

4. RESERVAÇÃO DE ÁGUA PARA DISTRIBUIÇÃO

Abordam-se a seguir aspectos básicos relativos aos reservatórios de distribuição de água.

4.1. OBJETIVOS DA RESERVAÇÃO

Os objetivos da implantação de reservatórios de distribuição de água são:

- Compensar as flutuações ou variações de consumo;
- Assegurar a reserva de combate a incêndio (*);
- Fornecer água nos casos de interrupção de adução;
- Regularizar pressões;
- Linearizar vazões entre tomada d'água, adutora por recalque; adutora por gravidade

4.2. TIPOS DE RESERVAÇÃO

A reservação de água para distribuição pelas redes pode ser classificada como segue:

a) De acordo com a posição em relação à rede de distribuição:

- reservatório de montante;
- reservatório de jusante;
- reservatório intermediário.

b) De acordo com a sua posição em relação ao terreno:

- enterrados;
- semi-enterrados (apoiados);
- elevados.

c) De acordo com a sua forma:

- retangular;
- circular;
- Intze (*forma de reservatório concebido por projetista alemão*).

d) De acordo com o material de construção:

- concreto armado;
- aço.

4.3. CAPACIDADE DE RESERVAÇÃO (CONSUMO)

4.3.1. Método baseado na curva de consumo:

4.3.1.1. Adução contínua:

No caso da adução contínua (24 horas do dia) representada na **figura 4.1**, considera-se o dia de maior consumo. A reta de adução, com vazão constante, tem para ordenada a vazão média do dia menos favorável. Na referida figura, o volume do reservatório será:

- Planimetria 1 + 3

- Planimetria 2
- $(1+3) = 2$ é o volume do reservatório.

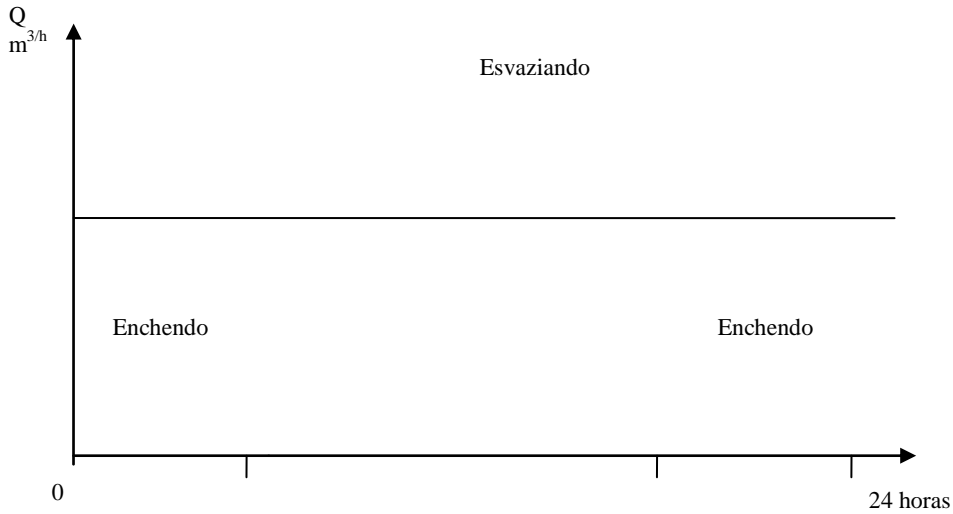


Figura 4.1: Curva de consumo para adução contínua, no dia de maior consumo.

Outra forma de determinar o volume para abastecimento é traçando o diagrama de massas, com as linhas de adução acumulada e de consumo acumulado. Sendo dados:

Tabela. 4.1: Adução acumulada horária para reservatório.

Hora do dia (diferença)	Consumo parcial (m³)	Consumo acumulado (m³)	Adução acumulada (m³)	Diferença (m³)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5) = (4) - (3)
0 - 1	60	60	205	145
1 - 2	50	110	410	300
2 - 3	70	180	615	435
3 - 4	100	280	820	540
4 - 5	170	450	1.025	575(*)
5 - 6	280	730	1.230	500
6 - 7	340	1.070	1.435	365
7 - 8	310	1.380	1.640	260
8 - 9	250	1.630	1.845	215
9 - 10	230	1.860	2.050	190
10 - 11	210	2.070	2.255	185
11 - 12	220	2.290	2.460	170
12 - 13	240	2.530	2.665	135
13 - 14	250	2.780	2.870	90
14 - 15	270	3.050	3.075	25
15 - 16	330	3.380	3.280	-100
16 - 17	340	3.720	3.485	-235
17 - 18	320	4.040	3.690	-350
18 - 19	250	4.290	3.895	-395(*)
19 - 20	190	4.480	4.100	-380
20 - 21	140	4.620	4.305	-315
21 - 22	130	4.750	4.510	-240
22 - 23	90	4.840	4.715	-125
23 - 24	70	4.910	4.910	-
-	4.910	-	-	-

$$Q_{med} d.m.c. = \frac{4.910 m^3}{24h} = 205 m^3 / h$$

$$\text{Vol. Reservatório} = 575 - (-395) = 970 m^3$$

(*) Diferença máxima

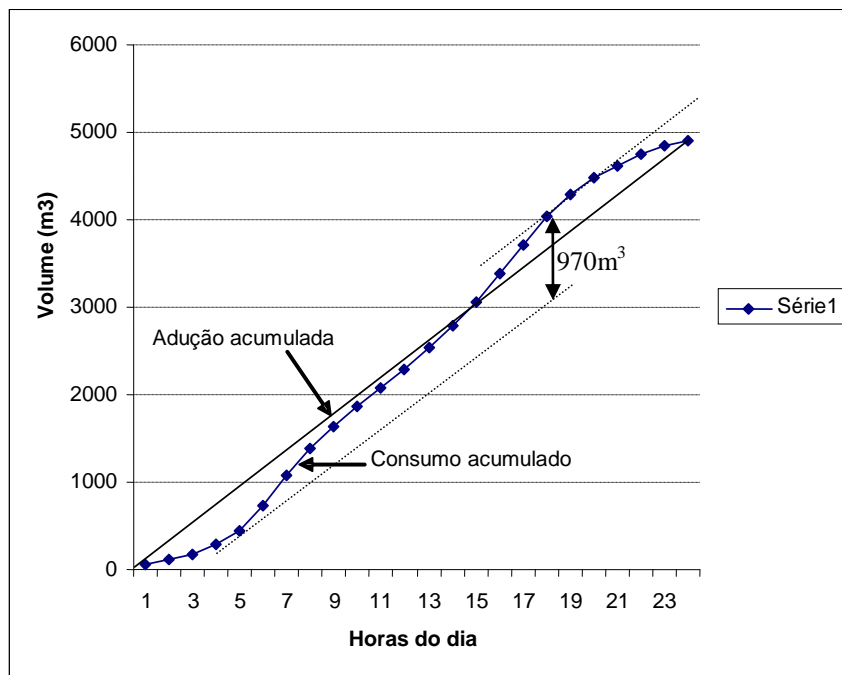


Figura 4.2: Diagrama de massas para adução contínua.

Na figura acima os pontos de tangência correspondem às horas em que o consumo iguala o seu valor médio. Quando, em qualquer ponto, a inclinação da tangente à curva for menor que a inclinação da reta de adução acumulada, o reservatório estará enchendo; ao contrário, esvaziando. Na **figura 4.2**, a capacidade do reservatório com relação a atender ao consumo, é dada pela distância entre duas tangentes à curva de consumo acumulado, ambas paralelas à reta de adução acumulada: uma tangente ocorre as 05:20 e outra as 19:50.

4.3.1.2. Adução descontínua:

Neste caso, faz-se a coincidência do bombeamento com o período de maior consumo. No exemplo da **tabela 4.2**:

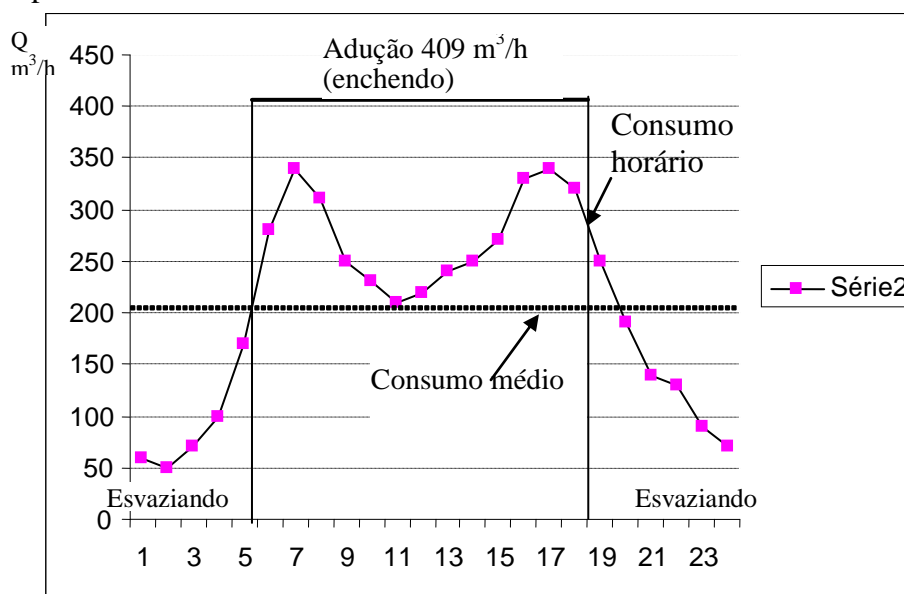


Figura 4.3: Curva de consumo para adução descontínua.

Tabela. 4.2: Adução descontínua horária para reservatório.

Hora do dia (diferença)	Consumo parcial (m ³)	Consumo acumulado (m ³)	Adução acumulada (m ³)	Diferença (m ³)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5) = (4) – (3)
0 – 1	60	60	-	-60
1 – 2	50	110	-	-110
2 – 3	70	180	-	-180
3 – 4	100	280	-	-280
4 – 5	170	450	-	-450
5 – 6	280	730	-	-730(*)
6 – 7	340	1.070	409	-661
7 – 8	310	1.380	818	-562
8 – 9	250	1.630	1.227	-403
9 – 10	230	1.860	1.636	-244
10 – 11	210	2.070	2.045	-25
11 – 12	220	2.290	2.454	164
12 – 13	240	2.530	2.863	333
13 – 14	250	2.780	3.272	492
14 – 15	270	3.050	3.681	631
15 – 16	330	3.380	4.090	710
16 – 17	340	3.720	4.499	779
17 – 18	320	4.040	4.908	868(*)
18 – 19	250	4.290	4.908	618
19 – 20	190	4.480	4.908	428
20 – 21	140	4.620	4.908	292
21 – 22	130	4.750	4.908	158
22 – 23	90	4.840	4.908	68
23 – 24	70	4.910	4.908	-2
-	4.910	-	-	-

$$Q_{med} d.m.c. = \frac{4.910 m^3}{12h} = 409 m^3 / h$$

$$Vol. Reservatório = 868 - (-730) = 1.598 m^3$$

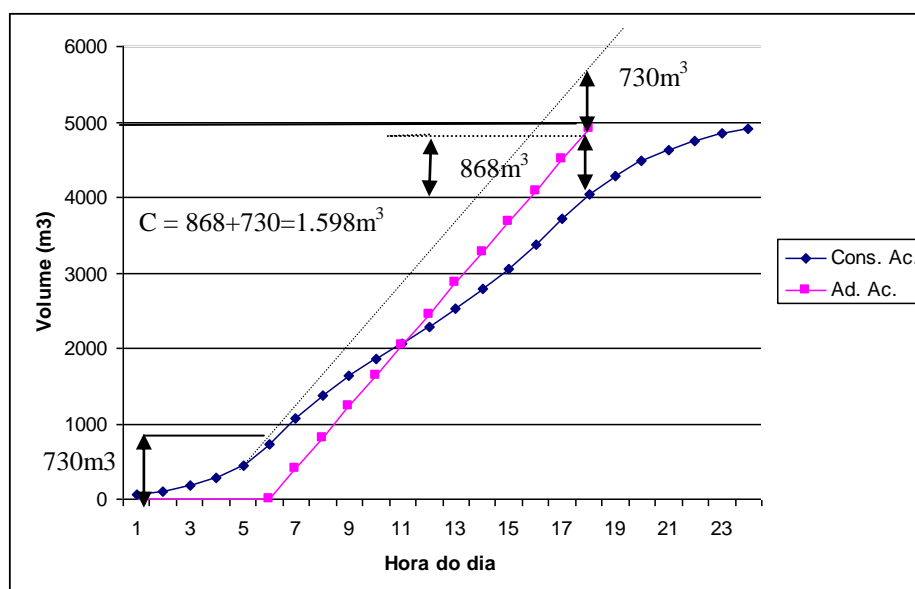


Figura 4.4: Curva de consumos acumulados para determinação da reserva de equilíbrio, para adução durante 12 horas por dia.

4.3.2. Método baseado na curva senoidal:

Este método é adequado a cidades para as quais não se disponham dados de consumo horário, que é o caso em que vai ser projetado o primeiro sistema de abastecimento de água de uma cidade: pode-se adotar então uma curva senoidal de consumo. É necessário então conhecer K_2 (coeficiente da hora de maior consumo) e V_d (vol. consumido em 24 horas, em dias de maior consumo). A **figura 4.5** e a **tabela 4.3** representam um comportamento senoidal para o consumo parcial. Os consumos horários foram arbitrados para resultar um consumo acumulado de 4.910m^3 , que é o dos exemplos anteriores. Após traçar-se a curva senoidal (**figura 4.5**), que representa a variação horária da demanda no dia de consumo máximo, medem-se as ordenadas referentes às diversas horas do dia, obtendo-se os dados da **tabela 4.3**.

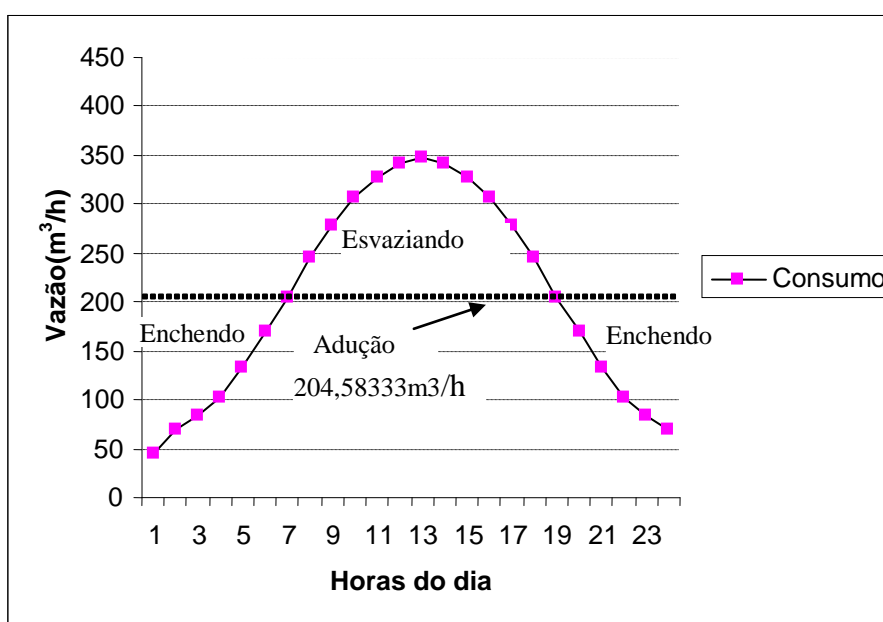


Figura 4.5: Curva senoidal de consumo para determinação da reserva de equilíbrio, com adução em contínuo por 24 horas.

O volume do reservatório, para garantir o abastecimento, será dado pela equação:

$$V = \frac{K_2 - 1}{\pi} \cdot V_d$$

Onde: V = volume de abastecimento necessário;

K_2 = coeficiente da hora de maior consumo;

V_d = vol. consumido em 24 horas, em dias de maior consumo.

Outra forma de se chegar ao volume de abastecimento (V), também denominada de reserva de equilíbrio, é traçando o diagrama de massas, com a reta de adução acumulada e a curva de consumo acumulado, representada na **figura 4.6**.

Tabela. 4.3: Adução contínua para reservatório, para curva senoidal de consumo.

Hora do dia (diferença)	Consumo parcial (m ³)	Consumo acumulado (m ³)	Adução acumulada (m ³)	Diferença (m ³)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5) = (4) – (3)
0 – 1	45	45	205	160
1 – 2	69	114	409	295
2 – 3	84	198	614	416
3 – 4	103	301	818	517
4 – 5	132	433	1023	590
5 – 6	169	602	1227	625
6 – 7	204	806	1432	626*
7 – 8	244	1051	1637	586
8 – 9	277	1329	1841	512
9 – 10	305	1635	2046	411
10 – 11	327	1962	2250	288
11 – 12	342	2304	2455	151
12 – 13	347	2651	2660	9
13 – 14	342	2993	2864	-129
14 – 15	327	3320	3069	-251
15 – 16	305	3626	3273	-353
16 – 17	277	3904	3478	-426
17 – 18	244	4149	3682	-467*
18 – 19	204	4353	3887	-466
19 – 20	169	4522	4092	-430
20 – 21	132	4654	4296	-358
21 – 22	103	4757	4501	-256
22 – 23	84	4841	4705	-136
23 – 24	69	4910	4910	0
-	4.910	-	-	-

$$Q_{med} d.m.c. = \frac{4.910 m^3}{24h} = 204,58333 m^3 / h \quad C = 626 - (-467) = 1.093 m^3$$

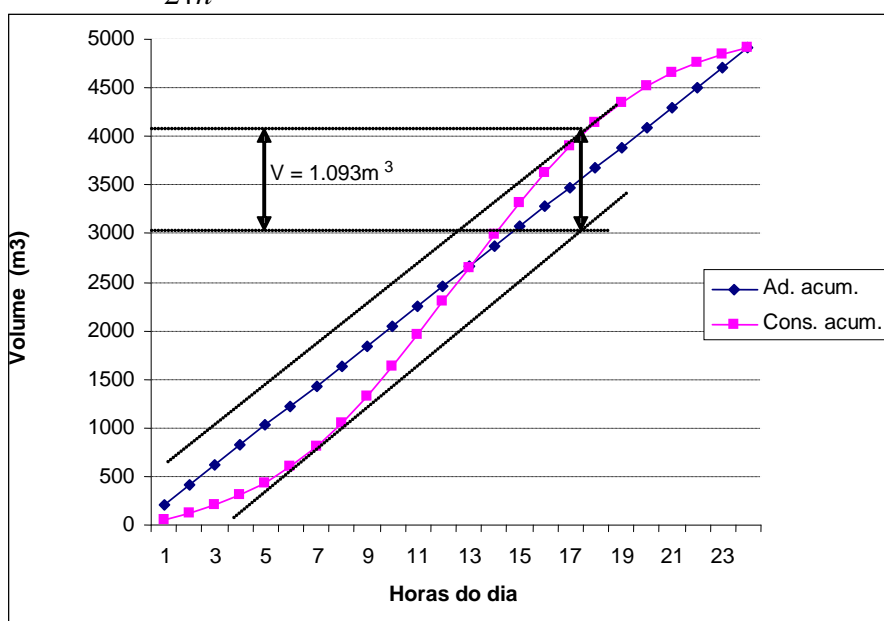


Figura 4.6: Curva do consumo senoidal acumulado, para determinação da reserva de equilíbrio, para adução contínua de 24 horas.

Na **figura 4.6**, a capacidade do reservatório com relação a atender ao consumo, é dada pela distância entre duas tangentes à curva de consumo acumulado, ambas paralelas à reta de adução acumulada: uma tangente ocorre as 07:00 e outra por volta das 18:30. A referida distância, na **figura 4.6**, leva a um volume de aproximadamente 1.093 m^3 para a reserva de equilíbrio.

Sugestão: Considere a curva senoidal de consumo do exercício anterior, mas com uma adução de 12 horas por dia, entre as 07:00 e as 19:00. Determine a reserva de equilíbrio do reservatório. *Resposta: aproximadamente 1.350 m^3 .*

4.3.3. Método prático:

Para cidades sem dados de consumo, adota-se como capacidade do reservatório de distribuição, o volume correspondente a um terço do consumo máximo diário das áreas dele dependentes:

$$V = \frac{K_1 \cdot q \cdot P}{3 \cdot (1.000 \text{ L} / \text{m}^3)}$$

Onde:

- K_1 = coeficiente do dia de maior consumo;
- q = consumo “per capita” (L/hab.dia);
- P = população (habitantes);
- V = volume para consumo (m^3)

4.4. CAPACIDADES ADICIONAIS DE RESERVAÇÃO

À capacidade de reservação para atender ao consumo, devem ser acrescentadas outras volumetrias, abordadas nos **itens 4.4.1 à 4.4.4**.

4.4.1. Demandas de emergência (C_1):

$$C_1 = Q \cdot t$$

- onde: Q = vazão média normal de adução (m^3/h);
- t = período de interrupção na adução (h);
- C_1 = consumo de emergência (m^3)

4.4.2. Consumo da população flutuante (C_2):

O consumo per capita da população flutuante pode ser diferente do consumo da população fixa (cidades balneárias, peregrinações religiosas, etc.).

$$C_2 = \frac{K_1 \cdot q \cdot P_2}{3 \cdot 1000 \text{ L} / \text{m}^3}$$

- onde: K_1 = coeficiente do dia de maior consumo;
- q = consumo per capita (L/p.d);
- P_2 = população flutuante (p);
- C_2 = consumo da população flutuante (m^3)

4.4.3. Consumos especiais:

Algumas cidades consideram consumos especiais, tais como irrigação de jardins e parques públicos.

4.4.4. Consumo de incêndio:

O consumo de incêndio é dado por:

$$C_3 = Q_1 \cdot t$$

onde: C_3 = consumo de incêndio (m^3);

Q_1 = vazão para combate à incêndio crítico (m^3/h);

t = tempo admitido de combate ao fogo (h)

Um critério adotado em São Paulo, para tempo de combate ao fogo de 6 horas, é apresentado na tabela que segue.

Tabela 4.4: Critério para determinar a volumetria de incêndio para reservatórios.

Categoria de edifícios na zona	Vazão (L/s)	Volumetria de incêndio do reservatório (m^3)
Pequenos edifícios	10	216
Edifícios maiores e mais altos	20-30	432-648
Edifícios Grandes	40-50	864-1080
Idem, com rede DN 300	100	2160

Assim, a volumetria total de um reservatório é dada por:

$$V_{total} = C + C_1 + C_2 + C_3 + \text{Consumos especiais (se houverem)}$$

Onde: C = Capacidade para abastecimento (m^3);

C_1 = consumo de emergência (m^3);

C_2 = consumo da população flutuante (m^3);

C_3 = consumo de incêndio (m^3)