

Estações Elevatórias de Esgotos^(*)

PROF. ENG.º ADILSON COUTINHO SERÔA DA MOTTA (**)

1. CONCEITUAÇÃO:

Tôdas as vêzes em que, por qualquer motivo, se torne impossível, difícil ou inconveniente do ponto de vista técnico-econômico, o escoamento dos esgotos pela simples ação da gravidade, entra em cogitação o uso de instalações destinadas a transmitir ao líquido a energia necessária a garantir tal escoamento.

A essas instalações costuma-se denominar, genericamente, "estações elevatórias de esgotos" ou, simplesmente, "elevatórias de esgotos".

Examinando-se o caso de um sistema de esgotos em sua forma mais completa, incluídas as fases de coleta, transportes e destino ou disposição final, com ou sem tratamento prévio, das águas servidas, podem ser distinguidas as seguintes aplicações básicas para as estações elevatórias de esgotos:

a) Na fase de coleta:

Elevação das águas servidas de pavimentos situados em nível inferior ao do coletor público, ou, conforme seja, inferior ao do logradouro público; há dispositivos legais, como o "Código de Instalações de Esgotos Sanitários no Estado da Guanabara", que exigem a prévia elevação dos efluentes de peças ou aparelhos sanitários situados **abaixo de nível do logradouro** em que se ache o coletor público: outros dispositivos legais exigem, apenas, que os aparelhos ou peças a serem esgotados sem uma precedente elevação, **não se situem abaixo do nível do coletor público.**

b) Na fase de transporte:

Elevação eventualmente necessária para que os esgotos se escoem ao longo da rede pública.

c) Na fase de destino ou disposição final:

c.1. Com tratamento prévio:

Elevação, quase sempre necessária, para permitir que o efluente da rede

de possa percorrer a linha de tratamento. Em certos casos, suficiente se torna uma única elevação, na cabeceira da estação de tratamento; outras vêzes, é imprescindível ou conveniente uma segunda elevação, antes do lançamento no corpo receptor; em cada caso específico, o problema deve sofrer uma cuidadosa análise técnico-econômica, que possa conduzir à solução mais adequada. No interior da estação de tratamento, freqüentemente se verifica a necessidade de outras elevações ou bombeamentos, ditados, geralmente, pela conveniência da recirculação parcial ou total dos efluentes de determinados dispositivos de condicionamento dos esgotos. Existem, outrossim, em grande número de casos, instalações destinadas ao bombeamento dos "lodos dos esgotos", as quais, entretanto, não serão objeto de exame nesta exposição

c.2. Sem tratamento prévio

Elevação, quase sempre necessária, para permitir o lançamento do efluente do sistema, em condições satisfatórias, no corpo receptor.

Observação: Um dos fatores importantes a serem considerados no estudo da necessidade ou não de elevação do efluente de uma rede ou de uma estação de tratamento, em um corpo receptor, é o

(NOTA) — Embora muitos dos aspectos que aqui serão abordados sejam comuns às elevatórias de esgotos pluviais e às de esgotos unitários ou combinados, este capítulo destina-se, basicamente, ao estudo das elevatórias de esgotos sanitários dos sistemas separadores absolutos.

(*) Aula ministrada durante o Curso de Projetos de Sistemas de Esgotos Sanitários, patrocinado pelo Departamento de Águas e Esgotos de São Paulo e ministrado no CETESB.

(**) Consultor da PLANIDRO, Professor da Escola de Engenharia da UFRJ e da ENSP.

eventual grau de variação do nível deste último, sobretudo pela ação de marés, enchentes, etc. À guisa de exemplo, pode ser citada a construção de reservatórios de acumulação de efluentes de esgotos em regiões de costas litorâneas altas e nas quais o nível da maré oscila de vários metros, a fim de armazenar os esgotos durante as horas de preamar, evitando-se, assim, o bombeamento, já que os efluentes seriam lançados ao mar no período de vazante, quando, no exemplo admitido, haveria condições para o lançamento livre, por gravidade. Somente uma análise técnico-econômica das alternativas "reservatórios de acumulação x elevação", permitiria o encontro da solução mais indicada.

Diante das aplicações básicas que acabam de ser mencionadas e suas variantes, cabem as seguintes considerações:

- a aplicação básica a que se refere a alínea "a" corresponde a instalações prediais, fugindo, portanto, ao escopo deste Curso, destinado ao trato dos sistemas públicos; assim sendo, apenas eventualmente poderá vir a ser feita alguma referência à aplicação em pauta;
- no que concerne às hipóteses capituladas na variante "c.1." da aplicação "c", aquelas relativas ao lançamento do efluente tratado, no corpo receptor, e as referentes aos bombeamentos no interior da estação (recirculação de efluentes), correspondem a estações elevatórias de características mais simples, já que lidarão com esgotos integral ou parcialmente tratados e, portanto, mais ou menos livres de materiais causadores de obstruções, abrasão, etc...

Assim sendo, tratar-se-á essencialmente, ao longo do Curso:

- das estações elevatórias destinadas às aplicações referidas na alínea "b" e na variante "c.2." da alínea "c";
- das estações destinadas à elevação dos efluentes das redes públicas, com o objetivo de permitir o subsequente trânsito dos mesmos ao longo das estações de tratamento (primeiro caso da subalínea "c.1.").

Em outras palavras, estudar-se-ão instalações que visam a realizar a elevação dos esgotos a partir de um ponto para o qual convergem os efluentes de uma ou mais bacias ou sub-bacias sanitárias, encaminhando-os para destino conveniente, tal destino podendo ser um conduto principal de esgotos, situado em cota mais elevada, uma outra estação ele-

vatória, uma estação de tratamento ou um ponto de lançamento num corpo receptor.

Dentre as estações elevatórias de esgotos, são, por vezes, distinguidos dois tipos:

- a) "estações elevatórias" propriamente ditas ("lift stations"), caracterizadas pelo fato de apresentarem uma linha de recalque de extensão reduzidíssima, destinando-se, simplesmente, a introduzir um verdadeiro degrau no "grade" característico do conduto afluente, reduzindo, destarte, a profundidade em que se vinha processando o escoamento;
- b) "estações de bombeamento" ("pumping stations"), caracterizadas por apresentarem linhas de recalque de extensões mais ou menos apreciáveis, bem como alturas manométricas substancialmente mais elevadas.

Entretanto, no decorrer deste Curso, para maior simplicidade, serão mencionadas apenas "estações elevatórias", de um modo geral, em sua acepção ampla, salvo alguma eventual referência específica a um dos dois tipos básicos citados.

Quanto à sua situação em relação ao nível do solo, as elevatórias podem apresentar-se inteiramente subterrâneas, ou então com uma parte mais ou menos apreciável acima do terreno, sendo muito preferível o segundo caso, no qual, abaixo do nível do solo, ficariam apenas as dependências que convém sejam sempre subterrâneas, como, por exemplo, o poço de sucção e a casa das bombas.

Quanto à operação, as elevatórias podem ser de funcionamento automático ou não. No primeiro caso, precauções especiais devem ser adotadas contra as obstruções e seus efeitos, seja pela adoção de bombas especiais, mais dificilmente sujeitas a obstruções (como as do tipo "stereophagus", por exemplo), seja pela cuidadosa e eficaz proteção dos equipamentos, mediante a instalação de disjuntores automáticos, alarmas e outros dispositivos capazes de garantir, tanto quanto possível, a integridade das instalações. É oportuno acentuar que determinados dispositivos de proteção devem ser instalados em qualquer caso, mesmo que a elevatória não seja de funcionamento automático.

2. NECESSIDADE:

A construção de estações elevatórias de esgotos destinadas às finalidades que interessam ao Curso, conforme definido no item anterior, justifica-se, em princípio, nos seguintes casos:

- a) em terrenos planos e extensos, a fim de evitar que as canalizações atinjam profundidades excessivas;

- b) sempre que houver conveniência de se evitar um desenvolvimento excessivamente grande para a canalização coletora tronco da bacia ou sub-bacia em estudo;
- c) no caso do esgotamento de áreas novas situadas em cotas mais baixas do que as da zona já dotada de rede;
- d) para a descarga de interceptores ou emissários em corpos receptores ou estações de tratamento, quando não for possível utilizar apenas a gravidade (declividade conduzindo a pontos de chegada abaixo do nível conveniente para o lançamento, variações muito grandes do nível da água no corpo receptor pela ação de enchentes, marés, etc.).

É indispensável, entretanto, o prévio estudo comparativo entre a solução baseada na construção de uma estação elevatória e as outras soluções possíveis, levando-se em consideração, em qualquer caso, os custos relativos à construção, à operação, à manutenção e à conservação, bem como à garantia de funcionamento do sistema. A fim de diminuir o custo das estações elevatórias de esgotos, quer o inicial, quer o de operação, manutenção e conservação, convém adotar-se o sistema separador absoluto, bem como fiscalizarem-se as instalações prediais, a fim de evitar, tanto quanto possível, que contribuições pluviais sejam encaminhadas à rede de esgotos sanitários.

3. LOCALIZAÇÃO:

A localização de uma estação elevatória de esgotos é condicionada pelos seguintes fatores principais:

- a) terreno de baixo custo, fácil acesso, próprio para construção e a salvo de inundações;
- b) local em que haja facilidades para descargas de emergência, impostas por interrupções forçadas do funcionamento da elevatória (próximo a rios, canais, galerias de águas pluviais, etc.);
- c) localização favorável, quer em relação aos coletores que deverão convergir para a elevatória, quer ao ponto de descarga da linha de recalque; assim, pois, convém ser feito o estudo econômico da situação ideal da elevatória, quanto ao traçado das canalizações afluentes, condicionadas estas pela sua declividade e pela profundidade máxima estabelecida em função das circunstâncias, reajustando-se tal situação em função da localização do ponto de descarga. Determina-se, assim, a localização ideal da elevatória, dos pontos de vista técnico e eco-

nômico, desde que obedecidas, simultaneamente, as prescrições das alíneas a e b.

4. CÁLCULO DA VAZÃO DE PROJETO:

Deve ser realizada uma cuidadosa investigação sobre as áreas que contribuem para a elevatória, na época do projeto, e sobre aquelas que deverão contribuir, no futuro, procurando — se definir, da melhor forma, as tendências de expansão da comunidade em foco.

Todos os esforços serão desenvolvidos tendo como meta, em última análise, obterem-se valores mais ou menos seguros para a vazão afluente na época atual (época do projeto) e na época de saturação urbanística, bem como tentar conhecer, na extensão possível, o regime de variação de tais vazões ao longo do dia mais desfavorável.

4.1. VAZÃO ATUAL:

Serão expostos dois métodos básicos de investigação, cuja aplicação dependerá, essencialmente, das circunstâncias específicas de cada caso e das maiores ou menores facilidades com que se possa contar.

4.1.1. Método de investigações diretas:

Começa-se por determinar, utilizando-se os meios disponíveis, quais as densidades populacionais das diversas áreas contribuintes, pesquisando-se, ao mesmo tempo, os diferentes usos dados à terra, se para fins residenciais, comerciais ou industriais. A disponibilidade de fotografias aéreas recentes constitui uma inestimável ferramenta de trabalho, completada por verificações ou amostragens locais, sempre que julgado necessário. A existência de plantas cadastrais atualizadas poderá, outrossim, representar uma extrema facilidade para a obtenção das densidades populacionais, convindo, da mesma forma, proceder a observações 'in loco', para conhecimento de determinados aspectos.

Na ausência de fotografias aéreas ou plantas cadastrais, apela-se para os dados do censo mais recente e procura-se realizar um intenso programa de verificações e amostragens nos diversos setores censitários. De qualquer forma, a preocupação básica preliminar será a obtenção de valores, tanto quanto possível próximos dos reais, das densidades de população da região cujos esgotos deverão ser encaminhados à elevatória.

Tenta-se, a seguir, determinar qual o valor da "taxa per capita per diem" de água potável da região em exame e qual a relação que se pode admitir, razoavelmente, que exista entre a mesma e a

vazão encaminhada à rede pública de esgotos, também por habitante, por dia.

Tal procedimento permitirá estimar-se a quota unitária média de contribuição de esgotos ao longo do dia, em l/hab. d, para a comunidade considerada, podendo, aliás, variar o seu valor, de uma área parcial para outra da região total contribuinte.

Denominando-se A_1, A_2, \dots, A_n , as diversas áreas parciais, caracterizadas por densidades populacionais específicas d_1, d_2, \dots, d_n , a somatória dos produtos de cada área pela densidade correspondente dará a **população total atual** contribuinte para a elevatória:

$$\sum_{i=1}^{i=n} A_i \cdot d_i = P_{at}$$

Admitindo-se, para simplificação, que a taxa unitária média de contribuição de esgotos por habitante por dia " q_m " seja uniforme para toda a região de que se trata, o produto da mesma pela população total atual contribuinte dará a **vazão média** afluente à elevatória:

$$P_{at} \times q_m = Q_m$$

No caso de haver variação do " q_m ", de uma área para outra, a somatória

$$\sum_{i=1}^{i=n} A_i \cdot d_i \cdot q_{m_i}$$

dará a desejada vazão média afluente à elevatória.

A etapa subsequente será pesquisar a existência ou não de fatores especiais que possam produzir alterações importantes nas tendências usuais de variação das vazões de esgotos. Em decorrência de tal pesquisa, poder-se-á estimar uma relação " K " entre a **vazão máxima** e a **vazão média**, ao longo do dia mais desfavorável, obtendo-se, destarte, Q_{max} em função da vazão média Q_m calculada:

$$Q_{max} = K \times Q_m$$

Entretanto, quase impossível se torna evitar a ocorrência de infiltração na rede de esgotos, mesmo na de um sistema separador absoluto, como é o caso corrente no Brasil, infiltração essa que é extremamente agravada, via de regra, nos dias chuvosos. Assim sendo, mister se faz adicionar, à vazão máxima estimada, a parcela de **infiltração "I"**.

A estimativa do "I", salvo observações e experiências destinadas a fornecer dados mais exatos para casos específicos, é normalmente feita com base em dados indicados por fontes fidedignas e que pareçam ser satisfatoriamente aplicáveis ao projeto em causa.

Adota-se, freqüentemente, para a infiltração em dias chuvosos, o valor de 5 litros por segundo por quilômetro de rede.

Assim, pois, em primeira análise, a elevatória deverá ser dimensionada para fazer face, de modo satisfatório, à vazão máxima afluente esperada, incluída a infiltração em dias de chuva:

$$Q_i = Q_{max} + I$$

Este poderá ser um critério em princípio aceitável, para o caso de uma região contribuinte de pequeno ou médio porte.

Todavia, no caso de grandes bacias contribuintes, não deve ser, de modo algum, desprezado o efeito regularizador da vazão, advindo do volume total dos condutos da rede, especialmente dos grandes coletores troncos, interceptores e emissários.

Neste caso, alguns autores sugerem que se adote, para vazão de projeto, não a vazão máxima, mas sim a vazão média, acrescida da infiltração:

$$Q_i = Q_m + I$$

Dependerá da experiência e do bom senso do projetista, em cada caso específico, a escolha de uma posição razoável, entre os dois extremos, ou a adoção de um destes.

4.1.2. Método de comparação com outras áreas:

Em certas cidades, os órgãos oficiais responsáveis pelo problema de esgotos realizam, direta ou indiretamente, investigações contínuas sobre o funcionamento das redes existentes.

Em tais casos, é freqüente a disponibilidade de curvas de variação horária das vazões de esgotos determinadas para uma série de bacias típicas.

Assim sendo, quando se pretende projetar uma nova estação elevatória, fácil e seguro será aplicar-se, às bacias contribuintes, os elementos básicos de que se dispõe para as bacias típicas, sendo apenas indispensável uma cuidadosa verificação, para se aferir a legitimidade da assimilação das bacias em estudo às bacias controladas.

Constatada a aplicabilidade dos elementos disponíveis, ao caso em exame, já se poderá partir do conhecimento da quota unitária de contribuição de esgotos por habitante, por dia, bem como da variação horária da vazão ao longo das 24 horas diárias. Valores mais coerentes com a realidade específica, poderão ser, provavelmente, neste caso, atribuídos à infiltração nos dias chuvosos.

Determinada a população da maneira já vista anteriormente, poder-se-á chegar, sem maiores problemas, à vazão de projeto, mantidas, ainda, as mes-

mas considerações emitidas no final do subitem 4.1.1.

4.2. Vazão de saturação urbanística:

Preliminarmente, imprescindível se faz constatar a existência ou não de Planos Diretores, Códigos de Obras ou outros dispositivos legais que imponham condições orientadoras do desenvolvimento urbano. Paralelamente, uma análise profunda das tendências de crescimento sócio-econômico da região em foco deve ser realizada, com ênfase para a elaboração de estudos racionais de crescimento e distribuição da população, bem como de possíveis expansões das áreas contribuintes para a elevatória a ser projetada.

Admitindo-se que haja, de fato, normas legais vigentes e perfeitamente definidas, deve-se, inicialmente, dividir a região contribuinte em áreas de características urbanísticas uniformes e, para cada uma delas, levando-se em consideração o uso específico da terra, se residencial, industrial ou comercial, os lotes de terreno e respectivas taxas de ocupação, o gabarito fixado (n.º de pavimentos), o tipo de unidades (habitacionais ou não), etc., será fácil estimar-se a densidade populacional que deverá ter lugar na fase de saturação urbanística, ou seja, de utilização integral da área.

Entretanto, uma judiciosa e realística apreciação deve ser efetuada, quanto à efetiva probabilidade de vir a ser atingida a situação limite apontada, sendo aconselhável, então, a análise comparativa com outras áreas cujo desenvolvimento possa servir de modelo válido para a aferição em vista.

Supondo-se aceitável a idéia de se atingir, algum dia, a saturação urbanística, deve-se procurar estimar, através dos estudos de crescimento populacional há pouco recomendados, a época provável em que tal situação deverá ser alcançada.

O número de anos que separam a época do projeto da época de saturação, constitui um elemento de relevante importância no que diz respeito à orientação a ser adotada quanto à utilização prática dos dados de saturação e, em última análise, da vazão de projeto correspondente.

No caso de se achar extremamente afastada a época de saturação poder-se-á planejar a construção da elevatória por etapas racionais sucessivas, desde que se verifique a perfeita viabilidade, bem como a conveniência técnico-econômica de tal programação, sendo imprescindível que nenhuma etapa venha a comprometer a estabilidade ou a causar qualquer problema sério com relação à etapa ou às etapas anteriores.

Neste caso, a etapa final seria projetada de forma a atender às condições de saturação. Quanto aos

equipamentos, com forte razão, deveria ser estabelecido um escalonamento judicioso para a aquisição e a instalação dos mesmos. De qualquer forma, o conjunto de unidades de recalque de uma elevatória, a qualquer momento, deve ter uma capacidade total de vazão que leve em conta a descarga máxima afluente prevista para a saturação, ou para o final da etapa correspondente, ou, pelo menos, para o fim do período respectivo, dentro do escalonamento fixado para a compra e a instalação dos equipamentos da estação.

No caso de áreas já densamente ocupadas, convém, via de regra, construir-se a elevatória em uma única etapa, com facilidades para atender à saturação urbanística, embora se possa estabelecer um certo escalonamento, prudente, para a aquisição e a instalação dos equipamentos.

Apresentadas estas considerações sobre a maneira de utilização dos elementos de saturação urbanística, no projeto de uma estação elevatória, cabe retornar ao ponto em que se tinha indicado a forma de se obterem as densidades populacionais limites para as diferentes áreas contribuintes.

Designando-se por $A_{Sat_1}, A_{Sat_2}, \dots, A_{Sat_n}$ os valores dessas áreas e por $d_{Sat_1}, d_{Sat_2}, \dots, d_{Sat_n}$ as densida-

des populacionais de saturação correspondentes, ter-se-á para a população total de saturação contribuinte para a elevatória:

$$\sum_{i=1}^{i=n} A_{Sat_i} \cdot d_{Sat_i} = P_{Sat.}$$

De forma semelhante à exposta no subitem 4.1.1., teríamos uma vazão média afluente para a saturação igual a:

$$Q_{m_{Sat}} = P_{Sat} \cdot q_{m_{Sat}}$$

isto no caso de uma taxa "per capita per diem" de esgotos uniforme para toda a região contribuinte, ou então:

$$Q_{m_{Sat}} = \sum_{i=1}^{i=n} A_{Sat_i} \cdot d_{Sat_i} \cdot q_{m_{Sat_i}}$$

quando houver variação na quota unitária de contribuição de esgotos.

Analogamente, procurar-se-ia estimar a relação entre as descargas máxima e média de saturação, a fim de se chegar a obter:

$$Q_{max_{Sat}} = K_{Sat} \times Q_{m_{Sat}}$$

Quanto à infiltração, poder-se-á manter o valor mencionado de 5 l/s. km, sendo que, para o caso das áreas de expansão, ainda sem urbanização definida, o comprimento da futura rede de esgotos sanitários

poderá ser estimado através de um coeficiente que o correlacione com a área contribuinte correspondente. No QUADRO 4.2.1 são transcritos os valores recomendados para a extensão "L" da rede, por hectare, em função das características urbanas dos bairros, indicadas as densidades demográficas

correspondentes, conforme preceituam as "Normas e Especificações para a Elaboração de Projetos de Esgotos Sanitários para a Área Metropolitana da Capital de São Paulo", baixadas em 1960 pelo Departamento de Águas e Esgotos de São Paulo.

QUADRO 4.2.1

Características Urbanas dos Bairros	d (em hab/ha)	L (em m/ha)
I — Bairros residenciais de luxo com lote padrão de 800 m ²	100	150
II — Bairros residenciais médios com lote padrão de 450 m ²	120	180
III — Bairros residenciais populares com lote padrão de 250 m ²	150	200
IV — Bairros mistos residencial-comercial da zona central, com predominância de prédios de 3 e 4 pavimentos	300	150
V — Bairros residenciais da zona central com predominância de edifícios de apartamentos com 10 e 12 pavimentos	450	150
VI — Bairros mistos residencial-comercial-industrial da zona urbana com predominância de comércio e indústrias artesanais e leves	600	150
VII — Bairros comerciais da zona central com predominância de edifícios de escritórios.	1000	200

Poder-se-á escrever:

$$Q_{i\text{ Sat}} = Q_{\text{max Sat}} + I$$

onde "I" seria obtido mediante a multiplicação da área contribuinte pelo coeficiente tirado do QUADRO 4.2.1 e pelo valor unitário referido, de 5 l/s. km, feita a necessária transformação de unidades.

As mesmas considerações expendidas no final do subitem 4.1.1 quanto ao eleito regularizador decorrente da capacidade de acumulação de grandes redes contribuintes, especialmente de seus condutos de maior porte, cabem, obviamente, no caso da estimativa de vazão de projeto para a época de saturação urbanística, permitindo que se escreva:

$$Q_{i\text{ Sat}} = Q_{\text{m Sat}} + I$$

Mais uma vez, caberá ao projetista decidir quanto ao critério a ser aplicado em cada caso específico. Entretanto, mister se faz dar ênfase para o importante fato de que a mencionada regularização da descarga afluyente, mercê do grande volume da rede contribuinte, só poderá ter lugar se e **enquanto** tal rede funcionar em condições hidráulicas plenamente satisfatórias, sem qualquer sobrecarga com relação à sua capacidade máxima ideal, pois, do contrário, ela perderá toda e qualquer possibili-

dade de exercer o papel de órgão regularizador da vazão e eliminador do 'peak'.

De qualquer maneira, o efeito regularizador focalizado não deve ser, de forma alguma, encarado com otimismo e de modo generalizado, convindo, sempre, a verificação cuidadosa das condições específicas de cada caso em estudo.

É oportuno, outrossim, chamar a atenção para as dificuldades de que se revestem as estimativas referentes à época de saturação urbanística, como, por exemplo, no caso da fixação de um valor conveniente da "taxa per capita per diem" de esgotos, para tal época.

Indispensável se torna uma análise cuidadosa das condições atuais da comunidade e de todas as suas tendências de desenvolvimento para o futuro, já que o "per capita" é função de uma série de fatores, entre os quais as condições atuais e as previsíveis do abastecimento de água local, o grau de industrialização, o grau de progresso e conforto, etc...

Em todas essas projeções para o futuro, as normas, os conselhos e as sugestões de caráter geral constituem, sem dúvida, uma excelente orientação inicial para o estudo do problema, mas nada substitui a verificação minuciosa, "in loco", das condições inerentes ao caso em exame e de todos os fatores influentes a serem considerados nas épocas atual e de saturação urbanística.

Nos casos em que, conforme anteriormente mencionado, se torne conveniente uma construção da elevatória e/ou uma instalação de seus equipamentos, por etapas, os estudos de crescimento populacional, já aqui vigorosamente recomendados, poderão permitir a estimativa das vazões de projeto a serem consideradas para as fases **intermediárias**, aplicando-se a estas os demais conceitos expostos. Concluindo este item "4", cabe observar que nenhuma consideração será feita com vistas à vazão de projeto para elevatórias a serem construídas em caráter precário, já que a necessidade das mesmas nasce de situações eminentemente particularizadas e de extrema variabilidade, o que torna de todo impossível emitirem-se conceitos de caráter genérico.

5. NÚMERO DE UNIDADES DE RECALQUE:

Para melhor ordenação do assunto e maior clareza de exposição, serão considerados três casos:

- a) Para pequenas elevatórias, o número mínimo será de 2 (duas) unidades, que em tal caso deverão ser iguais, devendo cada uma delas estar em condições de, isoladamente, atender à vazão máxima prevista.
- b) Em elevatórias maiores, o número mínimo será de 3 (três) unidades, que em tal caso poderão ser iguais, devendo duas quaisquer, em funcionamento simultâneo, poder atender à vazão máxima prevista; no caso das unidades não serem iguais, mister se faz que, com qualquer das três fora de serviço, especialmente a maior, as outras duas possam, em funcionamento simultâneo, fazer face à vazão máxima.
- c) No caso de estações elevatórias de grande porte, devem ser projetadas e instaladas várias unidades de recalque. Deve-se, outrossim, na medida dos dados disponíveis, proceder à determinação da curva de variação horária da vazão afluyente, dimensionando-se as unidades de recalque de forma a concordar, da melhor maneira possível, a linha correspondente às vazões de recalque com a curva de variação da vazão afluyente, dentro de uma faixa de rendimentos satisfatórios. Em tais estações poderá haver uma ou mais unidades de velocidade variável, para tornar mais fácil tal ajustamento. É oportuno esclarecer, todavia, que essas unidades de velocidade variável são de custo muito mais elevado do que as de velocidade constante, além de apresentarem problemas mais delicados de manutenção.

Exemplo prático: Uma elevatória de grandes proporções poderá ter, por exemplo, 4 (quatro) bombas maiores, de 1580 l/s, e 1 (uma) menor, de 1050 l/s; 2 (duas) das maiores poderão ser elétricas e de velocidade constante, 1 (uma) elétrica e de velocidade variável e 1 (uma) acionada por motor de combustão interna; a unidade menor poderá ser elétrica e de velocidade variável. Numa elevatória assim instalada, diminui, de muito, a importância do chamado "poço de sucção", conforme será verificado no item 9.

De um modo geral, ao se estabelecer o número, bem como a capacidade das bombas, para uma estação elevatória, deve-se garantir uma reserva instalada que corresponda, **pelo menos**, a cerca de **25% da capacidade total**. No caso das estações de grande vulto, dotadas, portanto, de diversas unidades de recalque, o limite ora apontado será, via de regra, perfeitamente satisfatório. Entretanto, para unidades de porte reduzido, as alíneas "b" e "a" deste item já fazem prever reservas da ordem de 50% e mesmo 100%.

A imposição de uma reserva instalada destina-se a contribuir para maior segurança da continuidade de operação adequada da elevatória, em face da vazão afluyente, a qualquer momento, bem como a permitir o repouso e/ou a inspeção e a manutenção preventiva das diversas unidades.

Evidentemente, para que se reduza ao mínimo a possibilidade e/ou a duração de eventuais situações de incapacidade da elevatória de atender à vazão afluyente, em decorrência de avarias ocorridas com mais de uma das unidades instaladas, impõe-se, como medida de extraordinária importância, a existência e a disponibilidade imediata de unidades completas, bem como de todos os acessórios e peças necessários, no almoxarifado do órgão responsável pelo funcionamento da estação.

Para maior uniformidade e conseqüente facilidade de operação e manutenção, convém que as unidades de recalque de uma elevatória sejam o menos possível diversificadas, sem prejuízo, contudo, das recomendações constantes deste item.

6. TIPOS DE UNIDADES DE RECALQUE:

As unidades de recalque normalmente utilizadas em estações elevatórias de esgotos compreendem os seguintes tipos:

- **bombas centrífugas**, em seu sentido amplo, abrangendo:
 - **bombas centrífugas radiais** ("centrifugal pumps" ou "radial flow pumps")

- bombas axiais ou de hélice (“axial flow pumps” ou “propeller pumps”)
- bombas centrífugo-axiais ou de descarga mista (“mixed flow pumps” ou “angle flow pumps”)
- ejetores pneumáticos (“pneumatic ejectors”)
- parafuso hidráulico de Arquimedes (“Archimedean waterscrew”)

Deixam de ser mencionados os “air lifts” e as bombas alternativas (“reciprocating pumps”), porquanto, hoje em dia, raramente são utilizados para a elevação de esgotos, sendo apenas oportuno observar que estas últimas apresentam largo emprêgo como dispositivos para elevar lodos de esgotos. Assim mesmo, as bombas centrífugas já lhes vêm disputando a primazia neste último terreno.

Seguem-se comentários mais ou menos detalhados sobre cada um dos tipos que se acaba de relacionar.

6.1. BOMBAS CENTRÍFUGAS (no sentido amplo):

Embora geralmente se use proteger as bombas destinadas a recalçar esgotos, mediante a instalação de grades de barras, a montante das mesmas, com o fim de retirar os chamados “sólidos grosseiros”, é recomendável, em princípio a adoção de bombas do tipo “nonclog pumps” (bombas dificilmente sujeitas a obstruções) para a elevação das águas servidas em geral, salvo exceções ou restrições explicitamente feitas.

Impõe-se, geralmente, a condição de possuírem rotores ou impelidores que permitam a passagem livre de esferas de 6 cm (2 1/2”) ou mais de diâmetro, convindo que a área mínima da seção de passagem represente 75 a 90% da área da seção reta da canalização de descarga da bomba. Os rotores, impelidores ou impulsores poderão ser do tipo “aberto” ou “fechado”, desde que satisfaçam às condições estabelecidas. O “rotor aberto” é constituído de um cubo de roda ou de um núcleo central, ao qual se fixam radialmente as palhetas; o rotor fechado apresenta duas placas paralelas, entre as quais se situam as palhetas, a elas rigidamente fixadas; entre os dois, acham-se compreendidos tipos intermediários, que podem ser classificados como rotores “semi-fechados” ou “semi-abertos”, caracterizados pela existência de uma única placa, a um dos lados da qual se fixam as palhetas; entretanto, êstes últimos são comumente incluídos entre os rotores “abertos”. Como caso particular de rotor fechado, podemos ter o rotor dito “tubular”. As ILUSTRAÇÕES 6-1 e 6-1A anexas apresentam alguns tipos de rotores abertos e fechados.

O rotor fechado mantém, por tempo mais longo, a eficiência e os espaços livres internos originais, mormente quando o teor de areia no esgôto é alto.

Quando a altura de elevação é excessivamente grande para uma bomba dotada de um único impelidor, ou seja, para uma “bomba de simples estágio”, recomendável se torna a utilização de bombas com dois ou mais impelidores em série, conhecidas como “bombas de múltiplos estágios”. A altura de elevação cresce de 30 a 45 metros para cada estágio; entretanto, certas bombas de simples estágio têm-se apresentado capazes de atender a alturas manométricas até 90 metros e mesmo mais.

É altamente conveniente que as bombas utilizadas para o recalque de esgotos sejam instaladas em níveis tais que possam trabalhar sempre “afogadas”, eliminando-se, assim, a necessidade de prévio “escorvamento”, operação incômoda, que exige equipamentos adicionais.

Por outro lado, convém que as bombas para esgotos sejam de baixa rotação, a fim de se obter uma durabilidade maior, tendo em vista, a natureza do líquido, o qual contém, freqüentemente, materiais abrasivos, como areia.

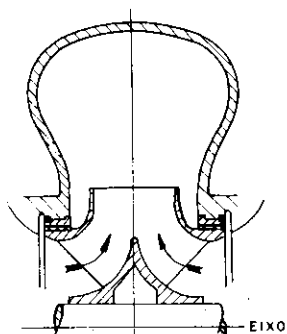
De acôrdo com sua posição, os conjuntos motor-bomba utilizando bombas centrífugas, em seu sentido amplo, podem ser classificados em:

- “conjuntos de eixo horizontal”
- “conjuntos de eixo vertical”, que compreendem duas modalidades:
 - “de bombas não submersas”
 - “de bombas submersas”
- “conjuntos submersos”.

Segue-se uma breve análise dos tipos e modalidades que acabam de ser mencionados, tendo-se em vista suas vantagens ou seus inconvenientes específicos principais, no que concerne ao seu uso na elevação de esgotos:

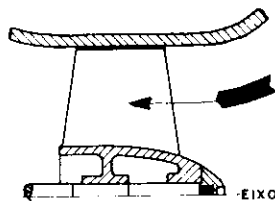
a) **Conjuntos de eixo horizontal:** localizam-se em “casas de máquinas” (ou “casas de bombas”), em nível inferior ou superior ao dos esgotos afluentes, sendo muito preferível o primeiro caso, como já ficou dito, a fim de que a bomba possa funcionar “afogada”, dispensando, destarte, escorva prévia; tais conjuntos ocupam mais espaço horizontal do que os de eixo vertical, o que implica em maior custo de terreno ocupado e maior área de construção; quando se situam em nível baixo, como aliás acaba de ser recomendado, há o risco de danos ao motor, em decorrência de eventuais inundações, causadas por fatores internos ou externos em relação à elevatória;

BOMBAS CENTRÍFUGAS EM SENTIDO AMPLO



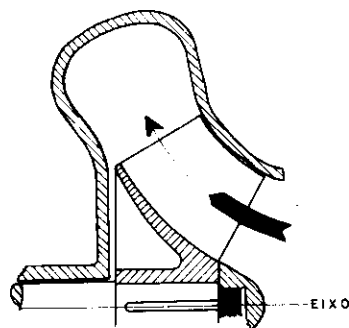
BOMBA CENTRÍFUGA RADIAL
(DE SUÇÃO DUPLA, NO CASO)

(A)



BOMBA AXIAL OU DE
HÉLICE ("PROPELLER")

(B)



BOMBA CENTRÍFUGO-AXIAL
OU DE DESCARGA MISTA

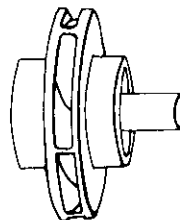
(C)

("STANDARDS OF THE HYDRAULIC INSTITUTE")

ALGUNS TIPOS DE IMPELIDORES USADOS EM BOMBAS CENTRÍFUGAS

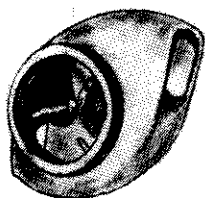


(D)

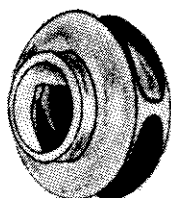


(E)

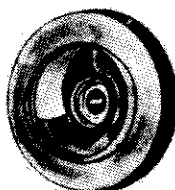
("WATER SUPPLY AND WASTE DISPOSAL"-HARDENBERGH AND RODIE)



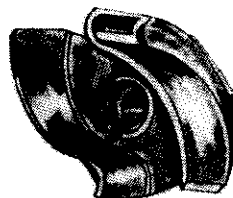
(F)



(G)



(H)

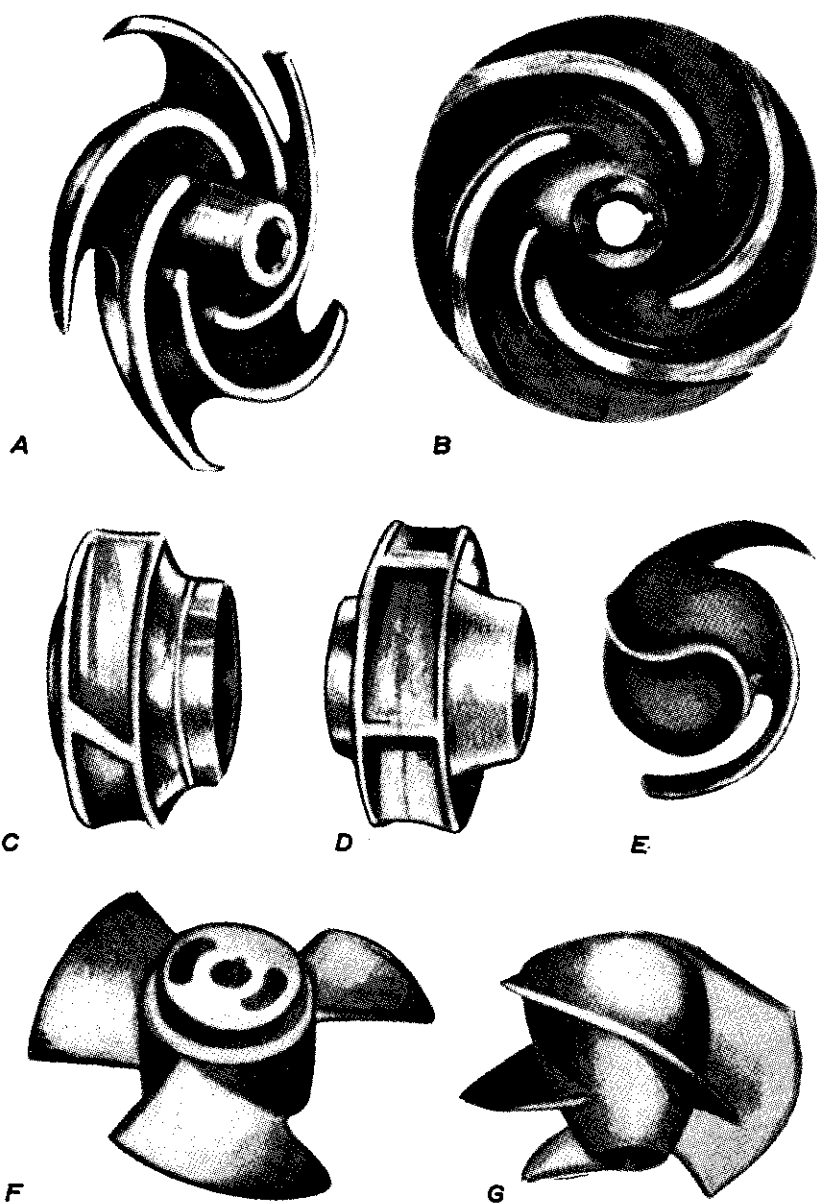


(I)

(KSB DO BRASIL)

ILUSTRAÇÃO 6-1

TIPOS DE ROTORES



EXTRAIDA DO LIVRO - PUMP; "OPERATION AND MAINTENANCE"
T.G. Hicks

ILUSTRAÇÃO 6-1A

apresentam, contudo, mais baixo custo de instalação, operação e manutenção. A ILUSTRAÇÃO 6-2 apresenta um esquema de um conjunto motor-bomba de eixo horizontal.

b) Conjuntos de eixo vertical:

b.1) **de bombas não submersas:** as bombas localizam-se sobre o fundo da casa de bombas, tornando fácil o atendimento da recomendação de trabalharem "afogadas"; os motores, acoplados a elas através de eixos mais ou menos longos, localizam-se, preferencialmente, em nível superior ao do terreno, com vistas a uma efetiva proteção contra inundações de origem interna ou externa à elevatória; à medida que os eixos se tornam mais longos, maior necessidade surge de se adotarem precauções capazes de assegurar o funcionamento perfeitamente equilibrado de tais eixos; dentre as precauções que se acaba de colocar em pauta, podem-se destacar as seguintes:

- instalação de mancais intermediários;
- o assentamento do motor sobre o respectivo berço deve ser feito de modo a permitir pequenos ajustamentos recíprocos entre o motor e o eixo, com o objeto de corrigir qualquer defeito de alinhamento;
- a junta flexível de acoplamento entre o motor e a bomba deve estar localizada numa caixa acessível e flexível;
- tem de ser evitado que os mancais intermediários lancem óleo ou graxa durante o movimento do eixo.

os inconvenientes dos conjuntos de eixo vertical em relação aos de eixo horizontal são, conforme referido, os custos mais elevados de instalação, operação e manutenção. A ILUSTRAÇÃO 6-2 apresenta um esquema de um conjunto de eixo vertical.

b.2) **de bombas submersas:** a diferença básica entre esta modalidade e a anterior reside no fato de que a bomba fica inteiramente submersa no líquido, dentro do poço de sucção, situando-se o motor em local seguro e protegido, ao abrigo de inundações; esta modalidade, como é fácil de compreender, não se presta a ser utilizada para a elevação de esgotos sanitários, dadas as dificuldades de acesso para inspeção e manutenção da bomba.

c) **Conjuntos submersos:** neste caso, a bomba e o motor, diretamente acoplados entre si, encontram-se abrigados por uma carcaça capaz de assegurar absoluta estanqueidade para o motor, e o conjunto permanece totalmente imerso, fixado a uma tubulação de descarga e suprido de energia elétrica

por um cabo devidamente protegido contra o agressivo meio ambiente; afiguram-se evidentes os sérios problemas de manutenção, muito mais graves do que no caso dos conjuntos de eixo vertical com bombas submersas, já que os inconvenientes para aqueles citados deixam de se limitar à bomba, estendendo-se ao motor; assim sendo, pouca aplicação parecia caber aos conjuntos submersos. para o caso da elevação de esgotos sanitários; todavia, a fábrica sueca FLYGT estudou, projetou e hoje constrói, em larga escala, um tipo de "conjunto submerso", com diferentes modalidades, tornando plena e facilmente superáveis os problemas de inspeção, manutenção preventiva e reparos, como se verá mais adiante.

Já se viu anteriormente que as bombas centrífugas, em seu sentido lato, abrangem as seguintes modalidades:

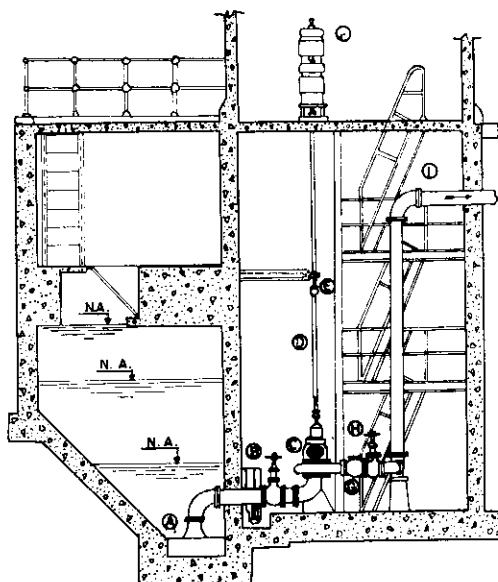
6.1.1. Bombas centrífugas radiais:

São aquelas em que a pressão é desenvolvida principalmente pela ação da força centrífuga; podem apresentar, na sucção, uma entrada **simples** ou **dupla**, embora esta última não se preste a ser utilizada no recalque de águas servidas, já que é mais facilmente sujeita a obstruções pelos trapos e estôpas comumente encontrados nos esgotos; na ILUSTRAÇÃO 6-1 aparece um esquema, transcrito dos "STANDARDS OF THE HYDRAULIC INSTITUTE, U.S.A.", indicando o percurso do líquido em uma bomba centrífuga radial de sucção dupla, evidenciando que, nas bombas centrífugas radiais, o líquido normalmente entra no impelidor **pelo centro deste**, escoando-se **radialmente** para a periferia; as bombas centrífugas radiais são, dentre as centrífugas em geral, as de mais freqüente aplicação no recalque de esgotos.

6.1.2. Bombas axiais:

Nestas, a pressão é desenvolvida basicamente pela impulsão exercida pelas palhetas do impelidor sobre o líquido; a potência requerida por esta modalidade de bomba é maior quando sua saída se acha bloqueada do que quando ela está recalcando a vazão de projeto; assim sendo, seu uso é restrito aos casos em que a altura de elevação e a vazão variam entre limites pouco afastados. Os intervalos de valores da vazão e da altura de elevação correspondentes à modalidade em pauta (vide tabela mais adiante), bem como as características do poço de sucção pela mesma requerido, fazem-na ideal, do ponto de vista de custos de equipamentos e estrutura, para recircular esgoto decantado e para bombear efluentes sob baixa altura de elevação. A ILUSTRAÇÃO 6-1 anexa apresenta um esquema indicando o percurso do líquido, o qual penetra **axial-**

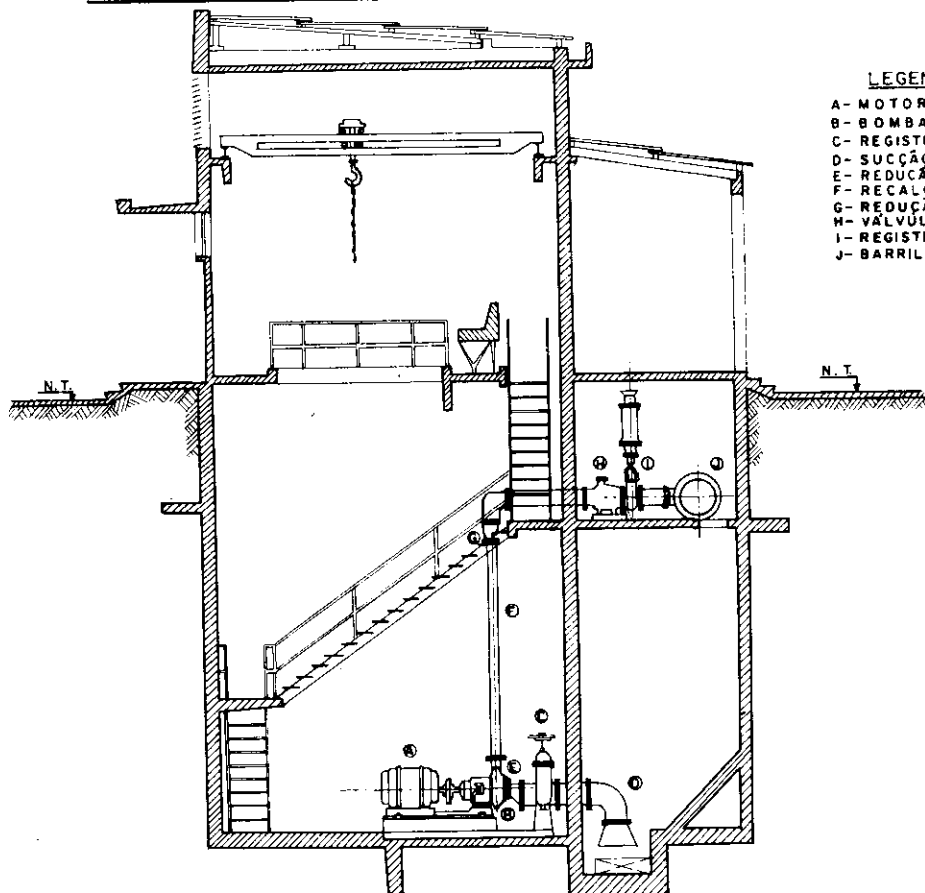
ELEVATÓRIA DOTADA DE BOMBAS VERTICAIS



LEGENDA

- A- SUCCÃO
- B- REGISTRO
- C- BOMBA
- D- EIXO
- E- MANCAL INTERMEDIÁRIO
- F- MOTOR
- G- VÁLVULA DE RETENÇÃO
- H- REGISTRO
- I- RECALQUE

ELEVATÓRIA DOTADA DE BOMBAS HORIZONTAIS



LEGENDA

- A- MOTOR
- B- BOMBA
- C- REGISTRO OVAL
- D- SUCCÃO
- E- REDUÇÃO
- F- RECALQUE
- G- REDUÇÃO
- H- VÁLVULA DE RETENÇÃO
- I- REGISTRO CHATO
- J- BARRILETE

ILUSTRAÇÃO 6-2

mente, através da única entrada de sucção, e descarrega quase axialmente.

de sucção e é descarregado em parte axialmente e em parte radialmente.

6.1.3. Bombas de descarga mista ou centrífugo-axiais:

Estas bombas, às vezes também chamadas "centrífugo-propulsoras", constituem um caso intermediário entre as bombas radiais e as axiais; nelas, a pressão é desenvolvida em parte pela força centrífuga e em parte pela impulsão das palhetas sobre o líquido; as bombas de descarga mista são geralmente mais baratas do que as radiais, para vazões acima de 126 l/s (2000 g.p.m), em virtude de sua rotação mais elevada e das menores dimensões exigidas para uma dada capacidade; na ILUSTRAÇÃO 6-1 aparece o esquema indicativo do percurso do líquido, o qual penetra axialmente através da única entrada

O QUADRO 6-1 corresponde à tradução da "TABLE 2" do "MANUAL OF PRACTICE N.º 8", da WATER POLLUTION CONTROL FEDERATION, apresentando interessantes características das três modalidades que se acaba de passar em revista. Deixou-se de realizar a conversão das unidades para o Sistema Internacional, a fim de evitar certas divergências com dimensões comerciais já padronizadas e constantes do QUADRO.

Do ANEXO I constam, entre outras, valiosas informações técnicas sobre as bombas radiais, axiais e centrífugo-axiais. Tais informações, extraídas de uma publicação do famoso Curso de Engenharia Hidráulica de DELFT, na Holanda, acham-se acompanhadas das respectivas ilustrações.

QUADRO 6.1 — CARACTERÍSTICAS DAS BOMBAS CENTRÍFUGAS PARA INSTALAÇÕES DE ESGOTOS.

Tipo de bomba	Radial	Centrífugo-axial	Axial
1. Condições adequadas de serviço	Esgôto bruto gradeado ou esgôto decantado		Exclusivamente esgôto decantado
2. Intervalos de variação dos diâmetros (polegadas) (a)	2 a 10	8 a 84	8 a 72
3. Intervalos de variação das vazões (gpm) (a)	40 a 6000	1000 a 80000	500 a 100000
4. Intervalos de variação das alturas de elevação (pés) (b)	40 a 100	10 a 60	1 a 40
5. Intervalos de variação das velocidades específicas-impelidor fechado (N_s)	1200 a 3000	4200 a 6000	-----
6. Intervalos de variação das velocidades específicas-impelidor aberto (N_s)	1200 a 3000	5000 a 8000	8000 para cima
7. Tipo de construção	Eixo horizontal ou vertical	Eixo horizontal ou vertical	Eixo horizontal ou vertical
8. Tipo da carcaça	Voluta com uma única entrada de sucção	(c)	Voluta
9. Máxima velocidade de rotação (rpm)	1800	1800	1800
10. Potência requerida com a descarga bloqueada (vazão nula)	Inferior à correspondente à vazão nominal	(d)	Superior à correspondente à vazão nominal

(a) Intervalo usual de diâmetros comerciais. Unidades maiores disponíveis sob encomenda especial. O diâmetro é o da saída da bomba.

(b) Alturas máximas de elevação só podem ser obtidas para pequenos diâmetros e para velocidades de rotação máximas.

(c) Carcaça tipo voluta com sucção simples para valores de N_s entre 4 200 e 6 000. Carcaça provida de difusores para valores de N_s entre 5 000 e 8 000, quando não houver risco de trapos, estôpas ou materias semelhantes.

(d) Inferior à correspondente à vazão nominal, para $N_s > 5 000$. Superior à correspondente à vazão nominal, para $N_s < 5 000$.

Na alínea "c" da parte genérica dêste subitem 6.1, fêz-se referência aos "conjuntos submersos" e, especificamente, às bombas de fabricação "FLYGT", cuja concepção, sem dúvida alguma, veio revolucionar o emprêgo de tais conjuntos, já que permitiu superar, de maneira extraordinariamente simples, os graves problemas ligados à inspeção, à manutenção preventiva e aos reparos dos equipamentos de que se trata.

O ANEXO II apresenta as principais características das bombas "FLYGT" e ilustrações esclarecedoras, extraídas de catálogos técnicos, com a autorização da firma Fábrica de Aço Paulista S.A. — FAÇO, de São Paulo, representante de tais equipamentos para o Brasil.

Ainda dentro das finalidades gerais dêste subitem 6.1, ou seja, dentro do campo compreendido pelas bombas centrífugas, em seu sentido amplo, faz-se mister discorrer sôbre as **principais características do funcionamento** das mesmas, de forma sumária, sem entrar em detalhes que melhor cabem a publicações especializadas, como as que figuram na bibliografia citada no final dêste trabalho.

A fim de evitar possibilidades de confusão com as anteriores subdivisões dêste subitem, enumerar-se-ão as **características de funcionamento** e quaisquer outros aspectos dignos de nota, utilizando algarismos romanos, da forma que se segue.

I — Altura de elevação:

Neste trabalho sôbre "estações elevatórias de esgotos", o conceito de "altura de elevação" deve ser entendido como a energia total, expressa em "**metros de água**" (ou "metros de coluna de água"), necessária a elevar o esgoto, em última análise, a partir de um determinado nível, até o nível subsequente desejado, sendo ambos os níveis impostos por características ou exigências do sistema em estudo. A distância vertical entre os níveis de jusante e montante corresponde à denominada "altura geométrica" (H_g); as perdas de carga "normais" ou "por atrito" (h_n) e as "acidentais" ou "localizadas" (h_{ac}), verificadas ao longo do sistema elevatório, correspondem a parcelas de energia representadas, também, por alturas expressas em "metros de água". Assim sendo, a "altura de elevação", que, no caso das bombas centrífugas, se confunde com a "altura manométrica", será expressa pela equação:

$$H_{cl} = H_{man} = H_g + h_n + h_{ac}$$

II — Vazão ou descarga:

Serão empregadas quaisquer das duas palavras para exprimir a quantidade de esgoto a ser recalca-

da, na unidade de tempo, pelo sistema elevatório, preferindo-se, em certos casos, o termo "vazão" para a quantidade que afluí ao local ("vazão afluente") e o termo "descarga" para aquela que se afasta ("descarga efluente", "descarga recalçada"); não haverá, entretanto, qualquer rigidez, usando-se indiferentemente as duas expressões em foco. A vazão ou a descarga ("Q" ou "q") serão expressas em "m³/s" ou em "l/s".

III — Rendimento de um conjunto elevatório:

O "rendimento" ou "eficiência" de um conjunto elevatório depende dos rendimentos específicos de seus componentes. Assim sendo, pode-se escrever para o "rendimento total" de um dado conjunto:

$$\eta_t = \eta_m \times \eta_b$$

onde:

η_t = rendimento total do conjunto motor-bomba.

η_m = rendimento do motor

η_b = rendimento da bomba

Em virtude de razões ligadas aos processos de fabricação, os conjuntos elevatórios de maior porte apresentam rendimentos mais elevados do que os de pequenas proporções:

Os motores elétricos, que são os mais frequentemente usados em estações elevatórias, apresentam rendimentos que se elevam até cerca de 90% para grandes unidades, mas que baixam até perto de 60% para motores de pequeno porte.

Quanto às bombas centrífugas, é possível ser atingido um rendimento próximo a 90% para unidades de grande capacidade, reduzindo-se a cerca de 50% para as bombas de pequenas descargas.

IV — Potência de um conjunto elevatório:

A potência requerida por um conjunto motor-bomba para elevar uma certa vazão de um dado líquido, a uma determinada altura, pode ser fornecida, em "cavalos-vapor", pela seguinte expressão (ou, sensivelmente, em HP, já que 1 CV equivale a 0,986 HP):

$$P = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H_{man}}{75 \cdot \eta_t}$$

onde:

γ = peso específico do líquido (~ 1000 kg/m³ no caso de água ou esgoto)

Q = vazão ou descarga, em m^3/s

H_{man} = altura manométrica, em metros

η_t = rendimento total do conjunto motor-bomba.

Na prática, para se obter a potência do motor destinado ao acionamento de um conjunto, deve-se adicionar sempre uma certa folga sobre a potência calculada pela fórmula, a fim de se ter uma margem de segurança. Tal folga deve ser tanto maior quanto menor for a potência do motor considerado.

AZEVEDO NETTO (1), recomenda os seguintes acréscimos para o caso de motores elétricos:

50% para bombas até	2 HP
30% para bombas de	2 a 5 HP
20% para bombas de	5 a 10 HP
15% para bombas de	10 a 20 HP
10% para bombas de mais de	20 HP

Evidentemente, após reajustada a potência calculada pela fórmula, e já incluída, portanto, a margem de segurança, é necessário verificar quais as potências de motores realmente disponíveis na praça, a fim de se adotar um modelo que atenda, da melhor forma possível, às necessidades de trabalho do conjunto elevatório em pauta.

V — Curvas características dos conjuntos elevatórios:

Efetuando-se ensaios em uma bomba centrífuga trabalhando a velocidade constante, medida esta em "rotações por minuto" (rpm), podem-se determinar a altura manométrica, a potência consumida e o rendimento, em função de diferentes valores da vazão. Assim sendo, tomando-se um sistema de eixos retangulares e marcando-se em abscissas as vazões, podem ser obtidas três **curvas diferentes**, conforme se adotem para ordenadas os valores de " H_{man} ", de " P " ou de " η " correspondentes às diversas vazões consideradas.

Tais curvas, assim obtidas, são denominadas "**curvas características**" da bomba ou do conjunto elevatório.

Na ILUSTRAÇÃO 6-3 aparecem curvas características de uma determinada bomba centrífuga, de elevada capacidade, de fabricação americana, apropriada ao recalque de esgotos sanitários. Como se verifica, tal bomba foi encomendada para recalcar uma vazão de 4750 gpm (~ 300 l/s), sob uma altura manométrica de 68 pés (~ 21 m), mantida uma rotação de 960 rpm. Os valores impostos para " Q " e " H_{man} ", aplicados ao gráfico, darão o ponto "A";

a vertical que passa por este indicará os valores correspondentes à eficiência " η " e à potência " P ", nas respectivas curvas. Obter-se-ão: $\eta \approx 70\%$; $P \approx 112$ HP.

É de imensa importância o conhecimento das curvas características das bombas, pois cada bomba é projetada, basicamente, para elevar uma determinada vazão, a uma certa altura, em condições de máximo rendimento e, à medida que o par " Q, H_{man} " se afasta das condições ideais, o rendimento " η " tende a diminuir.

Assim sendo, quando se apresenta um problema concreto, em que é solicitada a elevação de uma vazão " Q " a uma altura " H_{man} " mister se faz tentar conseguir uma bomba cujas curvas características indiquem que será obtido um rendimento considerado satisfatório para o par " Q, H_{man} " imposto pelas circunstâncias. Quanto mais achatada for a curva " $\eta = f(Q)$ ", maior será a flexibilidade da bomba e possível será atender, de maneira aceitável, a uma série de pares " Q, H_{man} " diferentes. No ANEXO I são apresentados valiosos diagramas que indicam a variação percentual da altura de elevação e da vazão, em relação aos valores básicos ditos "normais", isto é, aqueles correspondentes ao rendimento máximo.

São apresentados, outrossim, diagramas correspondentes a bombas de velocidade variável; neste caso, há uma série de curvas correlacionando " H_{man} " com " Q ", uma para cada velocidade; aparecem, também, curvas chamadas de "isoficiência", obtidas unindo-se os pontos de mesmo rendimento.

É importante observar que, quando um diagrama de curvas características é apresentado para uma determinada bomba, ele se refere a um diâmetro específico do respectivo impelidor, usualmente o máximo compatível com o "estójo" dado. Entretanto, normalmente, impelidores de diferentes diâmetros podem ser utilizados para um mesmo estójo. É óbvio que, para cada diâmetro, serão obtidas diferentes curvas características.

Por outro lado, para um dado tipo de impelidor, de diâmetro perfeitamente definido, a posição de suas lâminas ou palhetas provocará modificações em seu regime de funcionamento e, conseqüentemente, em suas curvas características.

Tal fenômeno é indicado em um dos diagramas do ANEXO I. Quando duas ou mais bombas são instaladas em série, supondo-se que todas tenham vazões iguais, quando funcionando isoladamente, a altura de elevação do conjunto assim formado será igual à soma das alturas de elevação de cada unidade isolada.

Se duas ou mais bombas, que tenham a mesma altura manométrica quando funcionando isolada-

CURVAS CARACTERÍSTICAS DE UMA BOMBA

1000 GPM \approx 2,63,1 l/s
 1 ps' \approx 0,3048 m
 1 HP \approx 1,014 CV

14 x 12 TYPE SWE CENT. PUMP
 4750 G.P.M. 68 F.T.H.D. 960 R.P.M.

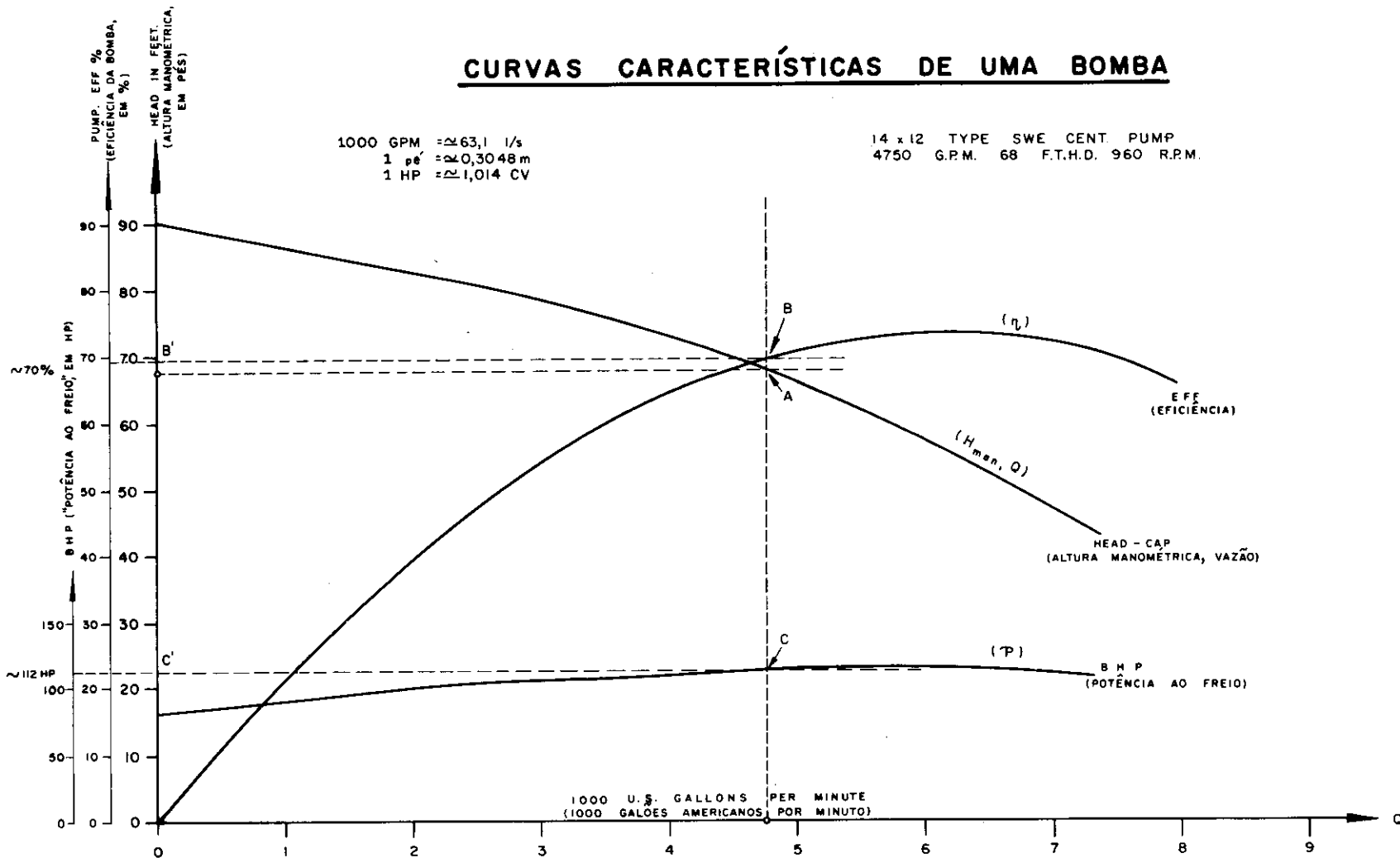


ILUSTRAÇÃO 6-3

mente, forem instaladas para trabalharem em paralelo, a vazão resultante para o conjunto será igual à soma das vazões de todas elas, desde que a altura manométrica permaneça a mesma.

Ainda o ANEXO I apresenta diagramas que ilustram o comportamento de bombas funcionando em série e em paralelo.

VI — Velocidade específica:

A “velocidade específica”, “rotação específica” ou “número específico de rotações”, é uma das mais importantes particularidades das bombas, pois permite caracterizar, de forma bem definida, um determinado tipo de bomba, não importando seu tamanho ou sua velocidade de rotação. Por definição, a “velocidade específica”, comumente designada por “ n_s ” ou “ n_q ”, é o número de rotações por minuto de uma bomba ideal, geométricamente semelhante à bomba considerada e capaz de fornecer a unidade da vazão para uma altura de elevação também unitária.

A expressão da velocidade específica, em unidades métricas, pode ser apresentada da seguinte maneira:

$$n_s = 3,65 \times \text{RPM} \times \frac{Q^{1/2}}{H^{3/4}}$$

onde:

Q = vazão em m^3/s

H = altura manométrica em metros

Para cada tipo de bomba, o valor de “ n_s ” deve ficar compreendido entre determinados limites, sob pena de se obter uma bomba de funcionamento precário e baixo rendimento.

A velocidade específica, entre outras coisas, permite definir o perfil ou a forma do impelidor. Impelidores para grandes alturas manométricas, usualmente apresentam velocidade específica baixa, ao passo que rotores destinados a reduzidas alturas de elevação, normalmente apresentam alta velocidade específica.

Segundo afirmativa de AZEVEDO NETTO (1), as bombas centrífugas radiais são satisfatórias para valores da velocidade específica compreendidos entre 90 e 300 as centrífugo-axiais para valores entre 30 e 800, encontrando-se, acima deste último valor, o campo de aplicação das bombas axiais.

É oportuno ressaltar que, na comparação de rotor de sucção axial simples, com outro de dupla sucção, é indispensável dividir-se a vazão por 2 ou a velocidade específica por 2, ou então deve ser mencionado o tipo de rotor e a rotação específica correspondente.

O ANEXO I apresenta diagramas relativos à seleção do tipo adequado de bomba a ser utilizado, em função da velocidade específica.

VII — Cavitação:

Dada uma temperatura definida, denomina-se “pressão de vapor” de um líquido aquela em que qualquer adição de calor transformará o líquido em vapor, ou qualquer subtração de calor transformará o vapor, acaso formado, em líquido.

Considerando-se uma bomba centrífuga em funcionamento, se, por qualquer motivo, a pressão do líquido se tornar inferior à pressão de vapor na temperatura ambiente, haverá transformação do líquido em vapor; qualquer acréscimo subsequente de pressão, ainda na mesma temperatura, dará lugar ao fenômeno inverso, ou seja, provocará a transformação do vapor formado, em líquido.

Ao fenômeno que se acaba de descrever sumariamente, denomina-se “cavitação”, exatamente pelo fato de se formarem, na massa líquida, “cavidades” preenchidas com vapor. Toda vez que a pressão em qualquer ponto de uma bomba em funcionamento atinge o **limite crítico (neste caso, o valor da tensão de vapor correspondente)**, tem início uma série de vibrações e ruídos, o funcionamento torna-se precário, o rendimento baixa e sérios danos podem ser causados às instalações, em virtude da vibração mais ou menos intensa. Por outro lado, o verdadeiro “bombardeio” causado pelas violentas e sucessivas mudanças de estado físico, as quais se apresentam sob a forma de pequenas e inúmeras explosões na massa líquida, pode causar e freqüentemente produz, de fato, a remoção de partículas do material do rotor, originando uma série de minúsculas escavações (“pitting”) que, com o correr do tempo, acabam por destruir substanciais partes do impelidor.

Oportuno se torna definir uma grandeza estreitamente ligada ao fenômeno da cavitação: trata-se do índice “NPSH” (“net positive suction head” = “altura líquida de sucção positiva”).

Quando a superfície livre do líquido a ser elevado por uma bomba se acha situada **acima** do centro desta última, o NPSH pode ser definido como o valor da pressão atmosférica local, adicionado da pressão estática absoluta no flange da sucção (corrigida, tal pressão, para a horizontal que passa pelo centro da bomba), e subtraído da perda de carga total ao longo do trecho de sucção e da pressão absoluta do vapor do líquido, na temperatura de bombeamento (vide expressão geral mais adiante).

No caso da superfície livre do líquido a ser elevado pela bomba se achar situada **abaixo** do centro desta, o NPSH será igual à pressão atmosférica, deduzida da soma da pressão estática absoluta no flange da sucção, com a perda de carga total no trecho da sucção e com a pressão absoluta do vapor do líquido na temperatura do bombeamento (vide expressão geral mais adiante).

Há a distinguir o "NPSH disponível" e o "NPSH requerido". O primeiro é uma característica do sistema que estiver sendo considerado, podendo ser definido como a diferença existente entre a altura manométrica de sucção e a pressão de vapor do líquido, na temperatura de bombeamento; é, pois, função da pressão atmosférica, da altura de sucção (positiva ou negativa), das perdas no trecho de sucção e da pressão de vapor do líquido. O "NPSH requerido" pode ser definido como a diferença mínima admissível entre a altura manométrica de sucção e a pressão de vapor do líquido na temperatura de bombeamento; é uma característica da bomba, variando de uma para outra marca, de um para outro modelo de um mesmo fabricante, e, ainda, em função da velocidade de rotação e da descarga de uma dada bomba. Assim sendo, enquanto o "NPSH disponível" pode ser facilmente calculado para um dado sistema, o "NPSH requerido" precisa ser fornecido pelo fabricante, em função dos ensaios específicos conduzidos.

O "NPSH disponível" deve ser sempre maior do que ou pelo menos igual ao "NPSH requerido", sob pena de surgirem problemas no funcionamento da bomba, muito particularmente a cavitação e suas conseqüências.

O "NPSH disponível", para poços de sucção expostos ao ar atmosférico, que é o caso usualmente encontrado em estações elevatórias de esgotos, pode ser calculado pela seguinte expressão:

$$NPSH_d = \frac{p_a}{\gamma} \pm S - \sum h_p - \frac{p_v}{\gamma}$$

ou:

$$NPSH_d = \frac{p_a - p_v}{\gamma} \pm S - \sum h_p$$

onde:

p_a = pressão atmosférica local;

p_v = pressão absoluta de vapor do líquido, na temperatura de bombeamento;

S = altura estática de sucção: **positiva**, no caso da superfície livre do poço de sucção estar situada **acima** do centro da bomba (caso altamente recomendável para a elevação de esgotos, como já se viu) e **negativa**, quando se situar **abaixo**;

$\sum h_p$ = somatória de tôdas as perdas de carga no trecho de sucção, até a flange de entrada da bomba;

γ = pêso específico do líquido bombeado.

Julga-se oportuno reproduzir aqui as recomendações dadas sôbre as situações condenáveis que devem ser evitadas para impedir a cavitação (6):

"a) Altura manométrica total muito mais baixa que a correspondente ao ponto de melhor

rendimento, ou operação com capacidade muito maior do que a correspondente ao ponto de melhor rendimento (pois o NPSH requerido pela bomba aumenta aproximadamente com o quadrado da vazão).

- b) Altura de sucção negativa maior do que o valor máximo definido anteriormente ou altura de sucção positiva menor do que o mínimo definido anteriormente, pois resultaria em $NPSH_d$ menor que $NPSH_r$.
- c) Temperatura do líquido sensivelmente superior à que serviu para seleção da bomba, pois o valor da pressão de vapor pode aumentar, reduzindo o NPSH disponível.
- d) Rotações muito superiores àquela para a qual a bomba foi selecionada (pois o NPSH requerido aumenta aproximadamente com o quadrado da velocidade).
- e) Instalações com linha de sucção demasiadamente comprida, cheia de curvas, válvulas, etc., e com diâmetro não adequado, acarretando excessiva perda de carga.

O valor máximo da sucção negativa e o valor mínimo da sucção positiva, aos quais se refere a alínea "b", são definidos pelas seguintes equações:

$$S_{max} = \frac{p_a}{\gamma} - (NPSH_r + \sum h_p + \frac{p_v}{\gamma})$$

$$S_{min} = NPSH_r + \sum h_p + \frac{p_v}{\gamma} - \frac{p_a}{\gamma}$$

É interessante mencionar o fato de que, sob o ponto de vista do "NPSH requerido", as bombas de eixo vertical são preferíveis às de eixo horizontal.

Concluindo os comentários relativos ao fenômeno da cavitação e, particularmente, ao índice NPSH, é de extrema oportunidade e alta importância ressaltar que os dados e fórmulas apresentados nesta alínea VII admitem, para o esgôto, um comportamento semelhante ao da água pura, havendo referências, apenas, à "pressão de vapor" do líquido bombeado.

Entretanto, faz-se mister dar a máxima ênfase para o fato de que o esgôto, sobretudo quando "velho" ou, mais ainda, quando "séptico", apresenta intensa formação de determinados gases, oriundos da decomposição da matéria orgânica.

Assim, pois, o problema, é, a rigor, muito mais complexo, já que a presença de tais gases vai, sem dúvida alguma, agravar o problema criado com a produção do vapor e, mesmo na ausência deste, há a temer a ação prejudicial dos próprios gases, isoladamente, sôbre o escoamento hidráulico e o funcionamento das bombas.

6.2. Ejetores pneumáticos:

São dispositivos utilizados em estações elevatórias de pequeno porte, para vazões baixas e reduzidas alturas de elevação dos esgotos. Apresentam a vantagem de um funcionamento contínuo, mesmo para vazões afluentes inferiores a 1 l/s (um litro por segundo), dispensando poços de sucção ou de acumulação, o que os torna ideais para serem usados na elevação dos efluentes de instalações sanitárias prediais situadas abaixo do nível da rua ou, se fôr o caso, abaixo do nível do coletor público. São aparelhos robustos, mais duráveis do que as bombas sendo seu funcionamento usualmente mais garantido do que o destas. Suas vantagens específicas, dentro de sua limitada faixa de aplicação, compensam, em muitos casos, sua baixíssima eficiência, que é da ordem de 15%. No caso de se projetar a instalação de um certo número de pequenas elevatórias, não muito afastadas umas das outras, utilizando ejtores pneumáticos, torna-se aconselhável, em princípio, construir uma única central de ar comprimido, para o acionamento dos ejtores de tôdas as elevatórias do sistema em foco. As aberturas úteis e as seções de passagem dos ejtores devem ter a dimensão transversal mínima de 10 cm. Segundo o MOP n.º 9 da WPCF, podem ser creditadas aos ejtores as seguintes vantagens:

- o esgôto permanece encerrado durante sua passagem pelo ejtor e, conseqüentemente não há escapamento de gases de esgôto, a não ser através do dispositivo de ventilação;
- a operação é inteiramente automática e o ejtor entra em funcionamento somente quando necessário;
- o número relativamente pequeno de partes móveis em contato com o esgôto requer pouca atenção ou lubrificação;
- os ejtores não se obstruem facilmente;
- não é necessário o prévio "gradeamento" do esgôto, já que as válvulas e condutos de ligação deixam passar livremente quaisquer sólidos que entrem no ejtor.

Aproveitando-se a clara e compacta descrição constante da mesma obra citada, pode-se apresentar o funcionamento de um ejtor pneumático da forma que se segue: "Um ejtor consiste, essencialmente, de um tanque fechado, para o interior do qual o esgôto flui, por gravidade, até atingir um determinado nível. Em seguida, pela ação de um flutuador ou de outro dispositivo de contrôle, ar é admitido no interior do tanque, através de válvulas especiais, ou diretamente de um compressor, em quantidade e pressão suficiente para promover a descarga do líquido.

A válvula de retenção instalada no conduto de entrada do ejtor impede que o esgôto saia do tanque, a não ser através da válvula de retenção instalada no conduto de saída, a qual se destina a evitar o retôrno do esgôto recalçado. O ar sob pressão vai deslocando o esgôto, volumetricamente, até que o atingimento do nível mínimo do esgôto, estabelecido pela limitação do percurso do flutuador ou por outro dispositivo de contrôle, provoque a interrupção da entrada de ar".

Ainda da mesma fonte retiraram-se as seguintes recomendações e informes técnicos:

"É recomendável que os ejtores sejam instalados em duplicata, a fim de assegurar que o serviço não se interrompa no caso de falha mecânica de uma unidade e/ ou durante os períodos em que se torna necessário remover o equipamento para reparos, manutenção ou limpeza. A seguinte fórmula empírica fornece a quantidade de ar requerida para operar um ejtor:

$$V = \frac{Q (H + 34)}{250}$$

onde V é o volume de ar livre requerido, em pés cúbicos por minuto, H é a altura total de elevação, em pés, e Q é a descarga de esgôto, em galões por minuto. A fim de permitir a expansão do ar no respectivo tanque de armazenamento, à medida que o esgôto fôr sendo deslocado, a capacidade do tanque e as características dos compressores selecionados devem ser adequadas ao provimento do volume de ar necessário, a uma pressão pelo menos 40% mais alta que a exigida para a elevação do esgôto até a máxima altura considerada".

A ILUSTRAÇÃO 6-4 apresenta um ejtor a ar comprimido — fabricação Yeomans Bros. Co., facilitando a compreensão do seu funcionamento, há pouco descrito (2).

6.3. Parafuso hidráulico de Arquimedes:

As bombas tipo "parafuso hidráulico de Arquimedes" estiveram por muito tempo esquecidas, mas, últimamente, seu uso está se tornando cada vez mais comum na elevação de líquidos a pequenas alturas. No caso de águas servidas, pelo fato de dispensarem qualquer condicionamento prévio, tais bombas vêm sendo consideradas como a melhor solução para inúmeros problemas de elevação de esgotos.

Constam, essencialmente, de um parafuso cilíndrico, de maiores ou menores proporções, montado no interior de uma calha inclinada; os extremos do eixo do parafuso apóiam-se em mancais e um motor situado próximo à extremidade mais elevada é

EJETOR A AR COMPRIMIDO

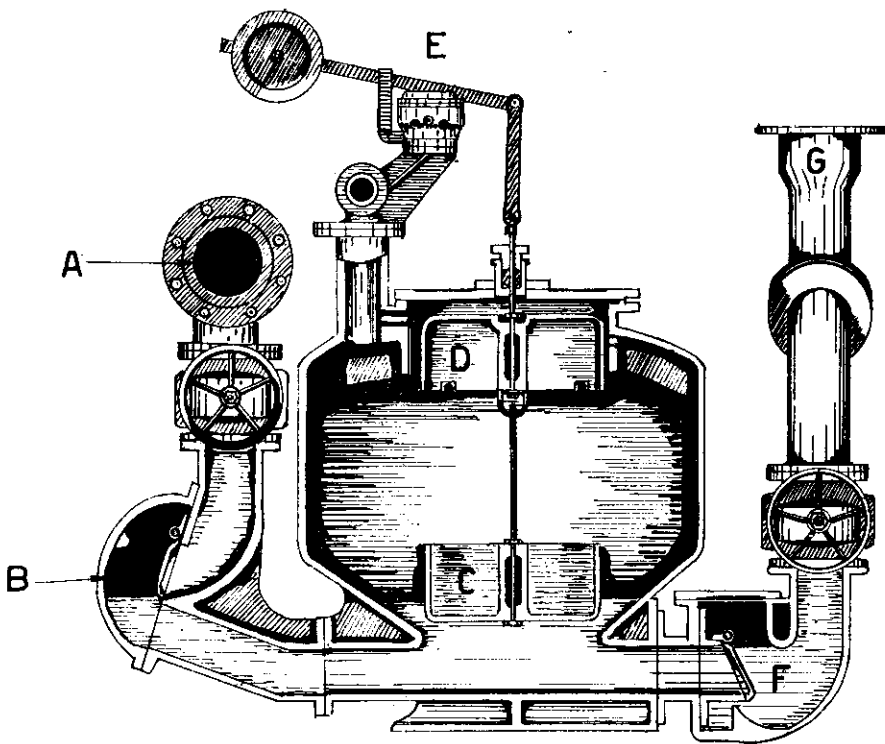


ILUSTRAÇÃO 6-4

empregado para comunicar ao eixo do parafuso um movimento de rotação conveniente.

O líquido a ser bombeado chega ao extremo inferior do parafuso através do conduto afluente, e as pás do parafuso impulsionam as partículas líquidas, ao longo da calha, até o extremo superior, de onde parte o conduto efluente.

Julgou-se conveniente, tende em vista o grande interesse atualmente despertado pelas bombas deste tipo, apresentar, sob a forma de anexos, informações e elementos técnicos provenientes de três fontes altamente credenciadas, a saber:

- o ANEXO I, já anteriormente citado, apresenta dados e ilustrações transcritos do renomado Curso de Engenharia Hidráulica de DELFT, na Holanda.
- o ANEXO III exhibe dados e ilustrações da firma fabricante "J. CONRAD STENGE-LIN", da Alemanha, graças à cortesia de seus representantes exclusivos para o Brasil, a firma "FILSAN PROJETOS E EQUIPAMENTOS HIDRÁULICOS LTDA", de São Paulo, SP.
- o ANEXO IV apresenta uma ilustração e dados relativos às bombas do tipo em foco, fabricadas pela "SPAANS", da Holanda.

7. CASA DE BOMBAS:

A "casa de bombas", ou "câmara seca", ou "poço seco" ("dry well") de uma estação elevatória de esgotos é o compartimento no qual se instalam as bombas destinadas à elevação que se faz necessária. Nos casos em que bombas e motores se acham no mesmo compartimento, costuma-se dar a êste, alternativamente, a denominação de "casa de máquinas". Em determinados tipos de elevatórias, as bombas são instaladas no interior do próprio poço de sucção, como já mencionado anteriormente (bombas submersas e conjuntos-motor bombas submersos) inexistindo então, uma "casa de bombas" na acepção usual do termo.

As dimensões da "casa de bombas" dependem, basicamente, do número e do tipo das bombas a serem instaladas. Os conjuntos motor-bomba de eixo vertical exigem casas de bombas de menor área, além da vantagem de permitirem que os motores e outros equipamentos elétricos sejam colocados em locais situados acima do nível de possíveis inundações.

Como já citado anteriormente, a prática mais aceita é a de se construir a casa de bombas suficientemente funda para que as bombas permaneçam sempre "afogadas", qualquer que seja o nível do esgôto no poço de sucção.

As casas de bombas devem ser adequadamente iluminadas e ventiladas.

Espaços suficientes ao redor de cada bomba e dos demais equipamentos devem ser assegurados para facilitar a circulação e, particularmente, a operação e a manutenção. Escadas regulares, providas de corrimões, devem ser preferidas às escadas do tipo "de mão" ou "de marinho", podendo ser usadas escadas circulares, onde o espaço fôr muito limitado.

A forma geral e as dimensões das casas de bombas devem ser estudadas de modo a atenderem às recomendações constantes deste item, não se podendo esquecer, entretanto, que elas devem ser, na extensão possível, **adequadas**, do ponto de vista estrutural e **econômicas**, quanto ao aspecto da construção.

Embora as estruturas retangulares sejam desejáveis, em princípio, graças ao maior rendimento e à maior facilidade que apresentam, no que se refere à utilização do espaço horizontal, estruturas cilíndricas tipo "caixão" podem ser mais econômicas no caso de profundidades apreciáveis, em precárias condições de fundação e quando os esforços horizontais são da mesma ordem de grandeza dos verticais.

8. POÇO DE RECUPERAÇÃO:

O "poço de recepção", "de sucção", "de acumulação", ou "poço molhado" de uma estação elevatória de esgotos é, antes de mais nada, uma estrutura de transição que recebe as contribuições de um ou mais condutos afluentes, livres ou forçados, e as coloca à disposição das unidades de recalque.

Entretanto, como se verificará no item seguinte, o poço de recepção poderá ser dimensionado, sempre que fôr julgado conveniente, para funcionar como um verdadeiro acomodador ou ajustador entre as vazões afluentes e as de recalque, a fim de tornar mínima a variação das condições de funcionamento das bombas instaladas na elevatória. Tal procedimento simplifica, extraordinariamente, o problema que consiste em se procurar estabelecer o número adequado de bombas e as características necessárias de cada uma delas, com o objetivo de permitir o acompanhamento, tão próximo quanto possível, da curva de variação da vazão afluente, já que a ação regularizadora do poço, assim concebido, tende a uniformizar essa vazão, ao longo do dia, em torno de seu valor médio.

Considerando-se as dificuldades inerentes à construção de qualquer estrutura subterrânea e levando-se em conta que tais dificuldades crescem com a profundidade, desejável seria, em princípio, que o poço de recepção de uma elevatória fôsse sempre projetado e construído de modo a se ter a

mínima profundidade cabível, em cada caso específico. Todavia, não se pode perder de vista o fato essencial de que um poço de recepção, conforme dito no início deste item, tem a finalidade precípua de **receber as contribuições afluentes**, colocando-as à disposição das unidades de recalque e, assim sendo, **a profundidade dos condutos que chegam à elevatória será um condicionador fatal da profundidade mínima a ser imposta ao poço.**

Assim sendo, indispensável se torna que o nível máximo do esgoto no poço de recepção se situe em posição tal que não haja qualquer obstáculo ao escoamento dos condutos livres afluentes, evitando-se remansos, dos quais resulta sempre o funcionamento precário da rede contribuinte, com a ocorrência de velocidades demasiadamente baixas, que conduzem à decantação da matéria orgânica, com todos os seus graves inconvenientes, que envolvem, sobretudo, a progressiva redução da seção de vazão e a produção de gases como o ácido sulfídrico, à medida que o lodo orgânico sedimentado passa ao estado séptico. É pois, altamente desejável, que todo conduto afluente a um poço de recepção apresente, no seu extremo de jusante, a qualquer momento, condições de escoamento de máximo rendimento hidráulico.

No caso específico de elevatórias que recebem efluentes de estações de tratamento, para lhes proporcionar uma última elevação, antes do lançamento, e em certos outros casos, pode acontecer que as estruturas subterrâneas de tais elevatórias, inclusive seus poços de recepção, se situem a pequenas profundidades; excepcionalmente, até mesmo pode ocorrer a desnecessidade de estruturas subterrâneas, em virtude dos efluentes chegarem em níveis superiores ao do terreno.

Paredes verticais que possam ser atingidas em todos os seus pontos devem ser adotadas a fim de facilitar a limpeza e limitar a um mínimo a possibilidade de depósitos provenientes da eventual decantação de uma parte dos sólidos carreados pelos esgotos. **Sempre que e onde** fôr praticável, o fundo do poço deve ter uma inclinação mínima de 45.º (quarenta e cinco graus) no sentido das bocas de sucção das bombas, a fim de reduzir, na medida do possível, a estagnação das matérias sólidas que se tendem a depositar, e facilitar o arrastamento destas, quando as bombas esvaziarem completamente o poço.

A experiência tem demonstrado que um mínimo de estagnação se verifica, quando a declividade é de 1,75 vertical para 1,00 horizontal. Dentro desta linha de preocupações, portanto, devem ser evitados, na extensão viável, quaisquer fundos chatos, bem como espaços mortos, nos quais o líquido tenda a permanecer estacionário.

O poço de recepção deve ser dividido em dois ou mais compartimentos que possam ser usados simultânea ou separadamente, a fim de evitar a paralisação total da elevatória, por ocasião das limpezas periódicas indispensáveis, no poço, ou quando se tornarem necessários serviços de limpeza, reparo ou manutenção, no trecho de sucção de qualquer das bombas. O número mínimo de compartimentos do poço deverá ser de 2 (dois) e o número máximo corresponderá à construção de um compartimento isolado para cada bomba.

É indispensável que se prevejam tôdas as facilidades para acesso, inspeção, limpeza, iluminação e ventilação do poço.

Recomenda-se, vigorosamente, que os acessos ao poço de recepção sejam sempre localizados fora da casa de bombas e de outros compartimentos da elevatória, a fim de evitar a invasão dos mesmos pelos gases de esgoto que emanam do poço, em maior ou menor proporção, conforme as condições específicas de cada caso.

Quanto à forma geral e às dimensões dos poços de recepção, devem elas satisfazer às recomendações tanto deste item como às do seguinte, aplicando-se-lhes, outrossim, as observações constantes do final do item 7, referentes às casas de bombas, no que concerne aos aspectos estrutural e econômico, inclusive quanto ao eventual uso de estruturas cilíndricas tipo "caixão".

9. DIMENSIONAMENTO DO POÇO DE SUCCÃO E SELEÇÃO DAS UNIDADES DE RECALQUE

As contribuições de esgotos sanitários que chegam a uma estação elevatória de esgotos variam, obviamente, em quantidade, durante as 24 horas do dia, segundo uma curva que é usualmente conhecida como "**curva de variação horária da vazão de esgotos**" no ponto considerado.

Já se viu, anteriormente, que, para pequenas bacias contribuintes, a variação horária da vazão afluente é considerável, mas, à medida que aumenta a área da bacia e crescem de vulto os respectivos coletores troncos, interceptores e emissários, tem lugar uma redução sensível e progressiva nessa variação, um verdadeiro "amaciamento" ou "achatamento" dos "peaks", enfim, estabelece-se uma faixa muito mais estreita de valores, em torno da vazão média ao longo do dia.

Esse efeito, conforme também já antes explicado, nasce da grande capacidade de armazenamento do sistema afluente, o qual funciona, por isso mesmo, como se fôsse um reservatório de regularização de descargas. Entretanto, foi dada ênfase, outros-

sim, para o fato de que tal fenômeno só ocorre quando a rede apresenta funcionamento normal, inteiramente dentro de sua capacidade de projeto **sem qualquer sobrecarga**.

Determinados fatores podem, eventualmente, afetar de forma substancial a curva de que se trata, como por exemplo:

- tal curva varia, entre certos limites, conforme o dia da semana considerado, bem como em função das estações do ano;
- a existência ou não de “populações flutuantes” na região em estudo poderá alterar decisivamente o diagrama de vazões;
- mesmo num sistema separador absoluto, a vazão afluente a uma estação elevatória de esgotos sanitários sofre acréscimos sensíveis, por ocasião das chuvas, mercê da infiltração e das ligações clandestinas, ambas, infelizmente, inevitáveis na prática; tais contribuições adicionais assumem, por vezes, proporções extarordinárias.

Considerando-se uma dada estação elevatória e sua respectiva bacia contribuinte, é imprescindível que, **preliminarmente**, se procure realizar toda sorte de estudos, investigações, pesquisas e análises, capazes de dar uma idéia, tão aproximada quanto possível, da conformação da correspondente curva de variação horária da vazão, nas condições que possam ser consideradas mais representativas, levadas em conta as situações mais desfavoráveis. Análises comparativas criteriosas, prudentes e bem fundamentadas, com bacias devidamente controladas e realmente semelhantes àquelas em exame, poderão constituir uma das melhores maneiras de se atingir a meta referida.

Admitindo-se que tenha sido, afinal, obtida uma curva que se aproxime, suficientemente, da realidade, e supondo-se que ela indique uma **apreciável variação da descarga, no decorrer das 24 horas do dia**, duas formas extremas existem de se encarar o problema:

- a primeira consiste em se procurar uniformizar a vazão horária, fazendo-a tender para seu valor médio, através do dimensionamento do poço de recepção, de modo tal, que ele possa funcionar como um reservatório de regularização da vazão afluente;
- a segunda traduz-se na seleção adequada dos conjuntos motor-bomba, em termos de número, tipo capacidade e flexibilidade de funcionamento, de modo a permitir o sensível acompanhamento da curva de variação, vazão afluente, dentro de faixas de rendimento satisfatório.

A adoção da primeira alternativa simplificaria, extraordinariamente, a tarefa, freqüentemente difícil e complexa, da seleção conveniente dos conjuntos motor-bomba de uma elevatória, dada a ponderável uniformidade que destarte seria obtida para a vazão a ser recalçada durante todas as horas do dia ou da noite.

Entre as duas formas extremas, há, evidentemente, diversas maneiras intermediárias de se abordar o problema da inter-relação entre vazões afluente e descargas recalçadas, procurando-se obter soluções satisfatórias, sob os pontos de vista técnico e econômico, dada ênfase aos aspectos sanitários envolvidos.

É interessante observar que, nos casos de ser muito grande a capacidade de regularização do sistema afluente, ou quando são utilizadas bombas capazes de se ajustarem, sem maiores problemas e com razoável eficiência, à curva de variação da vazão afluente, **o poço de recepção pode ser reduzido a um simples canal de distribuição do esgoto às diversas bombas instaladas**. Deve, contudo, ser feito, para cada caso, um criterioso balanceamento técnico-econômico, sempre destacados os aspectos sanitários, a fim de se determinar a melhor solução.

Análise do problema tem demonstrado que, freqüentemente, a solução mais indicada consiste na instalação de conjuntos motor-bomba selecionados de forma a propiciar o fácil acompanhamento da curva de variação da vazão afluente, daí resultando um poço de recepção de reduzidas dimensões.

Assim sendo, julga-se conveniente expor, a seguir, uma série de considerações, intimamente ligadas ao assunto em foco, tentando-se definir as mútuas implicações que existem entre as dimensões do poço de recepção e as características de funcionamento das unidades de recalque. Tais considerações serão desenvolvidas com apoio principal nos “Manuals of Practice” N.º 8 e N.º 9, da WPCF.

Do dimensionamento do poço de recepção e da seleção das unidades de recalque, vão depender largamente:

- o tempo durante o qual o esgoto será retido na elevatória;
- a freqüência de operação dos conjuntos motor-bomba;
- a eficiência do tratamento, no caso em que a elevatória em estudo se destine a bombear o esgoto na cabeceira, no extremo de jusante ou em qualquer ponto intermediário de uma estação de tratamento.

Embora sob os pontos de vista elétrico e mecânico seja aconselhável que os conjuntos motor-

-bomba operem sempre durante períodos mais ou menos longos, evitando-se freqüentes partidas e paradas dos mesmos, é preciso atentar-se para o fato de que a consecução de tal objetivo não deve implicar numa retenção excessiva do esgoto, em decorrência das dimensões consideráveis que se teria, talvez, de impor ao poço de recepção, para garantir as condições de funcionamento mencionadas.

Realmente, uma permanência demasiada, no poço de sucção, poderá tornar séptico o esgoto, daí resultando todo um cortejo de condições indesejáveis, com violento desprendimento de gases fétidos e favorecimento da corrosão química das estruturas expostas ao ataque dos agentes agressivos que caracterizam a fase de anaerobiose. Por isso mesmo, a forma, bem como as dimensões do poço e o respectivo tempo de detenção devem ser tais que a deposição de sólidos se reduza a um mínimo e que o esgoto não atinja o estado séptico.

No caso de uma estação de tratamento, é de extrema importância garantir-se uma sensível uniformidade da vazão total da elevatória, durante todo o dia ou, pelo menos, evitem-se, ao máximo, variações bruscas da vazão, a qualquer momento, sob pena de ocorrerem perturbações mais ou menos severas do funcionamento das unidades de tratamento, especialmente daquelas de sedimentação ou de aeração, com inevitável redução da eficiência global.

Embora a maior parte dos critérios de estabelecimento do tempo adequado de detenção sejam baseados na vazão afluyente média, é fundamental e decisivo o papel dos valores máximos e mínimos da vazão afluyente, no dimensionamento do poço de recepção.

Para elevatórias que não sejam de grande porte, uma solução simples e bastante satisfatória consiste em dimensionar-se o poço molhado de modo que, para qualquer combinação de vazão afluyente e descarga recalçada, o ciclo de operação de cada bomba não tenha duração inferior a **5 minutos** e o máximo tempo de retenção no poço não exceda de **30 minutos**. No caso de unidades de recalque de grande capacidade, é da máxima conveniência que elas sejam operadas de forma tanto quanto possível contínua. Para tanto, o dimensionamento do poço de sucção deve ser efetuado de modo a se assegurar uma perfeita coordenação entre a seleção de cada um dos conjuntos motor-bomba e a fixação dos níveis do esgoto, no poço, para os quais as bombas devem ser ligadas ou desligadas.

Levando-se em consideração que orientações já foram dadas quanto aos critérios relativos ao número de unidades de recalque (item 5), à determinação da vazão de projeto (item 4), ao intervalo mínimo de funcionamento de cada bomba e ao máximo tempo de retenção do esgoto no poço, as seguintes

equações, de extrema simplicidade e clareza, ajudam a raciocinar sobre a maneira de combinar o volume adequado para o poço de recepção com a capacidade de recalque conveniente da elevatória, mediante uma judiciosa seleção de conjuntos motor-bomba:

$$V = q \cdot d$$

$$P \cdot f = q \cdot d + q \cdot f = q (d + f)$$

onde:

$$q = \text{vazão afluyente (m}^3/\text{s)}$$

$$P = \text{vazão de recalque (m}^3/\text{s)}$$

$$f = \text{período de funcionamento do recalque (s)}$$

$$d = \text{período de interrupção do recalque (s)}$$

$$V = \text{volume útil do poço de sucção (m}^3\text{)}$$

Diversificadas são as opiniões a respeito dos valores limites apropriados para "f" e para "d", além do fato de que cada caso específico deve ser examinado à luz das circunstâncias e das condições que lhe são peculiares. Entretanto, acredita-se que o valor "**minimum minimorum**" de **5 minutos** para "f" seja unânimemente aceito, parecendo lógica a adoção do período de **15 minutos** como **mínimo razoável**. Quanto ao tempo de detenção máximo, **30 minutos** afigura-se um valor aconselhável e prudente, embora alguns autores, especialmente em determinados casos, estendam tal limite até **4 horas**, e mesmo mais, o que conduziria o esgoto, quase que fatalmente, salvo condições muito especiais, ao estado séptico, com todos seus notórios inconvenientes.

Claro está que "d" e "f" devem ser verificados para as condições de vazão mínima prevista, já que, das fórmulas há pouco apresentadas, pode-se tirar:

$$d = \frac{V}{q} \quad (1)$$

$$f = \frac{q \cdot d}{P - q} \quad (2)$$

na relação (1), fixando-se o valor de "V", a descarga mínima conduzirá ao "d_{max}", ou seja, ao limite superior estabelecido; qualquer vazão superior levará a **períodos de interrupção do recalque** e, portanto, a tempos de detenção, inferiores ao teto fixado; na relação (2), fixados, por hipótese, "d" e "P", a vazão mínima conduzirá ao "f_{min}", ou seja, ao limite inferior do **período de funcionamento do recalque**; qualquer vazão superior conduzirá a períodos de funcionamento superiores ao mínimo fixado.

Uma forma mais apurada de se proceder ao dimensionamento do poço de bombas é aquela que

se baseia no traçado do diagrama de massas da vazão afluente, durante o dia mais desfavorável, procurando-se, a seguir, por tentativas, ensaiar **combinações de volumes de poço e capacidades de recalque** sobre a curva de volumes acumulados da vazão horária, de modo de funcionamento razoáveis para as bombas, sem partidas e paradas demasiadamente freqüentes. **Babbitt e Baumann** (3) apresentam um exemplo ilustrado, referente a uma determinada elevatória, para a qual se supõem conhecidos o diagrama de massas da vazão afluente, o volume do poço de recepção e o número e a capacidade das bombas. A cuidadosa análise do funcionamento da elevatória durante as 24 horas do dia, com as observações relativas ao estado do poço de recepção, ora cheio, ora vazio, dá uma nítida idéia do problema e da inter-relação entre o dimensionamento do poço e a seleção das unidades de recalque. O ANEXO V transcreve, **mantidas as unidades originais**, o texto e a figura referentes ao exemplo de que se trata.

Como se verifica diante de tudo que foi exposto até agora, no presente item, assaz delicados, complexos e variáveis são os problemas, intimamente ligados entre si, do dimensionamento do poço de recepção e da seleção das unidades de recalque de uma elevatória, do ponto de vista das vazões envolvidas e suas variações.

A experiência pessoal do projetista no trato de assuntos dessa natureza constituirá fator decisivo no acerto da solução escolhida.

Todavia, mesmo chegando-se a uma conclusão que possa ser considerada feliz, no estudo do volume adequado do poço, bem como do número e da capacidade das bombas, estas teriam definidos, quando muito, apenas dois de seus aspectos:

- descarga aproximada de cada conjunto motor-bomba;
- conveniência ou não de serem instalados conjuntos de velocidade de rotação variável.

De absoluta necessidade será determinar, com aproximação satisfatória, as alturas manométricas correspondentes a cada unidade, para as diversas condições de funcionamento.

Imprescindível se faz uma análise cuidadosa das diversas condições de operação da elevatória, procurando-se determinar as perdas de carga originadas em todo o sistema para as principais situações de vazão de recalque de cada bomba funcionando isoladamente, de duas ou mais funcionando em paralelo, etc.

A discussão do assunto, procedida a seguir, será calçada nos "Manual of Practice", n.ºs. 8 e 9 da WPCF.

A escolha criteriosa, que se tem em mira, do número e das características das bombas a serem

instaladas, pode ser considerada como um dos mais relevantes tópicos do projeto de uma elevatória, provavelmente o de maior responsabilidade depois da determinação da vazão de projeto. As diversas combinações possíveis de bombas e respectivos motores precisam ser analisadas e balanceadas diante dos múltiplos aspectos envolvidos, como sejam: custo inicial das estruturas e dos equipamentos, flexibilidade e economia de operação e manutenção e exigências dos processos de tratamento, quando fôr o caso. No decorrer de tal análise, devem ser desenvolvidas considerações sobre o uso de motores de velocidade constante ou variável e sobre a utilização de conjuntos motor-bomba de eixo horizontal ou vertical.

A primeira observação a ser feita, da mais alta importância é a de que as bombas de uma estação elevatória devem ser selecionadas entre aquelas que apresentem curvas características "altura de elevação-vazão" capazes de cobrirem, na extensão possível, em condições de funcionamento aceitáveis, inclusive quanto ao rendimento, toda a faixa de funcionamento da elevatória.

É geralmente necessário efetuar algumas estimativas preliminares referentes aos diâmetros das canalizações, bem como ao número e à espécie das conexões e peças especiais, a fim de tornar possível a construção da "curva de altura de elevação do sistema". Os diâmetros podem ser estimados com aproximação razoável, em função das velocidades recomendáveis para os diversos casos específicos, sendo que o diâmetro da linha de recalque deve sofrer, normalmente, uma análise técnico-econômica, da maneira que será indicada em outro item, mais adiante. Quanto ao número e à espécie das conexões e peças especiais, são determinados através da observação do esquema ("layout") elaborado para a elevatória. As estimativas feitas podem sofrer revisões e reformulações durante o processo de seleção das bombas.

Um aspecto de extrema importância e que, muitas vezes, é subestimado, aparece no caso de longas linhas de recalque, quando, freqüentemente, a variação de nível de esgôto no poço, a altura estática de elevação e as perdas de carga normais e acidentais no interior da elevatória são, todas elas, de importância secundária, diante da perda de carga total por atrito, ao longo da canalização de recalque.

Mesmo quando conferido o destaque que, de fato, merece tal aspecto, permanece ainda a dúvida nascida das controvérsias que até agora se desenvolvem a respeito.

A essência do problema em pauta reside no fato notório de que o coeficiente de escoamento em uma canalização varia não só com a natureza das paredes internas do conduto, mas também com as

modificações advindas na superfície das mesmas, com o correr do tempo. No caso das linhas de recalque de esgotos sanitários, certos autores esposam e defendem a teoria da formação de uma película, após determinado período, sobre a superfície das paredes internas do conduto, em decorrência das próprias matérias contidas nos esgotos, dando lugar a **condições uniformes e permanentes de atrito gerador de perdas de carga, qualquer que seja o material do conduto.**

Dentro deste ponto de vista, dois valores principais há a considerar, no que se refere ao cálculo da perda de carga total na linha de recalque, para as diferentes vazões da elevatória:

- um valor inicial do coeficiente de escoamento, característico do material e do acabamento interno das paredes do conduto;
- um valor permanente do coeficiente de escoamento, a partir da implantação da película há pouco mencionada.

Entretanto, mesmo aceita a teoria exposta, muito discussão e incerteza ainda existe com relação a importantes aspectos, como sejam:

- valor do coeficiente de escoamento, após implantada a película;
- tempo necessário à implantação da película.

As opiniões variam e, enquanto alguns estudiosos indicam para C_{HW} (coeficiente de escoamento da fórmula de Hazen-Williams) o valor 120, outros preconizam valores entre 90 e 100.

De qualquer forma, há a destacar o fato incontestado de que, no início do funcionamento da elevatória, haverá uma certa perda de carga total, por atrito, ao longo de uma linha de recalque nova, caracterizada por um determinado C_{HW1} ; ao cabo de um determinado tempo de uso, ter-se-á um coeficiente de escoamento C_{HW2} , constante ou não, conforme a hipótese admitida, mas, de qualquer forma, provavelmente inferior ao inicial.

Sendo a perda de carga total ao longo da linha de recalque uma componente da altura total de elevação da estação e, conforme se mencionou, constituindo, freqüentemente, uma parcela decisiva desta última, é absolutamente imprescindível levar-se em consideração a mencionada variação do C_{HW} em função do tempo, já que as bombas deverão enfrentar situações diversas, com alturas manométricas totalmente diferentes. Mister se faz, portanto, tentar conhecer, tanto quanto possível, os valores das perdas de carga e suas influências sobre o funcionamento das bombas, para as duas situações extremas a considerar:

- coeficiente de escoamento inicial, ou máximo;

- coeficiente de escoamento permanente, ou mínimo.

A melhor maneira de se conseguir tal intento consiste em, preliminarmente, construir-se a **curva de altura de elevação — vazão do sistema**, para toda a gama de vazões da elevatória. Tal curva, comumente conhecida como **“curva de altura de elevação do sistema”** (“system-head curve”) é obtida lançando-se, num sistema de eixos cartesianos retangulares, em abscissas as vazões e em ordenadas as somas das alturas estáticas de elevação com as perdas de carga ao longo das canalizações, conexos e peças especiais do sistema (perdas normais ou por atrito + perdas localizadas ou acidentais), correspondentes às diversas vazões consideradas. Tendo em vista que o nível do esgoto no poço de sucção está sujeito a variações por vezes apreciáveis, é aconselhável construir-se as curvas do sistema para as duas situações extremas, isto é, para o nível máximo e para o nível mínimo no poço; esta observação tem especial importância nos casos em que a altura estática de elevação não é muito grande e a linha de recalque é curta, não dando margem a avultadas perdas por atrito; à medida que a altura estática de elevação cresce e/ou a linha de recalque apresenta extensão mais ou menos considerável, a variação do nível no poço vai perdendo sua importância, podendo, mesmo não ser considerada digna de cômputo.

Apenas as perdas verificadas nas partes do sistema de canalizações, conexões e peças especiais **comuns a todas as bombas** são normalmente levadas em conta para a obtenção das **“curvas de altura de elevação do sistema”**. As perdas de carga normais e acidentais entre o poço de sucção e a entrada de cada bomba e entre a saída desta e o **barrilete** são, usualmente, subtraídas da **“curva altura de elevação -vazão da bomba considerada”**. Tal subtração dá lugar a uma **“curva altura de elevação- vazão modificada da bomba”**, a partir da qual os diversos **pontos de operação** podem ser facilmente determinados.

Os coeficientes necessários à estimativa das perdas no sistema de canalizações, conexões e peças especiais podem ser facilmente encontrados nos manuais especializados.

No caso, ora em análise, de **longas linhas de recalque**, as **“curvas de altura de elevação do sistema”** (ou, simplesmente, **“curvas do sistema”**) devem ser desenvolvidas de forma a apresentarem as máximas e mínimas perdas de carga por atrito possíveis, a serem estimadas para aquelas linhas, durante o tempo de vida útil das unidades de recalque.

Como já se referiu, as perdas de carga ao longo dos trechos de sucção e descarga privativos de cada bomba não devem ser incluídas nas **“curvas de altura de elevação-vazão do sistema”**, sendo muito mais interessante deduzir tais perdas da **“curva caracteris-**

tica" ("curva altura de elevação-vazão") respectiva da bomba considerada, a fim de se obter uma imagem real da capacidade de vazão de uma operação múltipla, envolvendo duas ou mais bombas. Esta dedução dá origem a uma "curva característica modificada da bomba", que corresponde à sua vazão junto ao barrilete. A vazão do barrilete correspondente a uma operação múltipla de bombas é obtida somando-se as vazões para pontos de igual altura de elevação, com base nas indicações das "curvas características modificadas".

A ILUSTRAÇÃO 9-1 apresenta um conjunto típico de "curvas do sistema", juntamente com "curvas características" individuais representativas das bombas, "curvas características modificadas" e "curvas características modificadas combinadas", indicando operação múltipla das bombas. A interseção das "curvas características modificadas" e das "curvas características modificadas combinadas" com as "curvas de altura de elevação-vazão do sistema" indica a vazão de recalque total da elevatória para as diversas condições de operação. A mesma figura apresenta quatro "curvas do sistema", sendo duas correspondentes aos níveis máximo e mínimo do esgoto no poço de recepção, admitindo $C_{HW} = 100$, as duas outras referindo-se, também, aos níveis máximo e mínimo no poço, mas para um valor $C_{HW} = 140$. Tais valores de C_{HW} podem ser habitualmente considerados como os limites extremos a serem levados em conta para linhas de recalque de esgotos sanitários.

É de boa norma selecionar bombas que permitam atender à vazão total exigida da elevatória para as condições de máxima altura de elevação a ser esperada. Entretanto, não se deve esperar, de forma alguma, que isto ocorra nas condições de máximo rendimento. As bombas devem ser escolhidas de forma a apresentarem sua máxima eficiência nas condições médias de operação. No caso da figura em exame, admitindo-se que a vazão total da elevatória deva ser obtida mediante a operação simultânea das bombas n.ºs 1, 2 e 3, funcionando em paralelo, a altura total de elevação requerida no barrilete de descarga da estação será aproximadamente de 51 pés (~ 15,5 m), com nível máximo no poço de recepção e $C_{HW} = 100$ para a linha de recalque. Se tal ponto for projetado horizontalmente até as "curvas características modificadas" individuais das bombas e, em seguida, verticalmente, até às "curvas características" individuais das bombas, a altura de elevação exigida para as bombas n.ºs 1 e 2 será de 54 pés (~ 16,5 m); para a bomba n.º 3 será de aproximadamente 57 pés (~ 17,4 m).

A diferença entre a altura de elevação exigida no barrilete de descarga e a requerida para cada bomba, corresponde à perda de carga total nos tre-

chos de sucção e descarga de cada uma, respectivamente.

A figura também indica a altura de elevação mínima em que cada bomba irá operar. No caso das bombas n.ºs 1 e 2, a altura de elevação mínima será de aproximadamente 41 pés (~ 12,5 m); para a bomba n.º 3 será de aproximadamente 42 pés (~ 12,8 m).

Estas alturas de elevação mínimas são importantes e devem ser fornecidas aos fabricantes das bombas, já que eles geralmente determinarão a máxima "potência ao freio" (ou "potência no eixo") requerida para o acionamento da bomba e a máxima velocidade na qual a bomba pode funcionar sem cavitação. No momento de se adquirirem bombas, deve ser fornecida ao fabricante do equipamento de recalque a altura de elevação mínima sob a qual o equipamento deve operar, de modo que possa ser escolhido o equipamento adequado.

É preciso ter em mente que a vazão de uma bomba centrífuga é uma variável que dependerá da altura total de elevação sob a qual ela opera. Quando se diz que uma dada bomba apresenta uma certa vazão, esta vazão refere-se exclusivamente a um ponto da "curva característica" e variará em função das condições reais da altura de elevação.

O tamanho de uma bomba é usualmente referido pelo diâmetro do orifício de saída da bomba. Esse tamanho variará, de fabricante para fabricante, diante de um mesmo conjunto de características da bomba. Convém limitar a um mínimo de 100 mm o diâmetro de saída das bombas de esgotos, mesmo para pequenas instalações, não devendo ser esquecida a recomendação de que uma esfera de 0,06 m (2 1/2") de diâmetro deve poder transitar livremente pelo interior da bomba. Estas considerações são de alta importância para evitar obstruções.

Concluindo este item, é importante insistir, mais uma vez, no fato de que devem ser evitadas velocidades de rotação elevadas para as bombas que se destinam ao recalque de esgotos, em virtude da própria natureza do líquido bombeado, o qual, frequentemente, contém materiais abrasivos, sobretudo areia.

10. MOTORES:

Dois tipos de motores são, basicamente, utilizados em estações elevatórias de esgotos:

- motores elétricos
- motores de combustão interna

A simplicidade, a confiança, a flexibilidade e o baixo custo dos **motores elétricos**, bem como o custo relativamente baixo da energia elétrica, usual-

CURVAS CARACTERÍSTICAS DAS BOMBAS E CURVAS DO SISTEMA

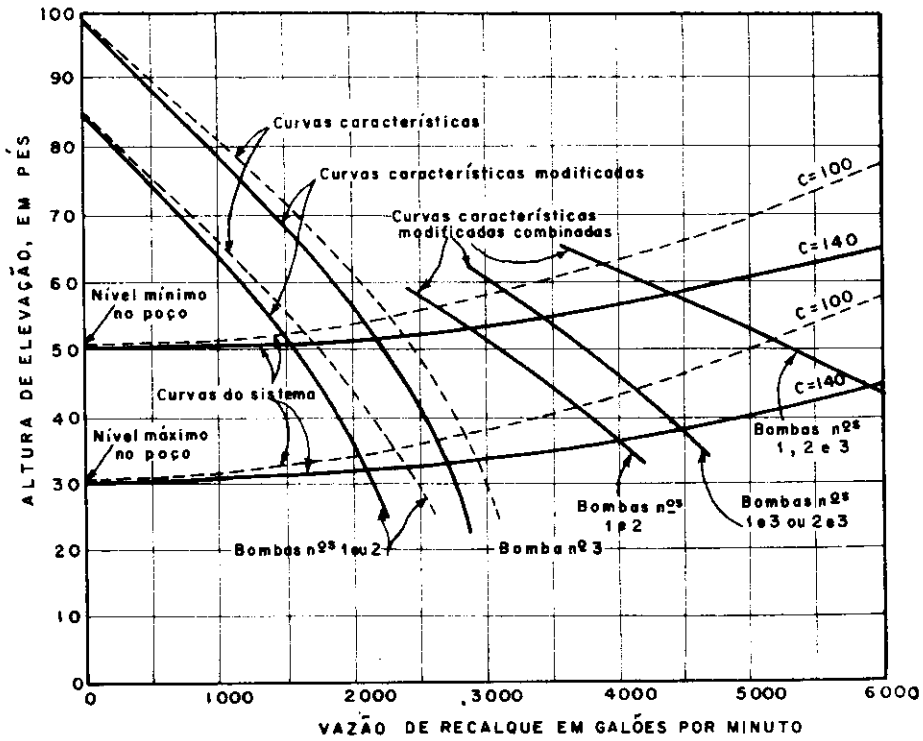


ILUSTRAÇÃO 9-1

OBS: A figura acima foi copiada da fl. 267 do "Manual of Practice" n.º 9, da Water Pollution Control Federation

mente disponível nos locais em que se necessita implantar uma estação elevatória de esgotos, fazem, dos mesmos, o tipo mais largamente usado e, frequentemente, o mais econômico para o acionamento das bombas de uma elevatória.

Entretanto, no caso de elevatórias integrantes de uma estação de tratamento de esgotos, na qual se realiza a coleta do gás proveniente dos digestores, poderá ser vantajosa a instalação de motores de combustão interna, utilizando "gás de esgoto", para o acionamento das bombas, tudo dependendo de um judicioso estudo comparativo técnico-econômico. Muitas vezes, os motores de combustão interna utilizados para tal finalidade são do tipo "duo fuel", ou seja, podem funcionar com dois combustíveis diferentes, um dos quais o "gás de esgoto", o outro podendo ser óleo diesel.

São quatro os grupos gerais de motores elétricos usados em bombas de esgotos:

- motores de velocidade constante;
- motores de mais de uma velocidade;
- motores de velocidade variável ou ajustável;
- combinações de motores de velocidade constante, com transmissões variáveis.

Embora os três últimos grupos permitam uma facilidade maior no acompanhamento da curva de variação da vazão dos esgotos afluentes à elevatória, os motores de velocidade constante são os mais largamente usados, pelas suas características de custo mais baixo, maior facilidade de manutenção e maior segurança de funcionamento.

A seleção do motor adequado a uma dada bomba baseia-se, essencialmente, nos seguintes aspectos:

- análise das características de "torque" das bombas, sob tôdas as condições de operação;
- análise do custo combinado do equipamento, em si, e de sua operação;
- seleção do tipo de carcaça, da classe de isolamento, dos tipos de mancais e do método de lubrificação.

11. SISTEMA DE CONTRÔLE:

Conforme referido no item 1, as unidades de recalque de uma estação elevatória de esgotos podem ser operadas **manual** ou **automáticamente**. No caso de instalações de pequeno e médio porte, a operação automática tende a ser a mais prática e econômica, desde que o órgão responsável disponha dos meios necessários para garantir a eficiente manutenção dos equipamentos de controle.

Entretanto, é sempre recomendável que qualquer equipamento de comando automático possua, ao mesmo tempo, comandos manuais, a fim de atender a determinadas circunstâncias, inclusive, e sobretudo, a situações de emergência que impossibilitem a operação automática.

Nas grandes elevatórias, para as quais assistência contínua é exigida, o controle pode ser exclusivamente manual, ou seja, acionado graças à iniciativa direta do operador. Isto não significa que seja dispensável uma permanente preocupação em tornar tão fácil quanto possível o comando manual dos equipamentos, através da utilização de controle remoto e de uma série de operações automatizadas, em grande parte, embora subordinadas ao controle e à vontade do operador presente à estação.

Assim, por exemplo, numa grande elevatória, o operador dispõe, via de regra, de controle remoto para o acionamento dos registros das linhas de descarga das bombas; as comportas de tais registros são, usualmente, movimentadas por motores elétricos ou por dispositivos hidráulicos e, em muitos casos, após o operador comprimir o botão de controle que comanda a abertura da comporta de um registro, a aplicação de energia cessa automaticamente, ao atingir a comporta o fim de seu curso; tem-se pois, no exemplo, uma operação **manual** apenas em virtude da interveniência do operador, mas altamente mecanizada, e mesmo parcialmente automatizada, para simplificar e tornar mais eficiente a ação do indivíduo responsável.

Na operação **estritamente automática** das elevatórias, ou seja, naquela que se processa independentemente da iniciativa de um operador presente, imprescindível se torna a instalação de dispositivos que possam, engenhosamente, **acompanhar as condições de funcionamento da estação**, comandando automaticamente o funcionamento ou o desligamento oportuno dos motores e bombas, bem como de outros equipamentos acaso envolvidos, de tal forma que seja rigorosa e eficientemente cumprida a missão da elevatória, isto é, recalcar, de forma satisfatória, a vazão de esgotos que a ela chega.

A forma mais simples e comum de se estabelecer um vínculo entre as variações da vazão afluenta e os equipamentos de controle, de modo que estes últimos possam comandar automática e convenientemente os conjuntos motor-bomba e outros equipamentos auxiliares, garantindo um desempenho satisfatório das funções da elevatória, consiste na utilização adequada da variação de nível do esgoto no poço de recepção. Com efeito, tal variação de nível é uma consequência da variação da vazão afluenta e da descarga de recalque e, portanto, torna-se perfeitamente possível, mediante a instalação de dispositivos adequados, que funcionem sob a influência das oscilações do nível livre do esgoto no poço,

acionarem-se interruptores ou chaves, que liguem ou desliguem, nos momentos oportunos, os motores e outros equipamentos auxiliares.

Os dispositivos mais comumente usados para tal finalidade são:

— Contrôles operados por flutuadores:

Constam, basicamente de flutuadores ou bóias, que, de preferência, devem funcionar no interior de tubos verticais que os protejam contra a turbulência usualmente verificada no poço de recepção; em seu movimento ascendente ou descendente, os flutuadores acionam, direta ou indiretamente, os interruptores ou chaves de comando; estabelecido um esquema racional de funcionamento, a elevação progressiva do nível do esgôto provocará o acionamento sucessivo dos diversos motores, e o abaixamento do nível dará lugar ao desligamento, também sucessivo, dos mesmos. Em sistemas altamente aperfeiçoados, pode-se assegurar uma variação da descarga de recalque, de forma sensivelmente contínua, bem como é possível estabelecer-se um rodízio automático de funcionamento dos motores, com vistas a igualar seu uso, na extensão viável. No caso da utilização deste tipo de flutuadores, em esgôto bruto, indispensável se torna adotar uma série de precauções para eliminar ou reduzir os inconvenientes de depósitos de gordura no flutuador ou no tubo protetor, os problemas com trapos, etc. . .

— Contrôles operados pneumaticamente:

Consistem de interruptores sensíveis à variação de pressões, montados num barrilete comum, do qual um dos extremos fica mergulhado abaixo do nível mínimo do esgôto no poço de recepção; a outra extremidade do barrilete é ligada a um pequeno compressor, que injeta ar a uma pressão suficiente para causar borbulhas no extremo inferior do barrilete. A pressão do ar no barrilete irá variar com a submergência, a qual é função do nível livre do esgôto; em consequência, os interruptores mencionados irão funcionar, ligando ou desligando as unidades de recalque ou atuando sobre sua velocidade. São considerados de baixo custo, seguros e de fácil manutenção.

— Contrôles operadores eletricamente:

São constituídos de pares de eletrodos isolados, cada um deles devendo ser vinculado

a uma determinada descarga de bombeamento. Para atender a tal finalidade, os eletrodos são dispostos no interior do poço de sucção, de modo tal, que o líquido entre em contato com eles, em níveis prefixados, cada eletrodo correspondendo a um dado nível. Quando o contato tem lugar, fecha-se um circuito e, por meio de relés, é efetuada a desejada modificação na vazão de recalque. No caso de se utilizar o sistema para o bombeamento de esgôto bruto, os trapos, a gordura e a escuma podem perturbar ou mesmo interromper o funcionamento do sistema, o que exige contínua limpeza, a fim de garantir condições satisfatórias de trabalho. Uma excelente solução para aliviar o problema consiste em colocar os eletrodos no interior de um tubo cheio de água limpa e provido de uma grande "bexiga" ou "bola de encher", na extremidade mergulhada no esgôto. As variações de pressão na "bexiga", provocadas pela oscilação do nível do esgôto no poço, produzem variações correspondentes no nível da água contida no tubo, o que dá lugar ao acionamento do sistema de controle.

A disposição que se acaba de descrever pode ser aplicada ao caso dos controles operados por flutuadores.

O ANEXO II apresenta um tipo de controle essencialmente simples, baseado em interruptores de contato de mercúrio; cada interruptor fica alojado no interior de um envólucro em forma de "pêra", cuja posição espontânea é aquela em que sua parte mais dilatada fica voltada para baixo, situação na qual o circuito ligado ao controle permanece aberto; com a subida do nível do esgôto no poço, o empuxo do líquido provocará a inclinação da "pêra" e, automaticamente, fecha-se o circuito que aciona o controle.

Outros tipos de sistema de controle existem, ligados a medidores de descarga (tubos Venturi, calhas Parshall, vertedores, etc.), de tal maneira que o próprio funcionamento dos medidores, estreitamente relacionados às variações de vazão, dê margem ao acionamento automático dos dispositivos de controle e comando das unidades de recalque.

12. CANALIZAÇÕES, CONEXÕES E PEÇAS ESPECIAIS:

12.1 MATERIAIS:

O material mais empregado é o ferro fundido, especialmente para grandes diâmetros, trechos enterados, expostos ao tempo, etc. O aço pode ser usa-

do, desde que devidamente protegido, e de preferência em trechos não enterrados, bem como abrigados do tempo.

Nos trechos enterrados, exteriores às elevatórias, pode ser utilizado o cimento-amianto e, no caso de diâmetros de grande porte, usa-se, freqüentemente, o concreto armado.

12.2. JUNTAS:

Podem ser em flange, em "ponta e bolsa", rosqueadas ou de tipos especiais; as primeiras devem ser utilizadas nos casos de peças ou canos removíveis e, por isso mesmo, são de uso generalizado no interior das elevatórias. Qualquer que seja o tipo, as juntas devem sempre o mais possível acessíveis. Nas canalizações situadas fora das elevatórias, principalmente nas linhas de recalque, é freqüente o emprêgo de juntas do tipo "ponta e bolsa", usando-se, eventualmente, juntas de tipos especiais. Raramente utilizam-se juntas rosqueadas. Eventualmente, impõe-se o emprêgo de juntas especiais, inclusive de juntas flexíveis, dentro das estações, para superar problema de dificuldades de montagem, evitar transmissão de esforços indesejáveis às bombas, etc.

12.3. CANALIZAÇÃO DE SUCÇÃO:

A canalização de sucção deve ser de um diâmetro imediatamente superior ao da canalização de descarga da bomba. Devem ser obedecidas as seguintes recomendações:

- a) a canalização de sucção terá sua extremidade de montante em forma de sino ou similar e voltada para baixo; a boca de entrada deverá estar situada a uma altura, em relação ao fundo do poço, igual a no mínimo $1/3$ e no máximo $1/2$ do diâmetro da mesma;
- b) serão adotadas tôdas as precauções necessárias a evitar o acúmulo de ar no interior da canalização de sucção;
- c) a velocidade do líquido não deve exceder a 1,50 m/s;
- d) será instalado, obrigatoriamente, um registro a montante da bomba;
- e) os tubos e peças especiais deverão apresentar juntas em flange.

12.4. CANALIZAÇÃO DE RECALQUE:

O diâmetro da canalização de recalque será calculado de forma a se ter o custo mínimo de cons-

trução, operação e conservação do sistema de recalque, podendo ser utilizada a fórmula de Bresse para casos simples ou para um pré-dimensionamento. As velocidades de escoamento resultantes deverão ser superiores a 0,60m/s e inferiores a 2,50 m/s. O diâmetro mínimo deverá ser de 100 mm (4"). Deverão ser obedecidas as seguintes recomendações:

- a) as canalizações de recalque de uma elevatória de esgotos compreendem duas partes distintas: as canalizações de descarga das bombas e a linha de recalque;
- b) nas elevatórias em que há vários grupos motor-bomba, metade destes deverá ter canalizações de descarga reunindo-se num único barrilete ("manifold") e a outra metade dos grupos deverá recalcar para um outro barrilete, reunindo-se os dois para formar a linha de recalque geral da elevatória; antes dessa reunião, em cada um dos barriletes será instalado um registro, a fim de permitir isolá-lo da linha de recalque, o que proporciona maior flexibilidade ao funcionamento da estação;
- c) a jusante das bombas serão, obrigatoriamente, instalados registros e, sempre que necessário, válvulas de retenção, precedendo os mesmos;
- d) precauções idênticas às indicadas para as canalizações de sucção, no que diz respeito ao acúmulo de ar, serão adotadas nas canalizações de descarga;
- e) na linha de recalque deverão ser instalados ventosas nos pontos altos, bem como descargas, em determinados pontos baixos;
- f) as ligações entre tubos e peças especiais das canalizações de descarga deverão ser em flange.

13. EQUIPAMENTOS E ACESSÓRIOS:

Nêste item serão relacionados os principais equipamentos e acessórios que, de um modo geral, devem ser instalados numa estação elevatória de esgotos, além daqueles já especificamente abordados em outros itens.

Todavia, e em alguns casos, foi julgado oportuno fazer novamente, uma breve referência a alguns equipamentos já anteriormente mencionados.

Segue-se a relação de equipamentos e acessórios:

- a) medidores de vazão: calha Parshall, medidores Venturi, vertedores, bocais, etc., com indicador instantâneo, totalizador e registrador;

- b) dispositivos para o isolamento da estação e, sempre que possível, descargas de emergência;
- c) dispositivos para o esgotamento da casa de bombas: bombas de poço (manuais ou elétricas), ligações ao trecho de sucção das bombas, etc;
- d) medidores para o consumo de água, luz, força, gás, etc.;
- e) geradores elétricos ou motores não elétricos diretamente acoplados a uma ou mais das bombas, quando tal providência for indicada;
- f) indicador de nível no poço: instantâneo (a régua é indispensável) ou registrador (linígrafo);
- g) relógios;
- h) telefone: se possível, um da rede pública e outro da rede oficial ou de comunicação direta com os órgãos controladores; quando for julgado conveniente, pode ser estabelecido um sistema de radiocomunicações com vistas a situações de emergência;
- i) registros: em grandes elevatórias, os registros dos recalques das bombas devem ser acionados por comandos elétricos ou hidráulicos, devendo ser garantida, entretanto, a operação manual dos mesmos, para casos de falha de energia normal específica;
- j) válvulas de retenção: de preferência de fechamento lento, para evitar o golpe de aríete;
- l) comportas: podem ser de acionamento manual, hidráulico ou elétrico; podem ser, outrossim, de abertura ou fechamento automático, como no caso das do tipo "borboleta, para os "ladrões" ou extravasores;
- m) uma talha manual ou elétrica, instalada, de preferência, em ponte rolante, para colocação, retirada ou simples deslocamento dos equipamentos pesados;
- n) mesa e painel de controle central: nas grandes estações, o comando dos equipamentos convém poder ser feito à distância, em uma mesa de comando, com painel indicativo de todas as características de funcionamento da elevatória;
- o) se as bombas não forem "afogadas", deverá existir equipamento conveniente para a "escorva" das mesmas;
- p) máscaras contra gases, guardadas em local seguro;
- q) extintores de incêndio.

14. RECOMENDAÇÕES GERAIS:

- As estações elevatórias de esgostos devem apresentar aspecto agradável, de modo a torná-las motivo de atração e de simpatia para o público, compensando, destarte, na medida do possível, a repulsa inspirada pela própria natureza do líquido manipulado. Sempre que possível, estarão cercadas de jardins, cuidadosamente conservados.
- É imprescindível que se cuide devidamente do conforto do pessoal que opera a elevatória, tanto mais que, pelo mesmo motivo, ou seja, pela espécie do material com que esse pessoal lida, é do máximo interesse que se procure atenuar a natureza realmente desagradável do trabalho com o esgoto, mediante a criação de fatores de conforto que tornem tal atividade mais atrativa. Dentro desse princípio, devem ser evitadas ao máximo as elevatórias inteiramente subterrâneas, nas quais é praticamente impossível proporcionarem-se condições razoáveis de conforto.
- As elevatórias devem ser sempre bem ventiladas, garantindo-se a ventilação necessária, natural ou artificial, para todas as dependências da mesma. Igualmente, a iluminação deve ser plenamente satisfatória, de modo a atender a todas as necessidades de conforto, operação e manutenção. Se adotada a iluminação do tipo fluorescente ou similar, precauções devem ser tomadas com relação a possíveis efeitos estroboscópicos perigosos, pintando-se, se necessário, as peças sujeitas a movimentos periódicos rápidos, com tintas a cores adequadas.
- Devem ser previstos, no projeto, espaço e disposição que permitam atender, com folga, aos encargos atuais da elevatória, bem como tornem tarefa simples a ampliação da capacidade, em função do aumento da descarga afluente.
- Sempre que julgado conveniente, especialmente nas elevatórias de grande porte, deve ser feito um condicionamento prévio do esgoto afluente. Esse condicionamento, na sua forma mais completa, abrangerá:
 - **Grade de barras:**
É um dispositivo constituído por uma série de barras de aço paralelas, com um espaçamento geralmente da ordem de 0,05 m, destinado à retenção de "sólidos grosseiros": estôpas, traços, pedaços de madeira ou fer-

ro, etc.; a limpeza dessas grades pode ser **manual**, utilizada em unidades pequenas, ou **mecânica**.

— Caixa de areia:

É uma câmara em que parte da areia em suspensão se deposita, em virtude da diminuição da velocidade do líquido, por força do aumento da secção transversal. Frequentemente são mecanizadas, sendo que, no tipo denominado "detrítor", há lâminas móveis em torno de um eixo vertical, que realiza uma verdadeira raspagem do fundo da caixa, encaminhando a areia para um pequeno poço, de onde é ela retirada por meio de um transportador de movimento alternativo ou por meio de uma nória ("conveyor") e encaminhada a um elevador de areia, o qual descarrega em caçambas que, de preferência, deverão ser retiradas por caminhões especiais, dotados de guinchos, e esvaziados em local adequado.

- A energia mais comumente utilizada no acionamento das unidades de uma elevatória de esgotos é a elétrica. Sempre, entretanto, que o sistema público de suprimento de energia elétrica não apresente uma garantia satisfatória de funcionamento normal, deve-se prever uma outra fonte de energia para atender às emergências, especialmente se a interrupção do funcionamento da elevatória puder ocasionar graves inconvenientes. Em tal caso, ou se instala um gerador, para fornecer a energia elétrica necessária aos grupos motor-bomba que devem funcionar nas situações de emergência (normalmente se prevê o funcionamento de apenas parte dos grupos instalados, já que constituiria, via de regra, exagêro, exigir-se uma atividade integral da elevatória em tais situações), ou então se instalam, logo de início, motores acionados por outra fonte de energia que não a elétrica, em posições tais que possam ser facilmente acoplados a uma ou mais das bombas, quando ocorrer a emergência. De qualquer maneira, nos casos de incerteza quanto ao fornecimento público de energia, convém prever uma fonte suplementar específica, capaz de suprir, também, os circuitos de luz da elevatória, pelo menos os principais.
- Uma recomendação de especial importância refere-se aos cuidados que se deve ter com a repercussão das vibrações, naturais ou não, dos conjuntos motor-bomba sobre a estrutura da elevatória. As principais precauções usualmente adotadas compreendem:

- dimensionamento adequado dos "berços" sobre os quais assentam os conjuntos motor-bomba, de modo que, pela sua massa considerável, possam absorver, sem maiores problemas, as vibrações recebidas.
 - sistema correto de fixação dos conjuntos aos berços, interpondo-se materiais como borracha ou substâncias plásticas, cuja elasticidade já permita a absorção de uma parte das vibrações, antes de transmitidas aos berços.
 - Dentro da mesma faixa de problemas, é da máxima conveniência evitar-se a transmissão de quaisquer esforços sobre as bombas, causados pelo peso da tubulação, conexões e peças especiais, ou por efeitos de dilatação térmica. Ancoragens, juntas de expansão, juntas flexíveis e outros dispositivos podem evitar que ocorra fato tão indesejável.
 - Todas as vezes que um sistema de recalque de esgotos (elevatória + linha de recalque), pelas suas condições específicas, dê margem a que se tema a ocorrência de golpes de aríete, precauções devem ser adotadas, a fim de que se evitem possíveis conseqüências de maior ou menor gravidade. De acordo com as circunstâncias peculiares ao sistema, estudar-se-á qual o dispositivo mais adequado ao caso em foco, dentre os usualmente empregados: volantes, reservatórios de ar comprimido, chaminés de equilíbrio, válvula de alívio (como por exemplo a válvula Blondelet), etc.
- Nas elevatórias construídas em locais sujeitos a inundações, devem ser adotadas precauções especiais, tanto na construção como na instalação das mesmas.
- Em elevatórias nas quais seja possível haver acúmulo de gás de esgoto, em locais onde existam equipamentos elétricos, estes deverão satisfazer a requisitos como os do N.B.F.U. (National Bureau of Fire Underwriters, USA).
 - Em qualquer elevatória é imprescindível que se garanta a máxima facilidade não só para acesso a qualquer dos seus órgãos, como também para a instalação, a manutenção ou a retirada dos equipamentos existentes. Nas elevatórias em que existam equipamentos de peso elevado, deve ser instalada uma talha, elétrica ou manual, de preferência montada em ponte rolante; entretanto, em estações de pequeno porte, será aceitável a simples instalação de ganchos, fixados ao teto da elevatória, em pontos estratégicos, mantendo-se disponível, para utilização eventual, uma talha portátil de tipo e capacidade adequados.

— Se bem que, teóricamente, possa parecer ideal a utilização de grupos motor-bomba de alto rendimento, muitas vezes é preferível usar-se um grupo de eficiência satisfatória, mas inferior à de um outro, se, por exemplo, êste último apresentar, ao contrário do primeiro, sérios problemas de manutenção. Tal aspecto será tanto mais importante, quanto menores forem as facilidades encontradas no local em que se situa a elevatória, no que diz respeito a serviços de manutenção e à aquisição de peças e acessórios.

15. CONSIDERAÇÕES DE ORDEM ECONÓMICO-FINANCEIRA:

Já se deu ênfase, anteriormente, à absoluta necessidade da realização de um prévio e cuidadoso estudo comparativo técnico-económico entre as soluções por gravidade e aquelas utilizando estações elevatórias, sempre que as circunstâncias conduzam a uma dúvida de tal natureza, quanto à opção mais conveniente a ser adotada.

A tendência natural é, evidentemente, a de se aproveitar na máxima extensão possível, essa generosa energia colocada à disposição do homem, qual seja, a ação da gravidade.

Por outro lado, e agindo no mesmo sentido, há uma tendência espontânea de evitar-se, sempre que razoável, a implantação de instalações eletromecânicas, mais ou menos complexas, as quais, além de exigirem o fornecimento de energia artificialmente produzida e, sem dúvida, acentuadamente onerosa, envolvem, outrossim, problemas de operação e manutenção ao longo de toda sua vida útil. Todavia, jamais devem ser tolerados tabus ou regras generalizadas e cegas que "a priori", fixem preferências, muitas vezes absurdas e de todo contrárias ao interesse público. Assim sendo, somente a análise serena das vantagens e desvantagens de uma e outra solução, através do cotejo racional entre as mesmas, fundado em sólidas razões técnicas e económicas, pode conduzir à escolha tranqüila da alternativa realmente mais vantajosa.

No presente item, além das vigorosas recomendações que se acaba de apresentar, quanto ao balançamento racional do dilema "solução por gravidade x solução através de elevatória", serão abordados, embora mui sumariamente, os critérios usualmente empregados para o pré-dimensionamento de linhas de recalque e para a otimização das soluções alternativas que se apresentam ao estudar-se um dado sistema elevatório, em consequência da inter-relação que existe entre o diâmetro da linha de recalque e a potência da estação elevatória em foco.

É oportuno advertir que as considerações a seguir expostas terão em vista um sistema elevatório

que apresente uma linha de recalque de extensão apreciável.

Nêste caso, lícito se torna admitir que o custo total C_t do sistema elevatório seja basicamente composto de 2 parcelas:

$$C_t = C_c + C_r$$

C_c = custo da elevatória propriamente dita

C_r = custo da linha de recalque.

Entretanto, para facilidade do estudo, a parcela C_c será restrita às unidades de bombeamento e equipamentos elétricos e mecânicos complementares, abstraindo-se da parte referente à construção civil, já que, para um dado caso, a variação do custo desta seria de importância secundária.

Imaginando-se um exemplo concreto, envolvendo uma determinada vazão e um certo desnível geométrico, as variantes possíveis serão função do diâmetro que for atribuído à linha de recalque.

À medida que o diâmetro, estimado em primeira aproximação, cresce de valor, evidente se torna que com êle cresce o custo da linha e portanto a parcela C_r . Todavia, já que a vazão é suposta sempre a mesma, para um caso específico, as perdas de carga por atrito, bem como as localizadas, tendem a diminuir e portanto, com elas, reduz-se o valor da altura manométrica, vale dizer, da potência da estação elevatória; diminuindo a potência requerida, menor será o custo das unidades de recalque, reduzindo-se, pois, a parcela C_c .

Tomando-se um sistema de eixos cartesianos retangular e marcando-se em abcissas os diâmetros e em ordenadas os custos correspondentes, podem ser traçada duas curvas para o caso em estudo, uma correspondente à parcela C_r , crescente com o diâmetro, e outra correspondendo à parcela C_c , que decresce com o aumento do diâmetro.

A ILUSTRAÇÃO 15-1 — indica um exemplo de curvas dessa natureza. Se para cada valor do diâmetro somarmos as ordenadas dos pontos correspondentes, nas curvas C_r e C_c , o valor da soma fornecerá a ordenada de um ponto da curva soma C_t , que, assim obtida, resolverá a existência de um valor mínimo; êste valor mínimo corresponderá, evidentemente, ao diâmetro mais económico, em termos de custo total de linha de recalque e de unidades elevatórias.

Se o raciocínio que acaba de ser interpretado gráficamente fôr conduzido analiticamente, poder-se-á, por um lado, exprimir o custo da linha de recalque em função das suas características geométricas, do seu peso específico e do custo da unidade de peso do conduto; por outro lado, o custo das unidades de bombeamento pode ser expresso em função do custo da unidade de potência instalada e

CURVAS DE CUSTOS DE SISTEMAS DE RECALQUE

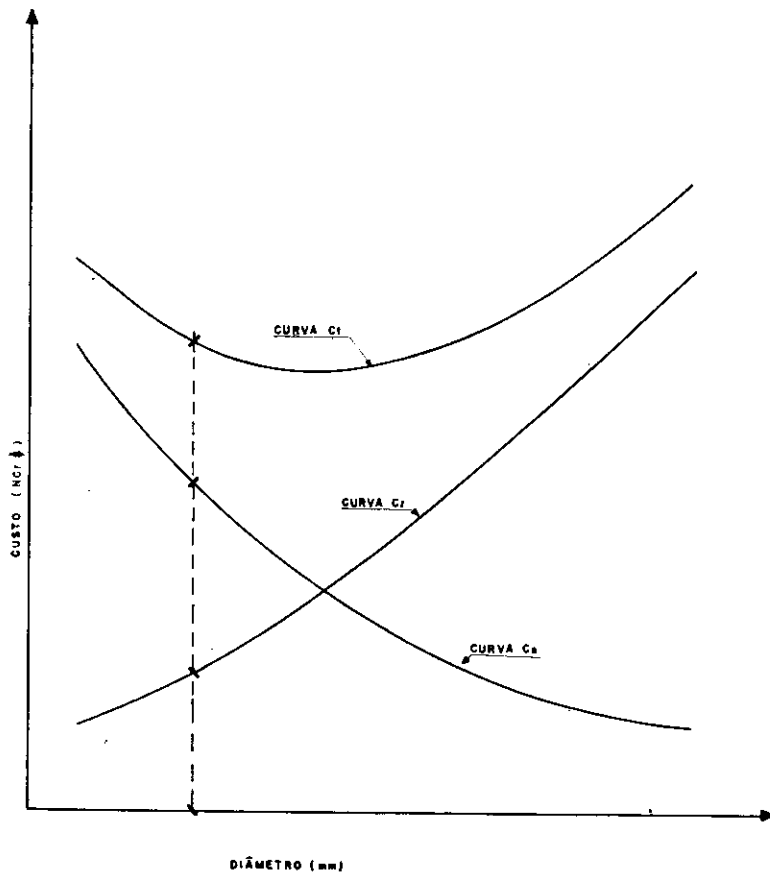


ILUSTRAÇÃO 15 - 1

da potência total ou dos elementos em que esta se desdobra.

Em última análise, chega-se à expressão analítica do custo total C , cuja derivada segunda em relação a "D" revela um mínimo e cuja derivada primeira, igualada a zero, permite que se determine o valor do diâmetro capaz de tornar mínimo o custo total de investimento inicial. Esse valor de "D" pode ser expresso de uma forma simplificada, em relação a "Q", obtendo-se a conhecida fórmula de Bresse, largamente utilizada no pré-dimensionamento de diâmetros econômicos de linhas de recalque:

$$D = K \sqrt{Q}$$

O coeficiente "K" da fórmula é função do peso específico do líquido recalçado, do custo da unidade de potência instalada, do "preço específico" do conduto (custo de um conduto de diâmetro e comprimento unitários), do rendimento total do conjunto elevatório e do coeficiente de atrito da fórmula universal de perda de carga; independente, entretanto, da altura geométrica de elevação e do comprimento do conduto.

Na prática costuma-se fixar uma certa gama de valores de "K" para circunstâncias específicas.

AZEVEDO NETTO (1) apresenta "K" variando, de um modo geral, entre 0,7 e 1,6, esclarecendo que, no Brasil, têm sido adotados, via de regra, valores de 1,0 a 1,4.

A aplicação da fórmula de Bresse sob o aspecto em que foi apresentada implica na hipótese de um bombeamento contínuo. Quando tal não ocorrer, a fórmula deverá passar a ser:

$$D = 1,3 \sqrt{Q} \cdot X^{1/4}$$

onde:

n.º de horas de bombeamento por dia.

$$X = \frac{\quad}{24}$$

Observa, outrossim, AZEVEDO NETTO, que o diâmetro convencional mais vantajoso para tubulações de recalque de grande extensão se encontra normalmente, dentro de uma faixa correspondente a velocidades entre 0,65 e 1,30 m/s.

Critérios simplificados como os que se acaba de enunciar podem dar lugar a uma solução definitiva aceitável para o caso de instalações de pequeno vulto.

Todavia, para sistemas elevatórios de apreciáveis proporções deve-se realizar sempre a análise econômica específica, não se limitando, de forma alguma, a investimentos iniciais, mas sim abrangendo, além disso todos os custos relativos ao consumo de energia, às despesas de operação e manutenção, bem como aos gastos correspondentes a amortização e juros.

Neste caso, a fórmula de Bresse constitui, de qualquer forma, um valioso subsídio preliminar, pois permitiria indicar um diâmetro capaz de servir de base ao estudo detalhado específico

Em torno do valor preliminar assim obtido en-saiaríamos 4 ou 5 diâmetros comerciais que seriam submetidos à análise do gasto anual com energia, operação e manutenção, juros e amortização.

JOSÉ AUGUSTO MARTINS, no capítulo XVII de bibliografia citada, apresenta quadro, fórmula e tabelas que orientam seguramente, quanto à análise a ser procedida. Sugere, outrossim, valores para a vida provável das estruturas da instalação de recalque, aspecto indispensável a ser considerado em estudo de tal natureza. Ressalva-se, entretanto, o fato de que tais valores foram sugeridos para o caso de sistemas de água potável, convindo o reexame dos dados para o caso de elevatórias de esgotos.

À guisa de contribuição adicional para os estudos de custo de elevatórias de esgotos, julgou-se oportuno apresentar gráficos elaborados por HAZEN e SAWYER indicando custos de estações elevatórias de esgotos em função da vazão e da altura dinâmica total. Nas ILUSTRAÇÕES 15-2a e 15-2b aparecem os mencionados gráficos com custos atualizados para março de 1969.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AZEVEDO NETTO, J. M. — Manual de hidráulica. 4.ª ed. revista. São Paulo, Edgard Blucher, 1966.
2. BABBITT, H. E. — Sewerage and sewage treatment. 7 th. ed. New York, John Wiley, 1953, p. 272.
9. HARDENBERGH, W. A. — Sewerage and sewage treatment 8 th. ed. New York, John Wiley, 1958, p. 273-274.
4. IDEM. IBIDEM, p. 273.
5. IDEM. IBIDEM, p. 274
6. BOMBAS e estações elevatórias utilizadas em abastecimento de água. 2.ª ed. São Paulo, FHSP/EPUSP/USP/OMS, 1968, Capítulo 3, fls. 64.
7. ESTADOS UNIDOS. Water Pollution Control Federation — Manual of practice n.º 8
8. IDEM — Manual of practice n.º 9.
9. HARDENBERGH, W. A. — Sewerage and sewage treatment. 3 th., ed. Scranton, Pa., International Textbook Co., 1956.
10. HARDENBERGH, W. A. & RODIE — Water supply and waste water disposal. Scranton, Pa., International Textbook Co., 1960.
11. HICKS, — Pumps; selection and application.
12. HYDRAULIC INSTITUTE. New York — Standards. 11 th. ed. New York, 1965
13. SERÔA DA MOTTA, A. C. — Apostila para uso dos alunos da Escola de Engenharia da U.F.R.J. e da Escola Nacional de Saúde Pública. Rio de Janeiro, s. d.
14. STEEL, E. W. — Abastecimento de água e sistemas de esgotos. Rio de Janeiro, USAID, 1966 (Tradução de José de Santa Ritta).

DIAGRAMA DE CUSTOS DE ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS DE ESGOTOS

BASEADO EM UM DIAGRAMA ELABORADO POR HAZEN & SAWYER
CUSTOS ATUALIZADOS PARA MARÇO DE 1969
(ÍNDICE DA REVISTA "CONJUNTURA ECONÔMICA": 11 093)

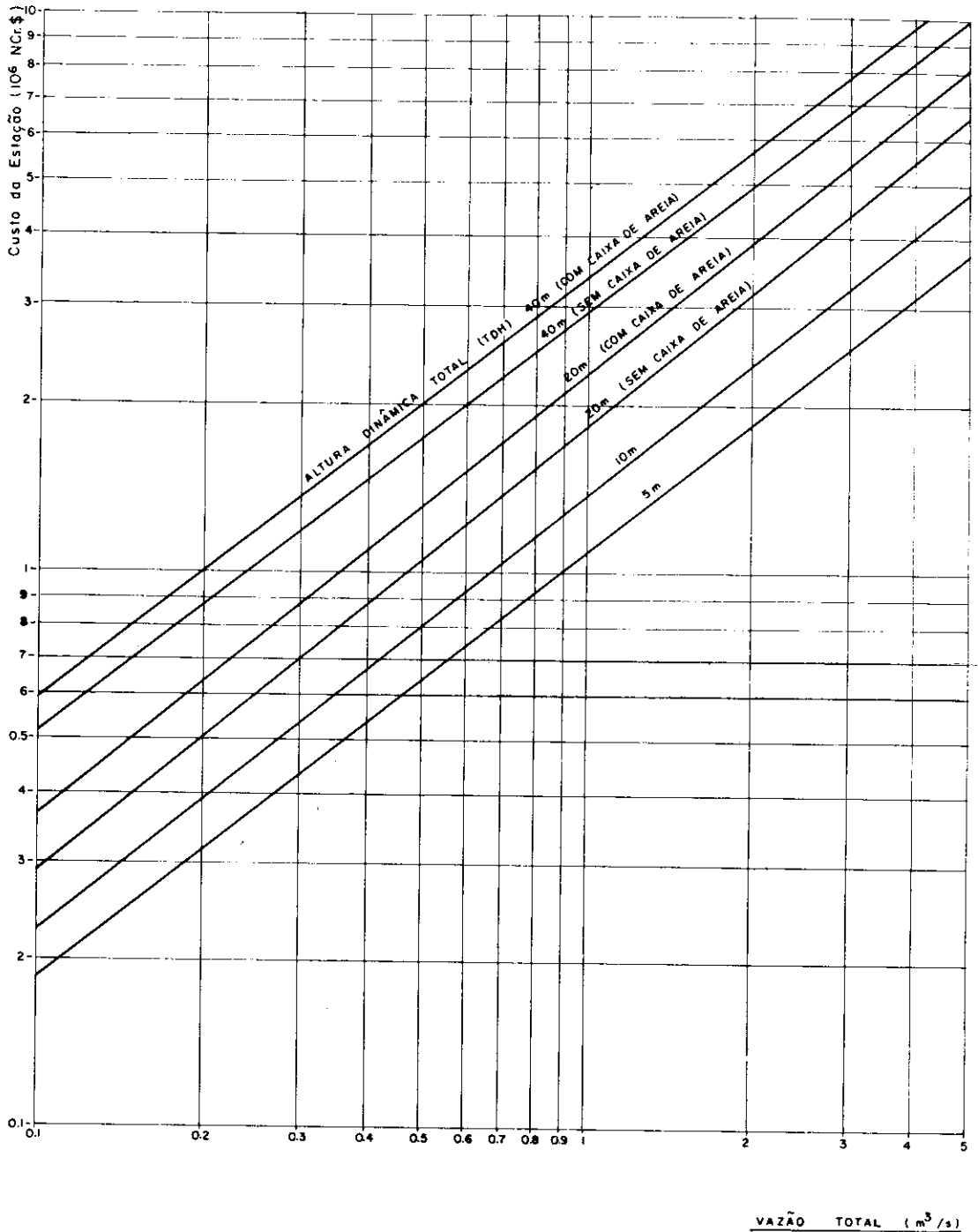


ILUSTRAÇÃO 15-2a

DIAGRAMA DE CUSTOS DE ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS DE ESGOTOS

BASEADO EM UM DIAGRAMA ELABORADO POR HAZEN & SAWYER
CUSTOS ATUALIZADOS PARA MARÇO DE 1969
(ÍNDICE DA REVISTA "CONJUNTURA ECONÔMICA" 11 093)

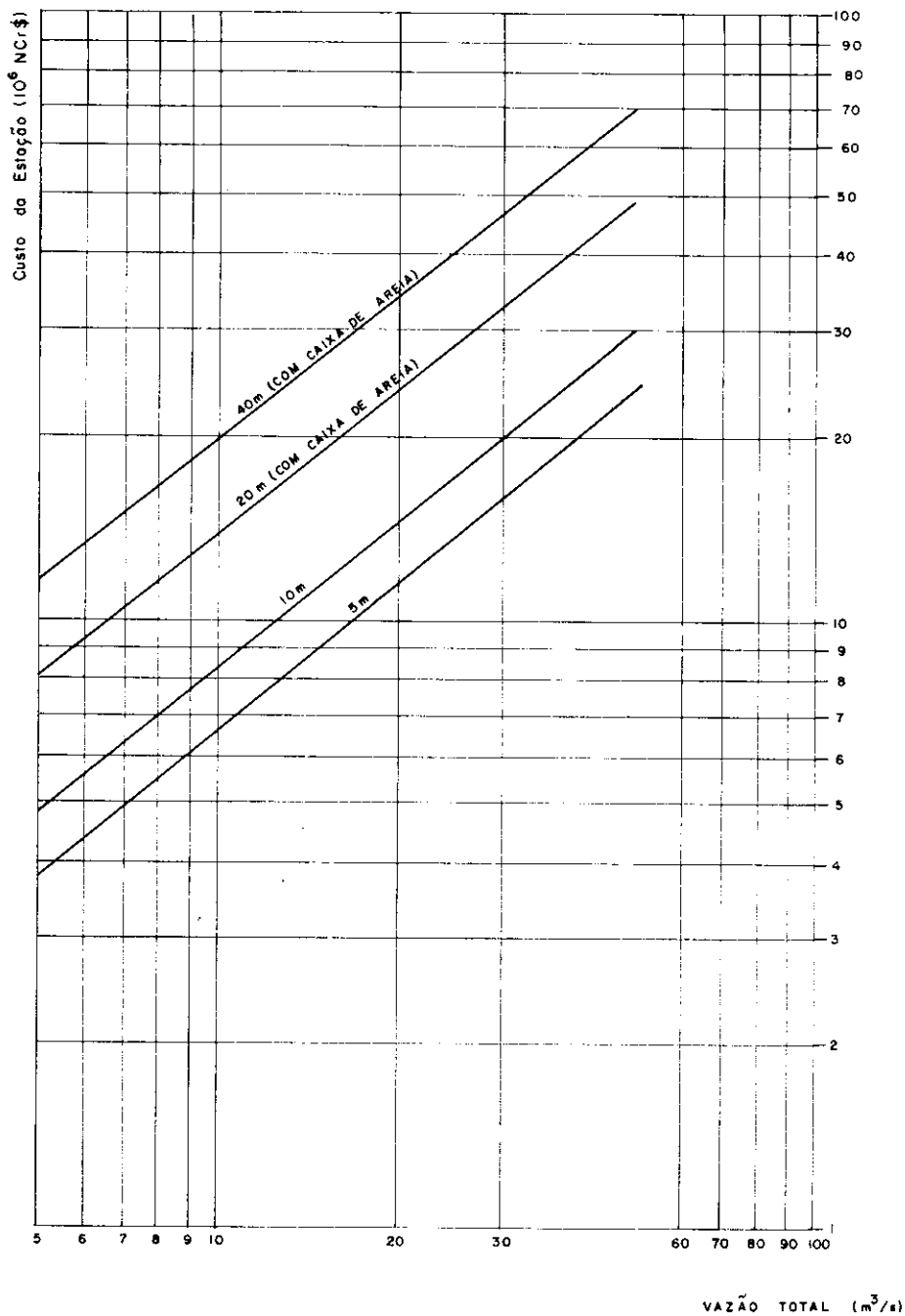


ILUSTRAÇÃO 15 - 2 b

A N E X O I

Dêste ANEXO constam excelentes subsídios para o estudo das bombas centrífugas radiais, axiais e centrífugo-axiais, bem como das bombas tipo "parafuso hidráulico de Arquimedes".

Tais subsídios consistem em descrições técnicas, devidamente ilustradas por figuras, com os respectivos textos traduzidos para o português, a partir do original apresentado em inglês no renomado Curso de Engenharia Hidráulica de DELFT, Holanda.

Infelizmente, o extravio de uma das fôlhas do original não permitiu que se apresentasse, aqui, uma descrição específica das bombas axiais, só aparecendo, em relação às mesmas, certas referências feitas em análise conjunta, além dos valiosos informes contidos em algumas das figuras.

As seguintes ILUSTRAÇÕES integram êste ANEXO:

- ILUSTRAÇÃO A I-1: Diagrama para dimensionamento do "parafuso hidráulico de Arquimedes".
- ILUSTRAÇÃO A I-2. Esquemas e gráficos das bombas axiais, centrífugo-axiais e radiais.
- ILUSTRAÇÃO A I-3: Esquemas e um gráfico relativos à roda hidráulica e ao "parafuso hidráulico de Arquimedes", bem como um diagrama indicando os limites de aplicação dos diversos tipos de bomba.
- ILUSTRAÇÃO A I-4: Diagramas para a determinação do tipo de bomba centrífuga a ser usada.
- ILUSTRAÇÃO A I-5: Gráfico de variação de velocidade de uma bomba centrífuga; gráfico indicando a influência da variação da posição das lâminas de um impelidor; gráfico indicando duas bombas trabalhando em série; gráfico indicando duas bombas trabalhando em paralelo.

NOTA: As ILUSTRAÇÕES A I-4 e A I-5, embora não mencionadas no texto, foram incluídas neste ANEXO, dado o seu indiscutível interesse.

A I-1 — BOMBAS TIPO PARAFUSO HIDRÁULICO DE ARQUIMEDES

É cada vez mais freqüente a utilização, em determinados casos, dêste tipo de bombas, após terem

sido elas verdadeiramente esquecidas por muito tempo.

Sobretudo em virtude de sua extrema simplicidade, constituem um excelente dispositivo de elevação de águas em geral, sendo capazes de lidar com águas extremamente poluídas, sem maiores problemas, dispensando, inclusive, o uso de "grades de barras", a montante.

Desde que bem projetadas e construídas, representam máquinas nas quais se pode depositar alto grau de confiança.

Uma extraordinária vantagem das bombas em pauta repousa no fato de que o processo elevatório é integralmente visível, em todos os seus detalhes, o que é absolutamente impossível para os demais tipos de bombas.

Quanto ao seu "rendimento" ou "eficiência", pode-se esperar um valor de 60 a 65% para as unidades de pequeno porte, elevando-se até 75% para as de grandes dimensões.

O limite prático da altura de elevação para tais bombas, dentro de boa faixa de rendimento, é de 8 metros; daí para cima a eficiência vai caindo rapidamente, em virtude do crescente retôrno da água, ao longo das pequenas folgas existentes entre o corpo da bomba e as paredes e o fundo do canal em que a mesma se encontra instalada.

À guisa de exemplo, pode-se citar que uma bomba tipo "parafuso hidráulico de Arquimedes", com um diâmetro de 2 metros, é capaz de elevar 1,4 a 1,5 m³/s, existindo modelos de maiores dimensões e capacidades.

O eixo de rotação dêste tipo de bomba forma, geralmente, um ângulo de 26° a 28° com o plano horizontal. Em sua extremidade superior, o eixo apóia-se em um rolamento radial que é, ao mesmo tempo, um mancal de escora. Na extremidade inferior, sob a água, êle assenta sôbre um rolamento radial, usualmente de bronze ou metal branco (metal patente ou anti-fricção), sendo lubrificado por graxa aplicada através de um tubo. Em bombas bem construídas, êste último mancal opera de forma segura e com muito pequeno atrito, independentemente do grau de poluição da água que está sendo elevada, o que as faz altamente propícias a serem utilizadas no bombeamento de esgotos.

As bombas em estudo podem girar continuamente, sem qualquer risco, mesmo quando o fluxo do líquido afluente é interrompido.

As bombas tipo "parafuso hidráulico de Arquimedes" vêm sendo largamente e proveitosamente usadas para esgotos, tanto em estações de tratamento como em estações elevatórias isoladas, atendidas as peculiaridades apontadas anteriormente.

O gráfico anexo (ILUSTRAÇÃO A I-1) indica as dimensões das bombas correspondentes às diversas descargas.

AI-2 — BOMBAS DE DESCARGA MISTA:

Tais bombas podem ser construídas com carcaças tubulares ou em forma de espiral. Ambos os tipos de carcaças têm sido largamente usados, sendo que o tubular é freqüentemente utilizado em poços; neste último caso, diversos impelidores podem ser instalados em série, ao longo de um extenso eixo, na medida das necessidades.

Em desenho anexo (ILUSTRAÇÃO A I-2, FIG. 2) aparece um esquema deste tipo de bomba e um gráfico correlacionando a vazão com a altura manométrica, a potência consumida no eixo e a eficiência. Verifica-se que, a partir do ponto de máxima eficiência, a altura manométrica decresce com o aumento da vazão (mais vagarosamente, porém, do que no caso da bomba helicoidal) e que a potência decresce ligeiramente; a altura manométrica cresce quando a vazão diminui, e a potência cresce ligeiramente, de início, e em seguida decresce. É geralmente permissível deixar que este tipo de bomba funcione com um registro fechado ou estrangulado. A eficiência decresce, a partir do seu ponto ótimo, tanto com o aumento quanto com a diminuição da vazão. É importante destacar o fato de que a relação "altura manométrica-vazão" apresenta uma curva de inclinação acentuadamente mais suave, no caso da bomba em foco, do que no caso da bomba helicoidal ou de descarga axial.

Para o caso de bombas de grande porte, cuidadosamente construídas pode ser atingida uma eficiência de 85%.

A altura manométrica pode elevar-se até 20 ou 25 metros. Para maiores alturas manométricas, convém, geralmente, utilizar bombas centrífugas.

O eixo da bomba pode apresentar qualquer inclinação, sendo imprescindível que ele se apóie sobre um rolamento radial localizado próximo do impelidor; este mancal situa-se fora da carcaça, quando esta é do tipo em voluta ou espiral; no caso da carcaça tubular, o mancal acha-se no interior da mesma e, portanto, inteiramente mergulhado no líquido.

A I-3 — BOMBAS CENTRÍFUGAS RADIAIS:

A figura 3 (ILUSTRAÇÃO A I-2) apresenta um esquema e um gráfico relativos à bomba centrí-

fuga radial. O gráfico indica que a altura de elevação cresce apenas ligeiramente com o decréscimo da vazão. A curva "altura de elevação — vazão" é sensivelmente achatada, sendo tal achatamento um pouco mais pronunciado do que no caso da bomba de descarga mista e consideravelmente mais acentuado do que no caso da bomba axial.

A potência requerida diminui com o decréscimo da descarga e aumenta com o crescimento desta última (exatamente o oposto do que ocorre com a bomba axial). Conseqüentemente, este tipo de bomba pode ser pôsto em funcionamento com o respectivo registro fechado, já que a potência requerida para o acionamento da bomba é consideravelmente inferior no caso da vazão nula do que no caso da vazão de projeto.

Unidades de grande porte são freqüentemente postas em funcionamento com o registro intencionalmente fechado, a fim de dar lugar a uma baixa demanda de partida. Uma eficiência de 85% e ocasionalmente mais, pode ser atingida por grandes bombas. Alturas manométricas de 70 a 80 metros podem ser alcançadas, sendo que bombas muito grandes atingem alturas manométricas consideravelmente maiores, chegando, algumas vezes, a mais de 200 metros. O eixo pode ser colocado em qualquer posição desejada. Os mancais ficam situados fora da carcaça da bomba.

A I-4 — SUMÁRIO:

Pode-se concluir que a **bomba axial** é a mais conveniente para os casos que requerem grandes descargas e pequenas alturas de elevação; a **bomba centrífuga** representa a melhor escolha para os casos que exigem pequenas vazões e grandes alturas de elevação; a **bomba de descarga mista** pode ser melhor aplicada no campo intermediário.

Um número ilimitado de variantes destes três tipos principais torna possível projetar bombas e impelidores apropriados para atender a qualquer exigência de descarga ou elevação. Contrariamente ao que ocorre com a bomba tipo "parafuso hidráulico de Arquimedes", é perigoso permitir que os referidos tipos de bombas funcionem durante muito tempo no caso de ter lugar uma interrupção no suprimento de água ou na descarga, porque, em tal caso, os mancais deixam de ser efetivamente resfriados.

A I-5 GRANDES ALTURAS DE ELEVAÇÃO:

Mediante o uso de 2 ou mais estágios, isto é, fazendo com que 2 ou mais impelidores trabalhem em série, maiores elevações podem ser atingidas com qualquer um dos tipos de bomba mencionados.

Embora **bombas axiais** com diversos impelidores em série possam ser construídas, elas não são de uso comum. Para alturas de elevação de 14 metros, por exemplo, uma bomba de descarga mista é preferível a uma bomba axial de 2 estágios.

Bombas de descarga mista com diversos ou mesmo com um grande número de estágios são frequentemente usadas em poços tubulares. Os impelidores, são, neste caso, instalados um acima do outro, em um tubo que é colocado no poço. A grande vantagem deste sistema tubular reside no fato de que o diâmetro da bomba pode permanecer pequeno. O motor de comando de uma bomba de poço é instalado acima do nível do solo. Se um motor elétrico é usado, êle pode ser montado diretamente acima da bomba. Há também, modelos nos quais o motor fica situado sob a bomba, no interior de um compartimento sêco e bem vedado, ou dentro de um compartimento inundado, porém protegido contra detritos flutuantes.

Bombas centrífugas com impelidores instalados em série são assaz comuns. O número de impelidores é, algumas vezes, elevado. Bombas centrífugas de 2 ou 3 estágios, com descargas de 15 ou mesmo 20 m³/s, com alturas de elevação de mais de 400 metros, são encontradas em alguns casos ("Pumped Storage Schemes"). Bombas a vapor, com vários impelidores instalados em série, podem atingir altu-

ras de elevação equivalentes a 320 atmosferas, o que corresponde a 3200 metros de coluna de água.

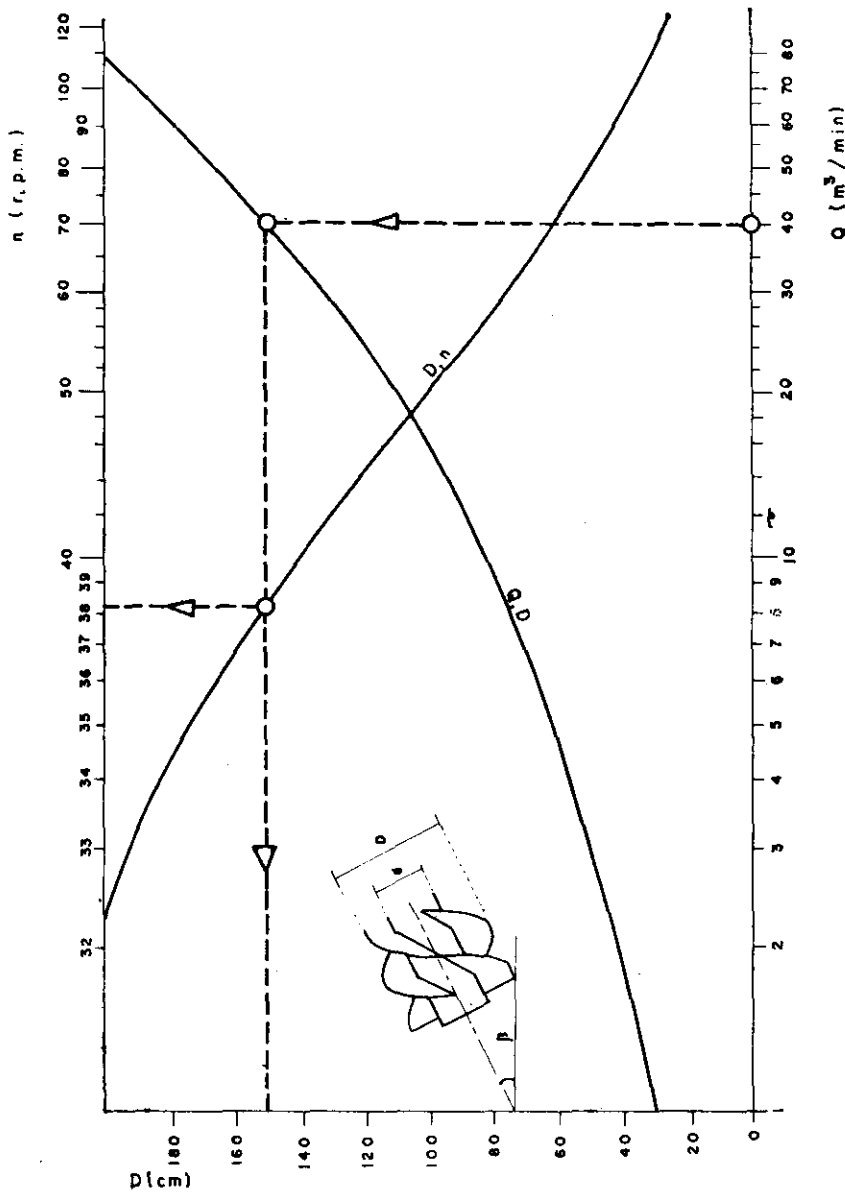
A I - 6 — LIMITES NORMAIS DE APLICAÇÃO DOS VÁRIOS DISPOSITIVOS DE ELEVAÇÃO DE ÁGUA:

A figura 6 (ILUSTRAÇÃO A I - 3) indica os limites normais de aplicação dos dispositivos elevatórios anteriormente descritos. Tais limites não devem ser considerados, de forma alguma, como rigorosamente definidos e estão, por isso mesmo, indicados de maneira vaga no gráfico. As áreas de aplicação interpenetram-se, na realidade.

Os seguintes tipos são apresentados na figura 6, na ordem da grandeza da altura de elevação que podem atingir: a roda hidráulica (a qual está se tornando obsoleta), a bomba tipo "parafuso hidráulico de Arquimedes", a bomba axial, a bomba de descarga mista (ou centrífugo-axial), a bomba radial de estágio simples, a bomba radial de estágios múltiplos, a bomba rotativa de engrenagem e a bomba de êmbolo imerso.

Tipos intermediários são a bomba axial de múltiplos estágios e a bomba centrífugo-axial de múltiplos estágios.

É também possível construir uma bomba tipo "parafuso hidráulico de Arquimedes" em dois ou mais estágios, cada um deles com seu acionamento próprio.



FUNÇÕES (Q,D) E (D,n) PARA UM PARAFUSO HIDRÁULICO DE ARQUIMEDDES, DE LÂMINA TRÍPLICE, ADOTANDO-SE:

$$\frac{d}{D} = 0,4 \quad \beta = 26^\circ$$

EXEMPLO: $Q = 40 \text{ m}^3/\text{min}$

(A ALTURA DE ELEVAÇÃO DO LÍQUIDO NÃO INFLUI SOBRE "D" OU "n", MAS SIM, ÚNICAMENTE, SOBRE A POTÊNCIA REQUERIDA)

VALORES ENCONTRADOS:

$$D \approx 1,50 \text{ m}$$

$$n \approx 38,2 \text{ r.p.m.}$$

(A EFICIÊNCIA SERÁ, SENSIVELMENTE, DE 65 a 70 %)

(Cópia traduzida do original do Curso de Engenharia Hidráulica de DELFT, Holanda)

ILUSTRAÇÃO A I-1

BOMBA AXIAL OU "PROPELLER"

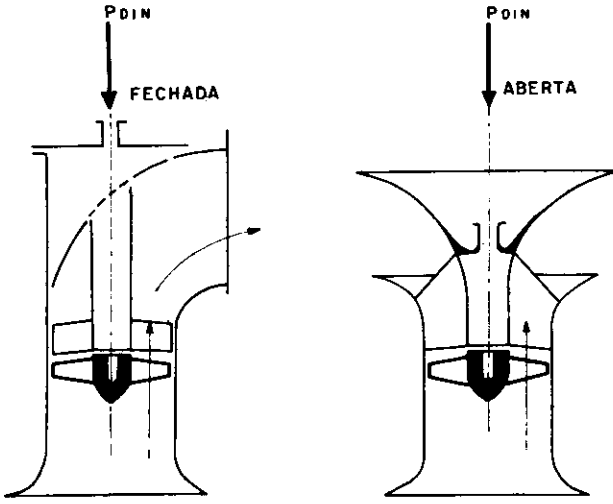


FIG. 1

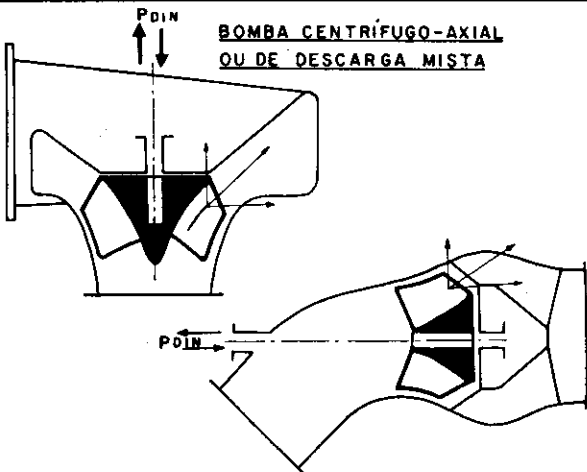
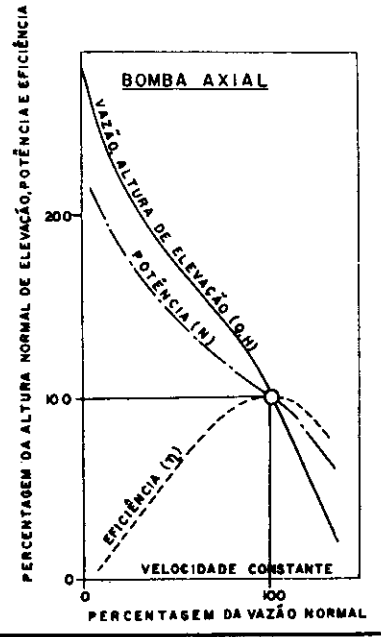
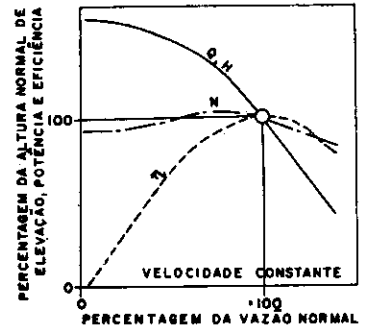


FIG. 2

MEMSO IMPELIDOR EM "BOMBA SEMI-AXIAL"

BOMBA DE DESCARGA MISTA



BOMBA CENTRIFUGA RADIAL

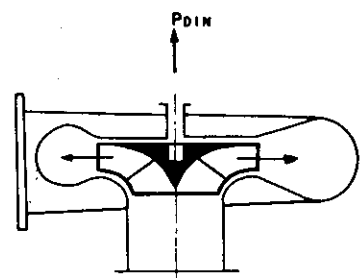
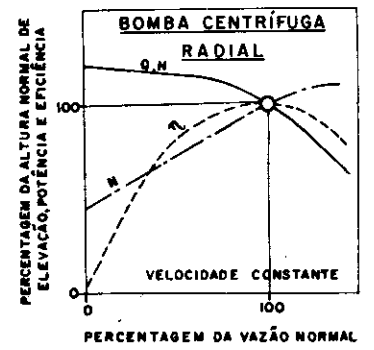


FIG. 3

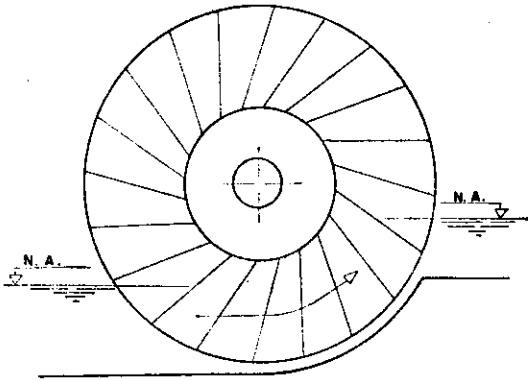


(Cópia traduzida do original do Curso de Engenharia Hidráulica de DELFT, Holanda)

ILUSTRAÇÃO A I-2

FIG. 4

RODA HIDRÁULICA



PERCENTAGEM DA ALTURA NORMAL DE ELEVACÃO

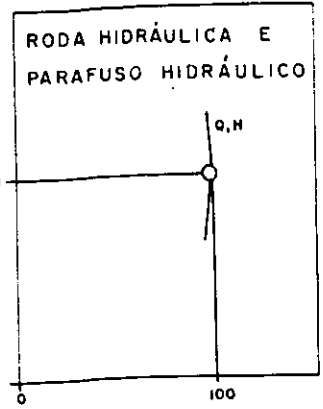


FIG. 5

PARAFUSO HIDRÁULICO DE ARQUIMEDES

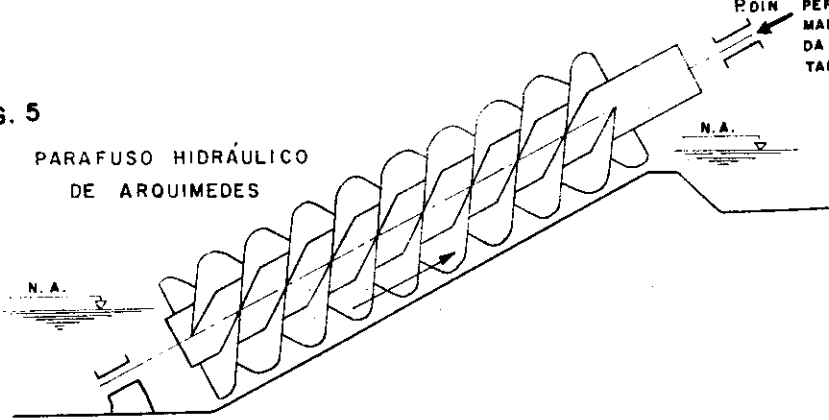
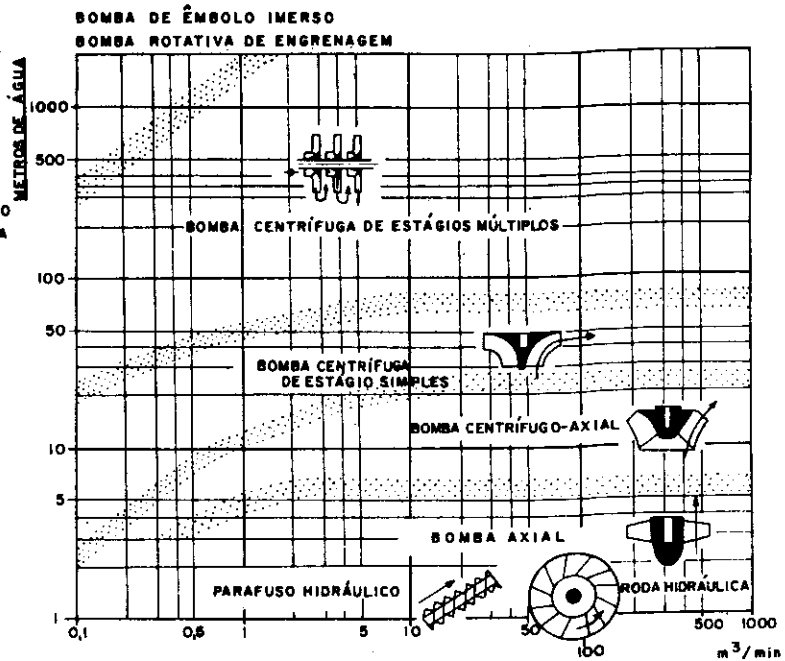


FIG. 6

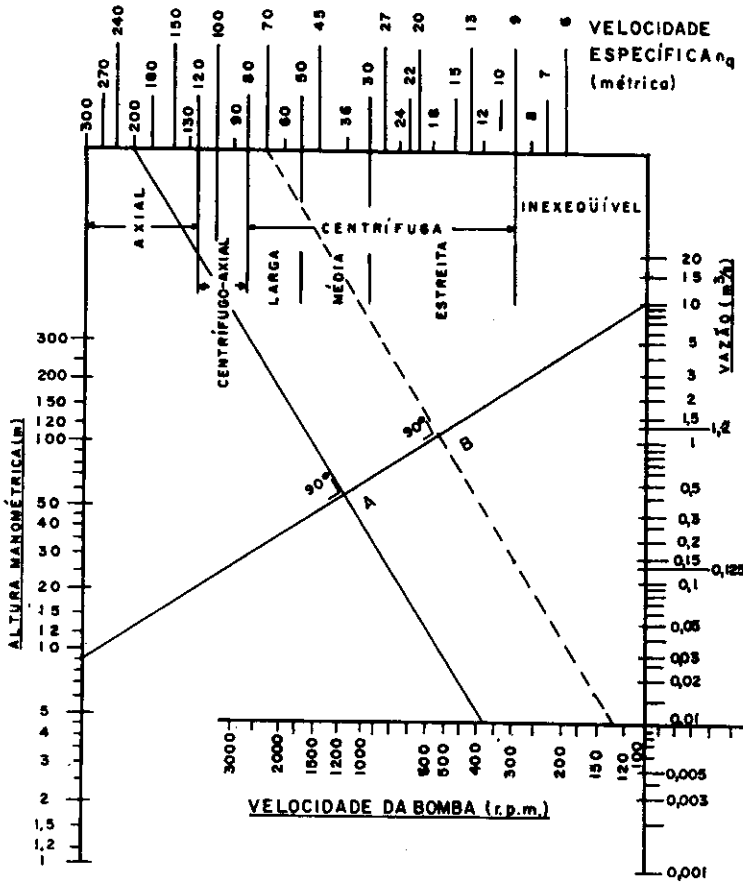
LIMITES NORMAIS DE APLICAÇÃO DE VÁRIOS DISPOSITIVOS PARA ELEVACÃO DE ÁGUA



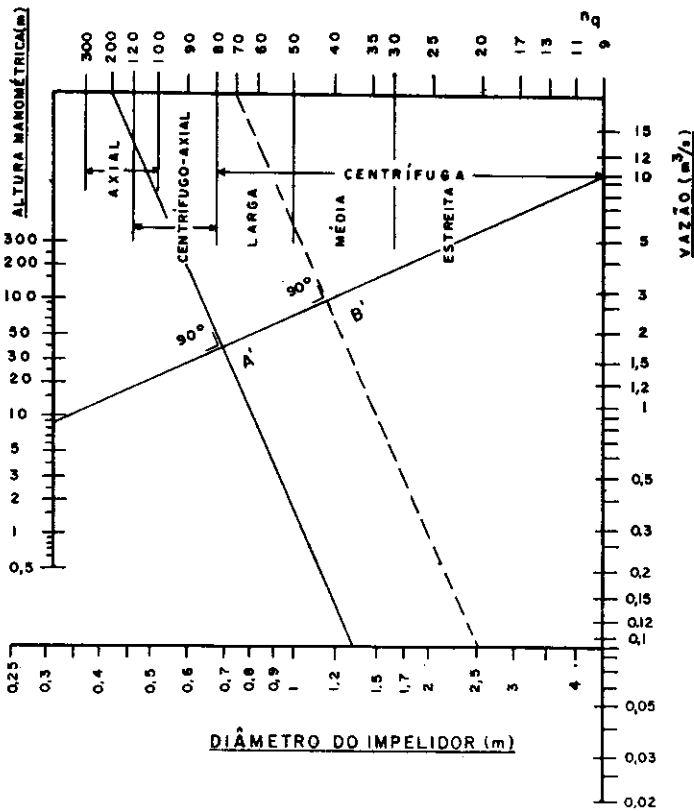
(Cópia traduzida do original do Curso de Engenharia Hidráulica de DELFT, Holanda)

ILUSTRAÇÃO A I-3

A



B



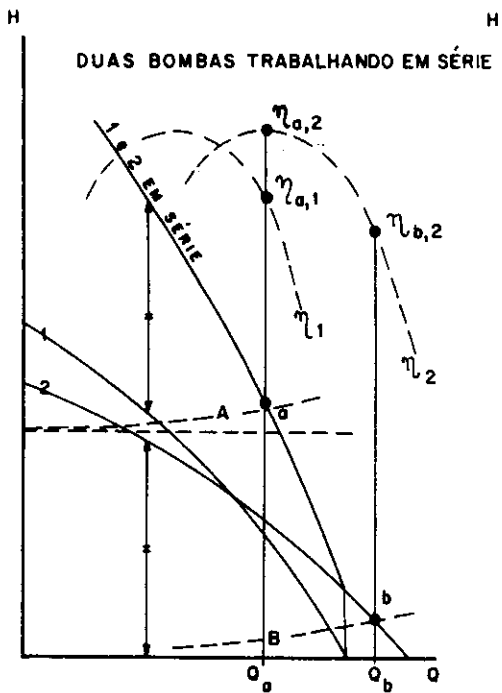
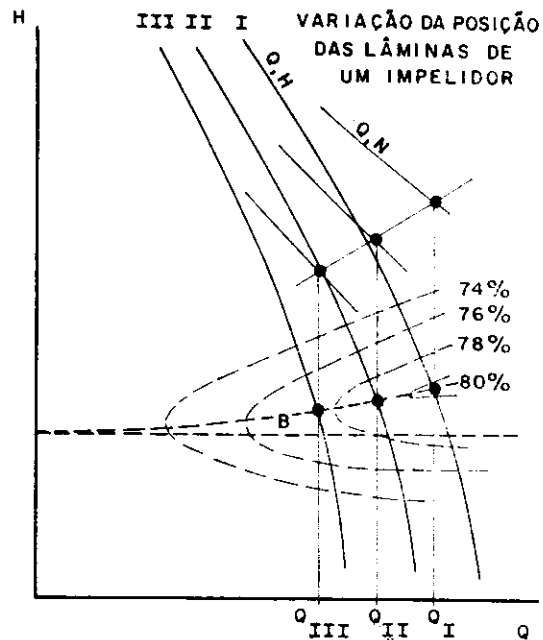
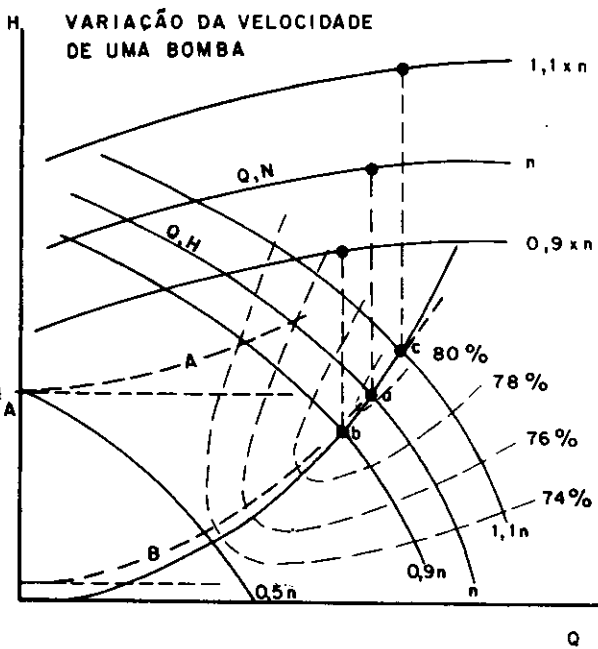
DETERMINAÇÃO

DO TIPO

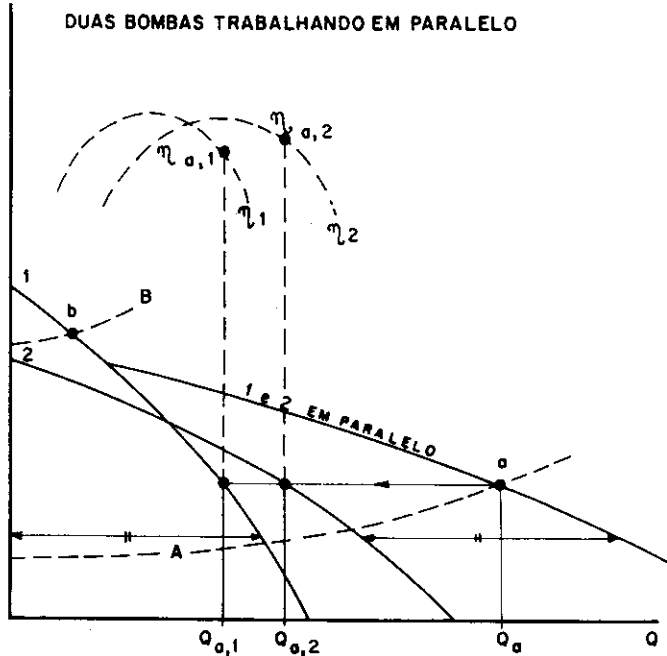
DA BOMBA

(Cópia traduzida do original do curso de Engenharia Hidráulica de DELFT, Holanda)

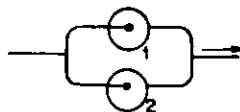
ILUSTRAÇÃO A I-4



em b : a água é aspirada ou recalçada através da bomba 1 pela bomba 2.



em b : há retorno através da bomba 2 quando esta não é dotada de válvula de retenção.



(Cópia traduzida do original do Curso de Engenharia Hidráulica de DELFT, Holanda)

ILUSTRAÇÃO A I-5

A N E X O II

Este ANEXO tem como finalidade apresentar informações técnicas referentes às bombas fabricadas pela organização "FLYGT", da Suécia.

Os dados e os desenhos que se seguem foram preparados com base em catálogos obtidos por cortesia da firma "FÁBRICA DE AÇO PAULISTA — FAÇO", de São Paulo, SP, representante dos fabricantes no nosso País.

Dêste ANEXO, constam as seguintes ILUSTRAÇÕES:

- ILUSTRAÇÃO A II-1: Conjuntos motor-bomba submersos "FLYGT".
- ILUSTRAÇÃO A II-2: Elevatória subterrânea dotada de conjuntos motor-bomba submersos "FLYGT".
- ILUSTRAÇÃO A II-3: Dois tipos de elevatórias subterrâneas dotadas de conjuntos motor-bomba submersos "FLYGT".

CONJUNTOS MOTOR-BOMBA SUBMERSOS "FLYGT":

Como se mencionou no item 6 dêste trabalho, incluem-se, entre os diversos tipos de unidades de recalque, os chamados "conjuntos submersos, basicamente caracterizados pelo fato da bomba e do motor integrarem um conjunto que opera inteiramente imerso no líquido a ser bombeado.

Observou-se, também, que o emprêgo de tais conjuntos para o recalque de esgotos sanitários, particularmente daqueles não tratados, acarretava sérios problemas de manutenção preventiva e corretiva, dadas as dificuldades de acesso, inspeção, retirada e/ou troca de unidades, peças ou acessórios.

Entretanto, a firma sueca FLYGT revolucionou, por completo, o conceito que se tinha a respeito dos conjuntos da espécie em foco, concebendo, projetando e fabricando em escala crescente um tipo de unidade de recalque cuja inspeção rotineira e cuja manutenção ou substituição passavam a ser de extrema simplicidade.

Nas bombas FLYGT, conforme se poderá verificar e compreender perfeitamente, através das ILUSTRAÇÕES que acompanham êste ANEXO, o motor e a bomba acham-se alojados em um conjunto hermético dotado de olhais capazes de se deslocarem ao longo de guias verticais, tornando tarefa banal a retirada, a qualquer momento, da unidade

de recalque completa. Um dos aspectos mais importantes e curiosos a destacar, consiste no acoplamento fácil, imediato e automático, entre o flange de saída da bomba e o da boca do tubo de descarga da elevatória: a simples descida do conjunto motor-bomba, ao longo das guias verticais, dá lugar à perfeita justaposição dos dois flanges, assegurada a vedação pelo simples peso do conjunto, sem necessidade de porcas ou parafusos, o que garante, da mesma forma, a retirada eventual, da unidade, pelo seu simples levantamento, seja manualmente, seja utilizando uma talha, conforme o peso do equipamento a ser considerado em cada caso.

A ILUSTRAÇÃO A II-1 exhibe um conjunto motor-bomba em seus detalhes e indica os sistemas de levantamento e abaixamento do mesmo.

As ILUSTRAÇÕES A II-2 e A II-3 apresentam estações elevatórias dotadas de conjuntos motor-bomba submersos FLYGT.

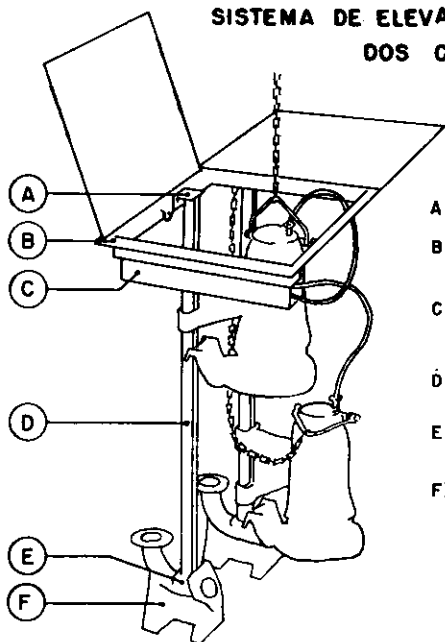
Seguem-se algumas das características típicas das bombas "FLYGT", selecionadas dos respectivos catálogos:

- 1 — Pequeno número de peças móveis.
- 2 — Dimensões reduzidas.
- 3 — Uma das mais destacadas vantagens da bomba "FLYGT" é, como se mencionou, o tipo de acoplamento entre ela e a tubulação de recalque, sem quaisquer parafusos ou porcas, mediante um simples encaixe que se dá automaticamente ao arriar-se a bomba, ao longo da respectiva guia, até sua posição normal de operação; para inspecionar-se a bomba, é suficiente içá-la, ao longo de sua guia, até o nível do terreno; o flange de ligação existente na boca da tubulação de recalque adapta-se perfeitamente ao flange correspondente existente na saída da bomba; o peso da própria bomba é suficiente para manter os flanges unidos.
- 4 — As inspeções, os ajustes e as trocas de peças desgastadas são muito fáceis e podem ser efetuados em qualquer lugar, o que faz com que a bomba não necessite interromper por muito tempo seu funcionamento.
- 5 — Segundo o fabricante, a necessidade de inspeção de bombas em condições normais de funcionamento limita-se a uma única vez por ano; tal inspeção é de extrema simplicidade, já que basta içar-se a bomba, ao longo de sua

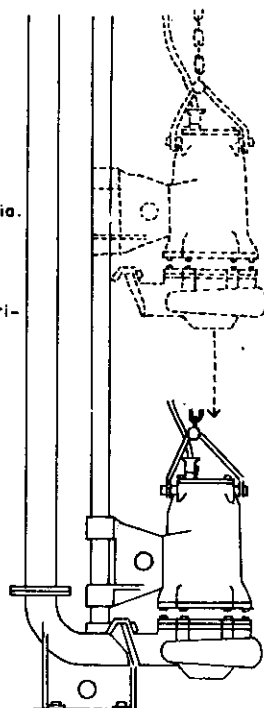
- guia, até o nível do terreno, sem necessidade de retirar parafusos ou porcas, nem de se entrar no poço.
- 6 — As bombas "FLYGT" não exigem manutenção regular de juntas ou mancais, sendo suficiente uma simples inspeção 2 vezes por ano,
 - 7 — É de relevante importância o fato de ser inteiramente desnecessária a existência de casa de máquinas, já que os motores trabalham dentro do próprio poço de sucção.
 - 8 — Uma estação elevatória projetada para utilizar bombas "FLYGT" necessita, aproximadamente, da metade do espaço exigido por uma elevatória convencional, já que dispensa a existência de casa de máquinas ou de dependências para pessoal de operação e manutenção.
 - 9 — As elevatórias para bombas "FLYGT" estão absolutamente livres de longos eixos de transmissão, mancais de apoio e tubos de sucção, tendo em vista que a bomba fica imersa diretamente nas águas residuais a serem recalçadas. Como funcionam diretamente dentro da massa líquida, dispensam tubos de aspiração e válvulas.
 - 10 — Uma destacada vantagem traduz-se no fato de que a água succionada pela bomba resfria, ao mesmo tempo, a própria bomba que se acha nela imersa. Existe, outrossim, um sistema de refrigeração incorporado, destinado a um resfriamento satisfatório do motor.
O resfriamento do motor se faz de maneira suficiente pela radiação do calor da carcaça do estator.
 - 11 — A bomba pode funcionar a sêco por tempo praticamente ilimitado.
 - 12 — As bombas "FLYGT" para águas residuais são projetadas de modo a permitirem a passagem dos sólidos carregados pelos esgotos.
 - 13 — Características do impulsor da bomba "FLYGT" CP — 200: é possível variar-se a capacidade da bomba mediante a simples substituição do impulsor. O impulsor é constituído de um canal, à prova de obstruções, com uma seção de passagem mínima de 125 mm (5"). Trapos, pedaços de madeira, areia e outros detritos podem passar sem dificuldade pelo interior da bomba.
 - 14 — O motor hermético das bombas "FLYGT", capaz de trabalhar normalmente imerso no seio do próprio líquido a ser bombeado, exclui qualquer preocupação relativa a inundações, ao contrário do que ocorre com a maioria dos motores empregados no recalque de esgotos.
 - 15 — Os componentes das bombas "FLYGT" são apdrionizados, o que facilita a eventual utilização de peças de uma bomba, em outra de tipo semelhante.
 - 16 — As elevatórias projetadas para bombas "FLYGT" são geralmente construídas, em grande parte, com peças pré-fabricadas, que podem ser rapidamente montadas no local, diminuindo, destarte, o tempo de construção.
 - 17 — A "FLYGT" fornece, ela própria, o equipamento especial que garante o comando automático do funcionamento da bomba.
Tal equipamento é constituído de reguladores de nível que funcionam quando o líquido atinge determinados níveis, conveniente e previamente fixados, e de uma unidade de comando, a qual devidamente acionada pelos reguladores de nível, faz a bomba funcionar ou parar automaticamente. Em instalações providas de 2 bombas, se uma delas ficar avariada, será automaticamente desligada, ao mesmo tempo em que a outra será colocada em funcionamento.
 - 18 — São fornecidas para vazões de 700 l/mim (~ 12 l/s) a 9000 l/min. (150 l/s).

CONJUNTOS MOTOR-BOMBA SUBMERSOS " FLYGT "

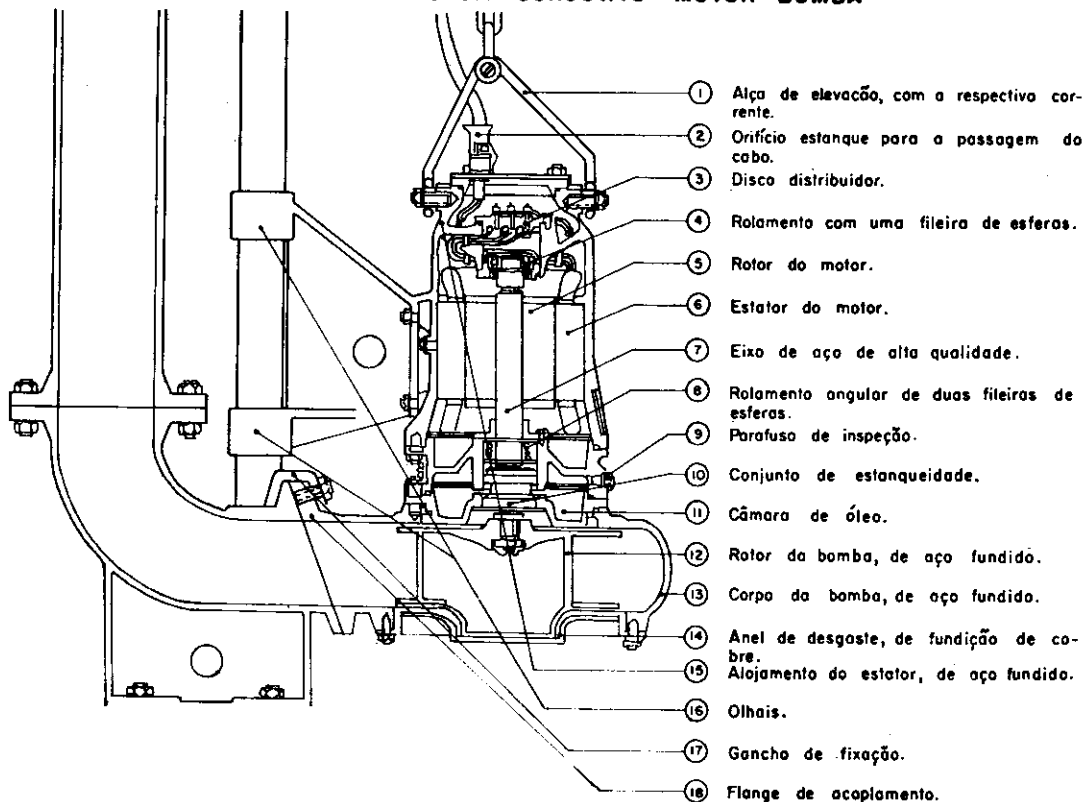
SISTEMA DE ELEVAÇÃO E ABAIXAMENTO DOS CONJUNTOS



- A) Suporte superior da barra guia.
- B) Tampa de visita e respectivo quadro.
- C) Conduitos para os cabos elétricos.
- D) Barras guias.
- E) Suporte inferior da barra guia.
- F) Ligação de descarga.



DETALHES DE UM CONJUNTO MOTOR-BOMBA



- ① Alça de elevação, com a respectiva corrente.
- ② Orifício estanque para a passagem do cabo.
- ③ Disco distribuidor.
- ④ Rolamento com uma fileira de esferas.
- ⑤ Rotor do motor.
- ⑥ Estator do motor.
- ⑦ Eixo de aço de alta qualidade.
- ⑧ Rolamento angular de duas fileiras de esferas.
- ⑨ Parafuso de inspeção.
- ⑩ Conjunto de estanqueidade.
- ⑪ Câmara de óleo.
- ⑫ Rotor da bomba, de aço fundido.
- ⑬ Corpa da bomba, de aço fundido.
- ⑭ Anel de desgaste, de fundição de cobre.
- ⑮ Alojamento do estator, de aço fundido.
- ⑯ Olhais.
- ⑰ Gancho de fixação.
- ⑱ Flange de acoplamento.

ILUSTRAÇÃO A-II-1

**ELEVATÓRIA SUBTERRÂNEA DOTADA DE CONJUNTOS
MOTOR-BOMBA SUBMERSOS "FLYGT"**

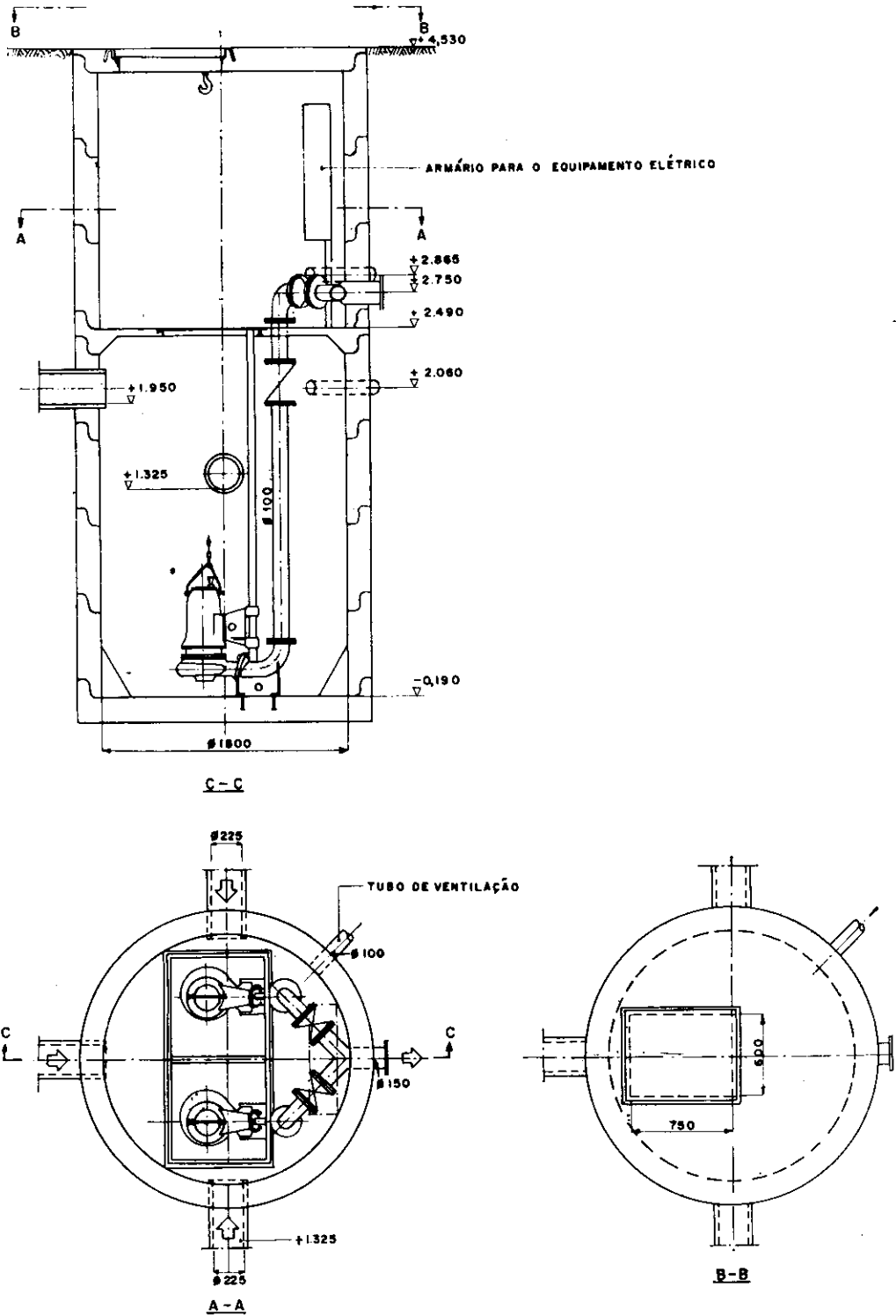


ILUSTRAÇÃO A II-2

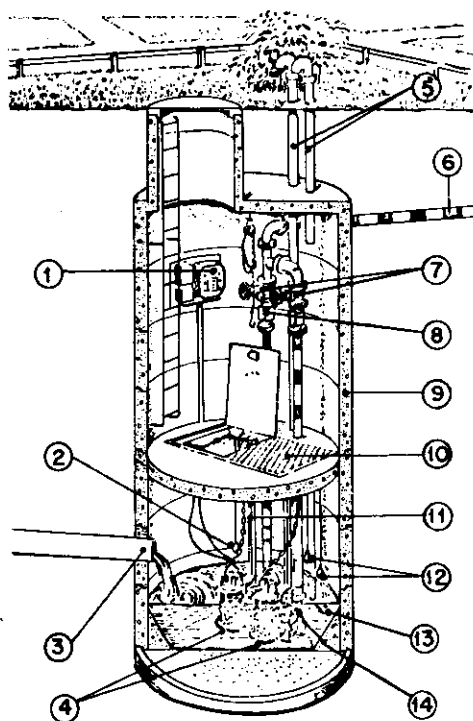
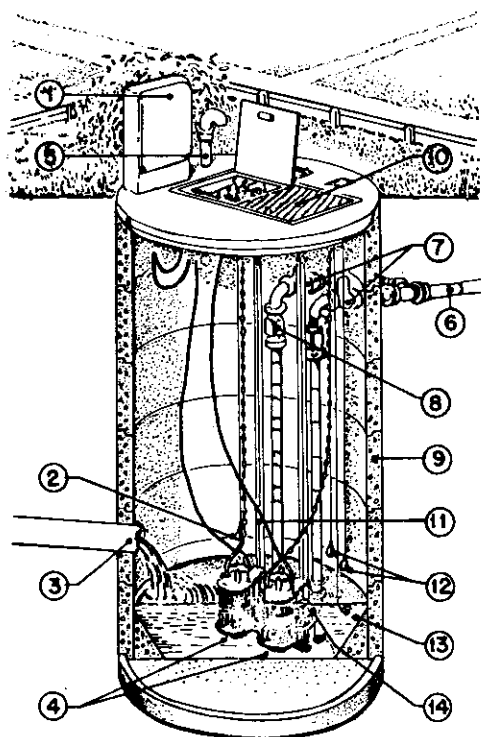
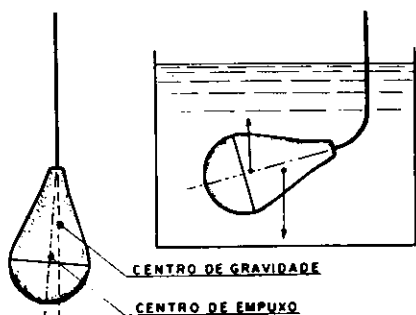
DOIS TIPOS DE ELEVÁTORIAS SUBTERRÂNEAS DOTADAS DE CONJUNTOS MOTOR-BOMBA SUBMERSOS "FLYGT"

SISTEMA DE CONTRÔLE

REGULADOR DE NÍVEL

O ENP-10 é um regulador de nível simples e seguro, que abre ou fecha um circuito, a um nível pré-fixado. O componente essencial é um flutuador ôco de PVC, em forma de pêra, o qual contém um pêso de chumbo assimétrico e cuidadosamente localizado e um interruptor de mercúrio com 3 pólos. Livremente pendurado no ar, o regulador assume uma posição próxima da vertical, em virtude da localização do pêso de chumbo. Quando imerso em um líquido, êle se inclina até um ângulo de aproximadamente 45° (veja figura ao lado). Tanto no ar como no líquido, o regulador mantém seu cabo esticado, o que reduz o risco de acumulação de detritos sobre este último.

Os reguladores ENP-10 existem disponíveis para líquidos com SGs de 0,65/0,80; 0,80/0,95; 0,95/1,10; 1,05/1,20; 1,20/1,30; 1,4 e 1,5. Os comprimentos de cabos disponíveis são de 6m, 13m e 20m.



- 1- Unidade de controle elétrico
- 2- Regulador de nível (para alarme)
- 3- Entrada do esgoto
- 4- Bombas para esgoto, submersíveis, FLYGT
- 5- Tubo de ventilação
- 6- Tubo de recalque
- 7- Registros

- 8- Válvulas de retenção
- 9- Anéis pré-fabricados de concreto
- 10- Caixilho de acesso, com alçapões
- 11- Barras-guias
- 12- Reguladores de nível (para partida)
- 13- Regulador de nível (para parada)
- 14- Conexão de descarga

ILUSTRAÇÃO A II-3

A N E X O III

Este ANEXO apresenta uma série de informes técnicos de alta valia, referentes a bombas tipo "parafuso hidráulico", de fabricação da firma "J. CONRAD STENGELIN", da Alemanha.

Tais informes foram traduzidos de catálogos gentilmente cedidos pela firma "FILSAN PROJETOS E EQUIPAMENTOS HIDRÁULICOS LTDA", de São Paulo, SP, representante exclusiva dos fabricantes, para o Brasil.

Além do texto explicativo, o ANEXO inclui 3 (três) ILUSTRAÇÕES, a saber:

- ILUSTRAÇÃO A III-1: BOMBA TIPO PARAFUSO HIDRÁULICO "MODÉLO ESTACIONÁRIO: Curvas η , Q e P para diversas profundidades de imersão; pontos notáveis e dimensões.
- ILUSTRAÇÃO A III-2: BOMBA TIPO "PARAFUSO HIDRÁULICO" MODÉLO ESTACIONÁRIO: Diagrama para seleção.
- ILUSTRAÇÃO A III-3: BOMBA TIPO "PARAFUSO HIDRÁULICO" MODÉLO BASCULANTE: Pontos notáveis e dimensões.

A) BOMBA TIPO "PARAFUSO HIDRÁULICO" MODÉLO ESTACIONÁRIO

DESCRIÇÃO:

Este tipo de bomba ("parafuso hidráulico") pode elevar água pesadamente poluída, sem diluição ou pré-tratamento. Pedras, madeira, trapos, papel, animais mortos, etc., não precisam ser eliminados.

Quantidades máximas e mínimas de água podem ser bombeadas sem interrupção e sem obstruções, não havendo interferência da variação da vazão afluyente. Conseqüentemente, não são exigidos poços especiais para as bombas. A manutenção é insignificante.

A durabilidade é muito grande. A eficiência é de aproximadamente 60 a 70%. No caso de grandes vazões, vários parafusos hidráulicos podem ser instalados, um ao lado do outro. Alturas de elevação superiores a 5 ou 6 m podem ser vencidas através de uma disposição em duplo estágio. Cada parafuso hidráulico consiste, essencialmente, de um eixo ôco, provido de munhões ou pinos capazes de

trabalhar com mancais ou transmissões, e de lâminas helicoidais soldadas ao longo da superfície externa do eixo, segundo uma disposição múltipla (lâminas duplas ou lâminas tríplexes).

O acionamento do parafuso é produzido por um motor situado no extremo superior do eixo, dotado de redução por engrenagens e acoplamento elástico. O apoio superior é garantido por um mancal de escora provido de rolamentos cilíndricos. O apoio inferior é executado através de mancal simples, em bronze, lubrificado por água e graxa. A lubrificação deste mancal é feita por meio de uma bomba de graxa "Bosch". Após sofrer aplicação de jatos de areia, o parafuso é protegido contra a corrosão mediante pintura, em várias camadas, com tintas plásticas especiais.

Os munhões são soldados ao eixo e podem ser facilmente removidos dos mancais, em caso de revisão.

DETALHES CONSTRUTIVOS:

Os parafusos hidráulicos são instalados logo junto ao final do conduto afluyente; no caso da pluralidade de parafusos, torna-se necessária uma calha de distribuição adequada. No caso de ser possível um remanso no conduto afluyente, o poço de admissão da bomba necessita apenas ser um pouco mais profundo, em relação à parte inferior do conduto afluyente.

A parte superior do parafuso deve ser colocada suficientemente alta, de maneira que, mesmo no caso de vazão máxima, seja possível uma descarga livre. Quando um remanso puder ocorrer no conduto efluyente, uma válvula contra refluxo deverá ser instalada.

O parafuso gira numa calha semi-circular, a qual pode ser construída em chapa de aço ou em concreto.

A calha é aberta na parte superior. O motor e a transmissão podem ser encerrados numa caixa de chapa de aço, de modo que os custos de construção civil fiquem limitados às ligações na alimentação e na descarga das bombas.

No caso de elevatórias de grande porte, o motor e o mecanismo de transmissão ficam abrigados num pequeno compartimento, adequado a tal finalidade.

A elevatória pode também ser construída subterrânea.

SISTEMA DE OPERAÇÃO:

Quando um determinado nível mínimo de água é atingido na calha de alimentação, a bomba é automaticamente posta em funcionamento por meio de interruptores de eletrodo ou de mola e é desligada quando o nível cai. Como é fácil concluir pelo que já foi anteriormente mencionado, o funcionamento dos interruptores é deveras limitado, devido à larga faixa de vazões em que pode operar o parafuso. Na hipótese de vários parafusos serem instalados, a operação é distribuída por etapas, em função do aumento das vazões afluentes.

APLICAÇÕES:

Especialmente para água não tratada previamente, mas também para drenagem e irrigação, para pequenas alturas de elevação e quaisquer vazões desejadas.

VANTAGENS:

Simple; insensível a variações das condições de trabalho, dentro de certos limites; à prova de imperícias comuns; baixa rotação; durabilidade; desnecessidade de poço de sucção; boa eficiência, mesmo no caso de vazões variáveis; inexistência de obstruções, mesmo quando impurezas grosseiras se acham presentes na água (dispensa grades de barras); estruturas simples.

B) BOMBAS TIPO "PARAFUSO HIDRÁULICO" MODÉLO BASCULANTE:

DESCRIÇÃO:

O parafuso com motor e transmissão, a calha do parafuso e os mancais superiores e inferiores são montados numa mesma estrutura estável, de forma a constituírem um conjunto compacto. Em seu ex-

tremo superior, este conjunto é provido de um eixo transversal, por meio do qual ele pode ser apoiado em dois mancais laterais, ou facilmente retirado. Em sua extremidade inferior, a calha do parafuso, provida de placa de apoio, repousa livremente sobre o fundo do pequeno poço de admissão da bomba. Assim sendo, o parafuso pode, a qualquer momento, ser elevado até a posição horizontal, tornando-se acessível, sem que se faça necessário esvaziar o pequeno poço de admissão da bomba. O parafuso pode, outrossim, ser completamente removido.

Conseqüentemente, o conjunto pode ser usado, com vantagem, como uma bomba volante, para utilização em controle de água do sub-solo, dessecação de terrenos, etc. A unidade é particularmente apropriada à recirculação de lodos em estações de tratamento de esgotos e em todos os casos em que uma estrutura dispendiosa deve ser evitada. Não se torna necessária uma casa de bombas especial, já que o motor se acha protegido por uma cobertura de chapa de aço. Para a instalação, apenas dois pequenos apoios são necessários para os dois mancais do eixo basculante.

O poço de admissão da bomba pode ser mantido pequeno, pois tendo em vista que o parafuso pode ser facilmente levantado, não há necessidade de acesso ao mancal inferior.

DIMENSÕES

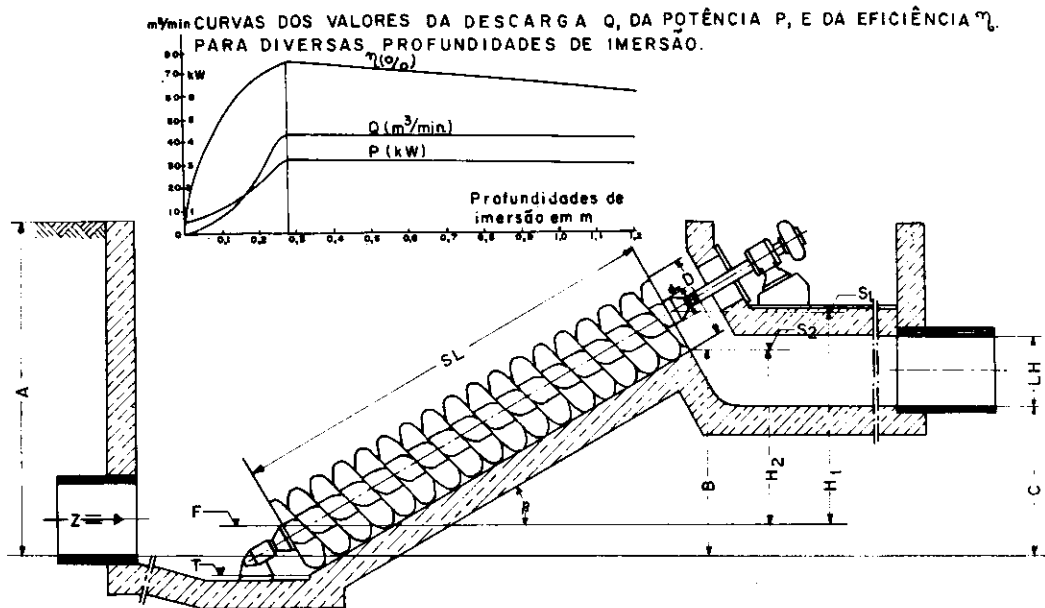
Os parafusos hidráulicos modelo basculante são fabricados até um diâmetro máximo de 800 mm e para uma altura máxima de elevação de 3,00 m.

CAPACIDADES APROXIMADAS

Diâmetro externo do parafuso (mm)	Capacidades ou vazões aproximadas (l/s)
300	0 a 10
400	0 a 25
500	0 a 40
600	0 a 90
800	0 a 160

DADOS TÉCNICOS RELATIVOS ÀS BOMBAS TIPO "PARAFUSO HIDRÁULICO", DE FABRICAÇÃO "J. CONRAD STENGELIN"

A) BOMBA TIPO "PARAFUSO HIDRÁULICO" MODELO ESTACIONÁRIO



BOMBAS TIPO "PARAFUSO HIDRÁULICO": PONTOS NOTÁVEIS E DIMENSÕES

As letras no desenho acima referem-se a:

F = Nível de repleção a montante, no qual o parafuso trabalha em sua plena capacidade, ou seja, com sua vazão máxima.

T = Nível mínimo de água a montante, no qual o parafuso cessa de funcionar.

S₁ = Máximo nível d'água a jusante.

H₁ = Distância vertical entre os níveis máximos a jusante e a montante: S₁ - F

S₂ = Nível de transição entre a calha ascendente do parafuso e o canal de descarga.

H₂ = Distância vertical entre o nível de transição calha-canal e o nível de repleção a montante do parafuso: S₂ - F

SL = Comprimento do parafuso.

D = Diâmetro externo do parafuso.

d = Diâmetro do eixo do parafuso.

A = Diferença de nível entre a superfície do terreno e o fundo do conduto afluente.

B = Diferença de nível entre a transição calha-canal e o fundo do conduto afluente.

C = Diferença de nível entre o fundo do canal de descarga e o fundo do conduto afluente.

LH = Diâmetro ou altura total do canal de descarga ou conduto efluente.

β = Ângulo de inclinação do parafuso (normalmente 30°)

Z = Vazão afluente.

Observação: - No caso de consulta técnica sobre um caso específico, o interessado deve fornecer os valores correspondentes aos seguintes dados: A = cm; B = cm; C = cm; LH = cm; β = °; Z = l/s. Além disso, deve responder à seguinte pergunta:

1ª: "Até que nível podem as águas do subsolo ou das marés subir acima do fundo do conduto afluente?"

"Resposta: cm."

ILUSTRAÇÃO A III-1

DADOS TÉCNICOS RELATIVOS ÀS BOMBAS TIPO "PARAFUSO HIDRÁULICO", DE FABRICAÇÃO "J. CONRAD STENGLIN"

A) BOMBA TIPO "PARAFUSO HIDRÁULICO" MODELO ESTACIONÁRIO

BOMBAS TIPO "PARAFUSO HIDRÁULICO" - DIAGRAMA PARA SELEÇÃO

PARA BOMBAS TIPO "PARAFUSO	
ALTURA MÁXIMA DE ELEVÇÃO DE APROXIMADAMENTE.....	HIDRÁULICO ATÉ.....
3,00m	450mm diem.
3,50m	700mm diem.
4,00m	1000mm diem.
5,00m	1500mm diem.

COM UM ÂNGULO DE INCLINAÇÃO DE 30º E SUPORTE TUBULAR NORMAL

- 350mm; lâmina triptice
- 400mm; lâmina dupla
- 300mm; lâmina dupla

- 350mm lâmina dupla
- 300mm lâmina triptice

- 500mm; lâmina dupla
- 500mm; lâmina triptice

- 700mm; lâmina dupla
- 500mm; lâmina triptice

- 800mm; lâmina dupla
- 700mm; lâmina triptice

- 900mm; lâmina triptice

- 1000mm; lâmina dupla

- 900mm; lâmina triptice

- 1000mm; lâmina triptice

- 1100mm; lâmina dupla

- D=1200mm; lâmina dupla

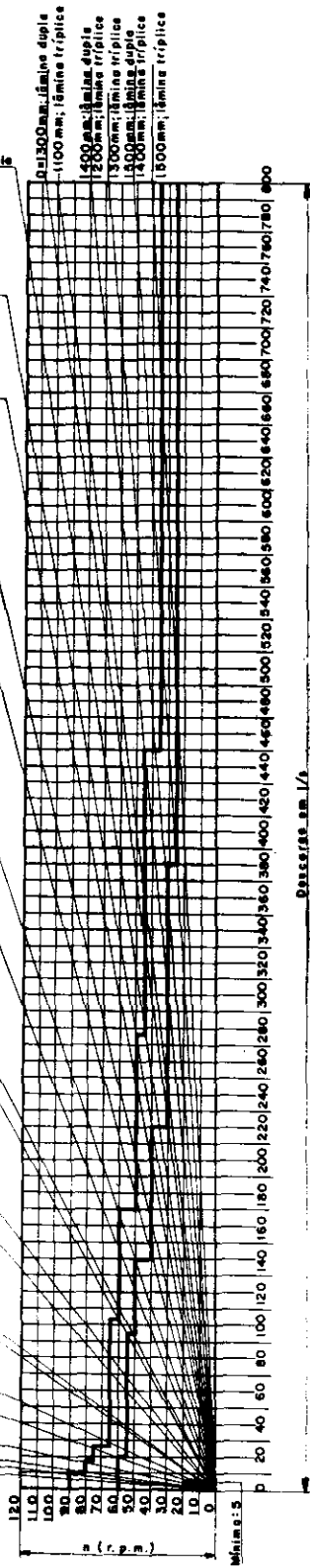
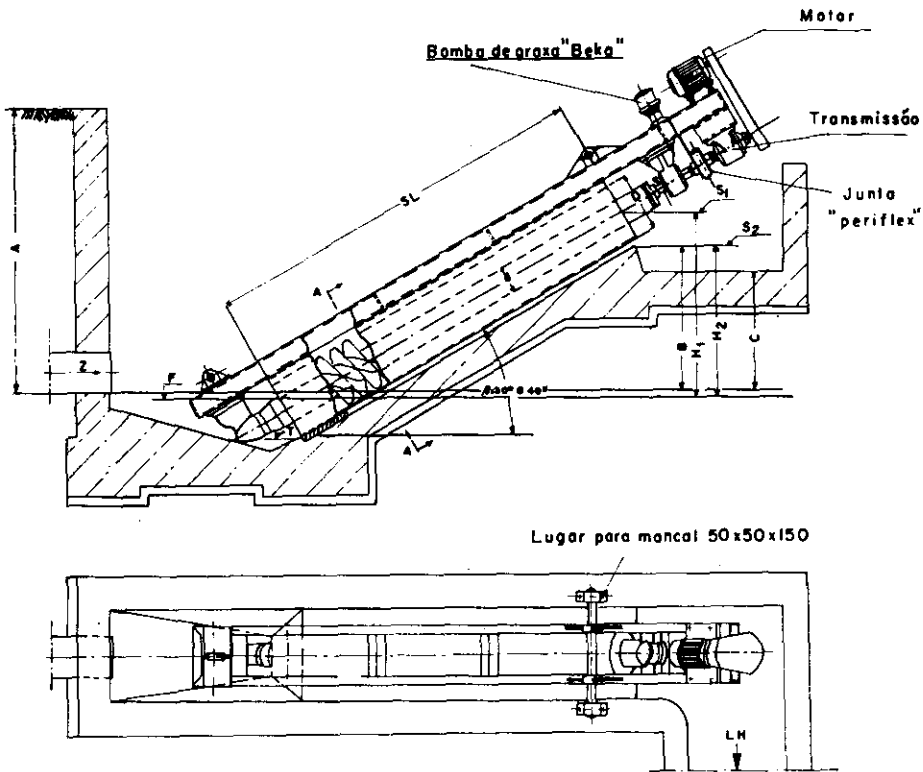


ILUSTRAÇÃO A III-2

Dessiné em 1/3

DADOS TÉCNICOS RELATIVOS ÀS BOMBAS TIPO "PARAFUSO HIDRÁULICO",
DE FABRICAÇÃO "J. CONRAD STENGELIN"

B) BOMBA TIPO "PARAFUSO HIDRÁULICO" MODELO BASCULANTE



BOMBAS TIPO "PARAFUSO HIDRÁULICO": PONTOS NOTÁVEIS E DIMENSÕES

AS LETRAS NO DESENHO ACIMA REFEREM-SE A :

F = Nível de repleção a montante, no qual o parafuso trabalha em sua plena capacidade, ou seja, com sua vazão máxima.

T = Nível mínimo de água a montante, no qual o parafuso cessa de funcionar.

S₁ = Máximo nível d'água a jusante.

H₁ = Distância vertical entre os níveis máximos a jusante e a montante: S₁ - F

S₂ = Nível de transição entre a calha ascendente do parafuso e o canal de descarga.

H₂ = Distância vertical entre o nível de transição calha-canal e o nível de repleção a montante do parafuso:

S₂ - F

SL = Comprimento do parafuso

D = Diâmetro externo do parafuso.

d = Diâmetro do eixo do parafuso.

A = Diferença de nível entre a superfície do terreno e o fundo do conduto afluente.

B = Diferença de nível entre a transição calha-canal e o fundo do conduto afluente.

C = Diferença de nível entre o fundo do canal de descarga e o fundo do conduto afluente.

LH = Diâmetro ou altura total do canal de descarga ou conduto efluente.

β = Ângulo de inclinação do parafuso (normalmente 30°)

Z = Vazão afluente.

Observação: - No caso de consulta técnica sobre um caso específico, o interessado deve fornecer os valores correspondentes aos seguintes dados: A = cm; B = cm; C = cm; LH = cm; β =°; Z = l/s. Além disso, deve responder à seguinte pergunta:

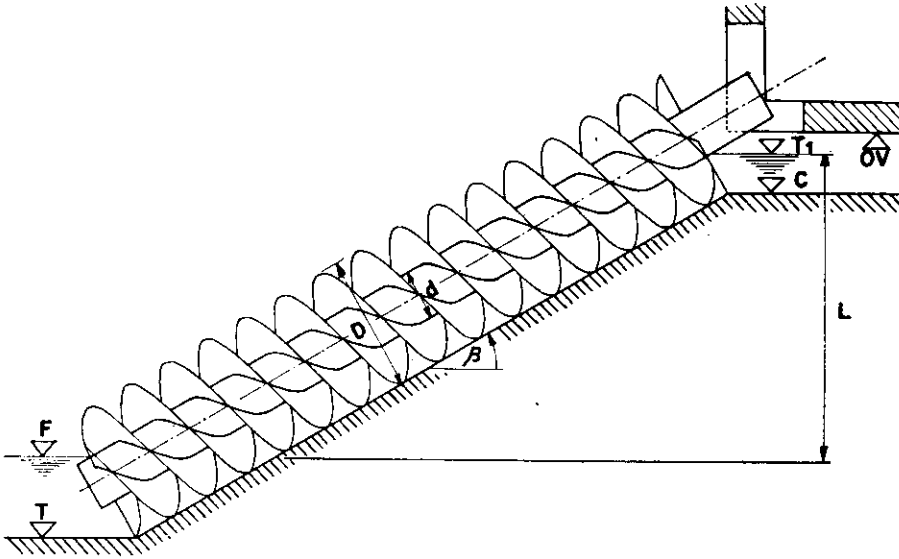
"Até que nível podem as águas do subsolo ou das marés subir acima do fundo do conduto afluente?"
"Resposta: cm"

ILUSTRAÇÃO A III-3

ANEXO IV

Este anexo é constituído, exclusivamente, pela ILUSTRAÇÃO A IV-1, a qual apresenta um esquema da bomba tipo "parafuso hidráulico" fabricado pela firma "SPAANS", da Holanda, bem como uma série de interessantes dados técnicos adicionais referentes à citada bomba

DADOS TÉCNICOS RELATIVOS À BOMBA TIPO "PARAFUSO HIDRÁULICO", DE FABRICAÇÃO "SPAANS"



- D = Diâmetro externo do parafuso hidráulico.
 d = Diâmetro do eixo ou tubo central.
 β = Inclinação: ângulo formado pelo eixo com o plano horizontal.
 F = Ponto de repleção ou ponto de nível máxima a montante ("filling point"), no qual o parafuso trabalha com sua capacidade máxima, ou seja, com sua descarga máxima.
 T = Ponto de nível mínimo a montante ("touch point"), no qual a capacidade, ou seja, a descarga do parafuso hidráulico é reduzido a zero.
 Para níveis de água compreendidos entre F e T, a capacidade, isto é, a descarga do parafuso adapta-se, ela própria, à vazão afluyente.
 C = Ponto de queda, onde o eixo ascendente do parafuso atinge o canal receptor.
 T₁ = Ponto de elevação máxima, até o qual a água é elevada nas condições de máxima eficiência.
 L = Altura de elevação do parafuso hidráulico

DIFERENÇA DE NÍVEL

A altura até a qual a água pode ser elevada depende, em parte, do diâmetro do parafuso e não pode, portanto, ser fixada para a generalidade dos casos. Na prática, os bombas deste tipo são fornecidas para uma elevação máxima de ~7,60m (25 pés). Se necessário, elas podem ser construídas para funcionarem em 2eg lógios, com apoios intermediários.

CAPACIDADE DAS BOMBAS SPAAN TIPO PARAFUSO HIDRÁULICO

A tabela I fornece os diâmetros externos aproximados dos parafusos hidráulicos correspondentes a capacidades ou descargas entre 25 l/s e 1 m³/s para o caso de parafusos instalados com uma inclinação de 30° em relação ao plano horizontal (foi efetuada a conversão de unidades, de "galões imperiais" por minuto para litros por segundo).

RELAÇÃO ENTRE DESCARGA E EFICIÊNCIA

Na tabela II aparecem diversas descargas, expressas em percentagens da descarga máxima de um dado parafuso hidráulico e as eficiências correspondentes às mesmas.

OBSERVAÇÃO:

As capacidades ou descargas fornecidas pela tabela são apenas aproximadas. A inclinação e a velocidade de rotação do parafuso precisam ser levadas em conta antes de se decidir quanto às dimensões do parafuso a ser usado.

As bombas tipo parafuso hidráulico podem ser fornecidas para capacidades ou descargas de até 6 m³/s.

- TABELA I -	
DIÂMETRO EXTERNO DO PARAFUSO HIDRÁULICO (mm)	DESCARGA MÁXIMA DO PARAFUSO HIDRÁULICO (l/s)
380	25,0
560	50,0
635	75,0
735	98,5
890	148,0
990	197,0
1200	299,0
1350	401,0
1500	500,0
1600	605,0
1800	800,0
2000	1000,0

DESCARGA (% da descarga máxima)	- TABELA II - EFICIÊNCIA (%)
100	75
90	75
80	75
70	73
60	72
50	71
40	69
30	67
20	60
10	50

ILUSTRAÇÃO A IV-1

ANEXO V

Este ANEXO destina-se a esclarecer e ilustrar melhor a inter-relação que existe entre a variação do esgôto afluente a uma elevatória, o volume do poço de recepção e as vazões de recalque das bombas, assunto focalizado no item 9 e de indiscutível importância. Compõe-se dos seguintes elementos:

— Breve, mas clara e excelente abordagem do problema em foco, traduzida de **BABBITT & BAUMANN** (4).

— **ILUSTRAÇÃO A V — 1**, copiada e traduzida da **Fig.12-4**, de **BABBITT & BAUMANN** (5).

— Tradução do texto explicativo da mencionada **Fig.12-4**.

“O modo de proceder no estudo da capacidade de uma elevatória existente ou no projeto de uma nova estação acha-se indicado no seguinte exemplo ilustrativo:

Uma estação elevatória de esgotos é dotada de um poço de recepção de 2 500 galões de capacidade e de 4 bombas com as seguintes descargas, em gpm: 200, 300, 500 e 500. O diagrama de massas das vazões, num dia em que o volume total de esgôto foi de 720 000 galões, é apresentado na figura seguinte. As linhas representativas das vazões de recalque das diversas bombas isoladas ou combinadas, aparecem no lado esquerdo da figura. Períodos de operação das bombas e instantes em que o poço de recepção está cheio ou vazio são determinados mediante o traçado de linhas adequadas, paralelas às que representam as vazões de recalque correspondentes, conforme indicado na figura. Quando a linha representativa do bombeamento se situa 2 500 galões abaixo daquela indicativa do volume afluente, o poço está cheio; quando a linha de bombeamento atinge a do volume afluente de esgôto, o poço está vazio; a linha de bombeamento não pode estender-se acima da linha do esgôto afluente. Neste exemplo, o volume do poço de recepção e as vazões de recalque são conhecidos. Quando apenas a curva de variação da vazão afluente de esgôto é conhecida, o volume do poço e as descargas das bombas podem ser selecionados através de tentativas, traçando-se o diagrama de massas do esgôto afluente correspondente ao dia crítico (dia mais

desfavorável) e ajustando-se combinações de volumes de poço e vazões de recalque à linha do esgôto afluente, de maneira a obter-se um poço de recepção de pequeno volume, bem como paradas e partidas pouco frequentes das bombas” (4).

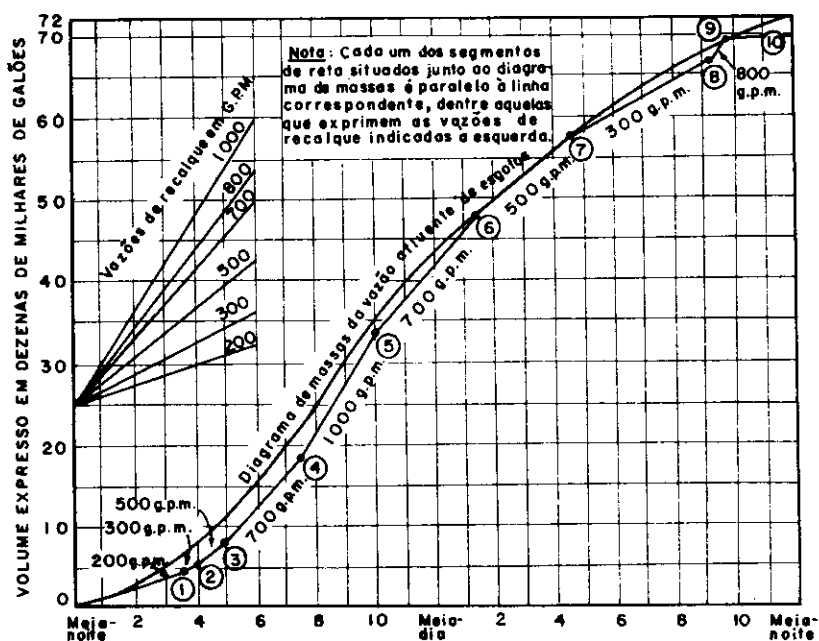
“DIAGRAMA DE MASSAS PARA MOSTRAR O EFEITO DA OPERAÇÃO DAS BOMBAS SOBRE UM DADO POÇO DE RECEPÇÃO:

- (0) Meia-Noite: o poço de recepção está vazio e a bomba de 200 gpm de capacidade entra em funcionamento.
- (1) 3 h 30 min: o poço de recepção está cheio; a bomba de 200 gpm é desligada e a unidade de 300 gpm entra em ação.
- (2) 4h 00 min : o poço está cheio; sai de serviço a bomba de 300 gpm e entra a de 500 gpm.
- (3) 5h 00 min : o poço está cheio; a bomba de 500 gpm continua funcionando e a unidade de 200 gpm entra em serviço, perfazendo 700 gpm de vazão de recalque.
- (4) 7h 30 min : o poço está cheio: tôdas as três bombas funcionam simultaneamente, produzindo uma descarga total de 1000 gpm.
- (5) 10h 00 min: o poço acha-se sensivelmente pela metade, com o nível do esgôto baixando; o operador desliga a unidade de 300 gpm; a descarga total é, agora, de 700 gpm.
- (6) 13h 40 min: o poço está vazio; o operador desliga a bomba menor; a descarga é, agora, de 500 gpm.
- (7) 16h 40 min: o poço acha-se vazio; a bomba de 500 gpm pára e a de 300 gpm é posta em funcionamento.
- (8) 21h 20 min: o operador deseja esvaziar o poço rapidamente e por isso liga a unidade de 500 gpm e bombeia, pois, à razão de 800 gpm até
- (9) 21h 50 min: o poço está vazio e tôdas as bombas acham-se desligadas até...
- (10) Meia-Noite: o poço está cheio” (5).

NOTA DO TRADUTOR: No texto retro, foi descrito o funcionamento de apenas 3(três) das 4(quatro) unidades anteriormente mencionadas. Isto, naturalmente, é devido ao fato de se ter considerado a outra unidade de 500 gpm como reserva da capacidade total da elevatória (50% de reserva, no caso).

Diagrama de Massas Relativo a uma Elevatória de Esgotos.

ILUSTRAÇÃO A V-1



- OBS: 1) A Fig. acima foi copiada da fls. 274 do livro "Sewerage and sewage treatment", de Babbitt e Baumann — 8.º Ed.
 2) Os comentários relativos à Fig. acham-se em fls. do anexo V.

ANEXO VI

Nêste ANEXO são apresentadas 6(seis) ILUSTRAÇÕES referentes à Elevatória André de Azevedo, do Departamento de Saneamento da SURSAN — Estado da Guanabara, situada na Rua Francisco Sá, em Copacabana, Rio de Janeiro, GB.

Embora apresentando algumas falhas de concepção ou de projeto, não podem ser subestimadas várias de suas características técnicas, altamente positivas.

É, outrossim, um excelente modelo de bela apresentação estética, aspecto indispensável, sobretudo no caso específico de sua localização, em um bairro residencial de alta categoria.

Além disso, o fato de ser dotada de equipamento de desarenação mecânica, além de sua grade de barras de limpeza também mecânica, concor-

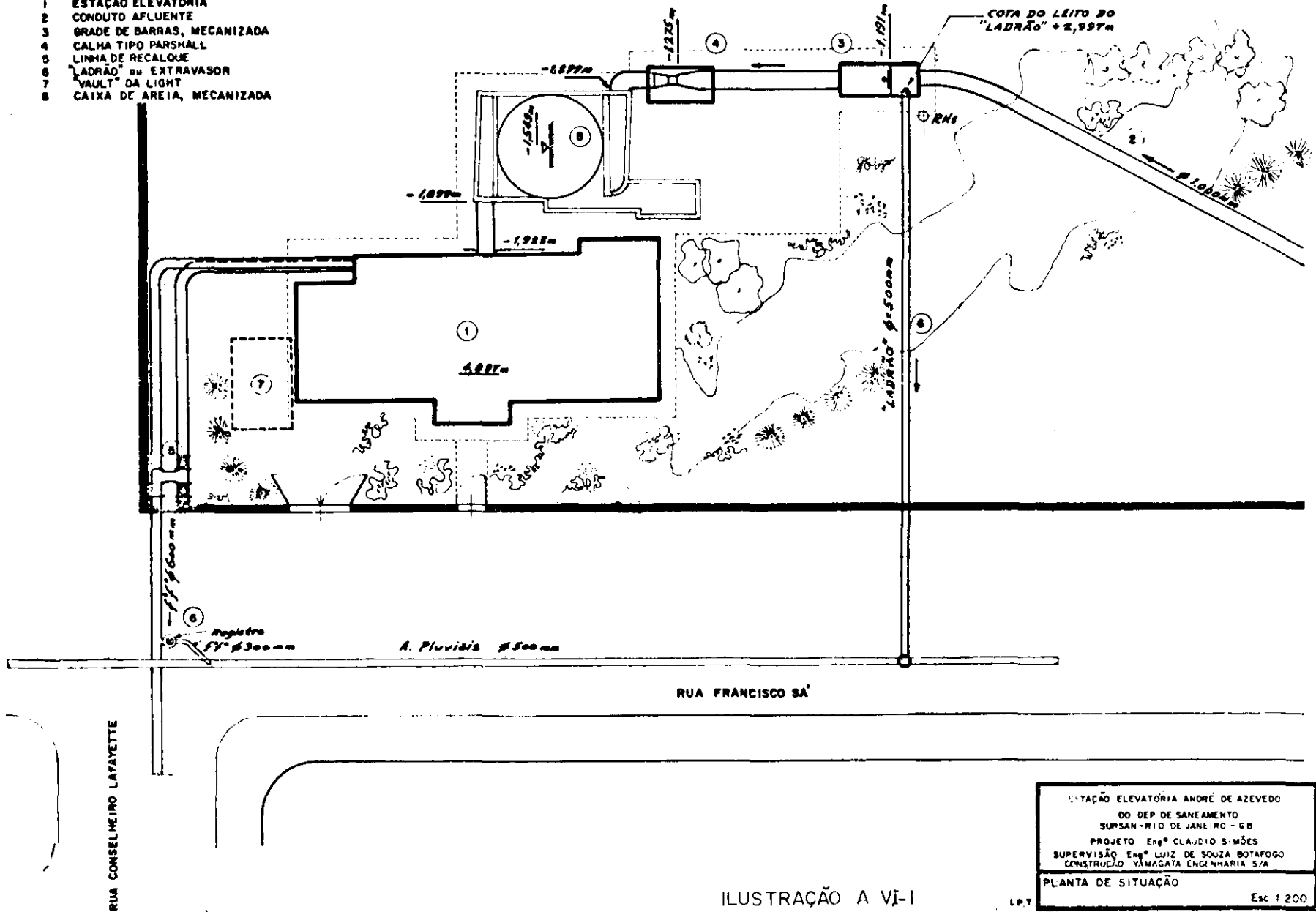
reu para que fôsse considerado um interessante exemplo para fins de apresentação didática.

São as seguintes as ILUSTRAÇÕES que integram êste ANEXO:

ILUSTRAÇÃO	A VI-1:	PLANTA DE SITUAÇÃO
ILUSTRAÇÃO	A VI-2:	CAIXA DE AREIA, MECANIZADA
ILUSTRAÇÃO	A VI-3:	DETALHE DA CALHA "PARSHALL"
ILUSTRAÇÃO	A VI-4:	PLANTA BAIXA
ILUSTRAÇÃO	A VI-5:	PLANTA BAIXA
ILUSTRAÇÃO	A VI-6:	CORTE TRANSVERSAL

LEGENDA

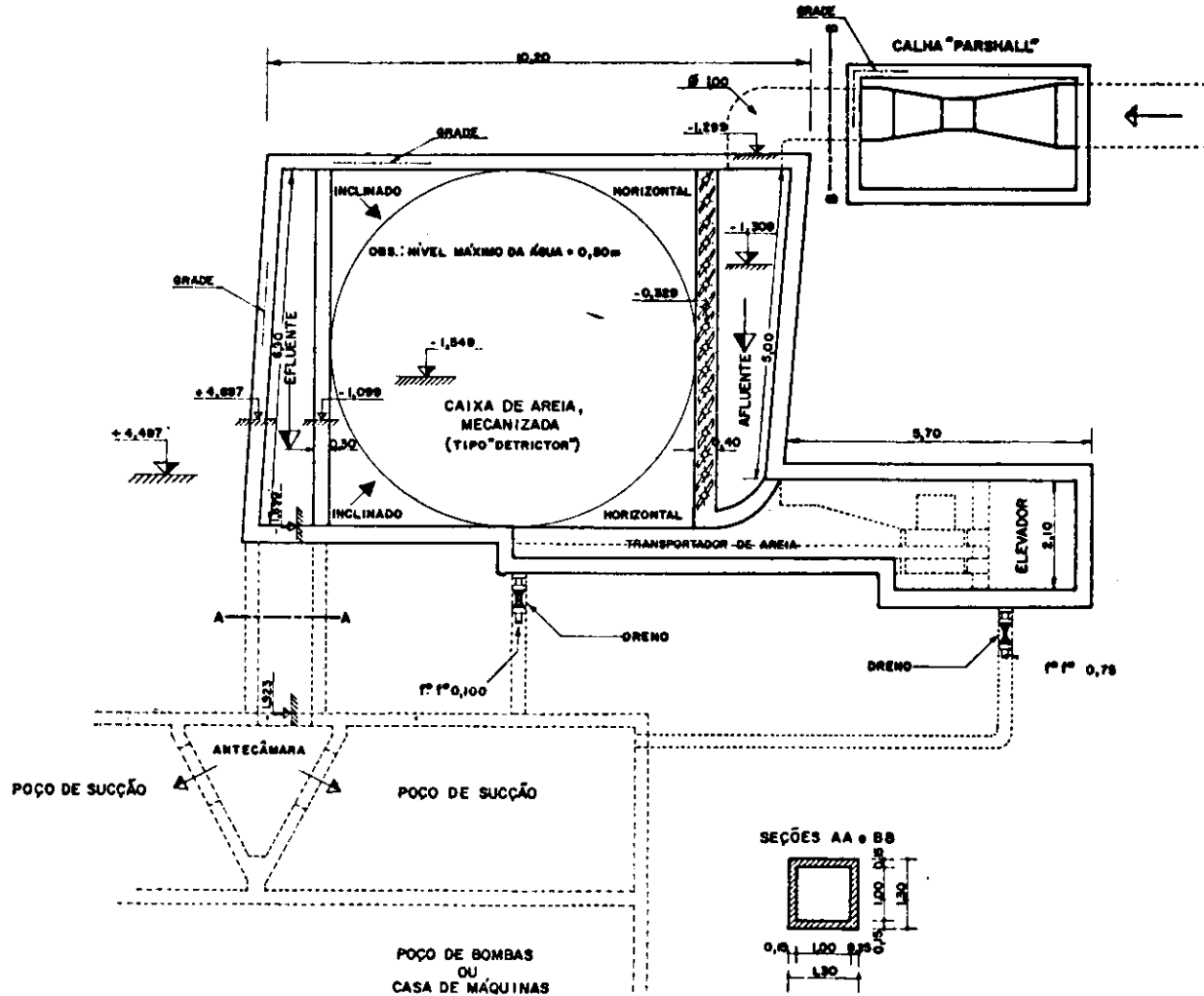
- 1 ESTAÇÃO ELEVATÓRIA
- 2 CONDUITO AFLUENTE
- 3 GRADE DE BARRAS, MECANIZADA
- 4 CALHA TIPO PARSHALL
- 5 LINHA DE RECALQUE
- 6 "LADRÃO" ou EXTRAVASOR
- 7 "VAULT" DA LIGHT
- 8 CAIXA DE AREIA, MECANIZADA



ESTAÇÃO ELEVATÓRIA ANORÉ DE AZEVEDO
DO DEP DE SANEAMENTO
SURSAN - RIO DE JANEIRO - GB
PROJETO Engº CLAUDIO SIMÕES
SUPERVISÃO Engº LUIZ DE SOUZA BOTAFOGO
CONSTRUÇÃO YAMAGATA ENGENHARIA S/A
PLANTA DE SITUAÇÃO
Esc 1:200

ILUSTRAÇÃO A VI-1

L.P.T.

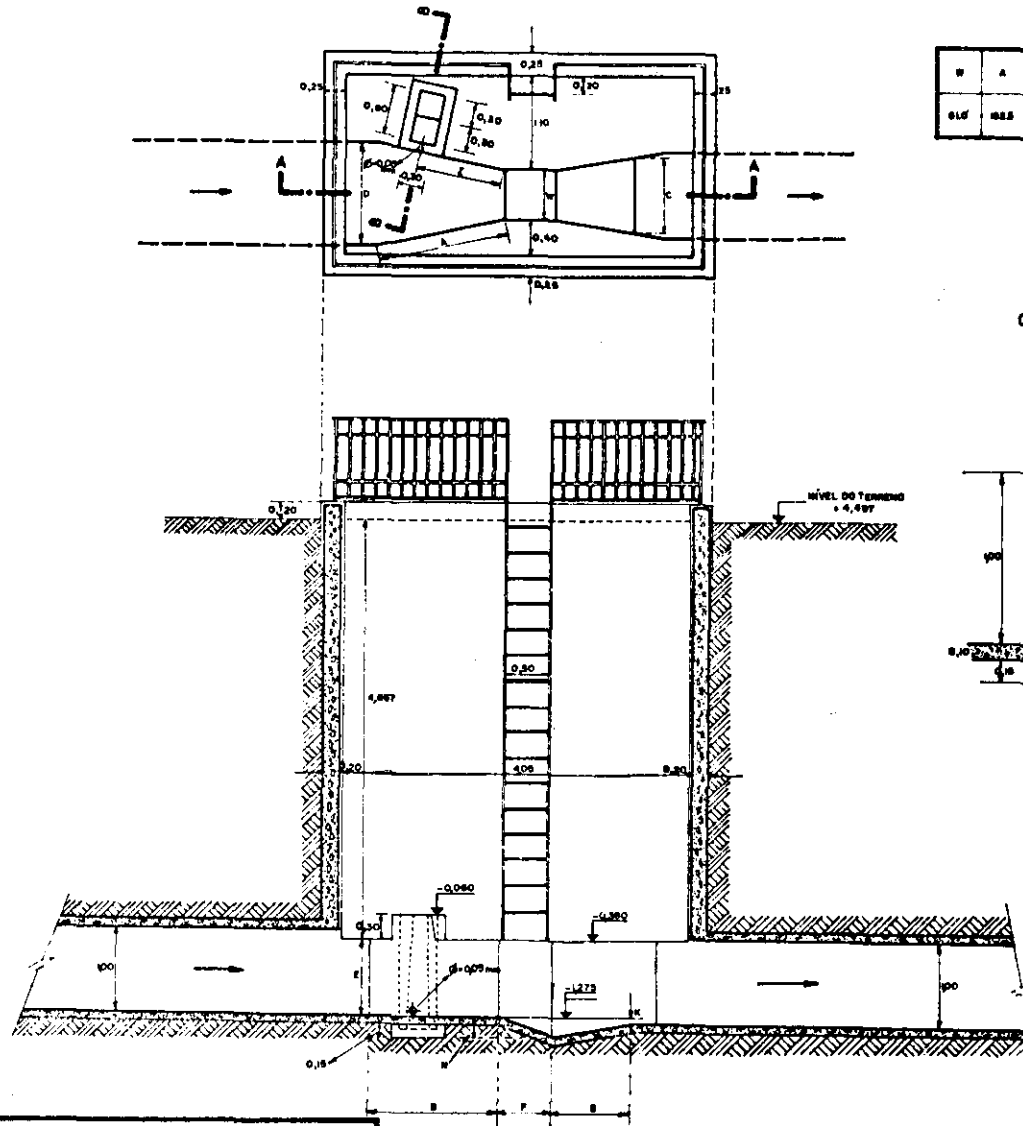


ESTAÇÃO ELEVATÓRIA ANDRÉ DE AZEVEDO
 DO DEP DE SANEAMENTO
 SURSAN-RIO DE JANEIRO - 68
 PROJETO: Eng^o CLÁUDIO SIMÕES
 SUPERVISÃO: Eng^o LUIZ DE SOUZA BOTAFOGO
 CONSTRUÇÃO: YAMAGATA ENGENHARIA S.A.
 CAIXA DE AREIA, MECANIZADA
 Esc. 1:75 LPT.

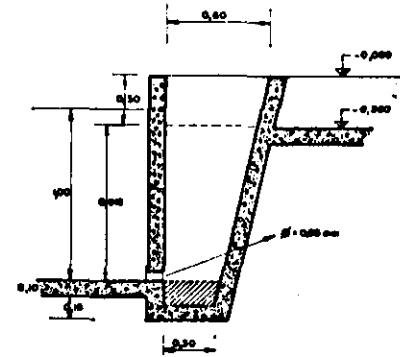
OBSERVAÇÃO: AS DIMENSÕES SEM UNIDADES
 EXPLÍCITAS CORRESPONDEM A
 METROS OU FRAÇÕES DE METROS.

ILUSTRAÇÃO A VI-2

W	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
016	022	1406	016	1307	016	010	012	70	229	1017



CORTE BB
 DETALHE DO POÇO DE MEDIÇÃO
 Esc. 1:25

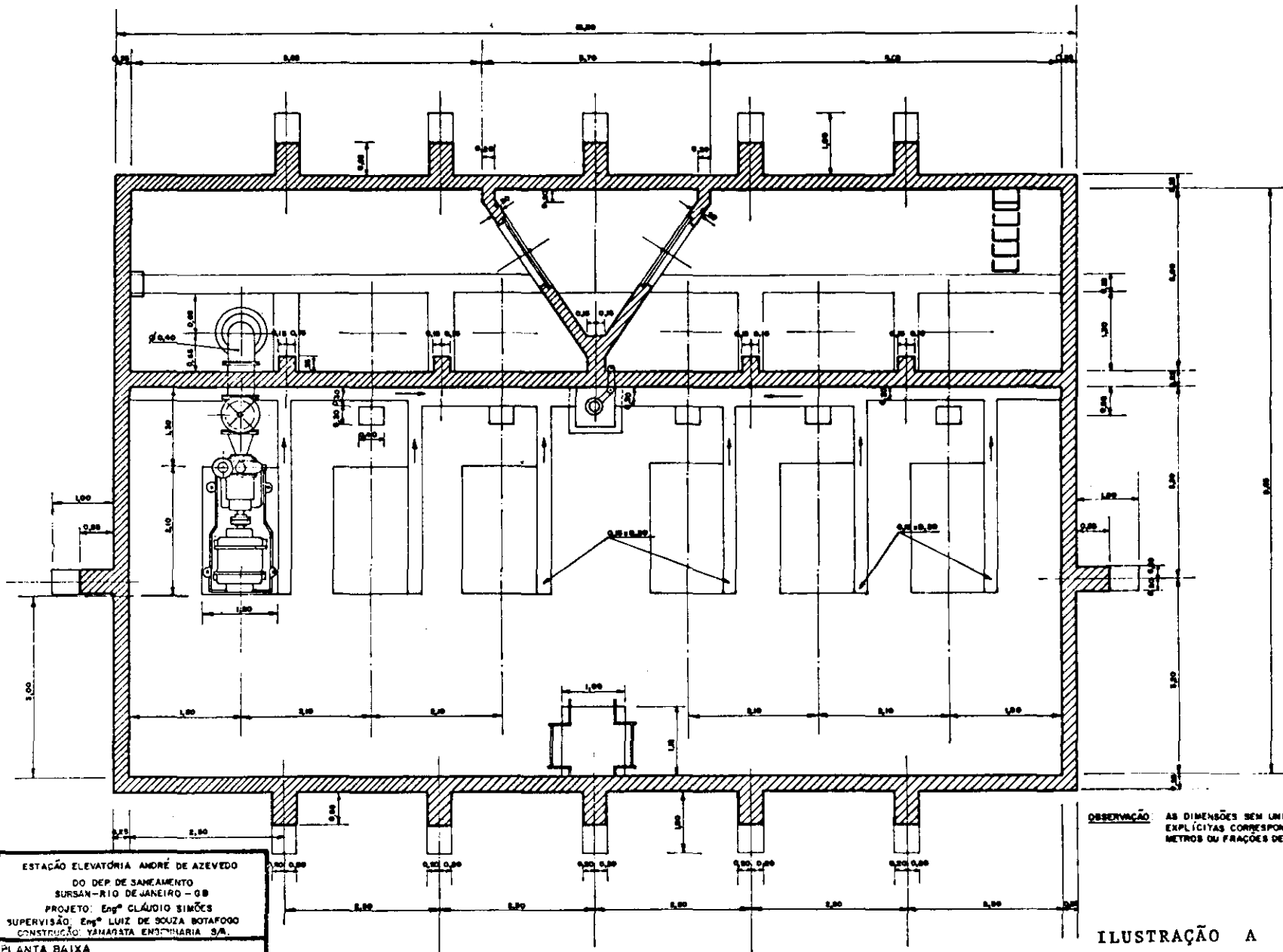


1 em 107
 1: - 0,006

ESTAÇÃO ELEVATÓRIA ANDRÉ DE AZEVEDO
 DO DEP. DE SANEAMENTO
 SURSAR-RIO DE JANEIRO - GB
 PROJETO: Eng.º CLÁUDIO SIMÕES
 SUPERVISÃO: Eng.º LUIZ DE SOUZA BOTAFOGO
 CONSTRUÇÃO YAMAGATA ENGENHARIA S/A.
 DETALHE DA CALHA "PARSHALL"
 Esc. 1'50 I.P.T.

OBSERVAÇÃO: AS DIMENSÕES SEM UNIDADES
 EXPLÍCITAS CORRESPONDEM A
 METROS OU FRAÇÕES DE METROS

ILUSTRAÇÃO A VI-3



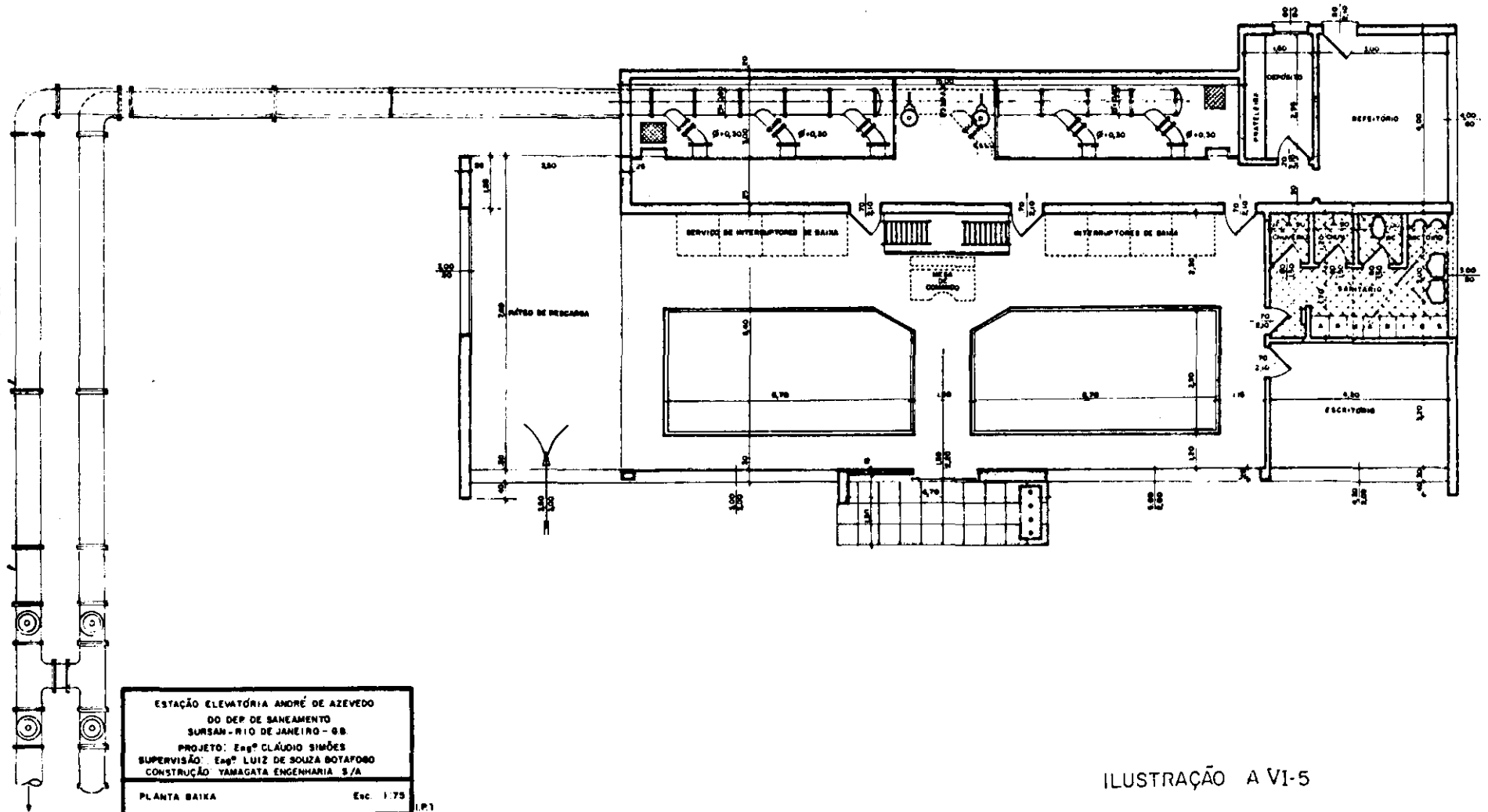
OBSERVAÇÃO AS DIMENSÕES SEM UNIDADES EXPLÍCITAS CORRESPONDEM A METROS OU FRAÇÕES DE METROS

ESTACÃO ELEVATORIA ANDRÉ DE AZEVEDO
 DO DEP DE SANEAMENTO
 SURSÂN-RIO DE JANEIRO - GB
 PROJETO: Eng^o CLÁUDIO SIMÕES
 SUPERVISÃO: Eng^o LUIZ DE SOUZA BOTAFEDO
 CONSTRUÇÃO: YAMAGATA ENGENHARIA S/A.
 PLANTA BAIXA

Esc. 1:50 IPT.

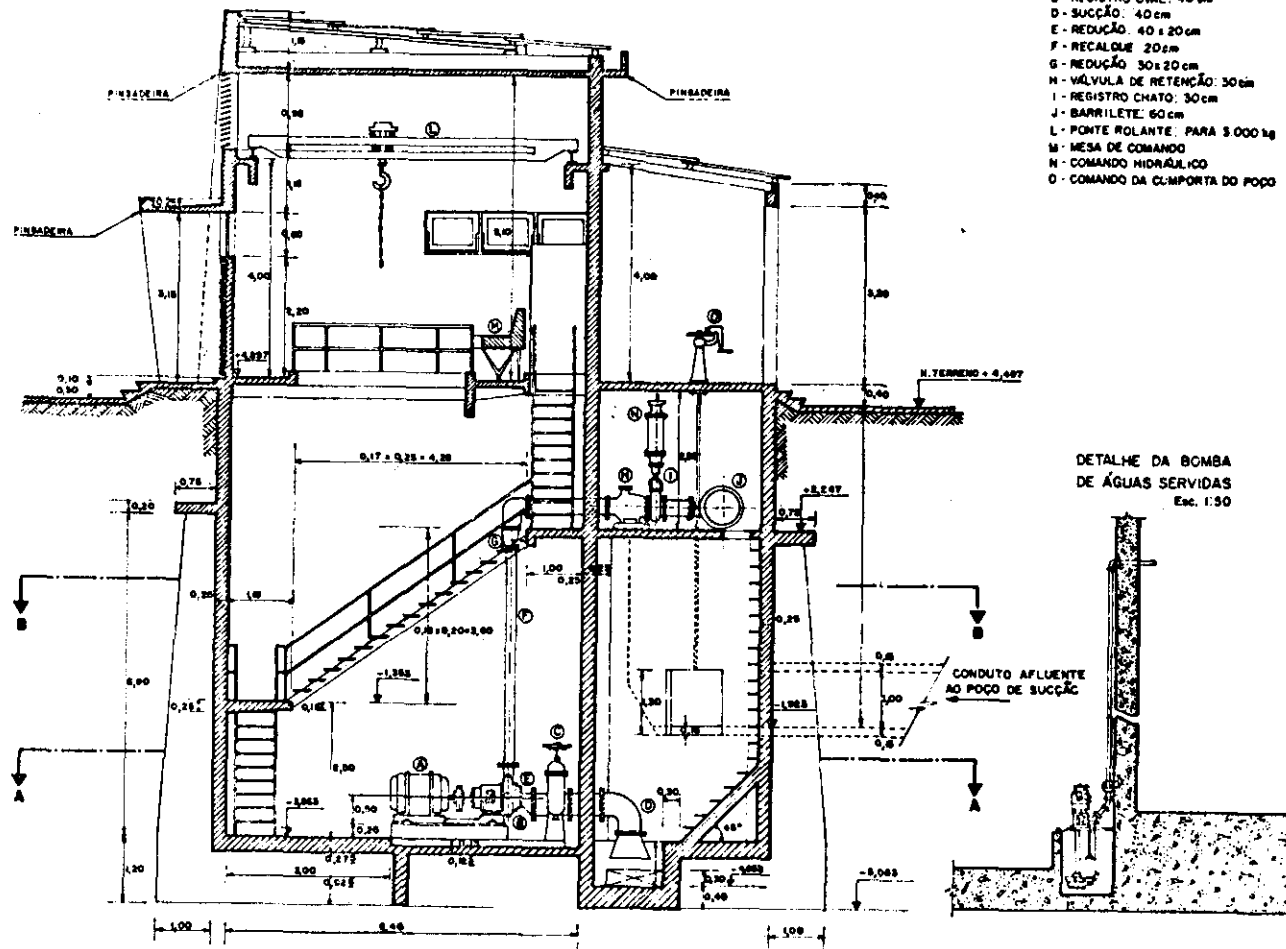
ILUSTRAÇÃO A VI-4

CONTROLO GERAL



ESTAÇÃO ELEVATÓRIA ANDRÉ DE AZEVEDO
 DO DEP. DE SANEAMENTO
 SURSAR - RIO DE JANEIRO - G.B.
 PROJETO: Eng.º CLÁUDIO SIMÕES
 SUPERVISÃO: Eng.º LUIZ DE SOUZA BOTAFOSO
 CONSTRUÇÃO: YAMAGATA ENGENHARIA S/A
 PLANTA BAIXA Esc. 1:75 I.P.1

ILUSTRAÇÃO A VI-5



LEGENDA

- A - MOTOR
- B - BOMBA
- C - REGISTRO OVAL. 40 cm
- D - SUÇÃO. 40 cm
- E - REDUÇÃO. 40 x 20 cm
- F - REDUÇÃO 20 cm
- G - REDUÇÃO 30 x 20 cm
- H - VÁLVULA DE RETENÇÃO. 30 cm
- I - REGISTRO CHATO. 30 cm
- J - BARRILETE. 60 cm
- L - PONTE ROLANTE. PARA 3.000 kg
- M - MESA DE COMANDO
- N - COMANDO HIDRÁULICO
- O - COMANDO DA CLAMPOTA DO POÇO

DETALHE DA BOMBA DE ÁGUAS SERVIDAS Esc. 1:50

ESTAÇÃO ELEVATÓRIA ANDRÉ DE AZEVEDO
 DO DEP. DE SANEAMENTO
 SURSAN-RIO DE JANEIRO - GB
 PROJETO Eng. CLÁUDIO SIMÕES
 SUPERVISÃO Eng. LUIZ DE SOUZA BOTAFOGO
 CONSTRUÇÃO YAMAGATA ENGENHARIA S/A
 CORTE TRANSVERSAL
 Esc. 1:75 IPT.

OBSERVAÇÃO AS DIMENSÕES SEM UNIDADES EXPLÍCITAS CORRESPONDEM A METROS OU FRAÇÕES DE METROS

ILUSTRAÇÃO A VI-6

ANEXO VII

Neste ANEXO são apresentados os seguintes elementos:

- Conceitos e definições extraídos do “WPCF Manual of Practice n.º 9”, fls. 262/4, baseados nos “Standards of Hydraulic Institute”.
- ILUSTRAÇÃO A VII-1: Relações entre alturas ou cargas das bombas (caso de sucção negativa).
- ILUSTRAÇÃO A VII-2: Relações entre alturas ou cargas das bombas (caso de sucção positiva).

Conceitos e definições extraídos do “WPCF Manual of Practice n.º 9”, fls. 262/4, baseados nos “Standards of Hydraulic Institute”:

a) **“Referência de nível”** (“datum”):

Todos os valores referentes a “altura total de sucção negativa” (“suction lift”), “altura total de sucção positiva” (“suction head”), “altura total de recalque” (“total discharge head”) e “altura líquida de sucção positiva” (“net positive suction head”) são expressos em relação à “referência de nível” (“datum”), a qual, no caso das bombas de eixo horizontal, corresponde à cota da linha de centro da bomba e, no caso das bombas de eixo vertical, corresponde à cota do orifício de entrada do impulsor.

b) **“Altura total de sucção negativa”** (“suction lift” h_s):

A “altura total de sucção negativa” existe quando a “altura total de sucção” (“total suction head”) é inferior à pressão atmosférica. Conforme se determina em teste, ela é obtida partindo-se da leitura de um manômetro de líquido instalado no orifício de sucção da bomba, convertida em “metros de líquido” (o original refere-se a “pés de líquido”) em relação à “referência de nível”, subtraindo-se da mencionada leitura a carga de velocidade no ponto de ligação do manômetro.

c) **“Altura total de sucção positiva”** (suction head” h_s):

A “altura total de sucção positiva” existe quando a altura total de sucção (“total suction head”) é

superior à pressão atmosférica. Conforme se determina em teste, ela é obtida partindo-se da leitura de um manômetro de líquido instalado no orifício de sucção da bomba, convertida em “metros de líquido” (“o original refere-se a “pés de líquido”) em relação à “referência de nível”, adicionando-se à mencionada leitura a carga de velocidade no ponto de ligação do manômetro.

d) **“Altura total de recalque”** (“total discharge head” h_d):

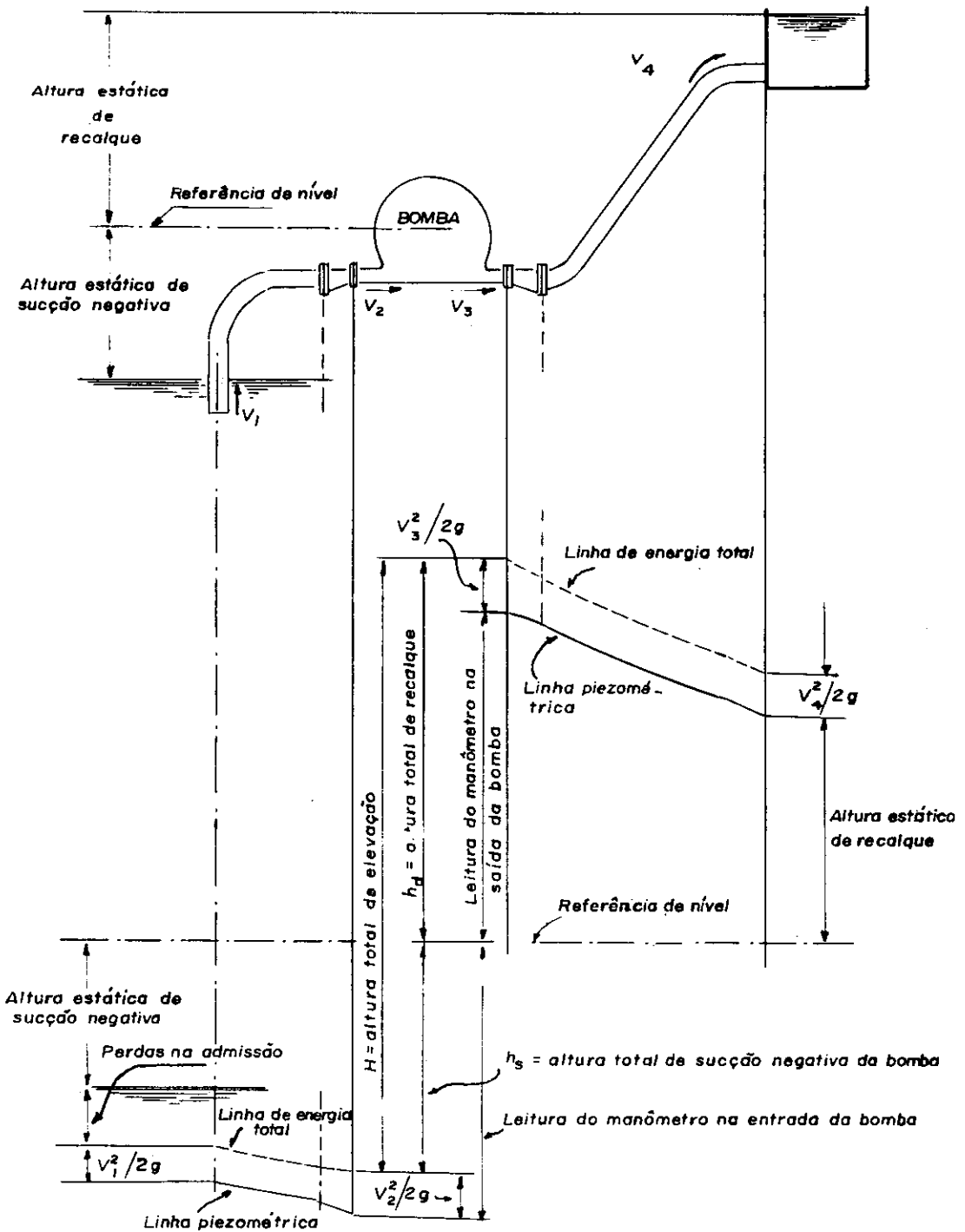
A “altura total de recalque” corresponde à leitura de um manômetro instalado na saída da bomba, convertida em “metros de líquido” (o original refere-se a “pés de líquido”) em relação à “referência de nível”, adicionando-se à mencionada leitura a carga de velocidade no ponto de ligação do manômetro.

e) **“Altura total de elevação”** (“total head” H , às vezes referida, também, como “total dynamic head” TDH):

A “altura total de elevação” corresponde ao valor do acréscimo de energia por unidade de peso do líquido a este transmitido pela bomba, sendo igual, portanto, à diferença algébrica entre a “altura total de recalque” e a “altura total de sucção” (“total suction head”). A “altura total de elevação” tal como se determina em teste, é igual à soma da “altura total de recalque” com a “altura total de sucção negativa”, quando esta existe: no caso de existir “altura total de sucção positiva, se subtrairmos esta da “altura de recalque” obteremos a “altura total de elevação” procurada.

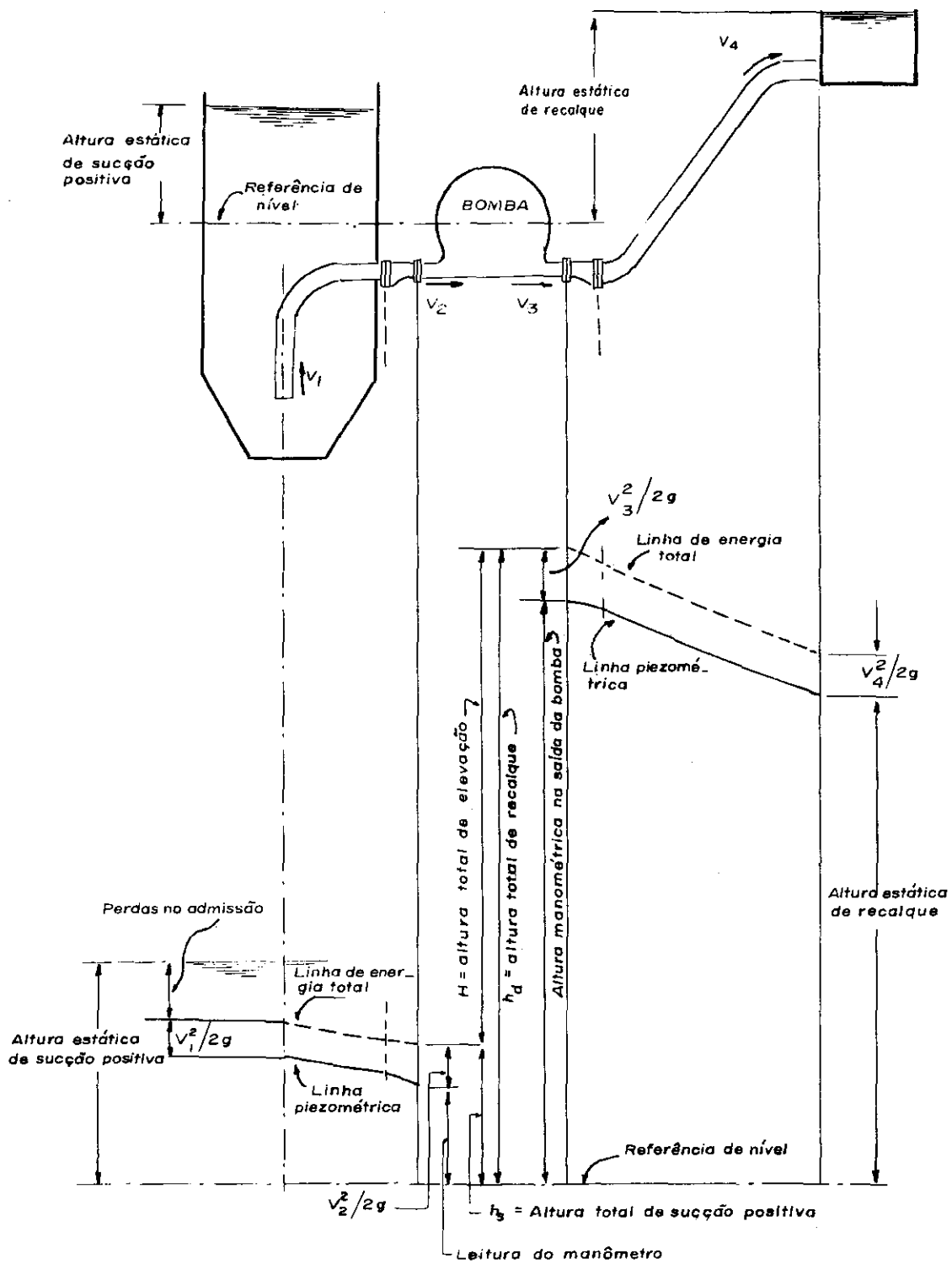
f) **“Altura líquida de sucção positiva”** (“net positive suction head” NPSH):

A “altura líquida de sucção positiva” é igual à “altura total de sucção” (“total suction head”), expressa em “metros de líquido” (o original refere-se a “pés de líquido”), na forma de pressão absoluta, determinada no orifício de sucção e relacionada à “referência de nível”, dela subtraindo-se a pressão de vapor do líquido em “metros de líquido” (o original refere-se a “pés de líquido”), também na forma de pressão absoluta.



**RELAÇÕES ENTRE ALTURAS OU CARGAS DAS BOMBAS
(CASO DE SUÇÃO NEGATIVA)**

(WPCF Manual of Practice nº 9 - pag - 263)



RELAÇÕES ENTRE ALTURAS OU CARGAS DAS BOMBAS (CASO DE SUÇÃO POSITIVA)

("WPCF Manual of Practice nº 9" - pag. 264)

ANEXO VIII

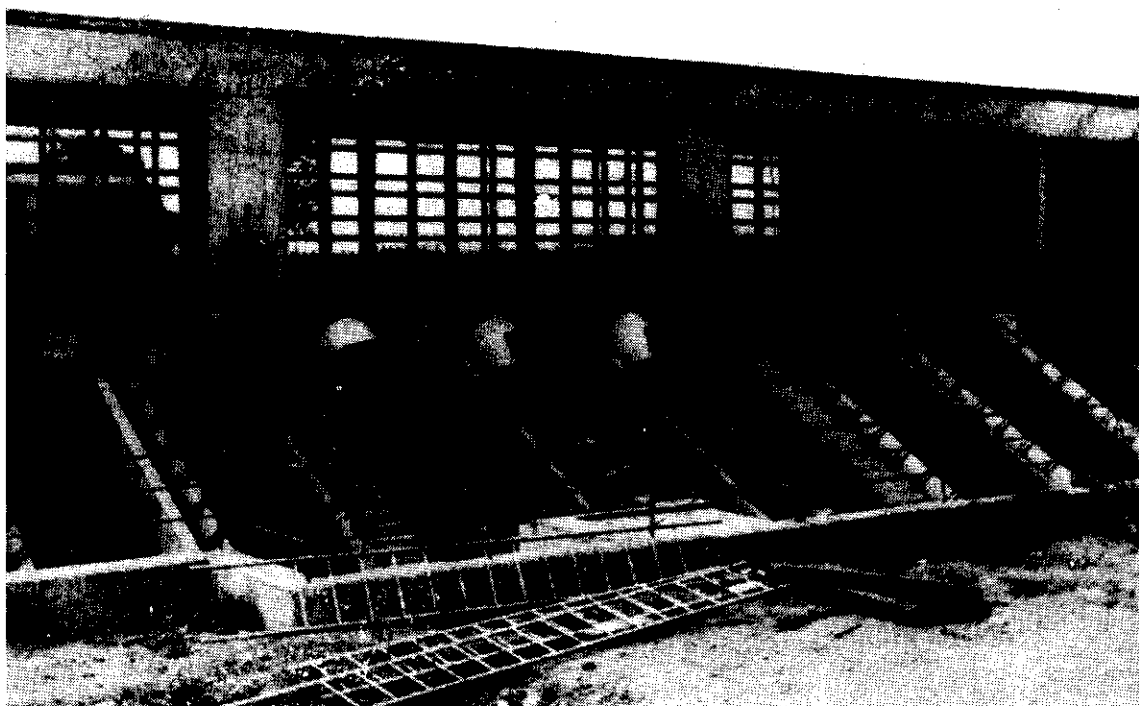


ILUSTRAÇÃO A VIII-1:

Estação de bombeamento de esgoto bruto, em Colônia, Alemanha, utilizando bombas tipo "parafuso hidráulico de Arquimedes", com uma capacidade total de $20 \text{ m}^3 / \text{s}$.