consumidores de água:

- Doméstico → Mais homogêneo. Relativamente pequena variabilidade de consumo
- Comercial } Mais heterogêneo. Há desde
- Industrial } pequenos até grandes consumidores.
- Público

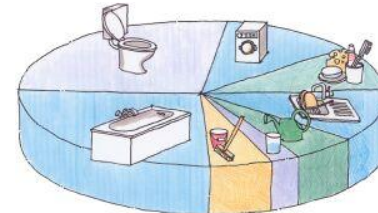
Política tarifária e cobranças diferenciadas.

# 2.1 - Uso doméstico

## Fatores que influenciam:



# Perfil de consumo doméstico de água



Pontos de utilização da água	Consumo diário per capita (L/d/hab)
Bacia sanitária	5 (5%)
Chuveiro	60 (55%)
Lavadora de roupa	12 (11%)
Lavatório	9 (8%)
Pia	20 (18%)
Tanque	3 (3%)
<b>TOTAL</b>	<b>109</b>
<b>Fonte:</b>	Residência unifamiliar em SP (Rocha e Barreto, 1999)

Pontos de utilização da água	Consumo (%)
Bacia sanitária	30,9
Chuveiro	26,7
Pia de cozinha	30,0
Bebidas, lavagem de roupa, limpezas, etc	12,4
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>
<b>Fonte:</b>	Residências da RMSP (Yoshimoto e Silva, 2001)

Fonte: (apud Tsutiya, 2006)

---

RMSP

Unidade de negócio	Consumo micromedido (Per capita: L/hab/d)
MC	246
MN	145
MS	130
ML	144
MO	273
Vice-presidência metropolitana	221

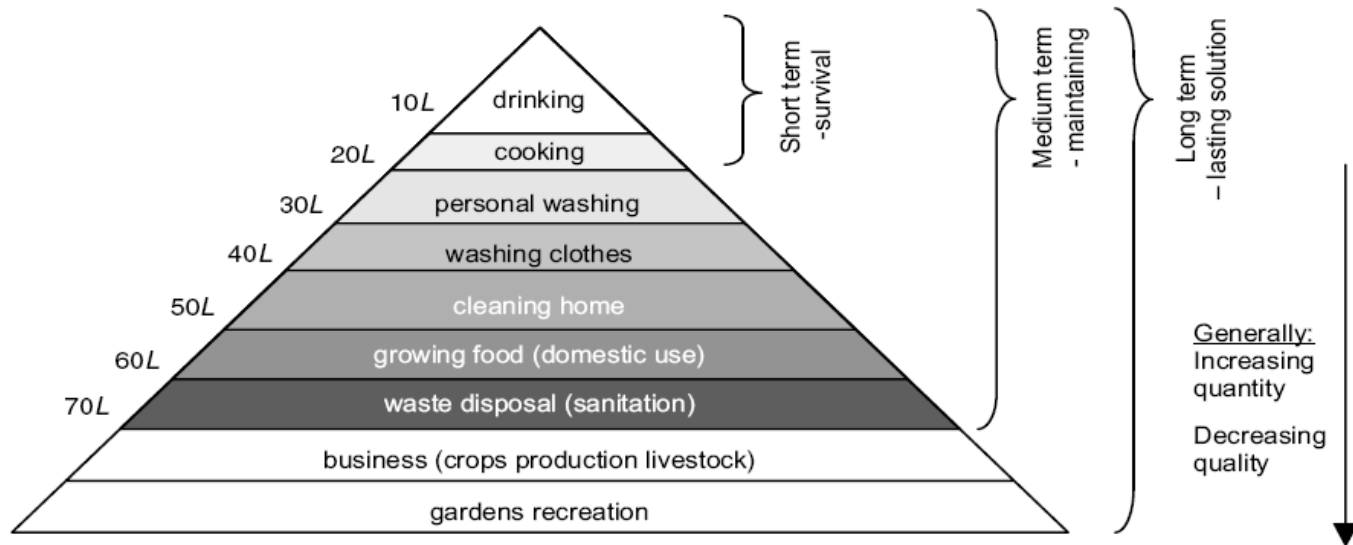
Consumo micromedido em 2002  
Dados da Vice-presidência metropolitana

---

## Consumo diário em prédios

<b>Prédio</b>	<b>Unidade</b>	<b>Consumo (L/d)</b>
Apartamento	Pessoa	200
Residência	Pessoa	150
Escola – internato	Pessoa	150
Escola – externato	Pessoa	50
Casa popular	Pessoa	120
Alojamento provisório	Pessoa	80

Fonte: NBR 7229, 1982; Dacach, 1979 (apud Tsutiya, 2006)



**Figure 1. Hierarchy of water requirements**  
 (after Abraham Maslow's (1908-1970) hierarchy of needs)

## Quantidade mínima de água requerida

litros per capita por dia

Nível de risco tolerável:	7.5
Situação de emergência:	15
Necessidades básicas de higiene e higiene básica para os alimentos:	20

## 2.2 – Uso comercial

Estabelecimento	Unidade	Consumo (L/d)
Escritório	Pessoa	50
Restaurante	Refeição	25
Hotel (sem cozinha e lavanderia)	Pessoa	120
Lavanderia	Kg de roupa seca	30
Hospital	Leito	250
Garagem	Automóvel	50
Cinema, teatro, templo	Lugar	2
Mercado	m <sup>2</sup> de área	5
Edifício comercial	Pessoa	50
Alojamento provisório	Pessoa	80

Fonte: Yassuda e Nogami, 1976; Orsini, 1996; Dacach, 1979; NBR 7229, 1982 (apud Tsutiya, 2006)

## 2.3 – Uso industrial

---

Consumo varia por tipo de indústria, e pode haver variação dentro do mesmo tipo.

Estabelecimento	Unidade	Consumo (L/d)
Indústria – uso sanitário	Operário	70
Matadouro – animais de grande porte	Cabeça abatida	300
Matadouro – animais de pequeno porte	Cabeça abatida	150
Laticínio	kg de produto	1 – 5
Curtume	kg de couro	50 – 60
Fábrica de papel	kg de papel	100 – 400
Tecelagem – sem alvejamento	kg de tecido	10 - 20

Fonte: Yassuda e Nogami, 1976; Orsini, 1996; Dacach, 1979 (apud Tsutiya, 2006)



---

## Distribuição do consumo de água na indústria

### **Categorias de uso:**

- Uso humano
- Uso doméstico
- Água incorporada ao produto
- Água utilizada no processo de produção
- Água perdida ou para usos não rotineiros

## 2.4 – Uso público

---

Estabelecimento	Unidade	Consumo (L/unidade/d)
Edifício público	Pessoa	50
Quartel	Pessoa	150
Escola pública	Pessoa	50
Jardim público	m <sup>2</sup>	1,5
Uso público geral	Pessoa	25

Fonte: Yassuda e Nogami, 1976; Orsini, 1996; Dacach, 1979; NBR 7229, 1982 (apud Tsutiya, 2006)

## 2.6 – Modelos de previsão de consumo

Categoria de consumidor	Consumo médio (m <sup>3</sup> /mês)
Condomínios residenciais (prédio de apartamentos)	$-21,7 + 0,0177 \times (\text{área total construída}) + 2,65 \times (\text{n}^\circ \text{ de banheiros}) + 3,97 \times (\text{n}^\circ \text{ de dormitórios}) (\text{prédio de apartamentos}) - 50,2 \times (\text{n}^\circ \text{ de dormitórios} > 3(\text{sim/não}))^{(1)} + 46 \times (\text{n}^\circ \text{ vagas de garagem/apartamento})$ <p>(1) Parâmetro que assume valor 1 ou 0 (há mais de 3 dormitórios por apartamento: 1; caso contrário:0)</p>
Creches	$5,96 \times (\text{área total construída})^{0,0417} \times (\text{n}^\circ \text{ de bacias} \times \text{n}^\circ \text{ de vagas oferecidas})^{0,352}$
Hospitais	$(2,9 \times \text{n}^\circ \text{ de funcionários}) + (11,8 \times \text{n}^\circ \text{ de bacias}) + (2,5 \times \text{n}^\circ \text{ de leitos}) + 280$
Padarias	$-6,8 + 3,48 \times (\text{n}^\circ \text{ de funcionários}) + 43,4^* (\text{lanchonete}(\text{sim/não}))^{(1)}$ <p>(1) Parâmetro que assume valor 1 ou 0 (há lanchonete: 1; caso contrário: 0)</p>
Postos de gasolina	$18,8 + 12,2 \times (\text{n}^\circ \text{ de funcionários}) - 3,55 (\text{n}^\circ \text{ de bicos para abastecimento})$
Prontos socorros (**)	$(10 \times \text{n}^\circ \text{ de funcionários}) - 70$ <p>** estabelecimento com mais de 20 funcionários</p>

# 2.7 – Estimativa do consumo

## A - Medidor instalado na saída do reservatório (macromedição)

Volume produzido

## B – Hidrômetro (micromedição)

Volume consumido

## C – Não existe medição

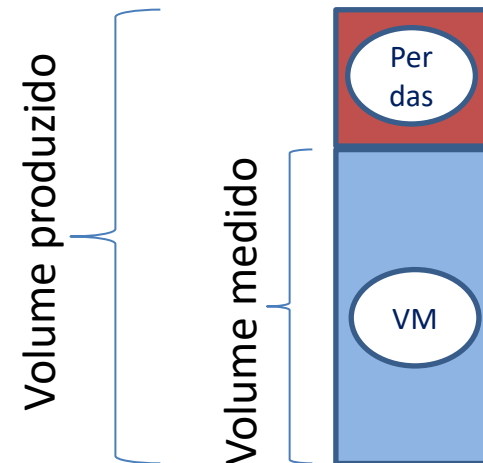
Adotar medições de setores ou sistemas com características semelhantes

### Consumo per capita:

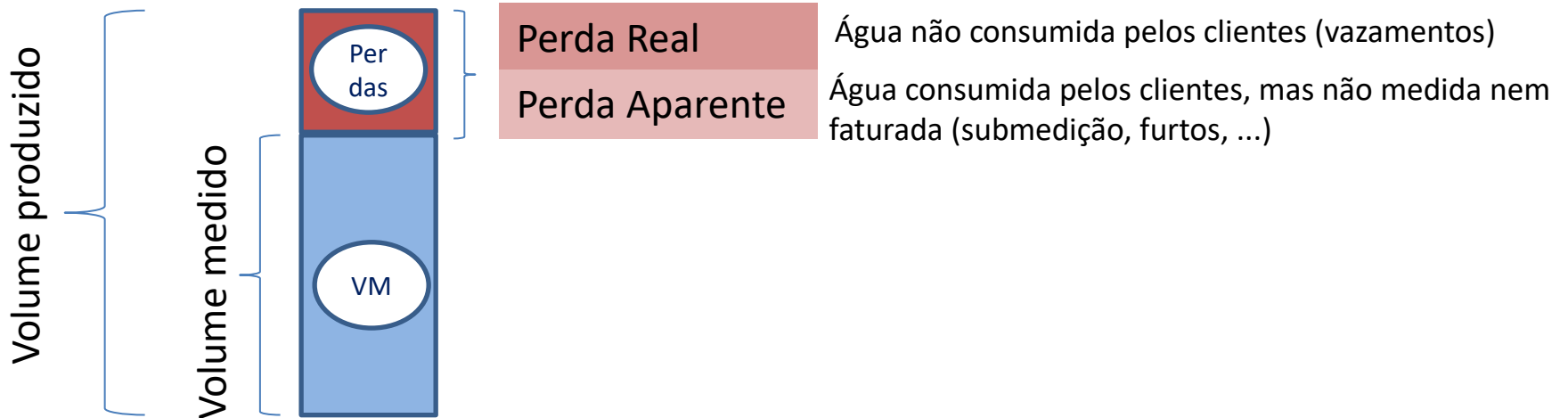
$$q = \frac{\text{Volume produzido}}{\text{População atendida}}$$

### Consumo **efetivo** per capita:

$$q_e = \frac{\text{Volume consumido}}{\text{População atendida}}$$



# Perdas



Índice de perdas (vazamentos, fraudes, defeito no medidor, etc):

$$IP = \frac{Vol\_produzido - Vol\_consumido}{Vol\_produzido}$$

# Exercício 1

---

Descreva como você estimaria:

**Caso A:** o consumo per capita de uma comunidade que não possui sistema de abastecimento de água implantado. A adutora chega até um ponto da cidade. Discrimine os dados necessários.

**Caso B:** o consumo efetivo per capita em sua habitação.  
casa, apartamento, casa de estudante...

**Caso C:** o índice de perda num sistema de abastecimento de água, sendo que a macromedição registrou 2.300 m<sup>3</sup>/d e a micromedição total 1.800 m<sup>3</sup>/d

## 2.8 - Variação temporal

---

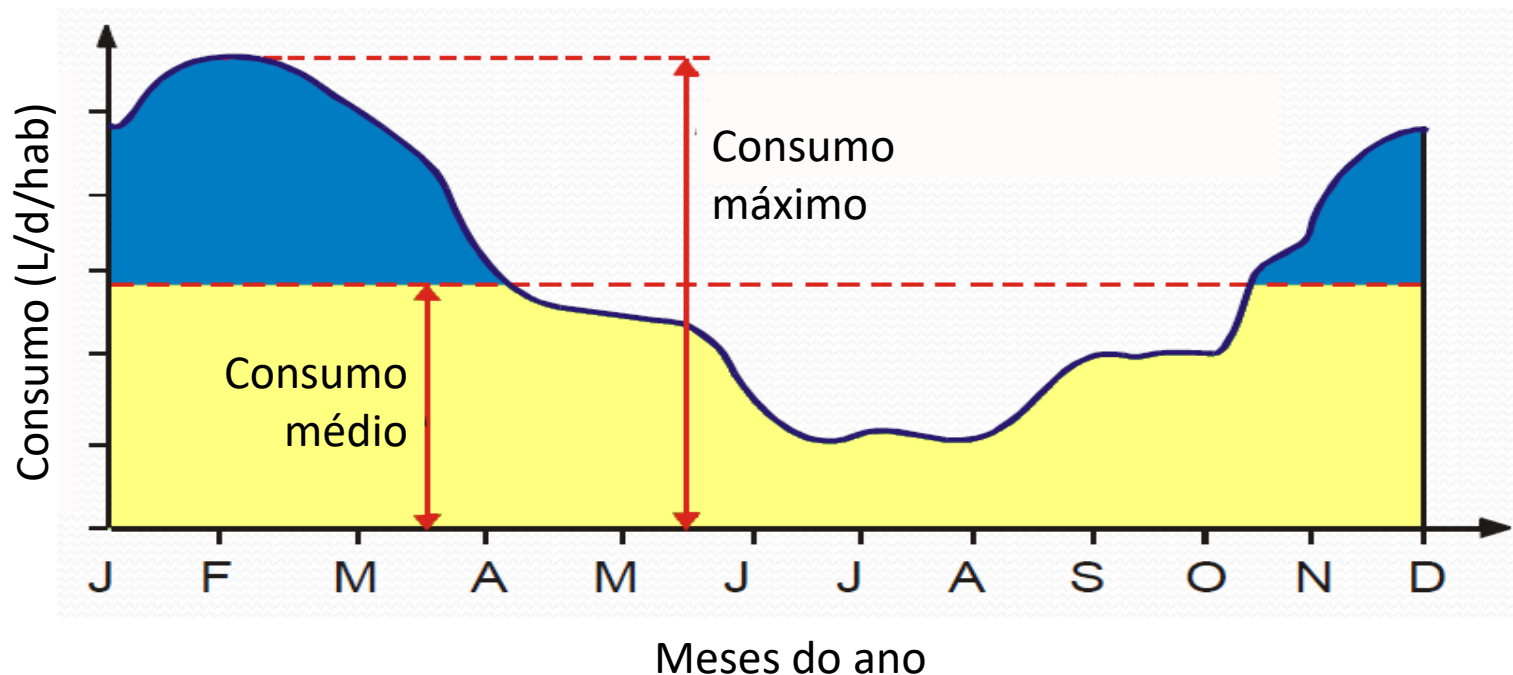
Variação	
<b>ANUAL</b>	Tende a crescer devido: <ul style="list-style-type: none"><li>• aumento populacional,</li><li>• melhoria nos hábitos,</li><li>• desenvolvimento industrial.</li></ul>
<b>MENSAL</b>	Maior no verão, menor no inverno
<b>DIÁRIA</b>	Consumo diário maior ou menor que consumo médio diário anual
<b>HORÁRIA</b>	Maior entre 10-12h e menor 3h
<b>INSTANTÂNEA</b>	Atendem a prédios desprovidos de reservatório

# Consumo: Variação diária

Coeficiente de reforço do dia de maior consumo ( $K_1$ )

$$K_1 = \frac{\text{Maior consumo diário no ano}}{\text{Consumo médio diário no ano}}$$

Variação do consumo no ano:



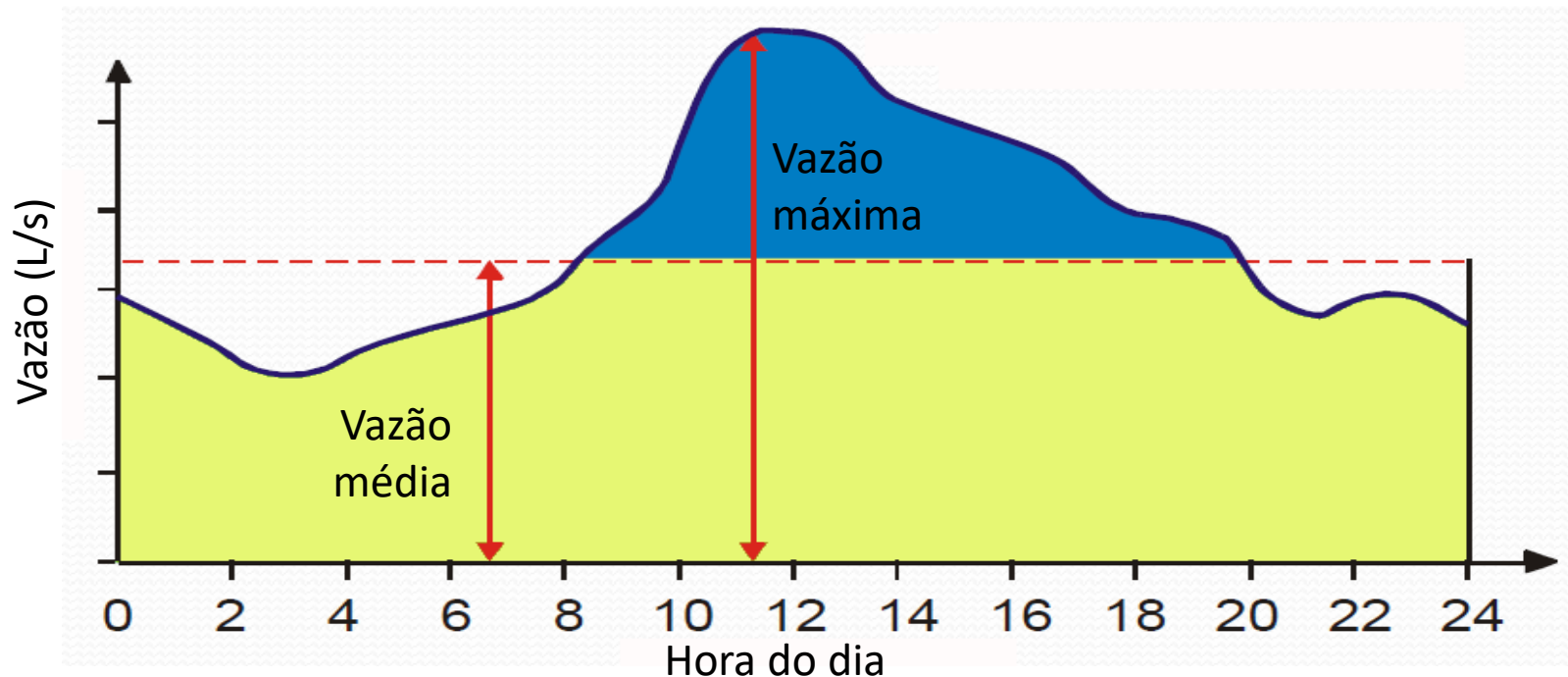


# Consumo: Variação horária

Coeficiente de reforço da hora de maior consumo ( $K_2$ )

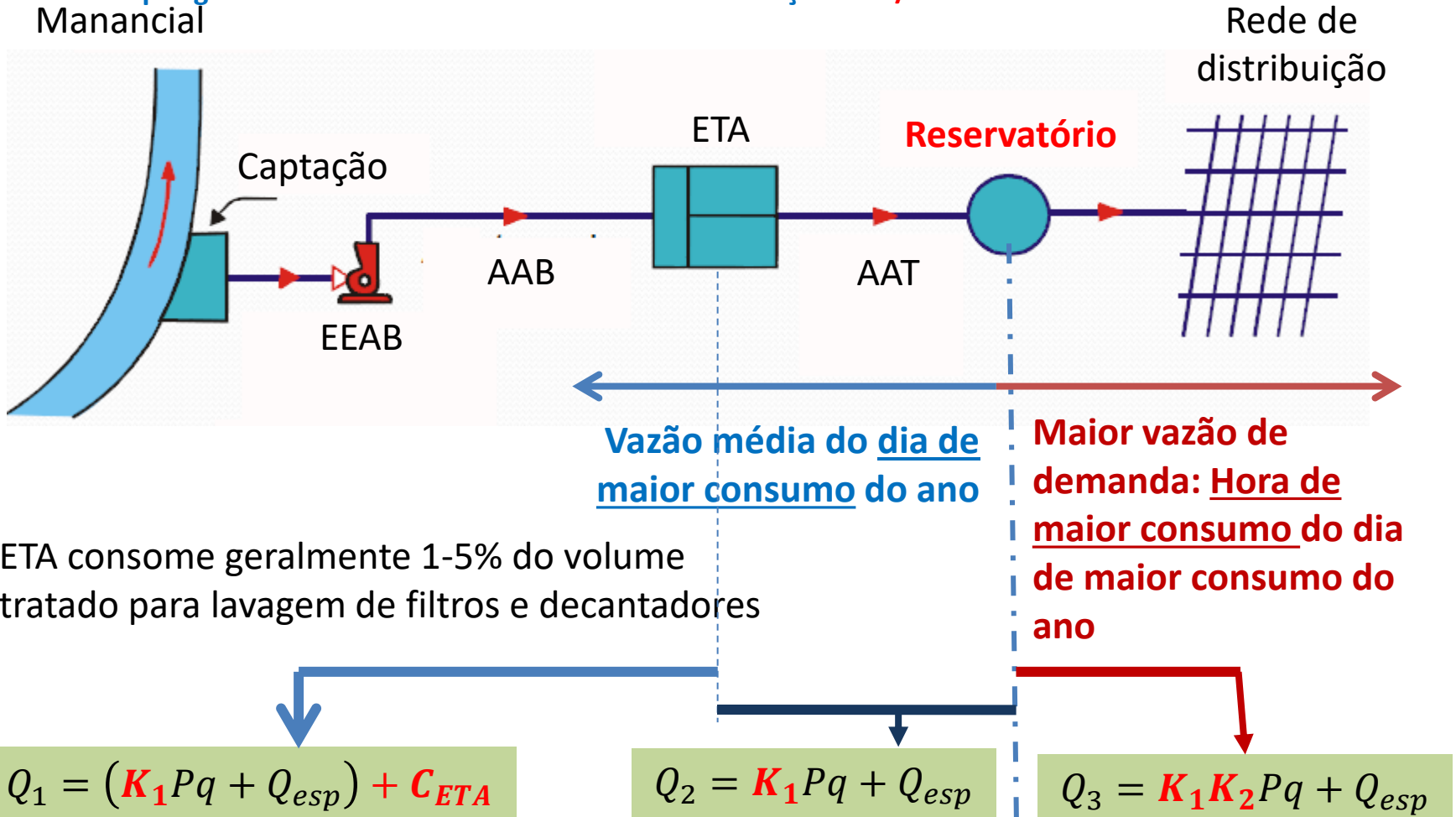
$$K_2 = \frac{\text{Maior vazão horária do dia}}{\text{Vazão média horária do dia}}$$

Variação do consumo **diário**:



# 2.9 – Vazões de dimensionamento

Adutoras por gravidade - Período de funcionamento da adução: 24h/d  
Manancial

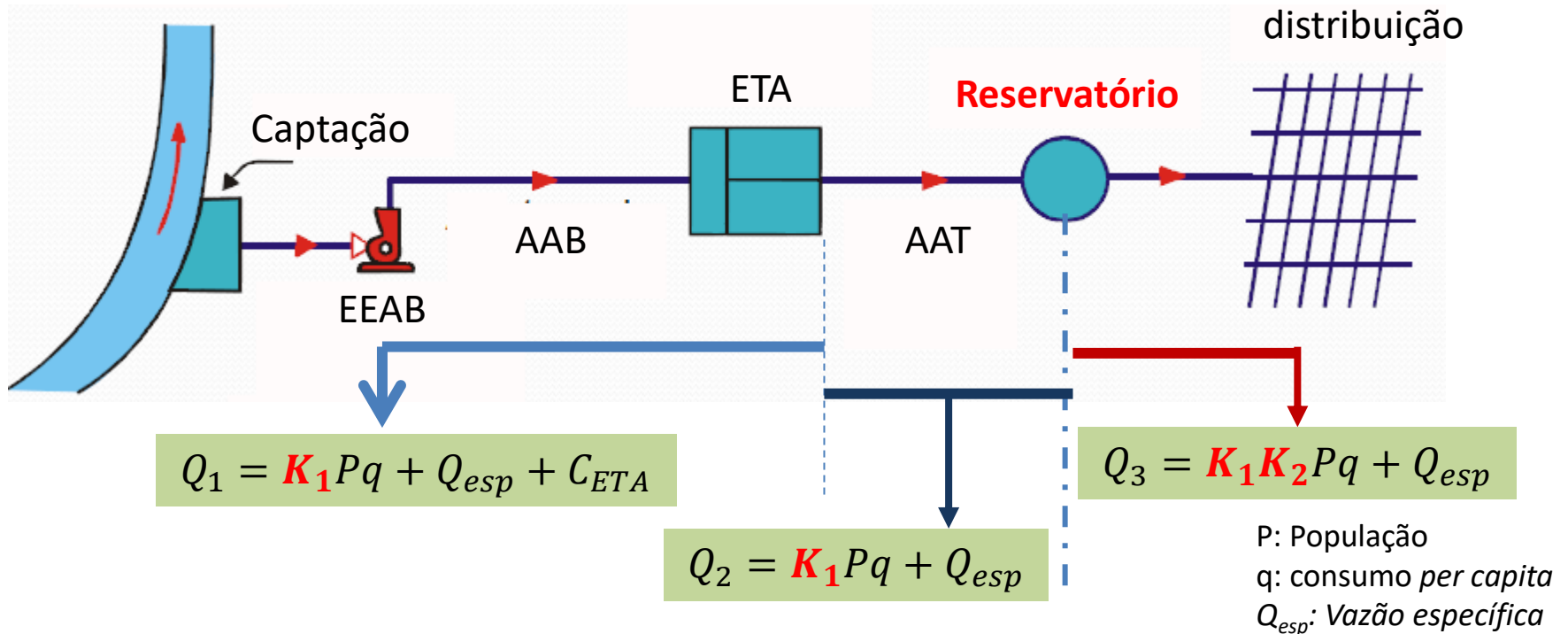


P: População    q: consumo *per capita*     $Q_{esp}$ : Vazão específica

# Vazões de dimensionamento x Período de funcionamento da adução

## A - Período de funcionamento da adução: 24h/d

Manancial



## B - Período de funcionamento da adução: < 24h/d → Q maiores

Aduções por recalque: 16-20 h/d

Bombeamento fora do horário de pico → ↓ consumo de energia → ↓ \$

# Exercício 2

Calcular as vazões de dimensionamento de um sistema de abastecimento, indicando os valores na figura abaixo.

Dados: População futura= 2.000 hab

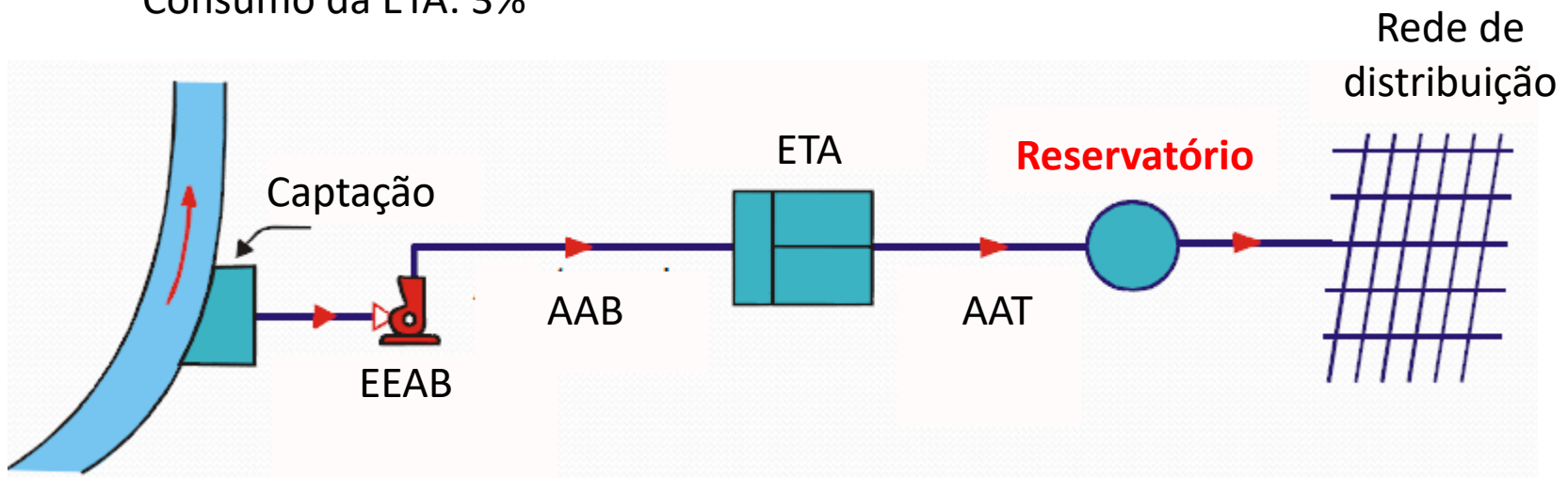
$Q_{\text{hotel}} = 15 \text{ L/s}$

$q = 150 \text{ L/d/hab}$

Consumo da ETA: 3%

$K_1 = 1,2$

$K_2 = 1,5$



- Vazões de dimensionamento com o sistema funcionando 24/d
- Vazões de dimensionamento, todavia com o sistema funcionando 16h/dia.

## 2.10 – Estudo da população

---

Período de  
Projeto

=

Plano de  
Projeto

=

Horizonte de  
projeto

- Horizonte de **20** anos
- Para diminuir ociosidade do sistema:
  - Construção por etapas, acompanhando curva de demanda:
    - No início: 1 casa de bombas
    - ETA: aumentando capacidade gradativamente

# A - População da área de projeto

---

## **DADOS:**

- Dados populacionais dos 4 últimos censos
- Setores censitários da área de projeto
- Cadastro imobiliário
- Pesquisa de campo
- Planos e projetos existentes
- Plano Diretor do município
- Situação socioeconômica do município
- Elaboração de projeções da população

## **Considerar:**

- **Qualidade** da informação
- Tamanho da **área**
  - Áreas pequenas → erros maiores
- Período de **tempo**


# B - Método para estudo demográfico

---

- Método dos componentes demográficos
- Métodos Matemáticos
  - Aritmético
  - Geométrico
  - Curva logística
- Método da extrapolação gráfica

# Método dos componentes demográficos

$$P = P_0 + (N - M) + (I - E)$$

  
crescimento vegetativo no período  
crescimento social no período

onde:

- $P$  = população na data  $t$
- $P_0$  = população na data inicial  $t_0$
- $N$  = nascimentos (no período  $t - t_0$ )
- $M$  = óbitos
- $I$  = imigrantes no período
- $E$  = emigrantes no período

## **APLICAÇÃO:**

**Tendência passada**

**Hipóteses futuras:**

- Tendências socioeconômicas do processo de metropolização
- Tendências demográficas globais
- Tendências da mortalidade
- Tendência da fecundidade
- Tendência migratória e população recenseada



# Método aritmético

---

Pressupõe crescimento populacional **linear**

Passado:

$$\frac{dP}{dt} = K_a \xrightarrow{\text{Integra-se}} K_a = \frac{P_2 - P_1}{t_2 - t_1}$$

Futuro:

$$P = P_2 + K_a(t - t_2)$$

t representa o ano da projeção

Adequado para períodos de tempo pequenos (1 – 5 anos)

# Método geométrico

---

Pressupõe para iguais períodos de tempo, mesma percentagem de aumento da população

Passado:

$$\frac{dP}{dt} = K_g P \xrightarrow{\text{Integra-se}} K_g = \frac{\ln P_2 - \ln P_1}{t_2 - t_1}$$

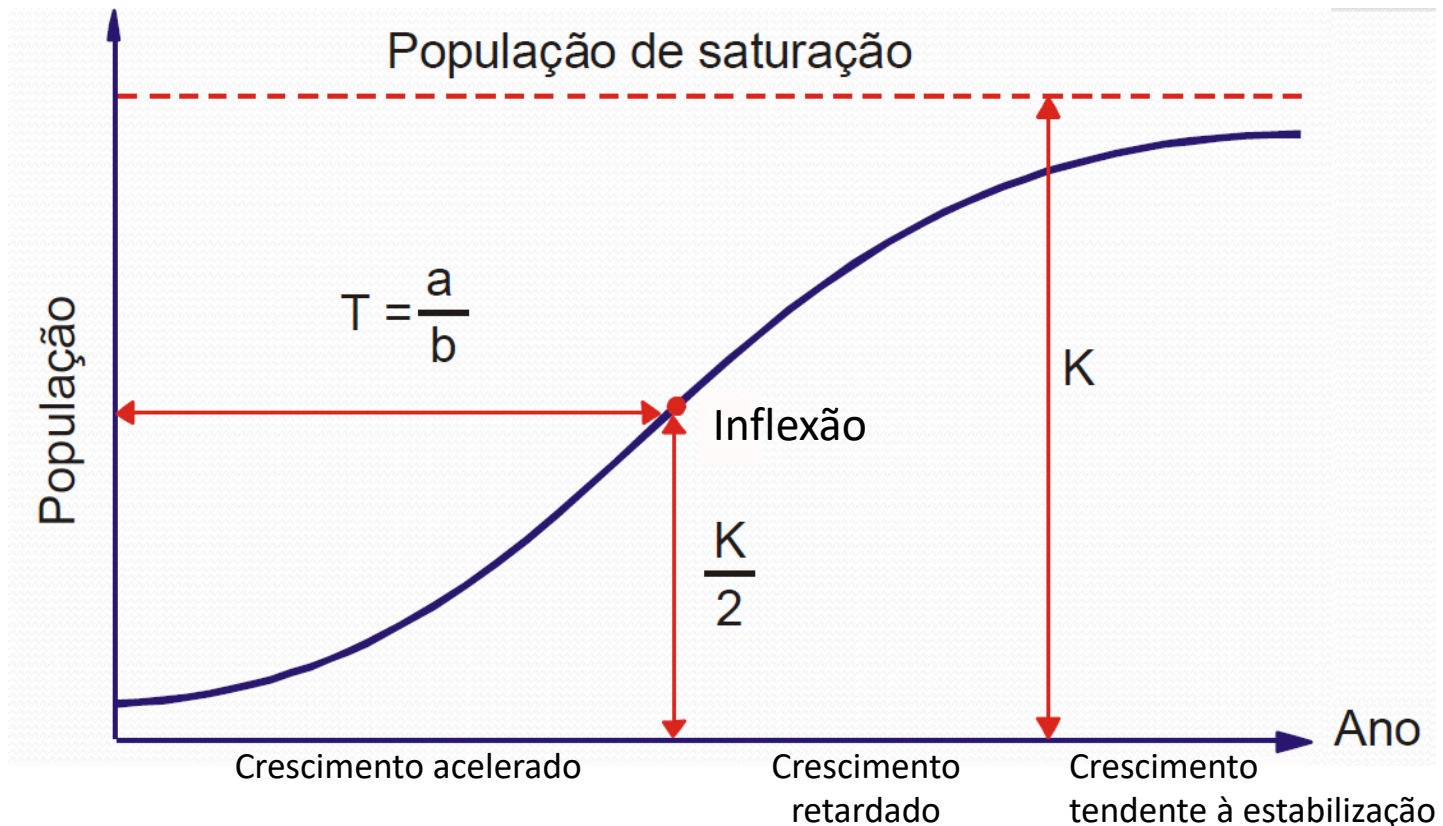
Futuro:

$$P = P_2 e^{K_g(t-t_2)}$$

t representa o ano da projeção

# Curva logística

Crescimento da população obedece relação matemática do tipo curva logística  
→ população cresce assintoticamente em função do tempo para um valor limite de saturação



# Equação da curva logística

$$P = \frac{k}{1 + e^{a-bT}}$$

**Três pontos conhecidos:**

$$P_0(t_0)$$

$$P_1(t_1)$$

$$P_2(t_2)$$

**Restrições:**

$$P_0 < P_1 < P_2$$

$$P_0 P_2 < P_1^2$$

$$t_2 - t_1 = t_1 - t_0$$

$$k = \frac{2P_0P_1P_2 - (P_1)^2(P_0 + P_2)}{P_0P_2 - (P_1)^2}$$

$$b = -\frac{1}{0,4343d} \log \frac{P_0(k-P_1)}{P_1(k-P_0)}$$

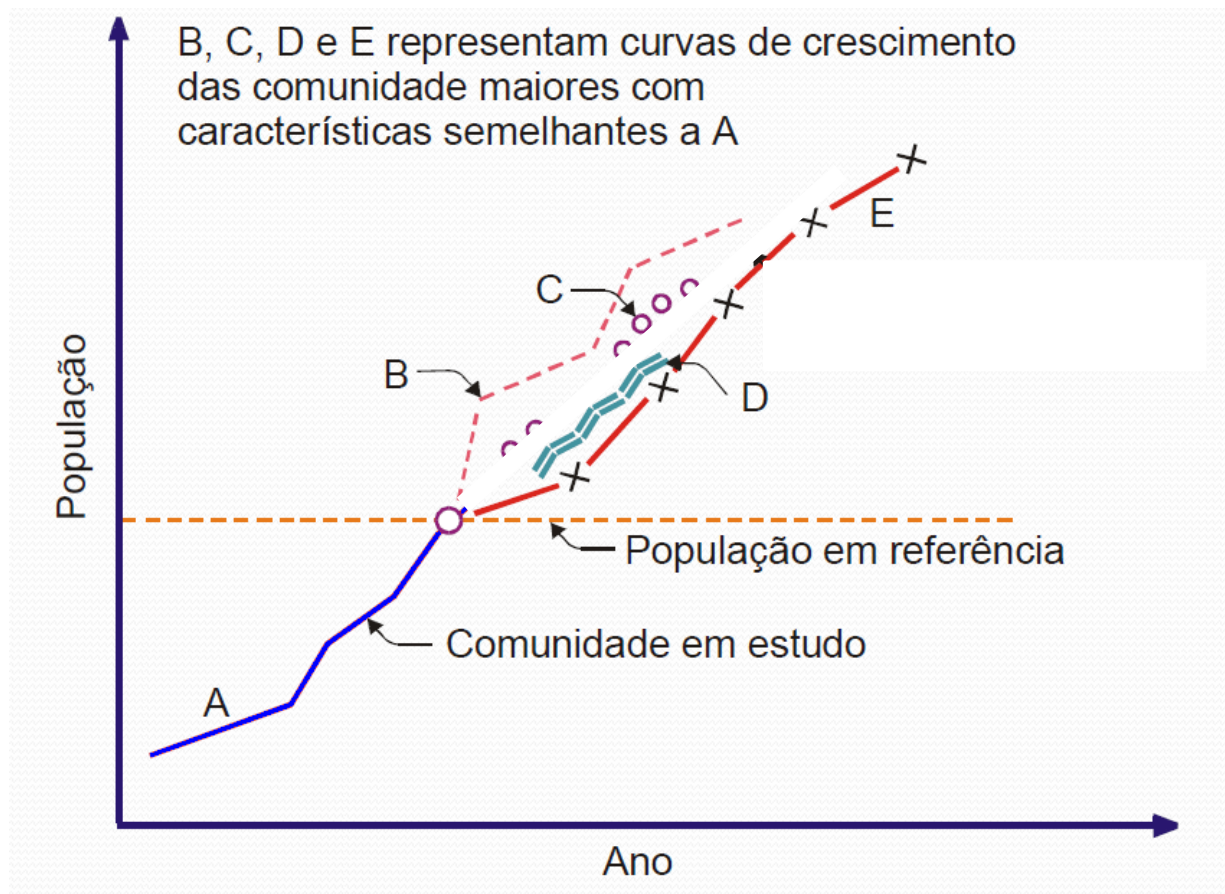
$$a = \frac{1}{0,4343} \log \frac{k-P_0}{P_0}$$

$$d = t_2 - t_1 = t_1 - t_0$$

T: intervalo de tempo entre o ano da projeção e  $t_0$

# Método da extrapolação gráfica

- Estimar população por um período grande
- Ajustar uma curva de dados observados de população de outras localidades com características semelhantes ao estudo, mas que tenham população maior



# C – População flutuante

---

- População que se estabelece no núcleo urbano por curto período de tempo.
  - Municípios de veraneio, estâncias climáticas e hidrominerais
- **Estimativa:**
  - Informações de censo: ocupação residencial, ocasional, fechado e vago.
  - Variação do consumo de energia elétrica
  - Variação do fluxo de veículo no sistema viário
  - Crescimento da capacidade instalada na região para alojamento
  - Condição de saturação das praias (m<sup>2</sup>/banhista)
- **Taxa de ocupação (hab/domicílio)**
  - Baixada Santista - Domicílios permanentes: 3; Uso ocasional: 6,5
  - Litoral Norte de SP - Domicílios permanentes: 4; Uso ocasional: 7

# D – Distribuição demográfica

<b>Características urbanas dos bairros</b>	<b>Densidade demográfica de saturação (hab/ha)</b>	<b>Extensão média de arruamento/ha (m)</b>
Bairros residenciais de luxo com lote padrão de 800 m <sup>2</sup>	100	150
Bairros residenciais populares com lote padrão de 250 m <sup>2</sup>	150	200
Bairros mistos residencial-comercial-industrial da zona urbana com permanência de comércio e indústrias artesanais e leves	600	150
Bairros comerciais da zona central com predominância de edifícios de escritórios	1000	200

Região Metropolitana de SP (fonte Tsutiya, 2006)

# Tarefa

---

- Ler: cap. 3 Tsutiya



# Literatura

---

- Tsutiya, Milton Tomoyuki. 2006. Abastecimento de Água. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 643p. 4ª. Edição