



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
DECIV – DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL



Consumo de Água

DISCIPLINA: SANEAMENTO
PROF. CARLOS EDUARDO F MELLO
e-mail: cefmello@gmail.com

Sistema de Abastecimento de Água

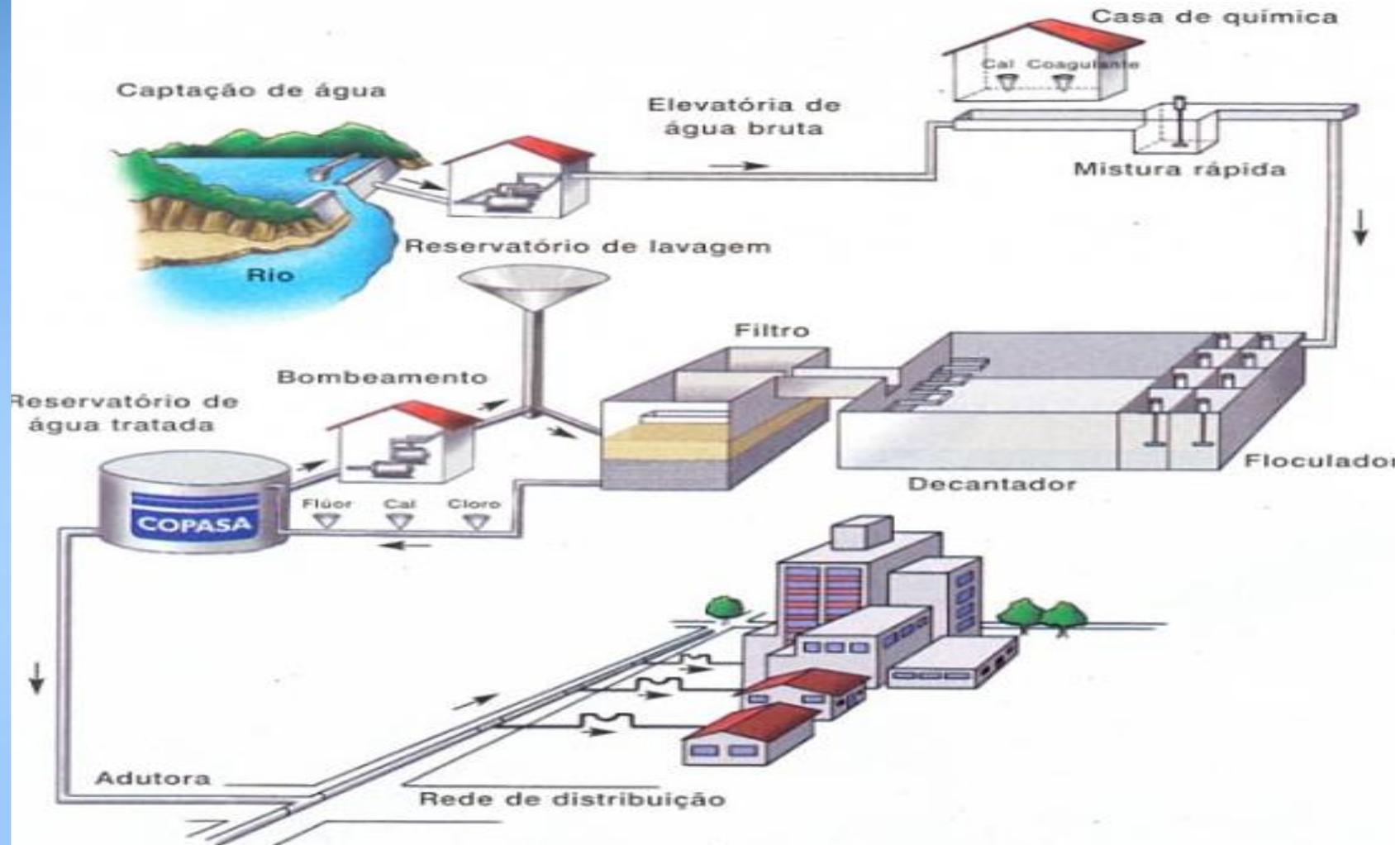


Figura I: Partes constituintes de um sistema de abastecimento de água

Dimensionamento do Sistema

Depende:

- Consumo médio por habitante
- Estimativa do número de habitantes
- Variações da demanda
- Outros consumos que podem ocorrer na área de estudo

Classificação dos Consumidores de Água

- Doméstico
- Comercial
- Industrial
- Público

Fatores que influenciam no consumo de água

- Clima
- Porte da comunidade
- Condições econômicas da comunidade
- Grau de industrialização
- Medição do consumo residencial
- Custo da água
- Pressão da água
- Perdas no sistema

Consumo Per Capita

Quantidade de água usado por dia, em média, por habitante.

$$q = \frac{\text{Volume distribuído anualmente (l/hab.dia)}}{365 \cdot \text{população atendida}}$$

Consumo Per Capita

Tabela I: Consumo per capita por porte da comunidade

Porte da comunidade	Faixa da população (hab)	Consumo per capita (QPC) (l/hab.d)
Povoado rural	< 5.000	90-140
Vila	5.000 – 10.000	100-160
Pequena localidade	10.000 – 50.000	110-180
Cidade Média	50.000 – 250.000	120-220
Cidade Grande	> 250.000	150-300

Consumo Médio na Região Metropolitana de São Paulo

Tabela 2: Dados básicos de setores de abastecimento da RMSP

Setor	Consumo médio (l/s)	Ocupação do setor (%)			
		Residencial	Comercial	Industrial	Público
1 Americanópolis	1518	90,7	6,7	1,0	1,6
2 Araçá	599	73,6	17,8	0,4	8,2
3 Avenida	890	71,3	23,0	0,4	5,3
4 Butantã	400	80,8	14,1	1,2	3,8
5 Casa Verde	371	59,1	27,9	10,7	2,3
6 Consolação	741	46,3	46,7	0,3	6,6
7 Gama Lobo	243	76,0	14,1	3,3	6,6
8 Interlagos	526	78,6	10,5	6,8	4,0
9 Itaim Paulista	940	91,9	5,8	0,1	2,1
10 Jabaquara	762	76,9	12,5	1,1	9,5
11 Jaçanã	662	88,1	8,0	0,5	3,5
12 Jaguaré	406	60,5	19,0	5,4	15,1
13 Mirante	267	31,1	17,7	2,2	49,0
14 Pirajussara	180	86,8	9,9	0,9	2,5
15 Pirituba	496	85,4	9,1	2,8	2,8
16 Sapopemba	861	90,8	6,4	0,6	2,3
17 Sapopemba Z. Alta	924	90,8	6,4	0,6	2,3
18 Vila América	821	75,9	15,0	0,1	9,0
19 Vila Deodoro	364	72,1	20,1	4,6	3,2
20 Vila Jaguara	213	67,8	14,5	7,0	10,7
21 Vila Madalena	1107	59,7	32,5	0,7	7,1
22 Vila Maria	547	57,8	29,5	8,8	3,8

Estabelecimentos Comerciais

Estabelecimento	Unidade	Faixa de Vazão (l/unid.d)
Aeroporto	Passageiro	8 - 15
Alojamento	Residente	80 - 150
Banheiro público	Usuário	10 - 25
Bar	Freguês	5 - 15
Cinema/teatro	Assento	2 - 10
Escritório	Empregado	30 - 70
Hotel	Hóspede	100 - 200
	Empregado	30 - 50
Indústria (esgotos sanit.apenas)	Empregado	50 - 80
Lanchonete	Freguês	4 - 20
Lavanderia - comercial	Máquina	2.000 - 4.000
Lavanderia - automática	Máquina	1.500 - 2.500
Loja	Banheiro	1.000 - 2.000
	Empregado	30 - 50
Loja de departamento	Banheiro	1.600 - 2.400
	Empregado	30 - 50
	m ² de área	5 - 12
Posto de gasolina	Veículo servido	25 - 50
Restaurante	Refeição	15 - 30
Shopping center	Empregado	30 - 50
	m ² de área	4 - 10

Fonte: EPA (1977), Hosang e Bischof (1984), Tchobanoglous e Schroeder (1985), Qasim (1985), Metcalf & Eddy (1991), NBR-7229/93

Estabelecimentos Institucionais

Estabelecimento	Unidade	Faixa de Vazão (l/unid.d)	
Clínica de repouso	Residente	200 - 450	
	Empregado	20 - 60	
Escola			
	- com lanchonete, ginásio, chuveiros	Estudante	50 - 100
	- com lanchonete, sem ginásio e chuveiros	Estudante	40 - 80
- sem lanchonete, ginásio e chuveiros	Estudante	20 - 60	
Hospital	Leito	300 - 1000	
	Empregado	20 - 60	
Prisão	Detento	200 - 500	
	Empregado	20 - 60	

Fonte: EPA (1977), Hosang e Bischof (1984), Tchobanoglous e Schroeder (1985), Qasim (1985), Metcalf & Eddy (1991)

Variações no Consumo

Ocorrem variações de consumo significativas no sistema de abastecimento de água, que podem ser mensais, diárias, horárias e instantâneas.

Variações Diárias:

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

K_1 – Coeficiente do dia de maior consumo

Obs.: (1) Excluir os consumos dos dias em que ocorreram acidentes no sistema ou fatos excepcionais responsáveis por alterações no consumo de água.

(2) Recomenda-se que seja considerados, no mínimo, cinco anos consecutivos de observações, adotando-se a média dos coeficientes determinados.

Variações no Consumo

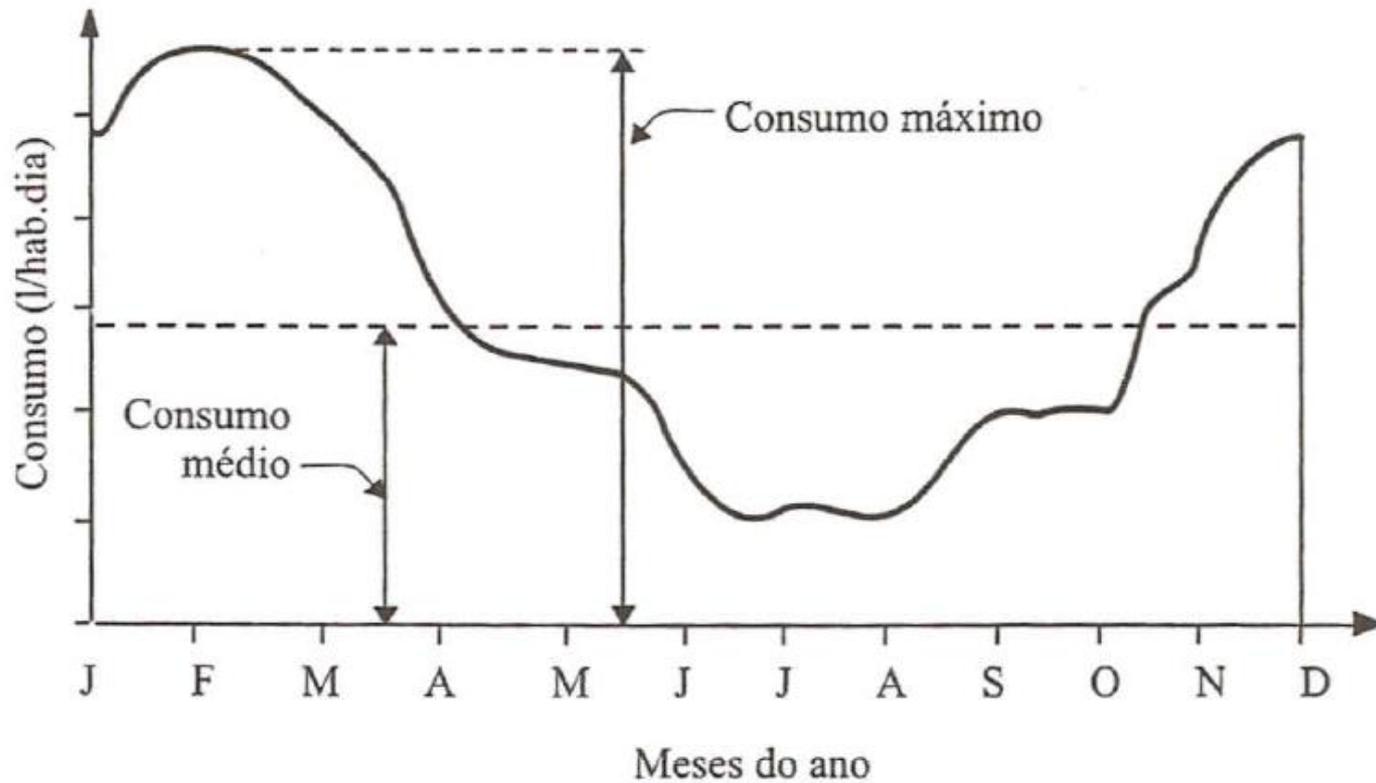


Figura 2: Variações do consumo no ano.

Variações no Consumo

Tabela 3: Coeficiente do dia de maior consumo (K_1)

Autor/Entidade	Local	Ano	Coeficiente K_1	Condições de obtenção do valor
DAE	São Paulo – Capital	1960	1,50	Recomendação para projeto
FESB	São Paulo – Interior	1971	1,25	Recomendação para projeto
Azevedo Netto	Brasil	1973	1,1 – 1,5	Recomendação para projeto
Yassuda e Nogami	Brasil	1976	1,2 – 2,0	Recomendação para projeto
CETESB	Valinhos e Itacemápolis	1978	1,25 – 1,42	Medições em sistemas operando há vários anos
PNB-587-ABNT	Brasil	1977	1,2	Recomendação para projeto
Orsini	Brasil	1996	1,2	Recomendação para projeto
Azevedo Netto et al.	Brasil	1998	1,1 – 1,4	Recomendação para projeto
Tsutiya	RMSP – Setor Lapa	1989	1,08 – 3,8	Medições em sistema operando há vários anos
Saporta et al.	Barcelona – Espanha	1993	1,10 – 1,25	Medições em sistema operando há vários anos
Walski et al.	EUA (*)	2001	1,2 – 3,0	Recomendação para projeto
Hammer	EUA (*)	1996	1,2 – 4,0	Medições em sistemas norte-americanos
AEP	Canadá (*)	1996	1,5 – 2,5	Recomendação para projeto

(*) Nesses sistemas não há reservatórios domiciliares.

Variações no Consumo

Variações horárias no dia:

$$K_2 = \frac{\text{maior vazão horária do dia de maior consumo}}{\text{consumo médio horário do dia de maior consumo}}$$

K_2 – Coeficiente de hora de maior consumo

OBS.: O coeficiente K_1 é utilizado como reforço para cálculos de projetos em todas as unidades do sistema, enquanto K_2 é adotado como reforço apenas para a rede de distribuição

Valores adotados: $K_1 = 1,2$ e $K_2 = 1,5$

Variações no Consumo

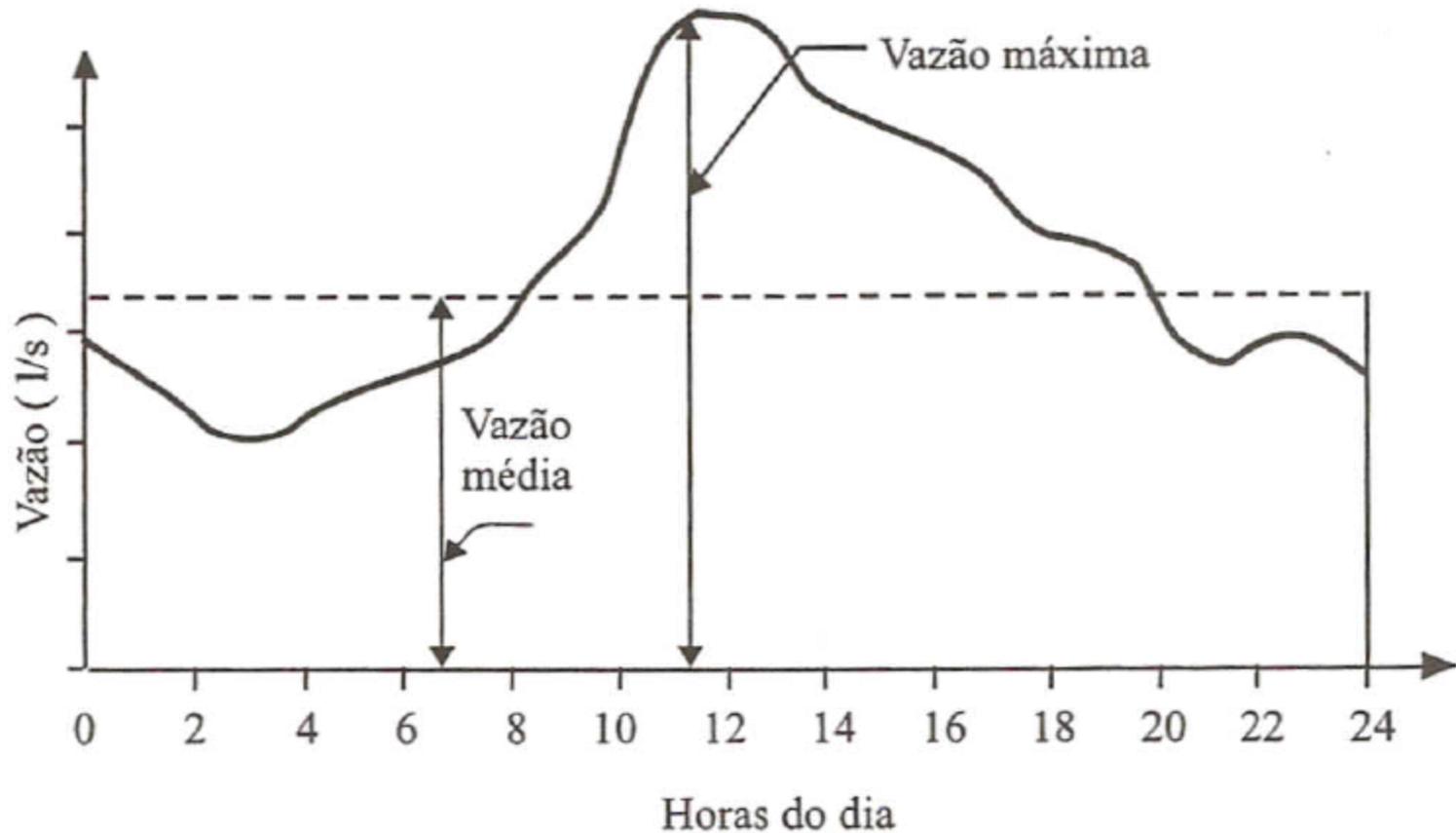


Figura 3: Variações do consumo diário.

Variações no Consumo

Tabela 4: Coeficiente da hora de maior consumo (K_2)

Autor/Entidade	Local	Ano	Coeficiente K_2	Condições de obtenção do valor
Azevedo Netto	Brasil	1973	1,5	Recomendação para projeto
Yassuda e Nogami	Brasil	1976	1,5 – 3,0	Recomendação para projeto
CETESB	Valinhos e Iracemápolis	1978	2,08 – 2,35	Medições em sistemas operando há vários anos
PNB-587-ABNT	Brasil	1977	1,5	Recomendação para projeto
Orsini	Brasil	1996	1,5	Recomendação para projeto
Azevedo Netto et al.	Brasil	1998	1,5 – 2,3	Recomendação para projeto
Tsutiya	RMSB – Setor Lapa	1989	1,5 – 4,3	Medições em sistema operando há vários anos
Saporta et al.	Barcelona – Espanha	1993	1,3 – 1,4	Medições em sistema operando há vários anos
Walski et al.	EUA (*)	2001	3,0 – 6,0	Recomendação para projeto
Hammer	EUA (*)	1996	1,5 – 10,0	Medições em sistemas norte-americanos
AEP	Canada (*)	1996	3,0 – 3,5	Recomendação para projeto

(*) Nesses sistemas não há reservatórios domiciliares.

Sistema de Abastecimento de Água

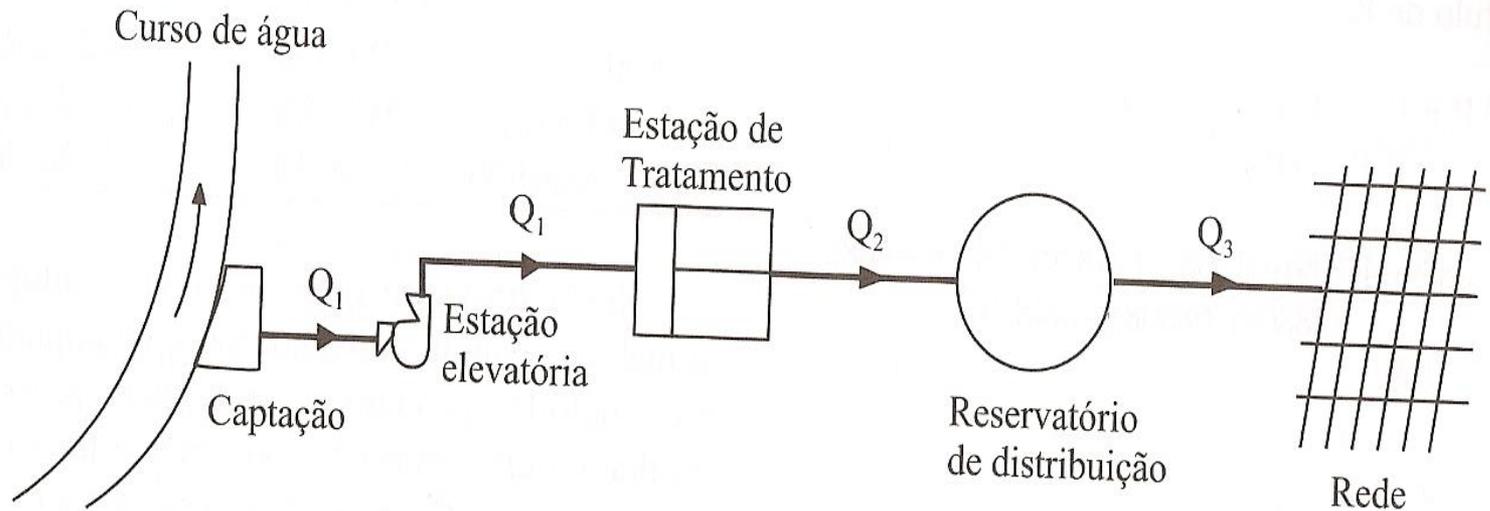


Figura 4: Partes constituintes de um sistema de abastecimento de água

Cálculo de Vazão

- Vazão da captação, estação elevatória e adutora até a ETA (inclusive)

$$Q_1 = \left(\frac{K_1 \cdot P \cdot q}{86400} + Q_{\text{esp}} \right) \cdot C_{\text{ETA}}$$

P = população da área abastecida;

q = consumo per capita de água;

K_1 = coeficiente do dia de maior consumo;

Q_{esp} = vazão específica, por exemplo, grandes consumidores (indústrias, comércios, etc);

C_{ETA} = Coeficiente de Consumo na ETA.

Cálculo de Vazão

- Vazão da ETA até o reservatório

$$Q_2 = \frac{K_1 \cdot P \cdot q}{86400} + Q_{\text{esp}}$$

P = população da área abastecida;

q = consumo per capita de água;

K_1 = coeficiente do dia de maior consumo;

Q_{esp} = vazão específica, por exemplo, grandes consumidores (indústrias, comércios, etc);

Cálculo de Vazão

- Vazão de distribuição (do reservatório até a rede)

$$Q_3 = \frac{K_1 \cdot K_2 \cdot P \cdot q}{86400} + Q_{esp}$$

P = população da área abastecida;

q = consumo per capita de água;

K_1 = coeficiente do dia de maior consumo;

K_2 = coeficiente da hora de maior consumo;

Q_{esp} = vazão específica, por exemplo, grandes consumidores (indústrias, comércios, etc);

Exercícios

Exercício 1:

Calcular as vazões de dimensionamento de um sistema de abastecimento de água (Figura 4), para atender uma população de 100.000 habitantes com vazão industrial de 25 l/s, sendo o consumo per capita de 200 l/hab.dia e um consumo na ETA de 3%. Adotar para $K_1 = 1.2$ e $K_2 = 1.5$.

Exercícios

Exercício 2:

No ano de 1996 foi aduzido para a cidade de Bauru (SP) 33.752.520 m³ de água para atender a uma população de 292.000 pessoas (sede + distritos). O consumo máximo diário observado foi igual a 108.820 m³ e ocorreu no dia 21 de março. Calcular:

- A Vazão média, em l/s, aduzida para a cidade;
- O consumo médio per capita no ano, em l/hab.dia;
- O coeficiente do dia de maior consumo

Estudo da População

Sistemas de abastecimento de água

- As obras devem atender uma população maior que a atual
- Projeção da população para o projeto
- Período de projeto (plano do projeto, horizonte do projeto): corresponde ao crescimento demográfico em um certo número de anos. Adotado 20 a 30 anos

Estudo da População

Sistemas de abastecimento de água

- A realização das obras deve acompanhar o mais próximo possível a curva de demanda da cidade
- Estudar e projetar a participação de cada distrito na população total do município

Estudo da População

As projeções de população para projetos de saneamento devem considerar (Alcantara, 2002):

- Qualidade das informações que servirão de base para a projeção populacional
- Dados populacionais do município e distritos dos últimos quatro censos demográficos
 - população residente urbana e rural
 - domicílios ocupados
 - número de habitantes por domicílio
 - população residente e domicílios ocupados

Estudo da População

As projeções de população para projetos de saneamento devem considerar (Alcantara, 2002):

- Dados atuais do número de ligações de água e luz (residenciais, comerciais, industriais e públicas)
- Índices de atendimentos divulgados pelas concessionárias
- Dados atualizados do cadastro imobiliário da prefeitura

Estudo da População

As projeções de população para projetos de saneamento devem considerar (Alcantara, 2002):

- Pesquisa de campo (amostra representativa):
 - parâmetros urbanísticos e demográficos da ocupação atual
 - padrão econômico
 - tamanho médio do lote
 - domicílios por lote
 - habitantes por domicílio
 - índice de verticalização

Estudo da População

As projeções de população para projetos de saneamento devem considerar (Alcantara, 2002):

- Planos e projetos (industriais, habitacionais etc)
- Plano Diretor
- Situação sócio-econômica do município e seu papel na região em que se insere

Estudo da População

Métodos para o Estudo Demográfico

- Métodos dos componentes demográficos
- Métodos matemáticos
 - aritmético
 - geométrico
 - curva logística
- Método de extrapolação gráfica

Estudo da População

Método dos Componentes Demográficos

➤ Considera a tendência passada verificada pelas variações demográficas:

- fecundidade
- mortalidade
- migração

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

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;

$N - M$ = crescimento vegetativo no período;

$I - E$ = crescimento social no período.

Estudo da População

Método Aritmético

➤ Admite:

- taxa de crescimento constante para os anos seguintes
- população varie linearmente

$$dP/dt = K_a$$

$$K_a = P_2 - P_1 / t_2 - t_1$$

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

Onde:

dP/dt = variação da população por unidade de tempo

K_a = constante

P_1 – população do penúltimo censo

P_2 – população do último censo

P – População no ano de projeção

t – ano de projeção

Pode ser utilizado para previsão populacional para um período de 1 a 5 anos.

Estudo da População

Método Geométrico

➤ Considera:

- a mesma porcentagem de aumento da população para iguais períodos de tempo

$$dP/dt = K_g \cdot P$$

$$K_g = \ln P_2 - \ln P_1 / t_2 - t_1$$

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

Onde:

dP/dt = variação da população por unidade de tempo

K_g = taxa de crescimento geométrico

P_1 – população do penúltimo censo

P_2 – população do último censo

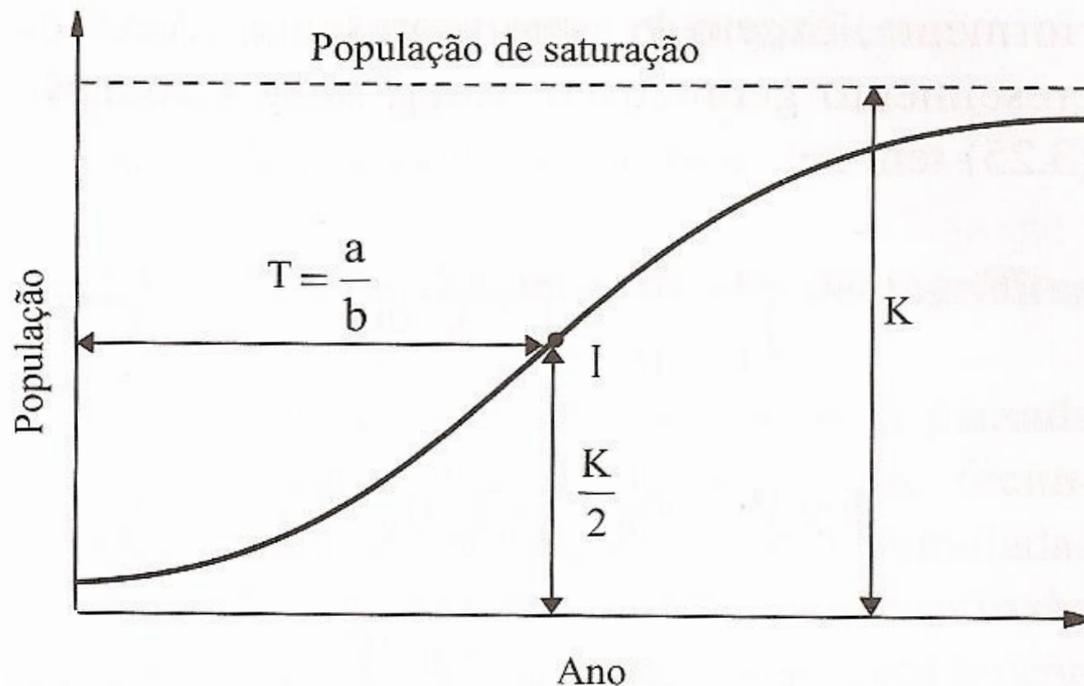
P – População no ano de projeção

t – ano de projeção

Estudo da População

Método da Curva Logística

A população cresce assintoticamente em função do tempo para um valor limite de saturação (K)



T - representa o intervalo de tempo entre o ano da projeção e t_0
a - é um valor tal que há um ponto de inflexão na curva
b - razão de crescimento da população

$$P = \frac{K}{1 + e^{a-b \cdot T}}$$

Estudo da População

Método da Curva Logística

Determinação dos parâmetros:

➤ conhecer 3 pontos da curva

- $P_0(t_0)$

- $P_1(t_1)$ $t_1 - t_0 = t_2 - t_1$

- $P_2(t_2)$

$$K = \frac{2 \cdot P_0 \cdot P_1 \cdot P_2 - (P_1)^2 \cdot (P_0 + P_2)}{P_0 \cdot P_2 - P_1^2}$$

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

➤ Os pontos P_0 , P_1 e P_2

devem ser:

- $P_0 < P_1 < P_2$

- $P_0 \cdot P_2 < P_1^2$

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

d - intervalo constante entre anos t_0 , t_1 e t_2 .

Estudo da População

Método da extrapolação gráfica

- Utilizado para estimar a população por um período grande
- Utiliza dados de populações de outras comunidades com características semelhantes ao estudo, mas que tenham população maior.

Exercícios

Exercício 3:

Calcular a população de uma cidade para o ano 2020 e 2030, utilizando os seguintes métodos de previsão populacional:

- a) Aritmético
- b) Geométrico
- c) Curva logística

São conhecidos os dados da população urbana da cidade referente aos censos de 1990, 2000 e 2010, apresentados na Tabela I.

Tabela I – Dados da população	
Ano	População (hab.)
1990	28.809
2000	46.867
2010	68.808

Comparação entre os Métodos

Método	População (hab.)	
	Ano: 2.010	Ano: 2.020
Aritmético		
Geométrico		
Curva logística		