

II-165 – EEE PADRÃO 3-60: AGILIDADE E INOVAÇÃO NA ÁREA OPERACIONAL

Filipe Nepomuceno Bicalho Santos⁽¹⁾

Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Especialista em Engenharia Sanitária pela UFMG. Especialista em Gestão de Projetos pela Fundação Dom Cabral (FDC). Mestre em Engenharia Sanitária pelo DESA/UFMG. Gerente da Unidade de Serviços de Macro Operação de Esgoto na Companhia de Saneamento de Minas Gerais (USME/COPASA MG).

Fernando de Oliveira Silva

Técnico em Meio Ambiente pelo CEFET-MG. Engenheiro Civil pela Faculdade Izabela Hendrix. Técnico de Projetos e Obras na USME/ COPASA MG.

Gilmar Soares da Cruz

Técnico de Edificações pela Escola Técnica Municipal de Sete Lagoas. Engenheiro Civil pelo Centro Universitário UMA. MBA em Gestão Ambiental pela Universidade Pitágoras UNOPAR. Técnico de projetos e Obras na USME / COPASA MG.

Gustavo Pedrosa Costa

Técnico de Processamento de Dados pela POLIMIG. Técnico em Meio Ambiente pela Escola Santa Rita. Engenheiro Civil pela Faculdade Pitágoras. Técnico de Projetos e Obras na USME/ COPASA MG.

Samuel Rodrigues Oliveira

Engenheiro Industrial Eletricista pelo Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET MG). Especialista em Automação Industrial pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC Minas). Engenheiro de Automação pela Unidade de Serviços de Macro Operação de Água na COPASA MG.

Endereço⁽¹⁾: Rua Mar de Espanha, 453 – Santo Antônio - Belo Horizonte - MG - CEP: 30.330-900 - Brasil - Tel: (31) 3250-1456 - e-mail: filipe.bicalho@copasa.com.br.

RESUMO

Nos grandes centros urbanos, onde a urbanização já está consolidada e, muitas vezes, foi desenvolvida sem respeitar as características sanitárias das bacias, de tal forma que ocorrem situações como galerias e drenagens naturais dos terrenos passando dentro de quarteirões e imóveis, ou dificultando o escoamento do esgoto por gravidade pelas ruas dos municípios. Com isso há diversas galerias pluviais ou drenagens com lançamento irregular de esgoto. Uma solução para tais situações é a implantação de estações elevatórias de esgoto para bombear os efluentes até um ponto onde é possível o escoamento por gravidade para o sistema. O projeto de estações elevatórias é complexo e envolve diversas variáveis, como vazão e altura manométrica, além de especificação de conjuntos moto bomba para cada caso. Nesse sentido, foi desenvolvido o projeto padrão da EEE 3-60, com o objetivo de proporcionar uma solução de lançamentos de esgoto em fundos de vale e ruas abaixo da cota na qual a infraestrutura de esgotamento está implantada. Com montagens padronizadas e no qual a bomba especificada tem a capacidade de atender uma faixa de vazões de até 3,0 L/s e com até 60mca de altura manométrica, esse projeto permite ganhos de agilidade e economia nos projetos e obras de elevatórias de esgoto de baixas vazões e facilita a manutenção e aquisição de equipamentos.

PALAVRAS-CHAVE: Elevatória de Esgoto; Inovação; Operação.

INTRODUÇÃO

O sistema de esgotamento sanitário (SES) é composto pelo conjunto de obras e instalações destinadas a propiciar a coleta, afastamento, tratamento e disposição final do esgoto, de forma contínua e sem riscos para a saúde e o meio ambiente. É concebido e projetado favorecendo o escoamento por gravidade. No entanto, em situações em que a topografia do terreno não é favorável, utilizam-se as estações elevatórias de esgoto (EEEs). Assim, as EEEs apresentam as seguintes funções: recuperação de cota; transposição de bacias; fluxo nas estações de tratamento de esgotos (CRESPO, 2001).

Um bom projeto de estação elevatória leva em consideração o sistema de bombeamento, tipo de instalação do conjunto elevatório, poço seco ou poço úmido, o tipo de bomba, centrífuga ou parafuso e o formato do poço. Contempla a importância da remoção de sólidos grosseiros do esgoto a montante do sistema de sucção, o

controle de operação das bombas e sua supervisão através de um painel elétrico e automação, canal afluyente e também as tubulações de recalque sucção e seus equipamentos (TSUTIYA, 2000).

Em situações específicas, as EEEs são essenciais para promover a universalização da coleta de esgoto sanitário e, assim, possibilitar o seu encaminhamento para a estação de tratamento de esgoto (ETE). Contribuem, dessa forma, para o desenvolvimento sustentável, já que na maioria das aplicações evitam lançamento de esgoto “in natura” nos corpos hídricos, apesar de necessitar de energia elétrica para a operação.

A infraestrutura de esgotamento sanitário vem sendo implantada ao longo dos anos de operação dos sistemas. Porém, a urbanização inadequada, agravada pela expansão acelerada dos grandes centros urbanos geram uma série de passivos ambientais, com destaque para a solução de lançamentos de esgoto em fundos de vale e em ruas localizadas em cotas topográficas abaixo de onde a infraestrutura de esgotamento sanitário fora implantada. Nestes casos uma das soluções possíveis seria a implantação de uma estação elevatória de esgoto. Estas, usualmente concebidas com bombas centrífugas e do tipo submersível, necessitam de dimensionamento / especificação / cotação para cada local, o que torna a padronização complicada. E devido ao grande número de demandas deste tipo a contratação de projetos se torna morosa e onerosa.

A operação de sistemas de esgotamento sanitário apresenta diversos riscos, que podem causar prejuízos ao meio ambiente, à saúde da população, econômicos e também à imagem das concessionárias dos serviços de esgotamento. Um desses riscos é a paralisação da unidade estação elevatória de esgoto, que pode ocorrer devido: à falta de energia, a problemas no conjunto motobomba, a problemas na linha de recalque. Nesse sentido, a facilidade operacional e de manutenção e um adequado sistema de telemetria são fatores chave na redução destes riscos.

Assim, torna-se importante a elaboração de um projeto padrão de estação elevatória, que possa ser utilizado em diversos locais e para pontos de operação distintos com o mesmo conjunto moto bomba, de forma a garantir mais agilidade e economias nas obras.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para análise da necessidade foi realizado, inicialmente, o levantamento das demandas de estações elevatórias no âmbito da região metropolitana de Belo Horizonte. Nesse levantamento verificou-se que a maioria das necessidades de elevatórias eram para áreas de urbanização já consolidada, para resolver situações pontuais em fundos de vale e/ou locais com a topografia desfavorável para implantação de redes por gravidade e nas quais as drenagens pluviais passam no interior de quarteirões e imóveis. Nestas situações verificou-se baixo potencial de crescimento, considerando que o tipo de ocupação do solo já é definido pelos planos diretores municipais.

Em seguida, foram analisadas as faixas de vazões necessárias. A análise das vazões se deu através do levantamento dos imóveis, através do cadastro comercial disponível no programa Arcview, com o qual é possível delimitar as respectivas bacias de contribuição das unidades requeridas e o quantitativo de economias (imóveis) contribuintes. Há três situações distintas para as economias, que podem ser reais, quando estão de fato conectados às redes de esgoto; factíveis, quando possuem redes disponíveis nas ruas em frente aos imóveis e não estão conectados, seja por estarem abaixo do nível da rua ou por falta de interesse do usuário em se conectar ao sistema público; e as economias potenciais, quando não há redes disponíveis. Nesse levantamento foram considerados todos os três tipos de economias, de forma a se garantir a coleta de todo o esgoto gerado nas bacias. Com base nas demandas existentes, verificou-se que a grande maioria se encontrava na faixa de 0,0 até 3,0 L/s. Com base no per capita micro medido de 150 L/hab.dia e um coeficiente de 2,5 habitantes por economias, essa unidade poderá atender até 1.050 habitantes ou 420 economias.

Em um terceiro momento foram verificadas as alturas manométricas do parque de bombas existente na região metropolitana. Tal levantamento foi realizado com o auxílio do gráfico Box Plot, de forma a identificar como se distribuíam os diferentes percentis. A Figura 1, a seguir, apresenta o gráfico encontrado, no qual pode-se perceber que 90% das unidades tem menos do que 60 mca de altura manométrica.

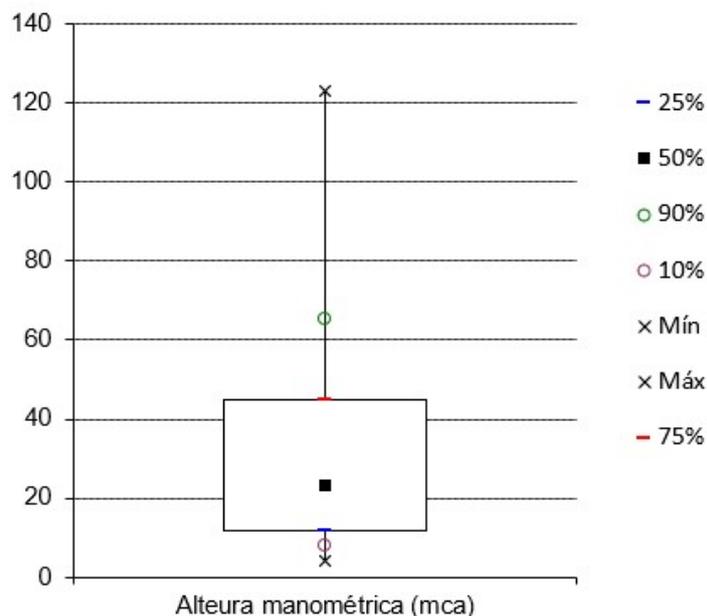


Figura 1: Gráfico Box Plot com os percentis das alturas manométricas na RMBH.

Com base nos resultados, foi definida faixa de vazão de 0,0 até 3,0 L/s e alturas manométricas de até 60 mca, de forma a atender à maioria dos casos.

Posteriormente foram verificados diferentes fabricantes de conjuntos moto bomba, afim de verificar se algum conjunto atenderia às faixas de vazão e alturas manométricas definidas.

Por fim, foram desenvolvidos projeto e dimensionamento de estação elevatória, padronizando as peças e equipamentos e as demais unidades, como poço de sucção, barrilete e Quadro de Comando de Motor - QCM, contendo o sistema de acionamento, controle e telemetria.

RESULTADOS OBTIDOS

As bombas são os principais equipamentos presentes nas estações elevatórias (MACINTYRE, 1997). São máquinas operatrizes hidráulicas que fornecem energia ao líquido com a finalidade de transportá-lo de um ponto a outro. Normalmente recebem energia mecânica e a transformam em energia de pressão e cinética ou em ambas (AZEVEDO NETTO et al. 1998). A Tabela 1 apresenta os tipos de bombas utilizados em elevatórias de esgoto.

Tabela 1 - Tipos de bombas utilizadas nas EEE

Tipo de bomba	Modelo de bomba
Bombas centrífugas	Bomba centrífuga convencional
	Bomba centrífuga de rotor recuado
	Bomba centrífuga submersível
	Bomba centrífuga autoescorvante
Bombas de deslocamento positivo	Bomba parafuso
	Bomba de cavidade progressiva
	Bomba de pistão

Fonte: Crespo, 2001.

Devido à grande variação de alturas manométricas possíveis, as bombas centrífugas convencionais, e que representam a grande maioria do parque de bombas atual, não poderiam ser utilizadas com um único modelo padrão. Dessa forma, foi realizado o dimensionamento de uma bomba de deslocamento positivo, cuja curva

segue uma linha uniforme, com as variações de vazão e altura manométricas sendo obtidas através de variações do número de rotações por minuto. A Figura 02 ilustra um comparativo entre as curvas de bombas centrífugas e de deslocamento positivo do tipo helicoidal.

Os modelos do tipo centrífuga dependem da energia cinética ao invés de meios mecânicos para movimentar o líquido. As bombas centrífugas podem transferir grandes volumes de líquidos, mas a eficiência e o fluxo caem rapidamente na medida em que a pressão e a viscosidade aumentam. O modelo proposto, apesar das vantagens sobre os concorrentes, esbarra na limitação do espaço físico em que geralmente as unidades são instaladas, via pública. Essa limitação foi sobrepujada pela inversão do posicionamento da bomba no poço, na vertical, ao invés da horizontal como de praxe.

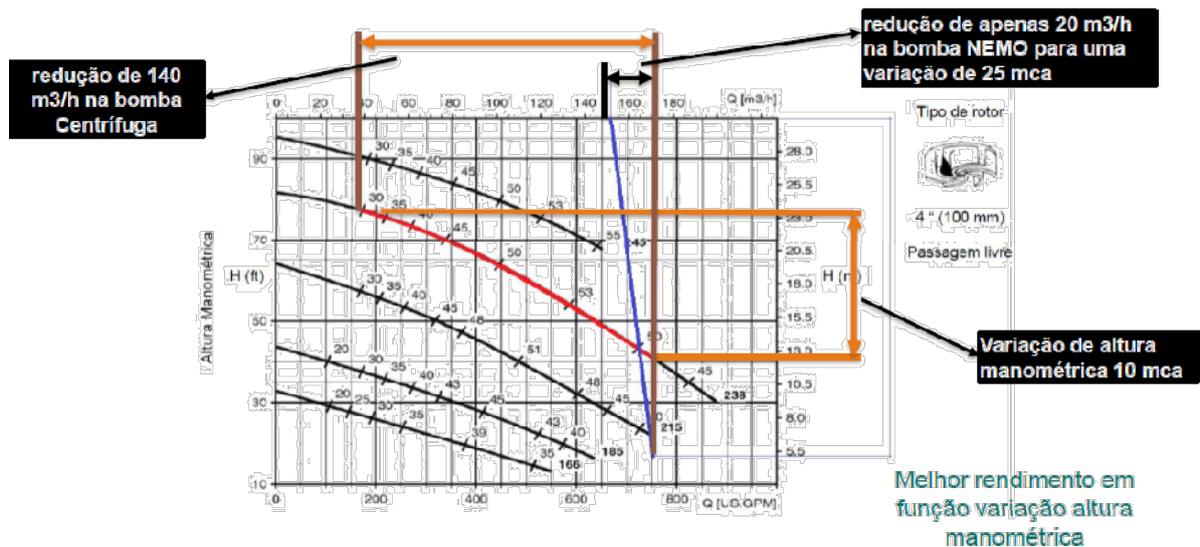


Figura 2: Comparativo entre curvas de bombas centrífugas e helicoidais. Fonte: NETZSCH.

O modelo escolhido, é indicado para atendimento de baixas vazões, podendo atender uma grande variação de pressões para a mesma vazão. Com essa característica o modelo de bomba poderá ser “padrão” para atendimento de várias elevatórias com pontos operacionais distintos. A definição da rotação a ser empregada para cada local pode ser realizada no momento da instalação ou regulada com o auxílio de inversores de frequência, equipamento utilizado nos quadros de comando das elevatórias, também padronizado.

A Figura 02 a seguir ilustra a curva da bomba helicoidal, com motor de 5cv, para a vazão de 3,0 L/s (10,8 m³/h) e para três diferentes alturas manométricas, para as quais as rotações são, respectivamente:

- 20 mca / 2 bar → 250 rpm;
- 40 mca / 4 bar → 260 rpm;
- 60mca / 6 bar → 300 rpm.

O projeto previu a implantação na rua, com profundidades de chegada de até 2,0m (profundidade da maioria dos lançamentos de esgoto demandados para correção) e foi desenvolvido utilizando-se anéis de concreto, de forma a facilitar e agilizar a construção sem a necessidade de fôrmas. A execução da elevatória padrão segue a metodologia de construção de poços de visita (PVs) largamente utilizados e construídos nos sistemas de esgotamento sanitário.

A EEE Padrão 3-60 foi concebida com 3 poços de vista em sequência, sendo construídos em anéis de concreto:

- Desarenador e remoção de sólidos suspensos, com diâmetro de 1,20m;
- Poço de sucção e do cesto de retenção de sólidos, com diâmetro de 1,20m;
- Poço da bomba e barrilete, com diâmetro de 1,50m.

O poço da bomba terá dois tampões, sendo um para remoção do conjunto e outro para acesso de manutenção / montagem. Será utilizado apenas uma bomba no poço de sucção, operando no esquema 1+0, sendo a bomba reserva de prateleira. A bomba a ser utilizada será do tipo helicoidal, com 5,0 cv de potência, a ser instalada na posição vertical. Para ventilação do motor será implantado uma caixa com grelha no passeio, ao lado ao abrigo dos painéis elétricos. As peças do barrilete foram especificadas em ferro galvanizado e bronze.

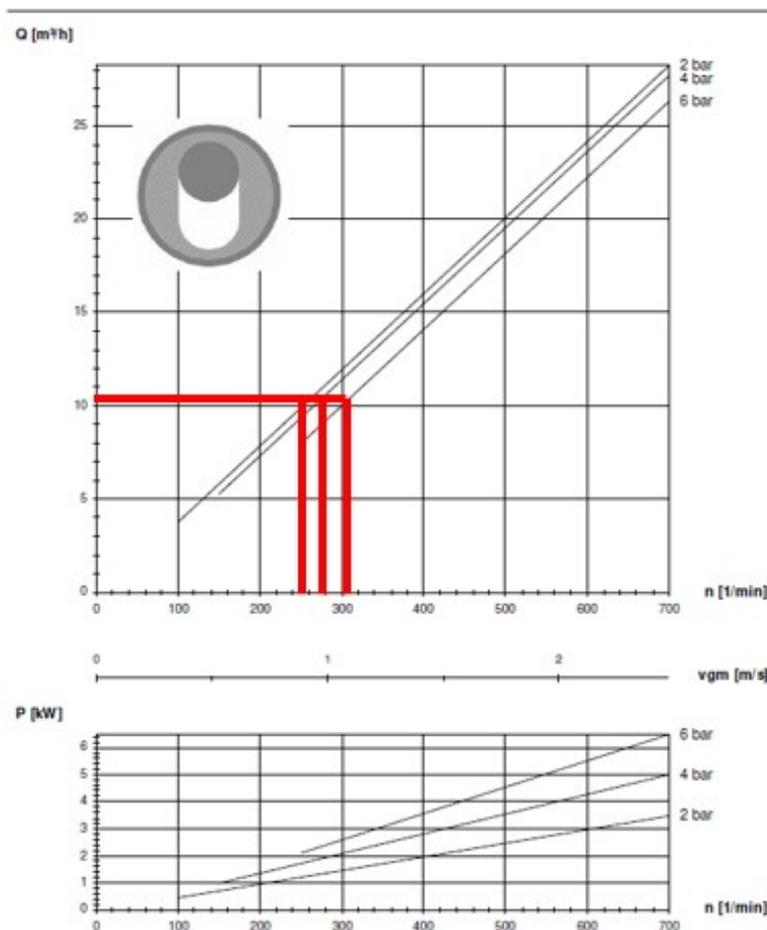


Figura 3: Curva da bomba para as alturas manométricas: 20 mca, 40 mca e 60 mca. Fonte: NETZSCH.

A sucção será afogada, no entanto, no caso de necessidade de aprofundamento do poço de sucção, deverá ser realizada a verificação do NPSHd e do NPSHr. O tempo de detenção, para a vazão máxima de 3,0 L/s será de 6,3 min. O tempo de detenção máximo de 30 min, conforme preconizado na ABNT NBR 12208, se dá para a vazão de 0,65 L/s (90 economias). Para a utilização da unidade para menos economias pode-se prever a automação para acionamento das bombas a cada 30 min.

No PV de chegada foi previsto sistema de fechamento com comporta de stop log e um extravasor a ser direcionado para galerias pluviais ou corpos d'água, a ser dimensionado conforme características de cada local.

O diâmetro da linha de recalque será de acordo com cada local, podendo ser em PEAD PE 100 PN 10 DE 63 DI 55 para as linhas curtas (< 100m) e para as quais a velocidade máxima seria de 1,24 m/s, ou em PEAD PE 100 PN 10 DE 90 DI 79,2 para linhas de recalque mais longas (> 100m) e para as quais a velocidade máxima seria de 0,61 m/s, visando redução das perdas de carga.

Sobre os resíduos sólidos que afluem junto com esgoto, será implantado cesto em tela moeda com dimensões padronizadas (50x50x50cm) para remoção dos sólidos que passarem do PV desarenador.

O acionamento da elevatória é realizado por um inversor de frequência operado em malha fechada, utilizando como referência a medição contínua de nível do poço de sucção, permitindo que a velocidade de operação da bomba se adeque ao volume de efluente recebido. A medição de nível é realizada por sonda hidrostática encamisada em tubo de PVC. O uso de sondas hidrostáticas imersas em poços de sucção de elevatórias de esgoto vem sendo amplamente utilizado nas elevatórias da RMBH com bons resultados operacionais e de manutenção, além da redução do custo de implantação.

O projeto considera o monitoramento, em tempo real, da elevatória, utilizando comunicação via telefonia celular conectando a elevatória ao Sistema Integrado de Supervisão da COPASA – COPASIS, permitindo o acompanhamento do desempenho operacional da elevatória e a ocorrência de falhas.

Devido à restrição de espaço, o projeto considera a instalação do Quadro de Comando de Motor – QCM, que contém o sistema de acionamento, controle e telemetria da elevatória, em armário de aço na calçada, no espaço destinado ao mobiliário urbano.

A Figura 03, a seguir, apresenta o projeto da EEE Padrão 3-60.

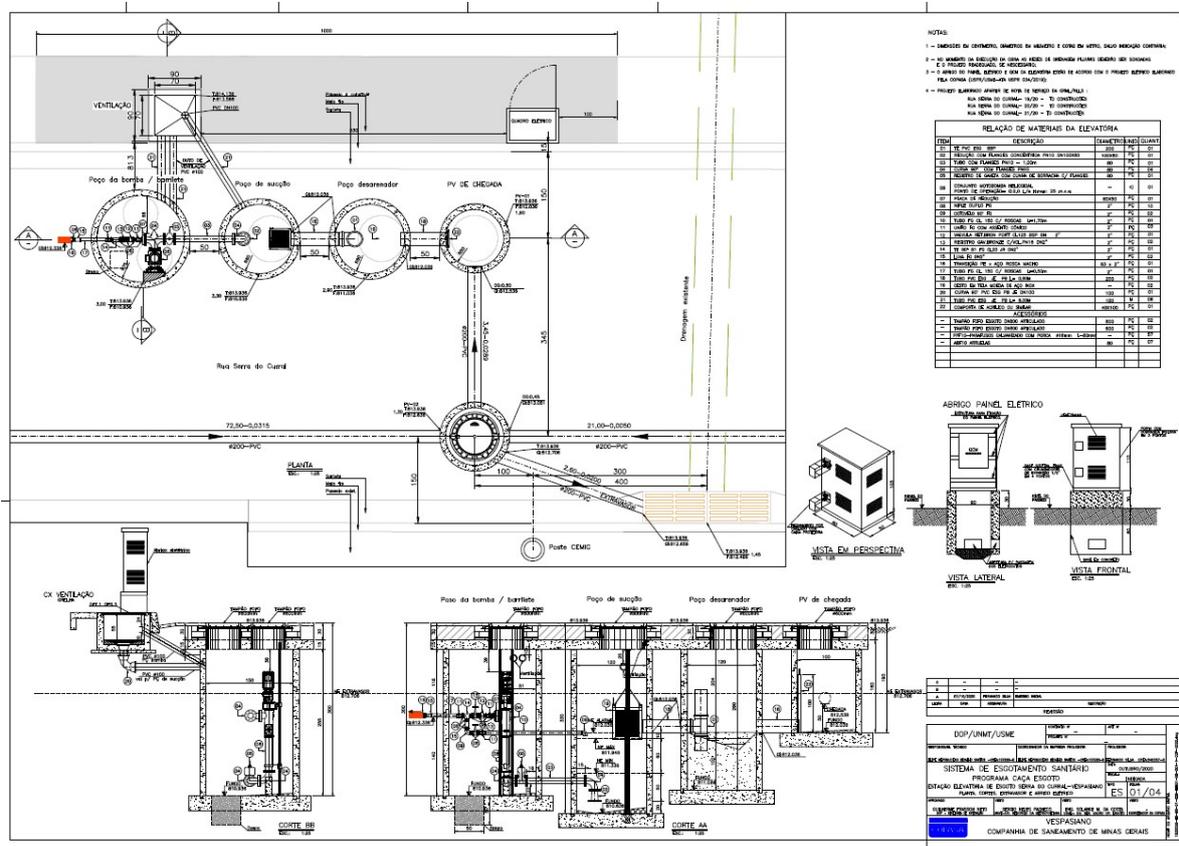


Figura 4: Projeto da EEE Padrão 3-60.

ANÁLISE DOS RESULTADOS

A concepção prevê um PV em anéis de concreto DN 1000 na chegada da unidade, na qual será instalada um stop log de fibra para desvio de fluxo e um by pass do sistema. Em seguida há dois PVs em anéis de concreto DN 1200, sendo o primeiro um desarenador, que é um PV com desnível entre o fundo e a saída / chegada de 1,0m, com um “Tê” na saída, de forma a possibilitar a retenção de sólidos sedimentáveis grosseiros e de material sobrenadante / escuma. O segundo é o poço de sucção da elevatória, no qual foi colocado também um cesto de retenção de resíduos, de forma a possibilitar uma proteção adicional à unidade. Por fim, tem-se a casa de bombas e barrilete, construída em anéis de concreto DN 1500.

As limitações de espaço das bombas helicoidais foram contornadas posicionando a mesma na vertical, ao invés do usual que é a posição horizontal. E, por limitação de espaço, foi adotada uma única bomba no poço de sucção, com a unidade funcionando no esquema 1+0, com a bomba reserva disponível em prateleira.

Considerando os projetos usuais para estações elevatórias de esgoto, que utilizam bombas centrífugas do tipo submersível e para os quais há a necessidade de soluções únicas para cada situação, envolvendo: Projeto e dimensionamento; Especificação do conjunto moto bomba selecionado; Criação de código específico para cada bomba para aquisição.

Considerando ainda a dificuldade na intercambialidade entre as bombas de diferentes unidades, a falta de padronização nas montagens e a impossibilidade de realização de ata de registro de preços.

O projeto da Elevatória Padrão 3-60 se mostra como uma grande inovação e promissor, pois, pode permitir ganhos na agilidade e economias nos projetos e obras de elevatórias de baixas vazões, além de facilitar a manutenção e aquisição de peças e equipamentos e propiciar a criação de uma ata de registro de preços para elevatórias de esgoto, proporcionando ganhos de escala e auxiliando a operação.

Está prevista a operação da unidade com apenas uma bomba, sendo a outra de prateleira. E como podem ser utilizadas várias dessas unidades, a quantidade de bombas de prateleira pode ser menor (exemplo 20 elevatórias e 5 bombas de prateleira para emergências) gerando economia na aquisição dos equipamentos. Todavia, há a necessidade de adequação do poço de sucção para profundidades de chegada acima de 2,0m.

O monitoramento em tempo real da elevatória reduz o risco de operar sem um conjunto reserva instalada, ao permitir que eventuais falhas na elevatória sejam identificadas em tempo real, possibilitando que ações de manutenção sejam tomadas para solução do problema.

E devido à simplicidade construtiva, o custo de investimento foi cerca de 50% menor em comparação com outros modelos de bombas.

As restrições de escopo deste projeto são:

- Vazões acima de 3 L/s e alturas manométricas acima de 60 mca;
- Para profundidades de chegada acima de 2,0m os equipamentos e barrilete se mantêm, porém, o PV de chegada, o PV desarenador e o poço de sucção tem de ser adaptados (aprofundados);
- Esta unidade ainda não foi testada. Atualmente estão em obras três unidades e, após a implantação, poderá ser realizado um acompanhamento da operação da mesma para possíveis constatações de melhorias.
- No orçamento não se encontram as linhas de recalque, extravasor e redes coletoras necessárias para a complementação da elevatória, uma vez que tais unidades são específicas para cada caso.

CONCLUSÕES

O objetivo geral deste trabalho é o desenvolvimento de um projeto de uma estação elevatória de esgoto com peças, equipamentos e dimensões padronizadas para atender a pontos de operação de até 3,0 L/s e até 60 mca, com um conjunto moto bomba de até 5 cv.

A padronização das peças e equipamentos e das demais unidades, como poço de sucção, barrilete e quadro de acionamento controle e telemetria, garantem maior agilidade na solução dos problemas e possibilitando, até mesmo, a utilização de uma ata de registro de preços. Diferente das bombas centrífugas, as bombas helicoidais permitem o atendimento, para uma mesma vazão, a uma ampla faixa de alturas manométricas, o que possibilita a utilização dessas bombas para diversos pontos de operação distintos, reduzindo a necessidade de elaboração de projetos e especificação de bombas.

Esta unidade ainda não foi testada. Estão em andamento obras em três locais distintos. Com a finalização das unidades poderá ser realizada uma análise operacional e das dificuldades construtivas, além de propostas de melhorias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12.208: Projeto de estações elevatórias de esgoto sanitário. Rio de Janeiro. 1992.
2. AZEVEDO NETTO, J. M., *et al.* *Manual de Hidráulica*, Ed. Edgard Blucher Ltda, 8a Edição, São Paulo, 1998.
3. CRESPO, P. G. Elevatórias nos sistemas de esgotos. 1ª ed. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2001. 290 p.
4. MACINTYRE, A. J. *Bombas e Instalações de Bombeamento*, Ed. LTC –Livros Técnicos e científicos editora S. A., 2a edição revista, Rio de Janeiro, 1997.
5. NETZSCH – Catálogo do fabricante.
6. TSUTIYA, M.T., SOBRINHO, P.A., Coleta e Transporte de Esgoto Sanitário. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1999.