

# Capacidade de Reservatórios de Distribuição com Base em Curvas de Consumo

Engenheiros

ELUIÍSIO DE QUEIROZ ORSINI  
THIERRY CELSO DE RESENDE

## I — CONSIDERAÇÕES GERAIS

Dentro de sua função regularizadora, os reservatórios de distribuição devem atender a várias situações, sendo as mais importantes as decorrentes das variações horárias do consumo de paralização de adução e de necessidade de água para combate a incêndio.

Para atender a estas situações, tem sido adotado entre nós a norma de se fixar a sua capacidade em um têrço da demanda do dia de maior consumo da cidade, bairro ou região por êle abastecida. As "Normas e Instruções" do Departamento de Obras Sanitárias, por exemplo, especificam que deve ser adotado no mínimo êsse valor. Tem-se observado que essa capacidade é satisfatória, para atender às variações horárias de consumo, o mesmo não se podendo dizer no caso de acidentes importantes na adução ou no caso de incêndios de longa duração.

Partindo da hipótese de que a curva de consumo diária possa ser assimilada a uma senóide (o que para quase todos os fins práticos pode ser considerado válido), pode-se chegar a algumas conclusões sôbre a capacidade necessária que o reservatório, deve ter para atender apenas à variação horária de consumo. Assim, a demanda  $\Omega$  no instante  $t$  pode ser dado pela expressão:

$$Q = Q_{med} (K - 1) \sin \frac{\pi}{4} t + Q_{med}'$$

onde

$Q_{med}$  = consumo médio do dia considerado.

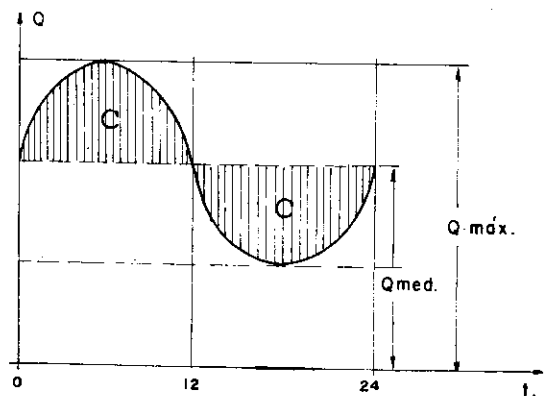
$$K = \frac{Q_{MAX}}{Q_{med}}$$

$t$  = tempo em horas, contadas a partir de uma certa origem.

A capacidade do reservatório deverá ser de:

$$C = \int_0^{12} Q dt - 12 Q_{med}$$

ou seja, a capacidade do reservatório é igual a área achureada na figura abaixo:



Da expressão acima, obtemos:

$$C = \frac{K - 1}{\pi} V$$

onde:

$V$  = consumo total do dia considerado.

" $V$ " sendo dado pela área compreendida entre a reta de  $Q_{med}$  e o eixo das abscissas, seu valor é:

$$V = 24 Q_{med}$$

Observe-se que o valor de  $K$  nada mais é do que o coeficiente da hora de maior consumo, desde que se admita que o valor do coeficiente do instante de maior consumo tenda para êle, que é o que se faz normalmente em todos os projetos de distribuição. Fixado o valor de  $K$ , pode-se escrever:

$$C = a V$$

As normas do D.A.E. e do D.O.S. para dimensionamento de rêdes de distribuição, adotam para  $K$  o valor de 1,5. Para êste valor de  $K$ , o valor de  $C$  deveria ser de:

$$C \cong 0,16 V, \text{ ou seja, } a = 0,16$$

Observe-se que para a senóide, o máximo valor que K pode atingir é 2. Para este seu valor, a capacidade de reserva necessária para atender apenas às variações horárias de consumo seria de:

$$C \cong 1/3 V, \text{ ou seja, } a = 0,33 V$$

## II — CURVAS DE CONSUMO DO BAIRRO DE VILA MARIA

Durante os meses de julho, agosto e setembro de 1960, foram feitas medições sistemáticas de consumo de água num setor do bairro de Vila Maria, abrangendo quase toda a parte baixa do mesmo. (Revista D.A.E. n.º 55).

Este setor, com uma extensão de rede de 31 km, apresentava-se nessa ocasião com um total de 3.795 edifícios, entre residências, comerciais e industriais, sendo a população, estimada em cerca de 19.000 habitantes. Trata-se de um bairro residencial do tipo popular, dotado de um centro comer-

cial e algumas indústrias de porte médio a pequeno. É uma área bem representativa das condições médias dos bairros de São Paulo.

O setor é abastecido por uma derivação da sub-adutora Móoca-Vila Maria, ponto em que foi colocado um hidrômetro de grande capacidade e no qual foram efetuadas leituras de 30 em 30 minutos, durante 24 horas do dia.

Cumprе salientar ainda, que se tratava de um local bem abastecido, com condições de adução e rede plenamente satisfatórias.

Com essas leituras de hidrômetros, construiu-se as curvas de consumo para cada dia. Para cada curva, calculou-se o valor de K e com êle o de

$$a = \frac{C}{V}, \text{ o qual pode ser chamado de } a_{\text{teórico}}. \text{ As}$$

curvas permitiram ainda a determinação do valor real de a.

Os resultados obtidos estão apresentados na tabela abaixo:

Dia	Dia da Semana	Consumo Total (m³)	a Real	K	a Teórico
20/7/60	4a. feira	4916	0,145	1,49	0,156
21/7/60	5a. feira	5144	0,155	1,58	0,184
22/7/60	6a. feira	5213	0,156	1,52	0,165
23/7/60	sábado	5188	0,167	1,54	0,172
24/7/60	domingo	4470	0,143	1,59	0,188
25/7/60	2a. feira	4816	0,131	1,47	0,149
26/7/60	3a. feira	5216	0,158	1,53	0,168
27/7/60	4a. feira	5042	0,152	1,58	0,184
28/7/60	5a. feira	5137	0,153	1,51	0,162
07/8/60	domingo	4916	0,149	1,56	0,178
08/8/60	2a. feira	5353	0,182	1,48	0,152
12/8/60	6a. feira	5022	0,146	1,49	0,156
13/8/60	sábado	5192	0,159	1,48	0,152
14/8/60	domingo	4730	0,185	1,55	0,175
15/8/60	2a. feira	4332	0,137	1,62	0,196
16/8/60	3a. feira	4947	0,146	1,46	0,147
18/8/60	5a. feira	5397	0,142	1,52	0,165
19/8/60	6a. feira	4862	0,139	1,39	0,124
20/8/60	sábado	4931	0,162	1,47	0,149

Dia	Dia da semana	Consumo total (m <sup>3</sup> )	a Real	K	a Teórico
21/8/60	domingo	4418	0,151	1,63	0,200
22/8/60	2a. feira	5039	0,152	1,47	0,150
23/8/60	3a. feira	5187	0,154	1,46	0,147
24/8/60	4a. feira	5251	0,149	1,48	0,152
25/8/60	5a. feira	5037	0,148	1,41	0,130
26/8/60	6a. feira	5080	0,160	1,49	0,156
27/8/60	sábado	4970	0,162	1,45	0,143
28/8/60	domingo	4565	0,166	1,56	0,178
29/8/60	2a. feira	5225	0,160	1,48	0,152
30/8/60	3a. feira	5357	0,155	1,48	0,152
31/8/60	4a. feira	5178	0,142	1,48	0,152
03/9/60	sábado	4989	0,160	1,52	0,165
04/9/60	domingo	4680	0,162	1,64	0,204
05/9/60	2a. feira	5348	0,157	1,50	0,159
06/9/60	3a. feira	5217	0,150	1,49	0,156
07/9/60	4a. feira	4898	0,152	1,58	0,184
08/9/60	5a. feira	5240	0,161	1,48	0,152
09/9/60	6a. feira	4820	0,142	1,44	0,140
10/9/60	sábado	5265	0,173	1,54	0,172
11/9/60	domingo	4929	0,166	1,58	0,184
12/9/60	2a. feira	5473	0,168	1,47	0,150
13/9/60	3a. feira	4850	0,140	1,46	0,147
14/9/60	4a. feira	5018	0,140	1,42	0,134
15/9/60	5a. feira	5087	0,165	1,47	0,150
16/9/60	6a. feira	5043	0,160	1,45	0,143
17/9/60	sábado	5388	0,188	+1,48	0,152
18/9/60	domingo	4897	0,174	1,54	0,172
19/9/60	2a. feira	5122	0,159	1,52	0,165
20/9/60	3a. feira	5224	0,148	1,48	0,152
21/9/60	4a. feira	5484	0,152	1,40	0,127
22/9/60	5a. feira	5456	0,144	1,46	0,147
23/9/60	6a. feira	5320	0,144	1,39	0,124
24/9/60	sábado	5219	0,164	1,45	0,143
25/9/60	domingo	4832	0,182	1,60	0,191
26/9/60	5a. feira	4920	0,128	1,38	0,121
27/9/60	3a. feira	4958	0,102	1,40	0,127
29/9/60	5a. feira	5037	0,136	1,43	0,137

Observe-se que na tabela acima, os valores da quarta coluna multiplicados pelo da terceira fornecem a capacidade de reserva necessária para atender apenas a variação horária de consumo.

Na série de resultados obtidos, o valor máximo real para  $a$  foi de 0,188, o médio de 0,155 e mínimo de 0,102. Aos valores máximos e mínimos de  $a$  corresponderam respectivamente  $K = 1,48$  e  $\bar{K} = 1,40$ .

Observe-se também que os valores reais e teóricos de  $a$  diferem de pouco, mostrando que para essa finalidade a senóide representa bem razoavelmente a curva de consumo.

### III — COMENTÁRIOS SÓBRE OS RESULTADOS OBTIDOS

a) Como não se teve conhecimento de demandas extraordinárias, como deficiências de adução, grande vazamentos, incêndios, etc., os valores encontrados para  $a$  correspondem exclusivamente às variações horárias de consumo. Se se tivesse uma reserva igual a um terço do consumo diário, o quociente da reserva existente pela necessária para atender a essa finalidade seria de 1,75.

b) À reserva normalmente adotada de um terço da demanda do dia de maior consumo, dever-se-ia acrescentar o correspondente aos reservatórios domiciliares, utilizados praticamente em todos os prédios, não só em São Paulo, como no resto do País. Normalmente são utilizados reservatórios de cimento amianto com capacidade de 350, 500, 750 ou 1.000 litros. Admitindo-se que a capacidade média instalada seja de 500 litros, ter-se-ia uma reserva adicional de aproximadamente 1.900.000 litros, correspondente, aos 3.795 edifícios existentes no setor. Com esse dado, pode-se, fazer uma estimativa da reserva total existente:

— consumo máximo no período:  $5.473 \text{ m}^3/\text{dia}$ .

— reserva normalmente adotada para o reservatório de distribuição:  $0,333 \times 5.473 \cong 1.800 \text{ m}^3$ .

— reserva correspondente aos reservatórios domiciliares:  $1.900 \text{ m}^3$ .

— reserva total:  $1.800 + 1.900 = 3.700 \text{ m}^3$ .

— reserva necessária para atender às variações de consumo:  $0,188 \times 5.473 \cong 1.050 \text{ m}^3$ .

— relação  $\frac{\text{reserva necessária}}{\text{reserva existente}} \cong 3,5$

— relação  $\frac{\text{reserva existente}}{\text{consumo diário}} \cong 0,68$

Estas relações parecem satisfatória para atender a maioria das situações de emergência.

c) Com relação ao problema da reserva destinada ao combate aos incêndios, parece já consagrada a tese de que as cidades brasileiras não são sujeitas a grandes conflagrações, pelo menos com frequência que justifique o super dimensionamento dos reservatórios.

O combate a incêndios de duração média a grande, necessita volumes d'água tais que tornam irrisórios os coeficientes de segurança mencionados. A fim de se exemplificar, é interessante comentar que a Junta Americana de Companhias de Seguros Contra o Fogo (.N.B.F.U.) exige reserva suficiente para combater um incêndio com duração de 10 horas em cidades com mais de 2.000 e de 5 horas em comunidades menores. A vazão recomendada para 10.000 habitantes, por exemplo, seria de 190 l/s durante 10 horas, e a reserva seria então de  $6.480 \text{ m}^3$ . Somente essa exigência já é superior ao dobro da capacidade exigida para o abastecimento em condições normais.

d) Considerando, como foi visto, que para combater a incêndio a utilização dos reservatórios de distribuição com essa capacidade teria uma eficiência muito reduzida, poder-se-ia tolerar que na análise de sistemas já existentes fossem julgados satisfatórios os reservatórios que apresentem capacidade igual ou superior a 1/5 da demanda do dia de maior consumo, principalmente nas cidades que adotem como sendo obrigatório o emprêgo de reservatórios domiciliares.