

# ANÁLISE DE CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS E PARÂMETROS GEOMÉTRICOS DE ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS DE ESGOTO

Marília de Marco Brum, Daniela Guzzon Sanagiotto e Marcelo Giulian Marques

Instituto de Pesquisas Hidráulicas, IPH/UFRGS, Brasil.

E-mail: mariliademarcobrum@gmail.com, dsanagiotto@ufrgs.br, mmarques@iph.ufrgs.br

## Introdução

A construção de estações elevatórias de esgoto sanitário (EEE) requer a elaboração de estudos sobre as características do poço úmido como o seu formato e seu volume. Tais propriedades interferem no tempo de detenção do efluente dentro do poço. A verificação da correta vazão de bombeamento também é um estudo imprescindível, pois a partir dela é que se estabelece o período médio de operação da bomba.

Segundo Gomes (2010), no Brasil, é muito frequente a queima de bombas de estações elevatórias de esgoto sanitário em poucos anos de utilização. As principais causas do problema são a falta de manutenção e a inadequada vazão de bombeamento atrelada à incorreta intercalação de bombas.

O presente trabalho tem o objetivo de verificar a influência das características da tubulação de recalque (diâmetro e comprimento), juntamente com o tempo de funcionamento dos conjuntos motor e bomba, na potência e no consumo final de energia elétrica em elevatórias de esgoto. Para isso, são avaliadas diferentes vazões de bombeamento.

## Metodologia

Para a realização do estudo, foi dimensionada uma estação elevatória de esgoto sanitário de uma pequena localidade fictícia. Para um período de 20 anos de plano, foram consideradas diferentes vazões afluentes à estação de recalque, considerando uma determinada taxa de crescimento.

A partir de uma distribuição horária da vazão afluente foi possível simular a vazão média de cada hora do dia para todos os 20 anos. Neste estudo foram analisados os cenários do primeiro e do último ano do plano. A Figura 1 mostra a distribuição média horária destes dois cenários: ano 1 e ano 20.

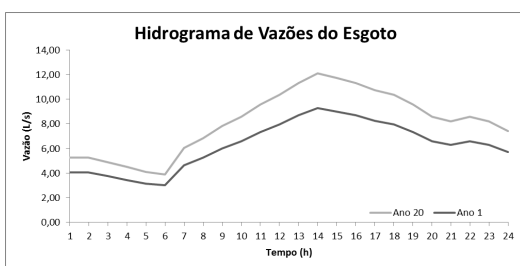


Figura 1.- Hidrograma de Vazões do Esgoto.

O poço úmido é o compartimento destinado a receber e acumular esgotos durante um período de tempo. O volume útil é o volume entre os níveis máximo e mínimo de operação da bomba. Para o dimensionamento do volume útil do poço úmido da estação elevatória foi utilizada a seguinte equação:

$$V_u = A * h \quad [1]$$

Em que  $V_u$  é o volume útil do poço úmido;  $A$  é a área do poço úmido e  $h$  é a altura útil entre os níveis máximo e mínimo. O valor do diâmetro do poço úmido para o cálculo da área foi arbitrado em 2,0 m. O valor da altura útil entre os níveis máximo e mínimo foi arbitrado em 1,5 m. Essas dimensões foram obtidas considerando o tempo de detenção máximo

recomendado na NBR 12208, que é igual a 30 minutos.

Através do volume útil foi possível calcular o tempo de detenção ( $t_{m\acute{a}x}$ ) do efluente dentro do poço úmido. O tempo de detenção se refere ao período em que a bomba não opera, ou seja, o período de enchimento do poço úmido. Este valor pode ser calculado através da seguinte relação:

$$t_{m\acute{a}x} = \frac{V_u}{Q_{aftu}} \quad [2]$$

Onde  $Q_{aftu}$  é a vazão afluente, que é variável ao longo do dia. Para calcular o período de operação da bomba é necessário avaliar o tempo de descida ou esvaziamento do poço úmido - tempo de funcionamento da bomba ( $t_d$ ) que pode ser calculado através da seguinte fórmula:

$$t_d = \frac{V_u}{(Q_b - Q_{aftu})} \quad [3]$$

Para descobrir quais os períodos diários de operação da bomba que estavam adequados ao funcionamento da mesma foram verificadas diferentes vazões de bombeamento ( $Q_b$ ). As vazões consideradas foram de 14, 16, 17 e 18 L/s. Estes valores foram arbitrados levando em consideração a máxima vazão afluente à estação de recalque no último ano do plano, e representam vazões entre 1,15 e 1,50 da vazão máxima afluente no período final.

A altura manométrica total ( $H_m$ ) pode ser calculada através da soma entre a altura geométrica e a perda de carga total. Para a estação elevatória em estudo, foi considerado um desnível geométrica de 20 m. A perda de carga linear pode ser calculada através da equação de Hazen-Williams:

$$\Delta h_L = \frac{10,65 * Q_b^{1,852}}{C^{1,852} * D^{4,87}} * L \quad [4]$$

Considerando que o material da tubulação de recalque é de ferro fundido, o coeficiente de rugosidade ( $C$ ) é 130. Tentando obter o menor consumo de energia, foi modificado o diâmetro ( $D$ ) da tubulação de recalque, sendo avaliados os valores de 100 e 150 mm, que correspondem a diâmetros compatíveis as velocidades recomendadas na NBR 12208. O comprimento da tubulação ( $L$ ) também foi modificado três vezes para verificar o incremento na potência e na energia quando a rede tem seu comprimento estendido. Foram considerados os valores de 100, 1000 e 2000 m. A perda de carga localizada foi calculada através da seguinte equação:

$$\Delta h_S = K * \frac{V^2}{2 * g} \quad [5]$$

Os valores da velocidade ( $V$ ) variavam à medida que as vazões de bombeamento e os diâmetros da tubulação de recalque eram modificados. O coeficiente de singularidade ( $K$ ) foi determinado em função de diferentes acessórios existentes na tubulação de recalque, como registros, ventosas, mudanças de direção, etc. O valor de  $K$  sofreu modificações conforme foi alterado o comprimento da tubulação ( $L$ ) e o número de acessórios presentes. Para o cálculo da potência hidráulica foi utilizada a seguinte equação:

$$P = \frac{\gamma * Q_b * H_m}{\eta} \quad [6]$$

Onde  $P$  é a potência em  $W$ ,  $\gamma$  é o peso específico (que foi considerado igual ao da água),  $Q_b$  é a vazão de bombeamento,  $H_m$  é a altura manométrica e  $\eta$  o rendimento do conjunto motor bomba.

O rendimento do grupo motor bomba ( $\eta$ ) foi considerado como um valor de referência de 70 %, já que este estudo não contemplou a seleção da bomba. Calculada a potência e o período diário de funcionamento da bomba, foi possível determinar o consumo diário de energia elétrica. Não foram realizados estudos no sentido de otimizar os períodos de funcionamento, observando os períodos de ponta, onde a energia é mais cara, visto que o período de detenção máximo de 30 minutos impede esse tipo de análise.

## Resultados

Nas tabelas 1 e 2 são apresentados os resultados de potência, energia consumida e tempo de funcionamento diário, para as quatro vazões de bombeamento testadas, com dois diâmetros alternativos e um comprimento de recalque, para o 1º ano e o 20º ano de operação, respectivamente.

**Tabela 1.-** Resultados obtidos para o 1º Ano variando vazão e diâmetro.

Ano 1							
Q (L/s)	Dr (mm)	V (m/s)	L (m)	K	P (kW)	E (kWh/dia)	Tempo de Funcionamento no Dia (h)
14	100	1,53	100	20	4,96	52,73	10,63
14	150	0,70	100	20	4,17	44,33	10,63
16	100	1,75	100	20	5,99	56,01	9,34
16	150	0,80	100	20	4,83	45,10	9,34
17	100	1,86	100	20	6,56	57,47	8,77
17	150	0,85	100	20	5,16	45,25	8,77
18	100	1,96	100	20	7,15	58,94	8,24
18	150	0,90	100	20	5,50	45,36	8,24

**Tabela 2.-** Resultados obtidos para o 20º Ano variando vazão e diâmetro.

Ano 20							
Q (L/s)	Dr (mm)	V (m/s)	L (m)	K	P (kW)	E (kWh/dia)	Tempo de Funcionamento no Dia (h)
14	100	1,53	100	20	4,96	68,98	13,90
14	150	0,70	100	20	4,17	58,00	13,90
16	100	1,75	100	20	5,99	72,86	12,16
16	150	0,80	100	20	4,83	58,67	12,16
17	100	1,86	100	20	6,56	75,02	11,44
17	150	0,85	100	20	5,16	59,07	11,44
18	100	1,96	100	20	7,15	77,22	10,80
18	150	0,90	100	20	5,50	59,43	10,80

Os resultados encontrados demonstram, como esperado, que o diâmetro de 150 mm apresenta menor consumo de energia do que o diâmetro de 100 mm, para uma mesma vazão, já que a potência necessária é menor. A menor vazão de bombeamento (14 L/s) corresponde a menor potência, no entanto os tempos de operação são maiores. Na análise da energia diária consumida, se verifica que as menores vazões de bombeamento, para um mesmo diâmetro, correspondem as situações mais favoráveis. Um aumento na vazão de bombeamento de  $1,15Q_{aflum\acute{a}x}$  para  $1,50Q_{aflum\acute{a}x}$  resultou em incrementos de energia diária consumida entre 2,3% e 11,9%, enquanto o tempo de bombeamento reduz em cerca de 22%. Para o maior diâmetro de recalque selecionado, as variações da energia foram menos pronunciadas.

A tabela 3 apresenta os resultados obtidos para vazões de

bombeamento de 17 L/s para diferentes comprimentos da tubulação de recalque.

**Tabela 3.-** Resultados obtidos variando o comprimento de recalque.

Ano 1							
Q (L/s)	Dr (mm)	V (m/s)	L (m)	K	P (kW)	E (kWh/dia)	Tempo de Funcionamento no Dia (h)
17	150	0,85	100	20	5,16	45,25	8,77
17	150	0,85	1000	25	6,34	55,61	8,77
17	150	0,85	2000	30	7,65	67,08	8,77
Ano 20							
Q (L/s)	Dr (mm)	V (m/s)	L (m)	K	P (kW)	E (kWh/dia)	Tempo de Funcionamento no Dia (h)
17	150	0,85	100	20	5,16	59,07	11,44
17	150	0,85	1000	25	6,34	72,60	11,44
17	150	0,85	2000	30	7,65	87,57	11,44

Esses resultados mostram que o aumento do comprimento de recalque em 10 e 20 vezes, implicam em valores de energia diária consumida 23 e 48% superiores, respectivamente.

## Considerações finais

O período de operação da bomba é um parâmetro importante para o dimensionamento da estação elevatória de esgoto. Um número excessivo de partidas da bomba em curto intervalo de tempo poderá levar o motor a um superaquecimento. Por isso, é sempre pertinente observar se os tempos de descida do efluente no poço úmido são baixos e se acrescentados do tempo de detenção não geram um elevado período de operação da bomba.

Como pode ser confirmado nos resultados, quanto maior a vazão de bombeamento, menor será o tempo de funcionamento diário da bomba. Entretanto, são as menores vazões de bombeamento que apresentam a menor potência e o menor consumo de energia.

Outro fator que tem grande influência sobre a potência e a energia consumida é o diâmetro da tubulação de recalque. Diâmetros maiores apresentam menores potências e menores valores de energia consumida. O diâmetro de 150 mm não apresenta grandes variações na potência e na energia quando modificadas as vazões de bombeamento. Em vista disso, deve ser analisado que, em certos casos, é vantajosa a aplicação de vazões mais elevadas de bombeamento. Com a análise do diâmetro, o projeto poderá aliar menores valores na energia e no tempo de funcionamento da bomba.

Os resultados apresentados neste trabalho são preliminares e além das análises apresentadas, devem ser realizados estudos complementares que considerem os custos dos equipamentos, instalação, operação e manutenção.

## Referências

- Associação Brasileira de Normas Técnicas.** NBR 12208: Projeto de Estações Elevatórias de Esgoto Sanitário. Rio de Janeiro, 1992.
- Gomes, D. M.** (2010). Importância do Volume Útil do Poço de Sucção na Redução do Consumo de Energia Elétrica em Estação Elevatória de Esgoto. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Pará. Belém (PA), p. 182.