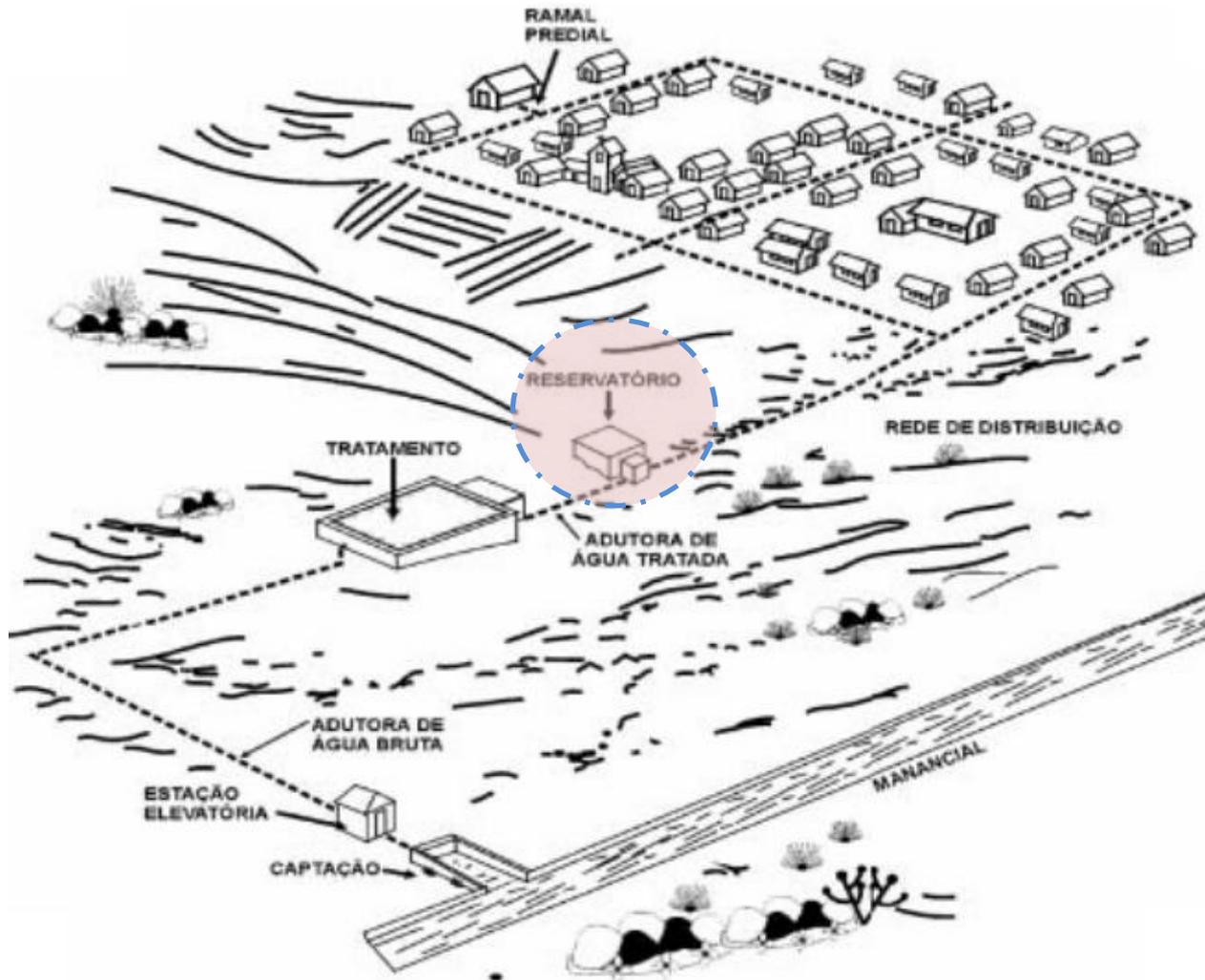


8 – Reservatórios de distribuição de água



8.1 - Introdução

- **Finalidades**

- Regularizar a vazão de adução com a de distribuição
- Condicionar pressões na rede de distribuição
- Reservar água para combate a incêndio e/ou emergências

- **Vantagens:**

- Bombeamento fora do horário de pico (\downarrow \$)
- Aumento no rendimento dos conjuntos elevatórios

- **Desvantagens:**

- Custo elevado de implantação
- Nem sempre disponibilidade de local em cota adequada
- Ocorrência de deterioração da qualidade da água

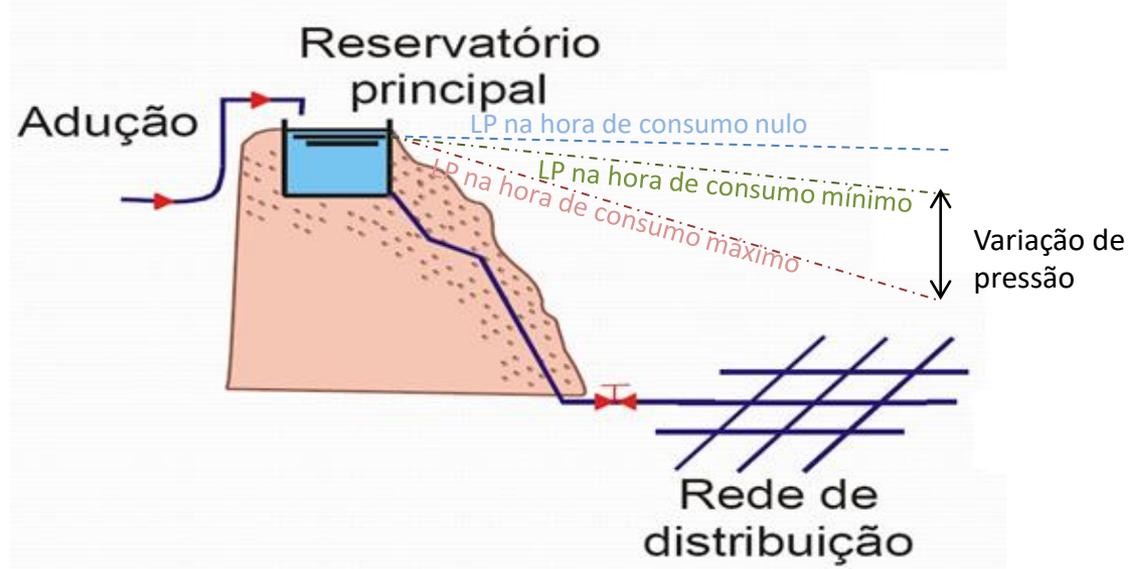
8.2 - Classificação

- **Quanto à localização no sistema**
- **Quanto à localização no terreno**
- **Quanto à sua forma**
- **Quanto aos materiais de construção**

Quanto à localização no sistema

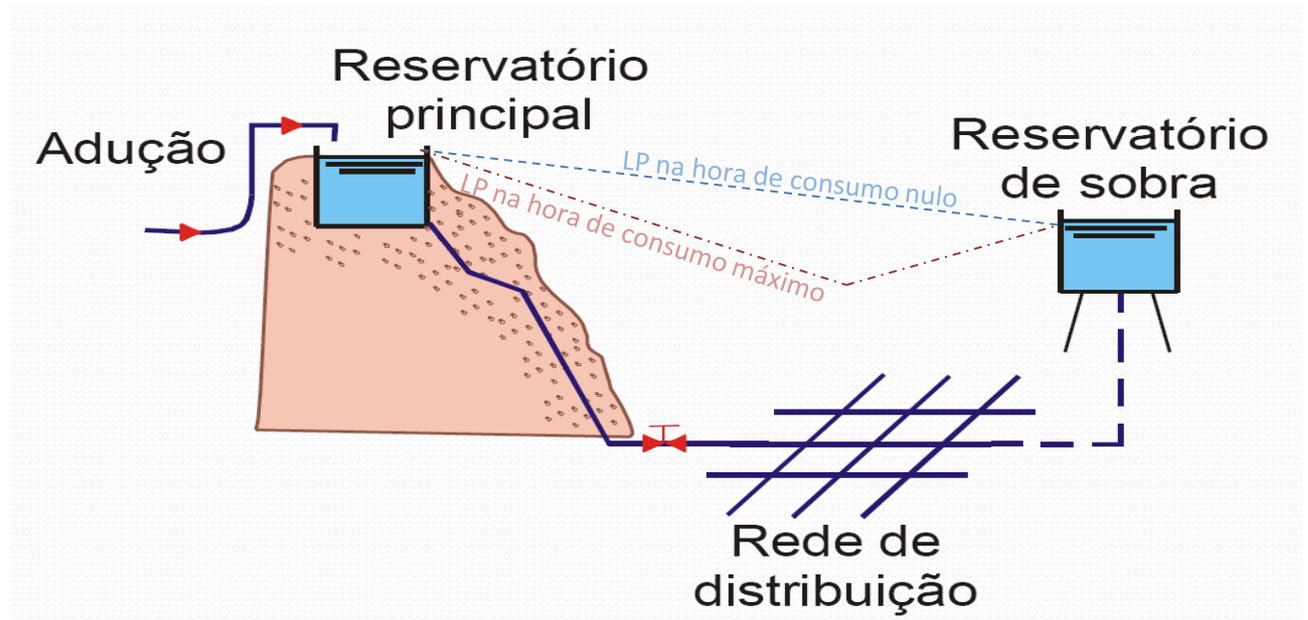
- Reservatório de montante
- Reservatório de jusante
- Reservatório de posição intermediária

Em relação à rede de distribuição

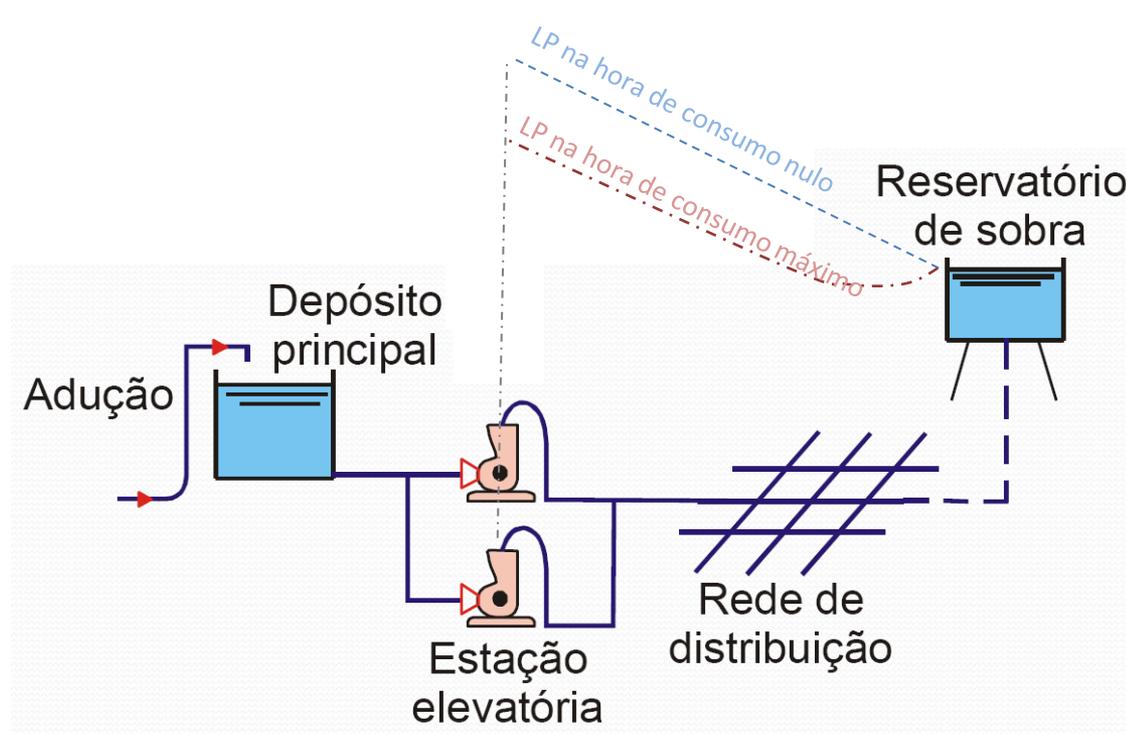


Reservatório a montante

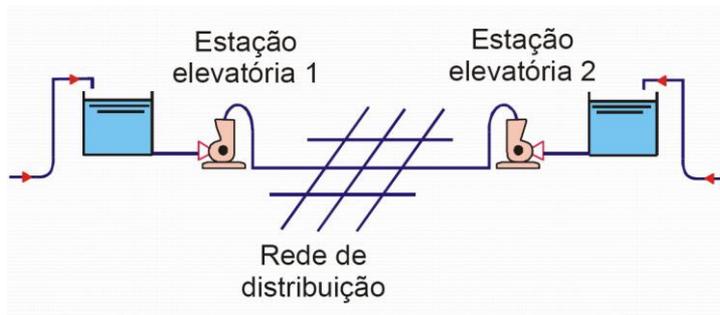
Reservatório a montante e reservatório de sobra a jusante



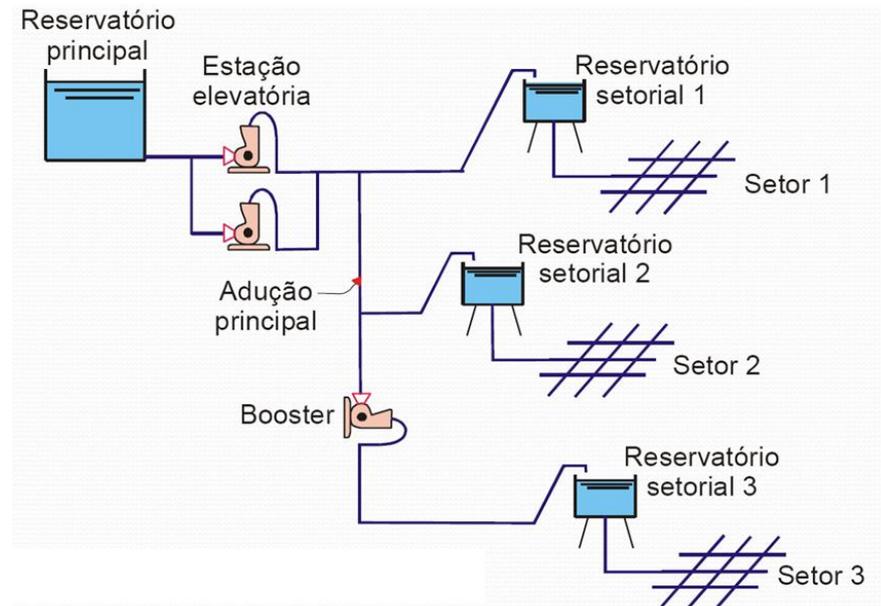
Alimentação direta com reservatório de sobra



Alimentação direta através de vários pontos

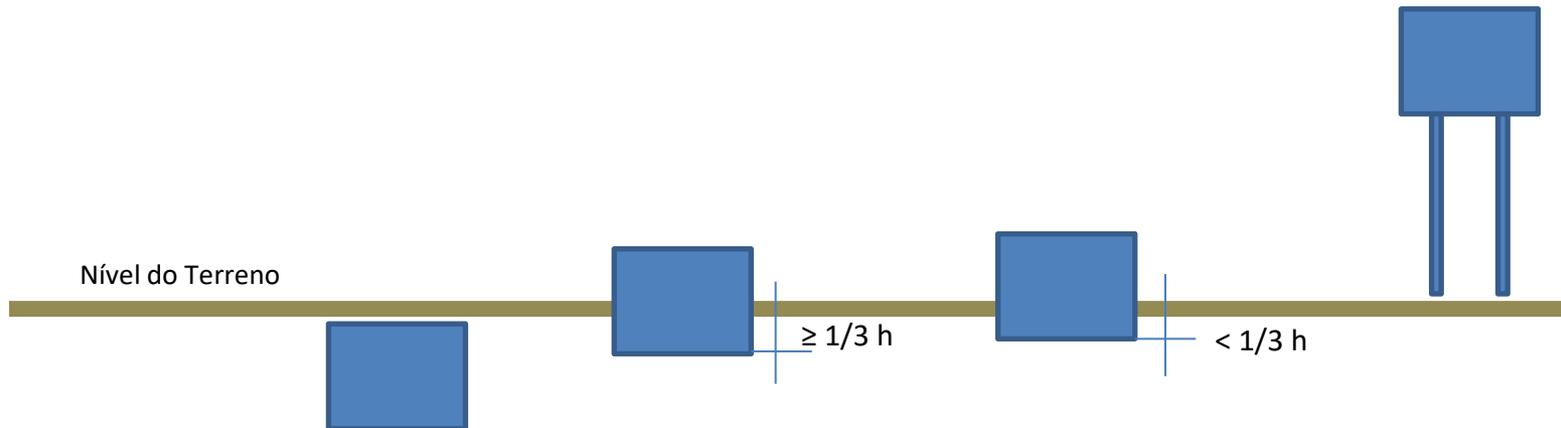


Abastecimento em setores distintos



Quanto à localização no terreno

- Reservatório enterrado
- Reservatório semi-enterrado
- Reservatório apoiado
- Reservatório elevado



8.3 – Escolha do local

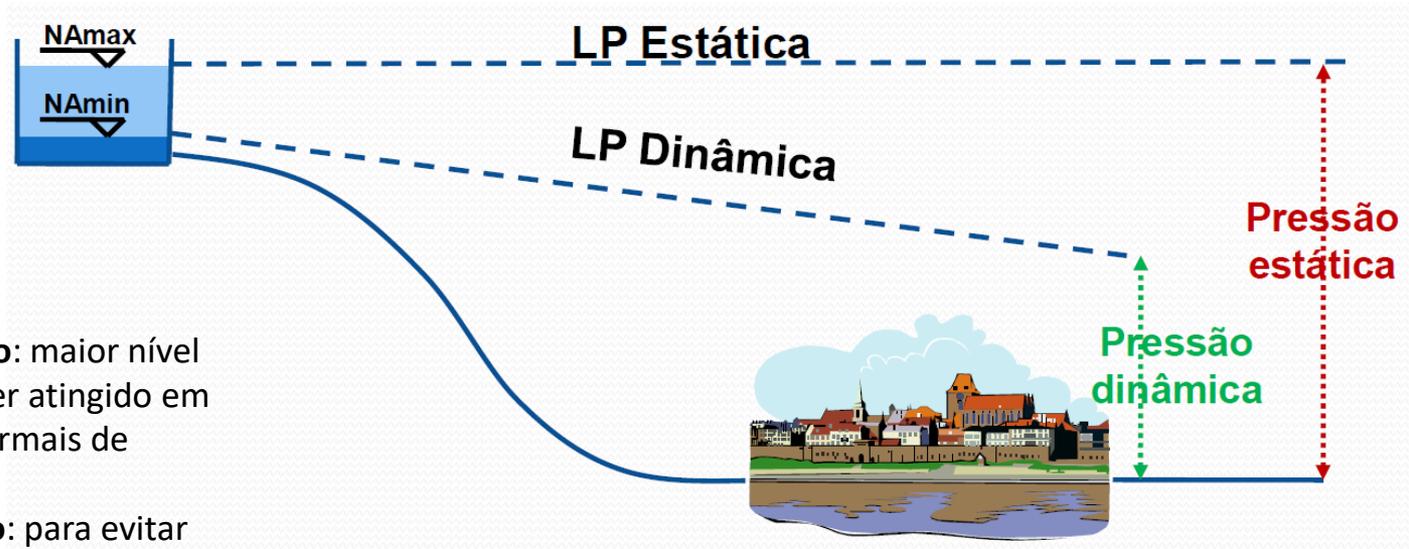
- Atendimento a limites de pressão na rede
- Localização mais próxima possível aos respectivos centros de massa de consumo
- Características topográficas e geológicas do terreno (nem muito inclinado ou acidentado, nem constituído por solo rochoso ou pouco consistente)
- Reservatórios existentes
- Custo, disponibilidade de recursos.

Limites de pressão

NBR 12218/2017

- Abastecer as redes com os limites de pressão:
 - Pressão estática máxima: 400 kPa (40 mca), podendo chegar a 500 kPa em regiões com topografia acidentada
 - Pressão dinâmica mínima: 100 kPa (10 mca)

Níveis relevantes para verificação da rede!!



Nível máximo: maior nível passível de ser atingido em condições normais de operação

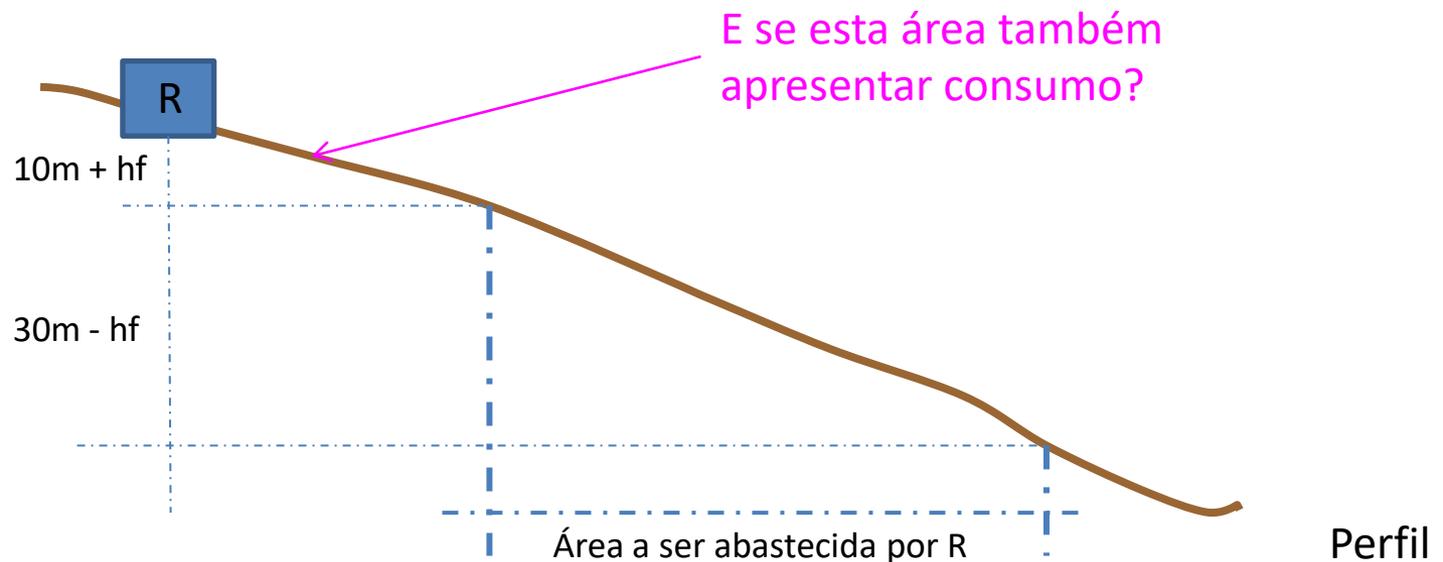
Nível mínimo: para evitar vórtices, cavitação ou arraste dos sedimentos depositados no fundo

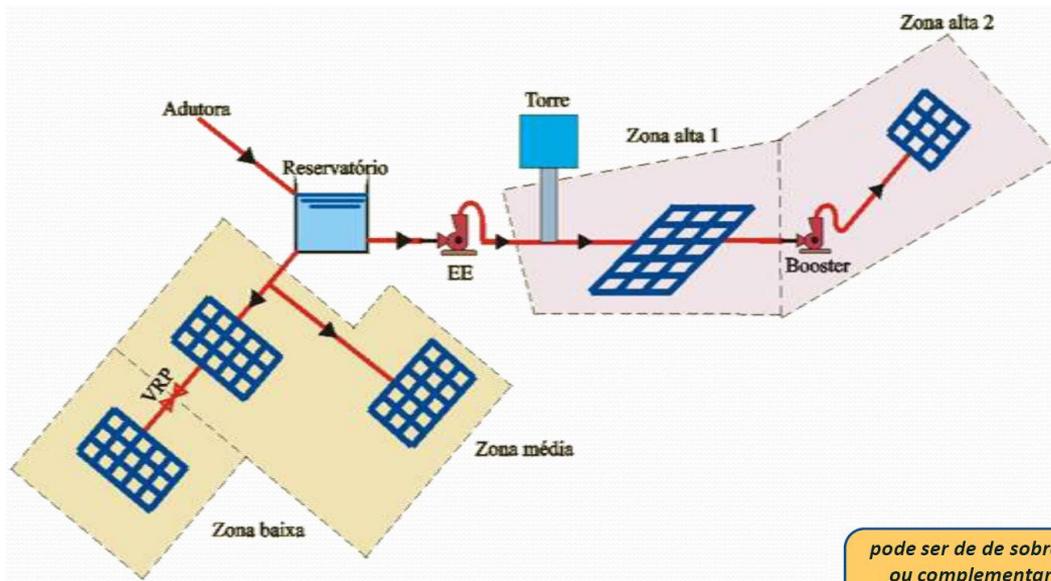
Por quê esses limites de pressão?

EPUSP – PHD2412

Estabelecer zonas de pressão

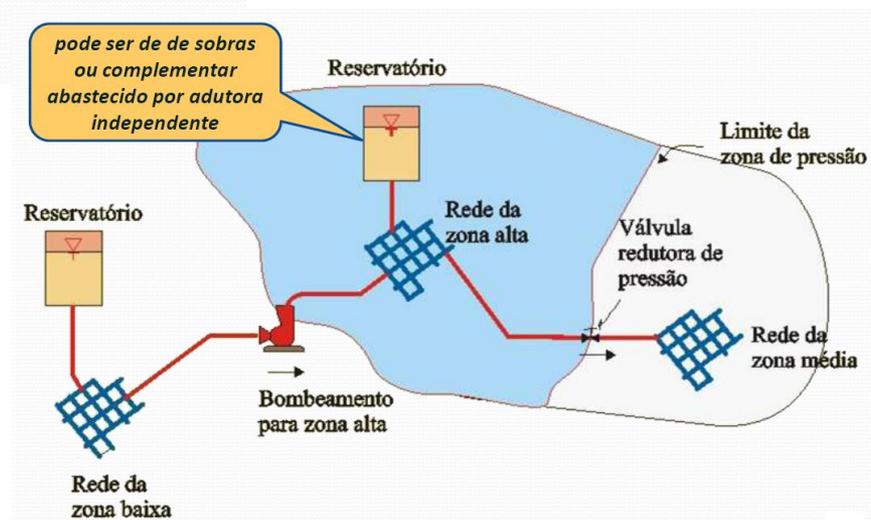
- Delimitar área de projeto
 - Arruamentos, áreas de expansão previstas
 - Cartas topográficas, escalas 1:5000 (comunidades maiores) e 1:2000 (comunidades menores)
- Estabelecer zonas de pressão:
 - Se a diferença entre a maior e menor cota altimétrica for inferior a cerca de 30m → uma zona





Para atender esses limites:

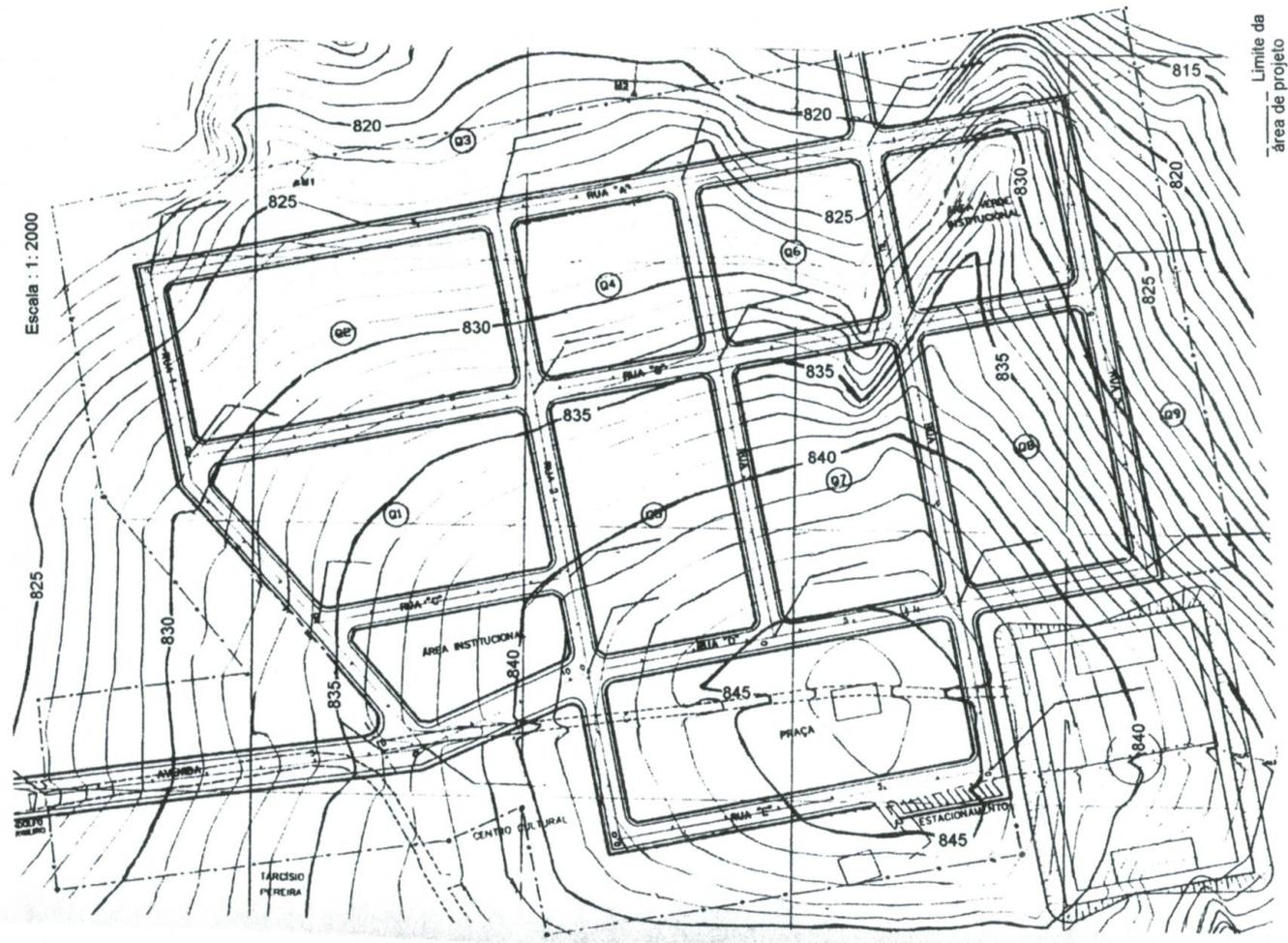
Divisão da rede em zonas de pressão (alta, média e baixa) e uso combinado de reservatórios apoiados ou elevados em diferentes cotas, boosters e/ou válvulas redutoras de pressão.



Exercício 1

Fonte: Heller

Escolher o local e o tipo de reservatório (apoiado ou elevado) para atender à vila cuja planta topográfica está apresentada. Considerar como área de projeto aquela dotada de arruamento. A densidade populacional de projeto é de 240 hab/ha, relativa à ocupação com prédios pequenos de apartamentos, predominando dois pavimentos.



Área de projeto:

Cota altimétrica:

Maior? 846m

Menor? 818m

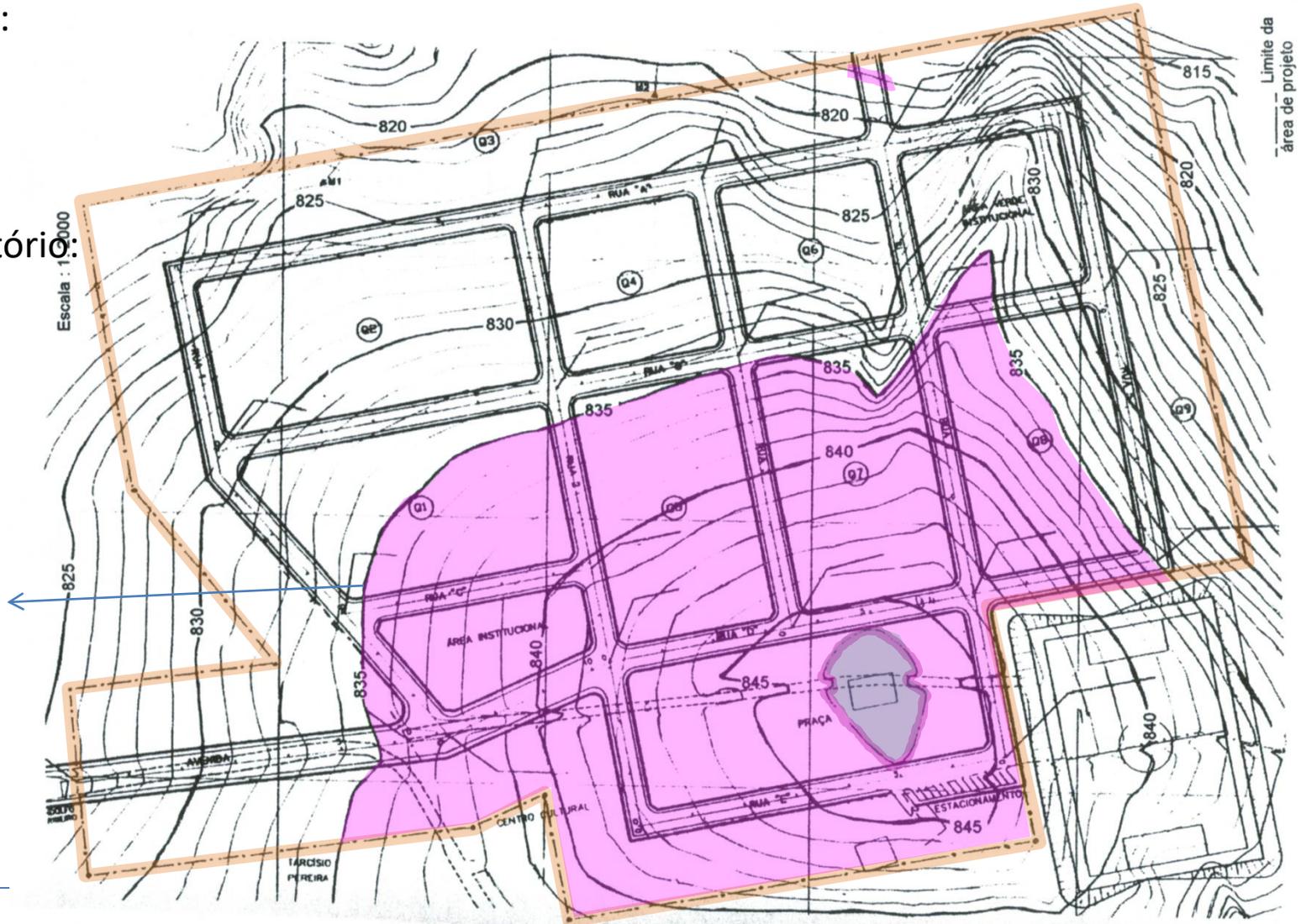
Local do reservatório:

Avaliando ΔH_g :

$\Delta H_g = 28m$

$< 40 m$

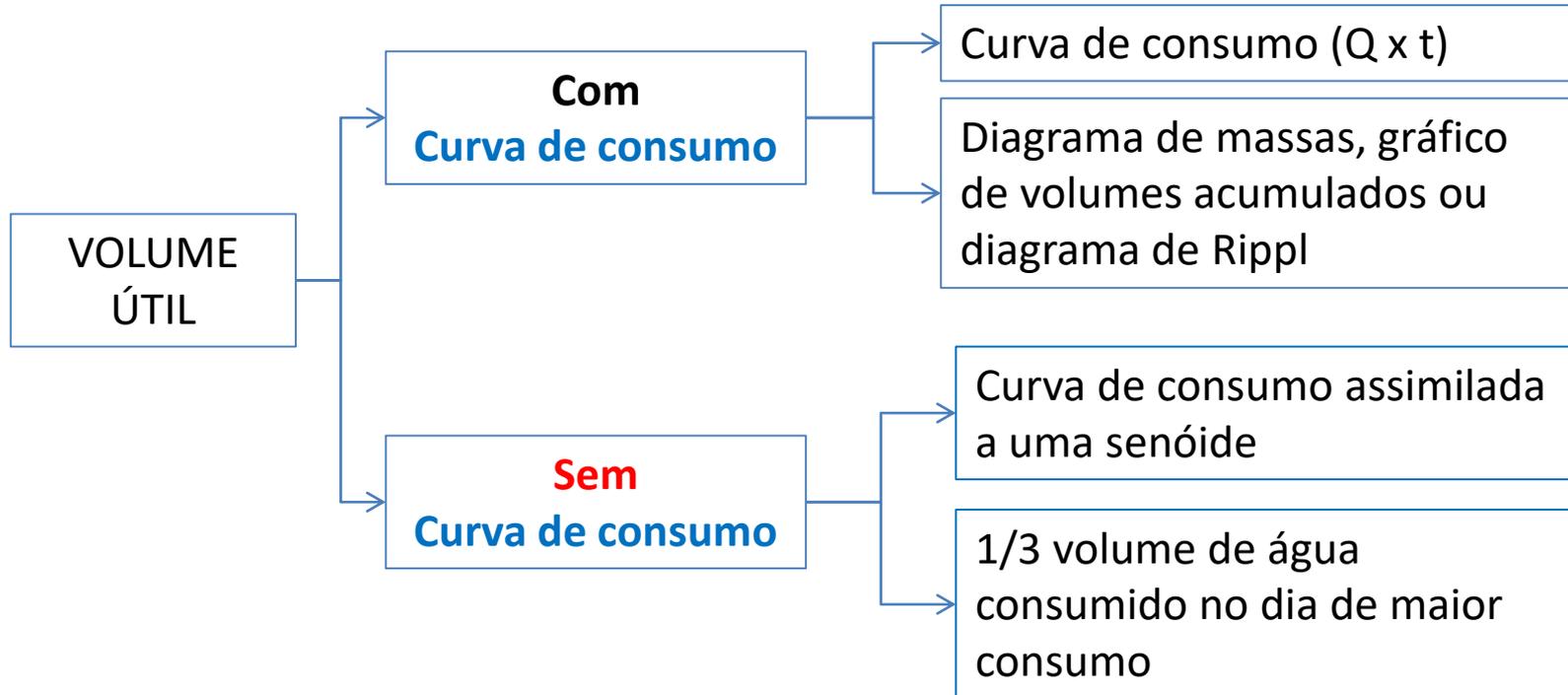
→ Uma zona de pressão, mas...



8.4 – Volume total

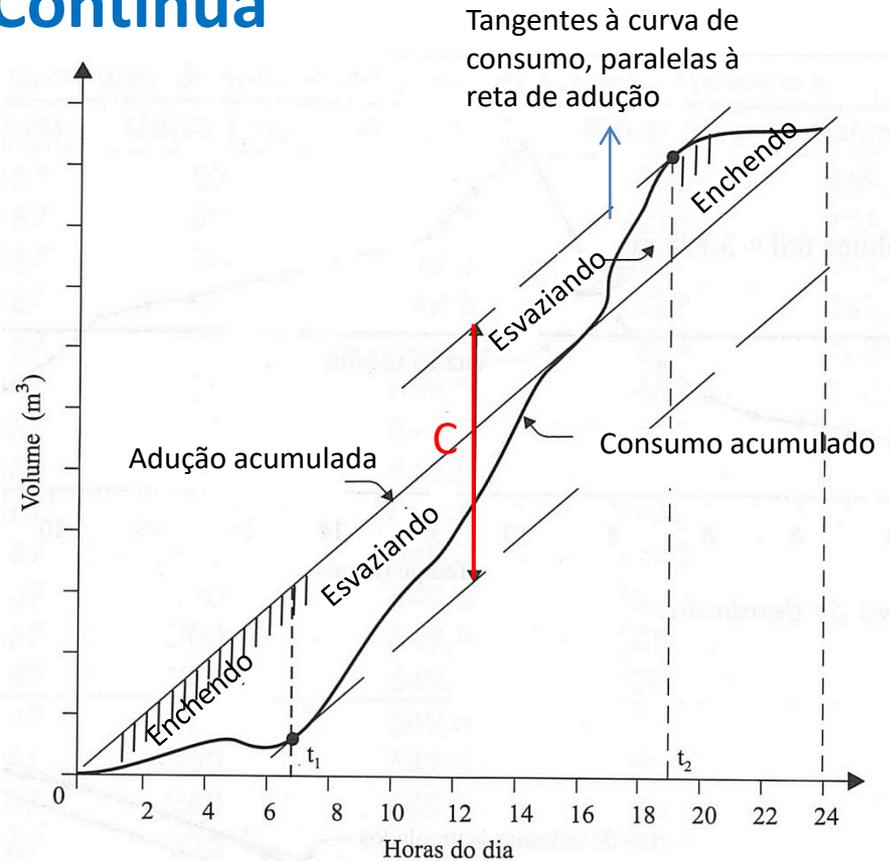
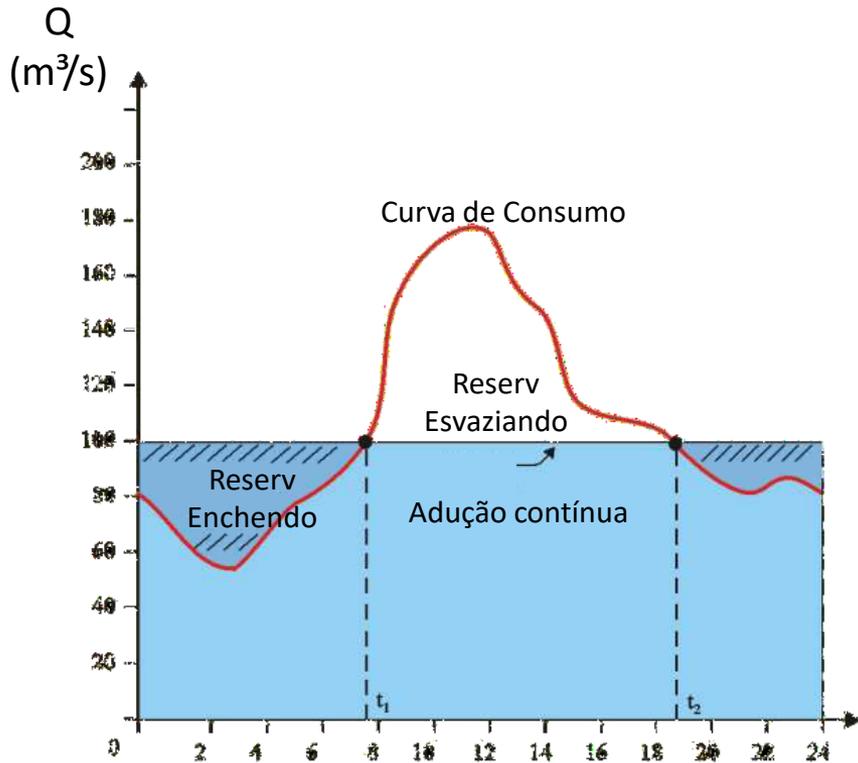
- **Volume para atender:**
 - Volume útil (V_u): Variações de consumo de água
 - Volume para Combate a incêndios (V_i)
 - Volume para Emergências (V_e)
- **Volume total de reservação:**
 - Opção 1: $V_T = V_u + V_i + V_e$
 - Opção 2: $V_T = V_u + \text{Maior}(V_i; V_e)$

Volume útil



Volume útil

Disponibilidade da Curva de Consumo Adução Contínua

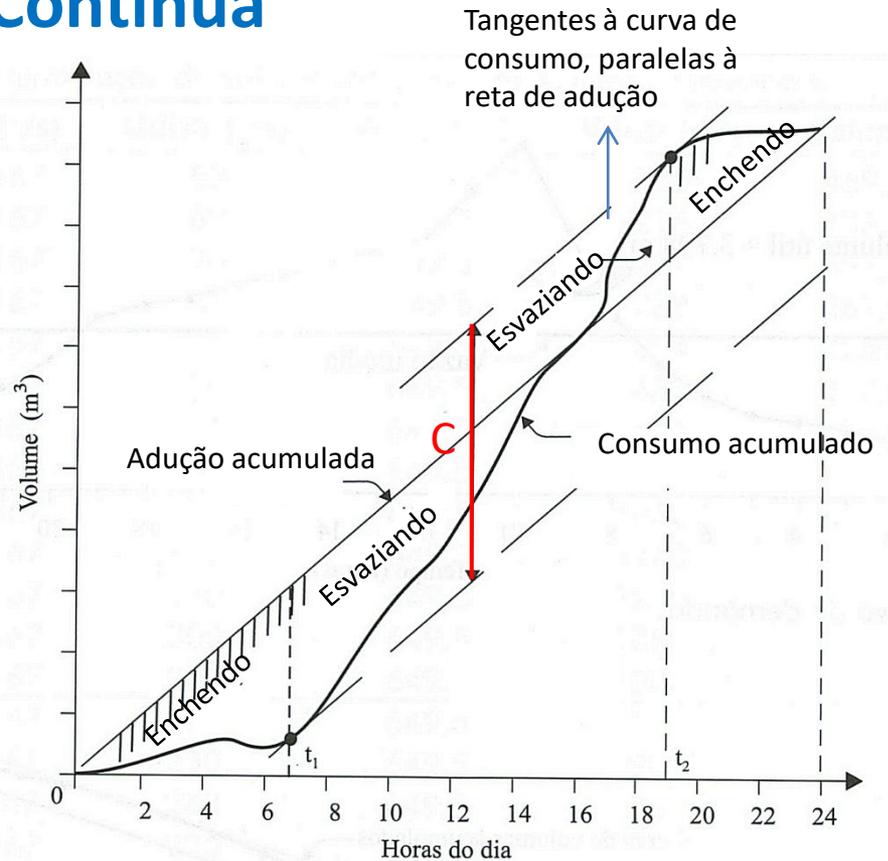
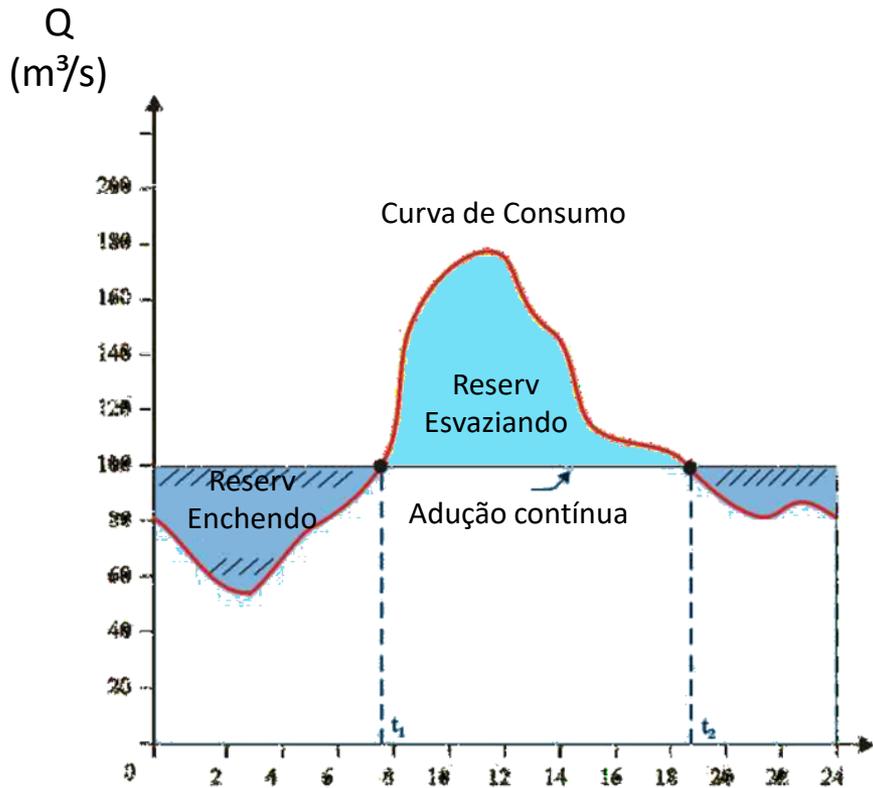


Capacidade do reservatório C

Volume útil

Disponibilidade da Curva de Consumo

Adução Contínua

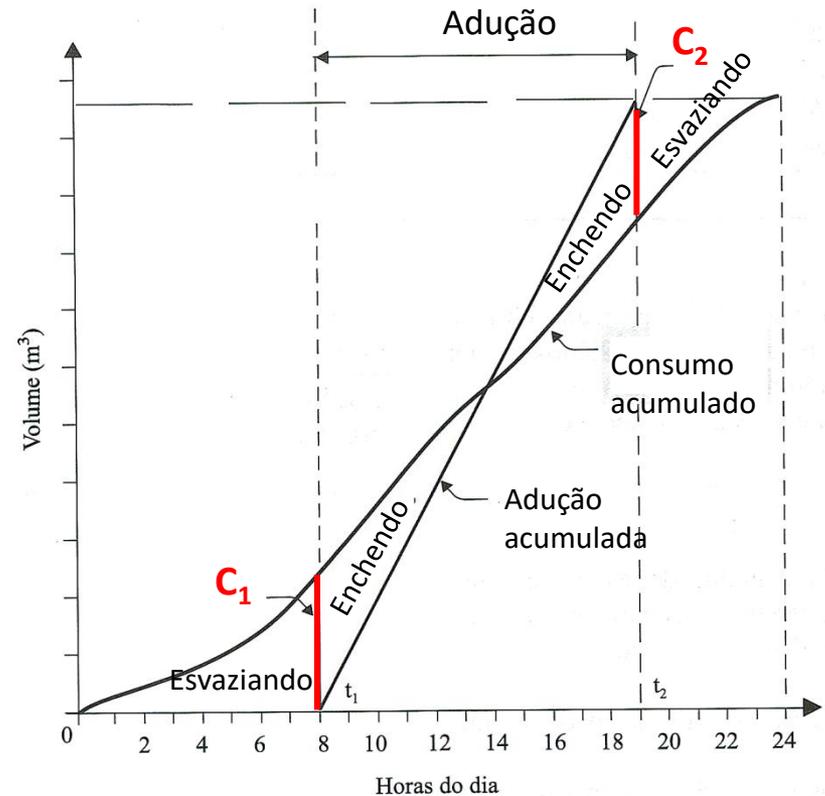
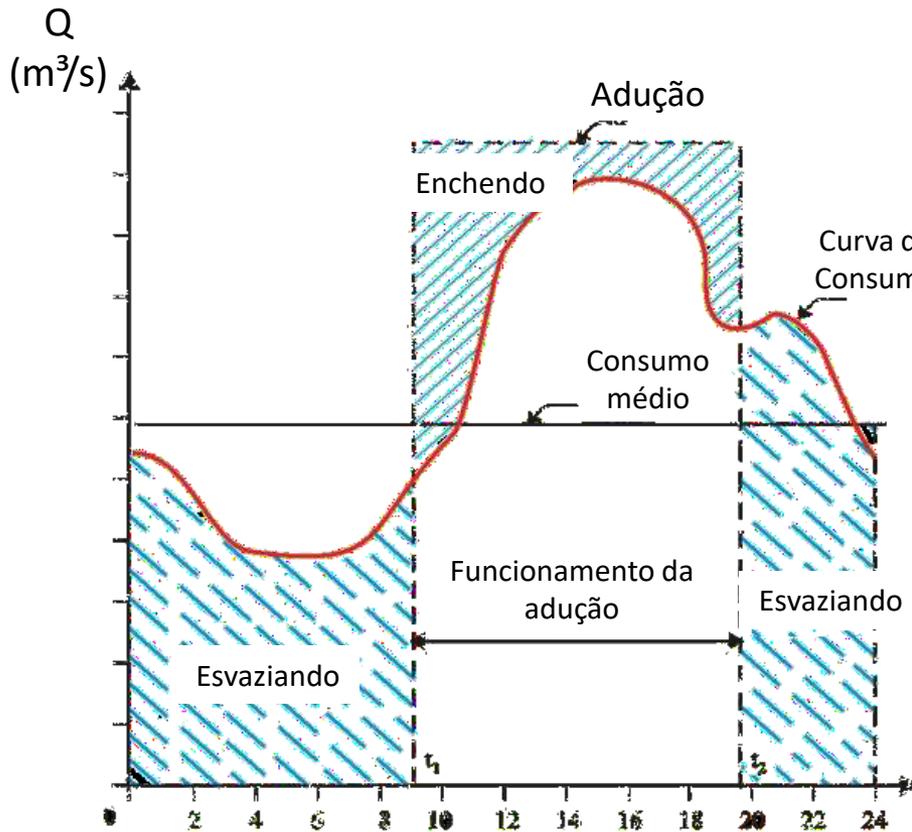


Capacidade do reservatório C

Volume útil

Disponibilidade da Curva de Consumo

Adução Intermitente

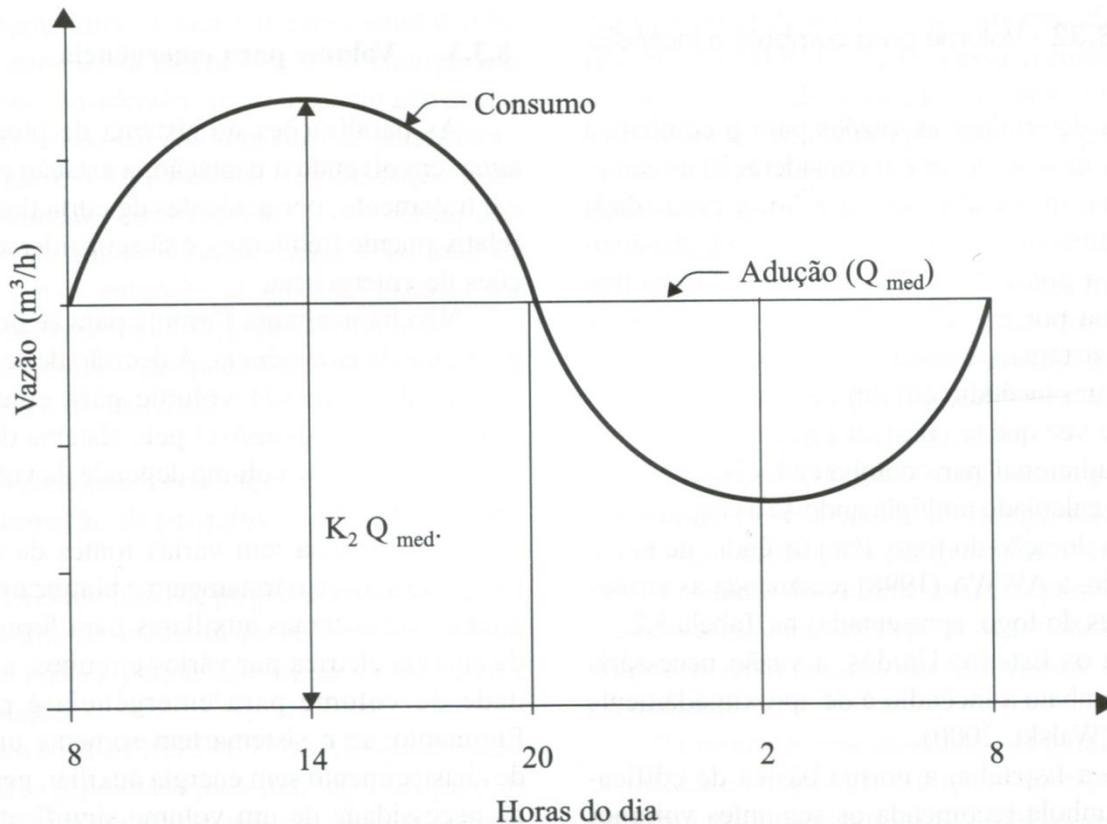


Capacidade do reservatório $C = C_1 + C_2$

Volume útil

Indisponível Curva de Consumo

Curva de Consumo assimilada a uma Senóide



V – Volume consumido em um dia de maior consumo

Vazão média: $Q = V/24$

Equação da senóide:

$$Q = (K_2 - 1) \frac{V}{24} \text{sen} \frac{\pi}{12} + \frac{V}{24}$$

K_2 : coef. da hora de maior consumo

Volume necessário do reservatório:

$$C = \int_8^{20} Q dt - \frac{V}{24} 12$$

Resolvendo: $C = \frac{K_2 - 1}{\pi} V$

Volume para combate a incêndio

Quando se constata necessidade.

AWWA (1998)

Q para combate a incêndio (L/s)	Duração do fogo (h)
<157	2
189-220	3
251-755	4

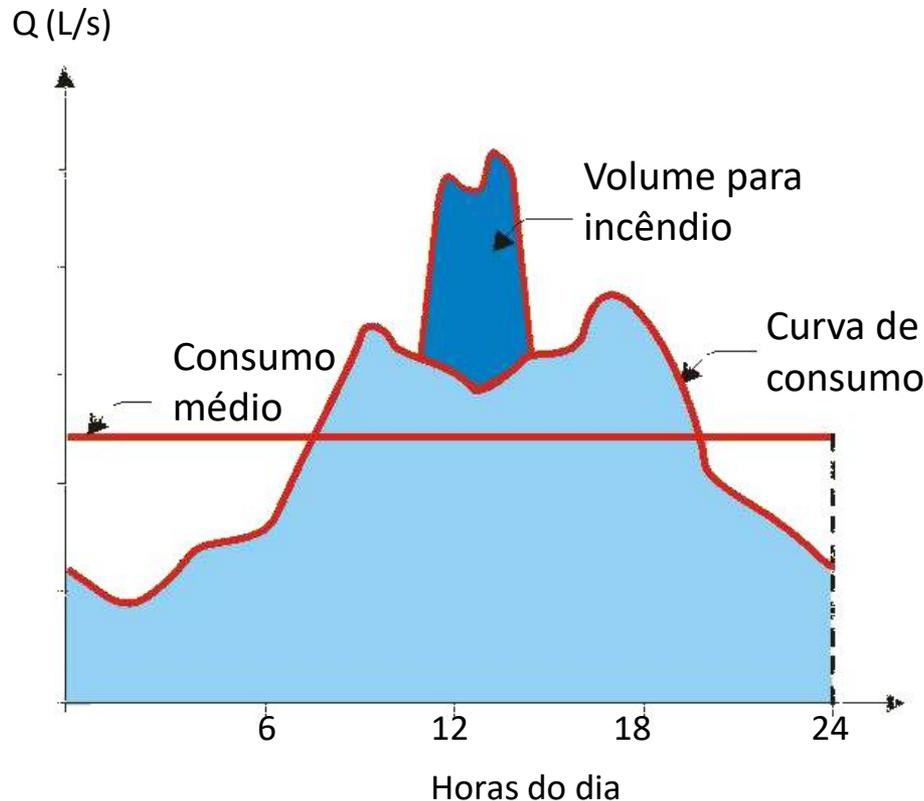
Espanha

< 5000 hab → 120 m³

> 5000 hab → 240 m³

Brasil

- Geralmente não considera
- Rede malhada



Volume para emergência

- Atende durante falhas com paralisação do sistema: captação, elevatórias, ETA, etc.
- Depende da vulnerabilidade do sistema
- Pequenas populações: volume de emergência > volume de incêndio
- Decisão da empresa considerando manutenção, sistemas alternativos, flexibilidade de manobras, etc.

Alguns países: 25% do consumo máximo diário previsto

Reservatório elevado

- Maior custo de construção
- Se volume de reserva necessária for significativo (>500 m³)
→ conjugar com reservatório apoiado
- Volume do reservatório elevado
 - Estabelecido para evitar frequência excessiva de partidas/paradas das bombas
 - Garantir reserva em cota elevada para possíveis interrupções de fornecimento de energia (autonomia de pelo menos 30 min)
 - No Brasil: 10-20% do volume total de reserva necessária
 - Pequenas comunidades (Pop<5000hab) com uma zona de pressão, aceita-se um único Reservatório elevado com Vol=1/5 consumo do dia de maior consumo
- Vazão a ser recalçada do reservatório apoiado para o reservatório elevado

$$Q_{DMC} < Q_E < Q_{HMC}$$

$$Q_E = Q_{DMC} (1 + \lambda)$$

$$\text{Sendo } \lambda = 0,5 (V_Z - V_E) / V_Z$$

V_E - volume adotado para o reservatório elevado

V_Z - volume total de reserva necessário para a área

Exercício 2

Fonte: Heller

Complementando exercício 1, calculando volumes dos reservatórios conjugados: elevado + apoiado.

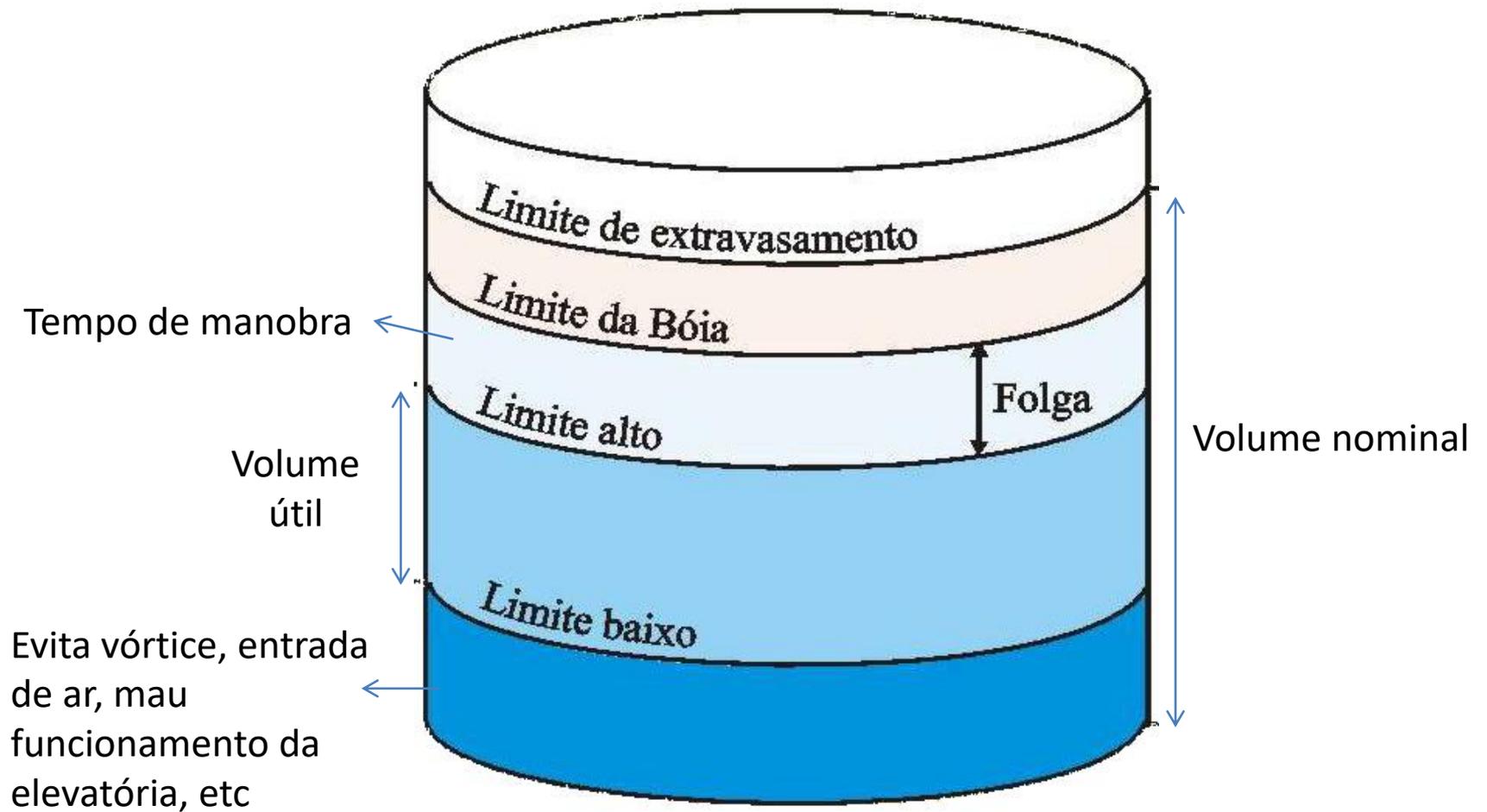
Dados para o alcance do projeto: densidade populacional=240 hab/ha; consumo per capita médio de 250 L/d; $k_1= 1,2$ e $k_2=1,5$

Solução:

Da planta fornecida no exercício 1, tem-se:

Zona alta (acima da curva de nível 385m): $A=3\text{ha}$

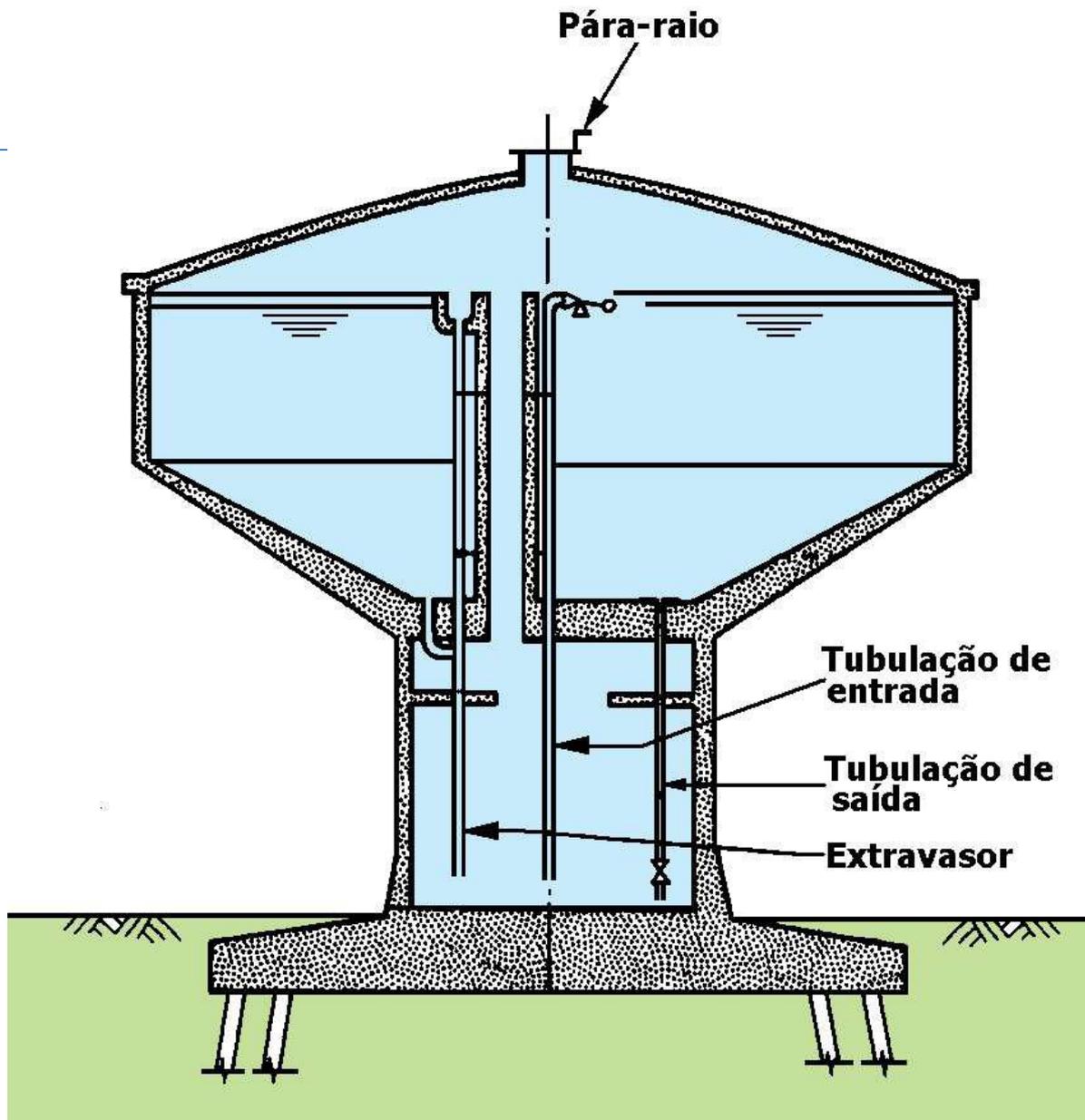
Zona baixa (abaixo da curva de nível 385m): $A=6,4\text{ha}$



Altura das lâminas de água

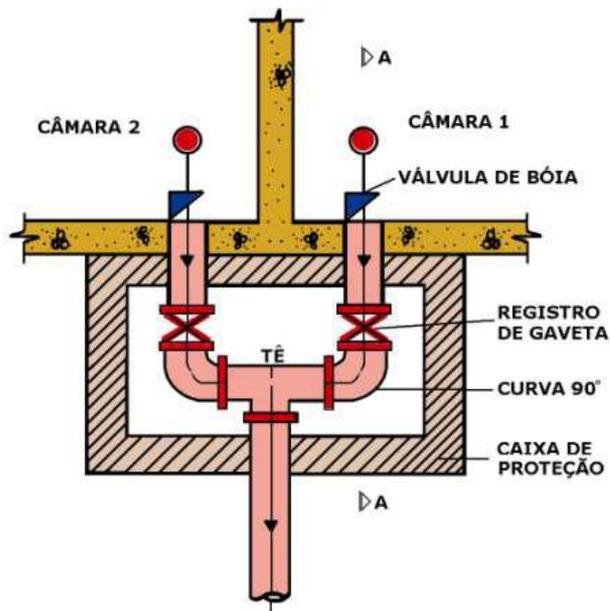
Indicações de altura das lâminas de água em reservatório (Fonte: Twort et al, 2000, apud Heller & Pádua, 2010):

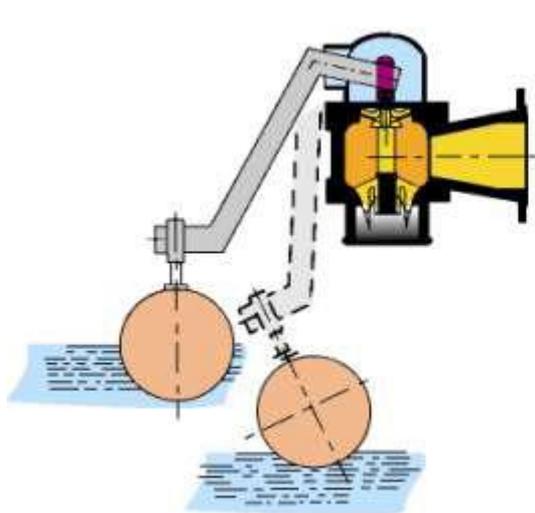
Volume (m ³)	Altura das lâminas de água (m)
Até 3.500	2,5 a 3,5
3.500 a 15.000	3,5 a 5,0
Acima de 15.000	5,0 a 7,0



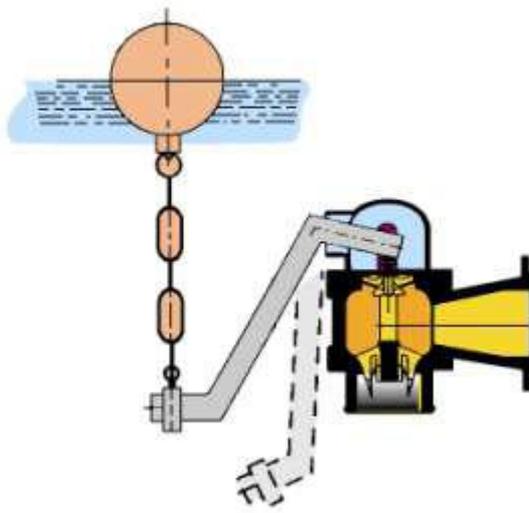
Tubulação de entrada

EPUSP – PHD2412



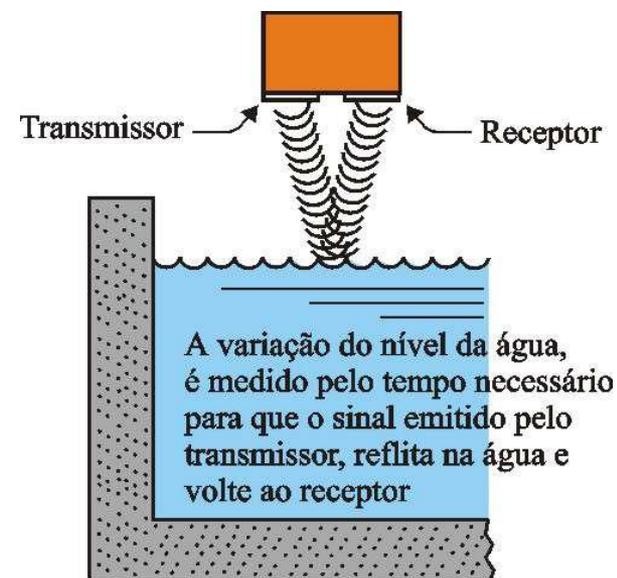


Registros automáticos de entrada de reservatórios



Em sistemas abastecidos por gravidade, dispositivos automáticos para controlar ou limitar o nível máximo (evitar extravasamento)

Medidor de nível ultrassônico



Reservatórios apoiados

EPUSP – PHD2412



Semi-enterrado

EPUSP – PHD2412



Lins



Elevados

EPUSP – PHD2412



Jales



Lins

Riolândia



Franca



Franca



DAE - Santa Bárbara d'Oeste



Reservatório de água Alto da XV, em Curitiba

Colombo/PR





Reservatório Elevado - Araucária



Prof. Daniel Costa dos Santos

Reservatório elevado metálico rural



Prof. Daniel Costa dos Santos

Reservatório São Francisco



Exercício 3

Dadas as vazões de consumo de consumo para o dia de maior consumo de uma determinada localidade:

- Desenhar a curva de consumo
- Determinar a vazão da adução para um reservatório de distribuição e o respectivo volume útil do reservatório para atender essa área com adução média 24h/d
- Determinar a vazão da adução para um reservatório de distribuição e o respectivo volume útil do reservatório para atender essa área com adução no período de:
 - 14:00 até 22h
- Indicar as respectivas vazões (item b e c) e os períodos em que o reservatório está enchendo e esvaziando na curva de consumo construída em (a).
- Mantendo 8h de adução, é possível reduzir o volume útil de reservação?
- Estimar o coeficiente de reforço da hora de maior consumo (k_2)

t (h)	Q (m ³ /h)	t (h)	Q (m ³ /h)
1	50	13	280
2	60	14	270
3	70	15	250
4	80	16	240
5	90	17	220
6	120	18	210
7	150	19	200
8	200	20	150
9	300	21	120
10	400	22	90
11	350	23	70
12	300	24	60

Obs.: Resolver por volumes diferenciais (diferença entre volume de alimentação e volume de distribuição) e por diagrama de massa.

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
- EPUSP – PHD2412
- NBR 12217/94- Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público – Procedimento (cód secundário: ABNT/NB 593)