

Solução alternativa para extração de água de poços tubulares profundos (*)

João Baptista Comparini (1)
Renato Orsi (2)
Walter Antonio Orsatti (3)
Luiz Carlos Dias de Barros (4)

Resumo

O trabalho indica sistema alternativo para extração de água de poços tubulares profundos através de conjuntos motobomba submersíveis, diferenciando do sistema convencional no que se refere à tubulação de recalque, que não necessita ser retirada do poço quando de manutenções no equipamento de bombeamento. O sistema reduz o período de paralisação no abastecimento de água quando de avarias no equipamento, bem como os custos de manutenção decorrentes.

1 Introdução

A extração de água de poços tubulares profundos através de conjuntos motobomba submersíveis, pelas vantagens apresentadas em relação aos outros tipos de equipamentos, tem sido utilizada em praticamente todos os poços em operação nas comunidades operadas pela Sabesp no interior do Estado de São Paulo, para fins de abastecimento público.

Para os poços tubulares de grande vazão, um dos problemas encontrados pelas áreas de operação e manutenção refere-se ao período excessivo de tempo gasto na substituição de conjuntos submersíveis quando de avarias, com decorrente falta d'água por

período indesejado e suas implicações. Essa demora é causada principalmente por dois fatores: necessidade de retirada e colocação da tubulação adutora e peso da coluna, o que exige equipamento especial para execução do serviço.

Tendo por objetivo a redução de tempo para substituição desses conjuntos motobomba, bem como a redução dos custos desses serviços, foi desenvolvido pela engenharia de operação do interior, na Sabesp, um sistema cujos resultados recomendam a aplicação para uma parcela dos poços que apresentam características adequadas, particularmente nos de vazões elevadas.

2 Descrição do sistema

A seguir é feita uma descrição das soluções convencional e proposta para extração de água de poços com conjuntos motobomba submersíveis, destacando-se dados e aspectos relevantes dos sistemas.

2.1 Extração de água de poços tubulares com conjuntos motobomba submersíveis — sistema convencional

O sistema de extração de água de poços tubulares com conjuntos motobomba submersíveis consta basicamente de (ver Fig. 1):

- Conjunto Motobomba propriamente dito;

- Tubulação edutora acoplada à saída da bomba.

A profundidade de lançamento do equipamento dentro do poço é determinada em função da cota do nível d'água dinâmico (ND) para a vazão a ser extraída. Nos cerca de 600 poços operados pela Sabesp no interior do Estado essa profundidade varia normalmente numa faixa de 30 a 150 m,

contados a partir da cota da tubulação de "boca" do poço.

Em comparação com o sistema de extração de água por conjunto motobomba de eixo prolongado, o tempo gasto na retirada e montagem de um conjunto motobomba submersível em poços é substancialmente inferior. Ainda assim esse tempo, que varia geralmente de 4 a 14 horas, tem, além de outros, o inconveniente da paralisação do bombeamento e abastecimento durante a execução dos serviços, com consequências de ordem sanitária e de saúde.

A operação de descida do equipamento de bombeamento no poço é feita acoplado-se, inicialmente, a saída do bombeador ao primeiro tubo de edutor, através de rosqueamento. A tubulação edutora é constituída normalmente de tubos de aço galvanizado com diâmetros que variam de 50 a 250 mm, e comprimentos de 3 a 6 m. A partir do primeiro tubo a conexão entre este e o subsequente pode ser feita por luva rosqueável ou flanges, e assim sucessivamente até a profundidade desejada. À medida que a tubulação é descida, o cabo elétrico do motor e o tubo de medição de nível do poço são baixados conjuntamente, amarrados à tubulação.

Além do aspecto relacionado ao tempo de manutenção, outro a destacar refere-se ao peso da coluna, que determina o tipo de equipamento utilizado para a operação de saque e descida. Esse peso é composto pelo conjunto motobomba, tubulação edutora, coluna d'água (função do diâmetro da tubulação e profundidade do conjunto motobomba) e cabo elétrico. Nos poços operados pela Sabesp os valores variam entre 1 e 16 t aproximadamente, sendo que para a grande maioria, poços de pequena e média vazão, a operação é efetuada com guincho

(*) Apresentado no 14.º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. São Paulo, Set/87.

(1) Engenheiro Civil — Chefe do Departamento Técnico da Superintendência de Administração de Sistemas Isolados — SAR, da Diretoria de Operação do Interior — DI, da Sabesp.

(2) Engenheiro Mecânico do Departamento Técnico da Superintendência de Administração de Sistemas Isolados — SAR, da Diretoria do Interior — DI, da Sabesp.

(3) Engenheiro Mecânico do Departamento Técnico da Superintendência de Administração de Sistemas Isolados — SAR, da Diretoria do Interior — DI, da Sabesp.

(4) Encarregado de montagem eletromecânica da Superintendência de Desenvolvimento de Operação do Interior — SDI, da Diretoria do Interior — DI, Sabesp.

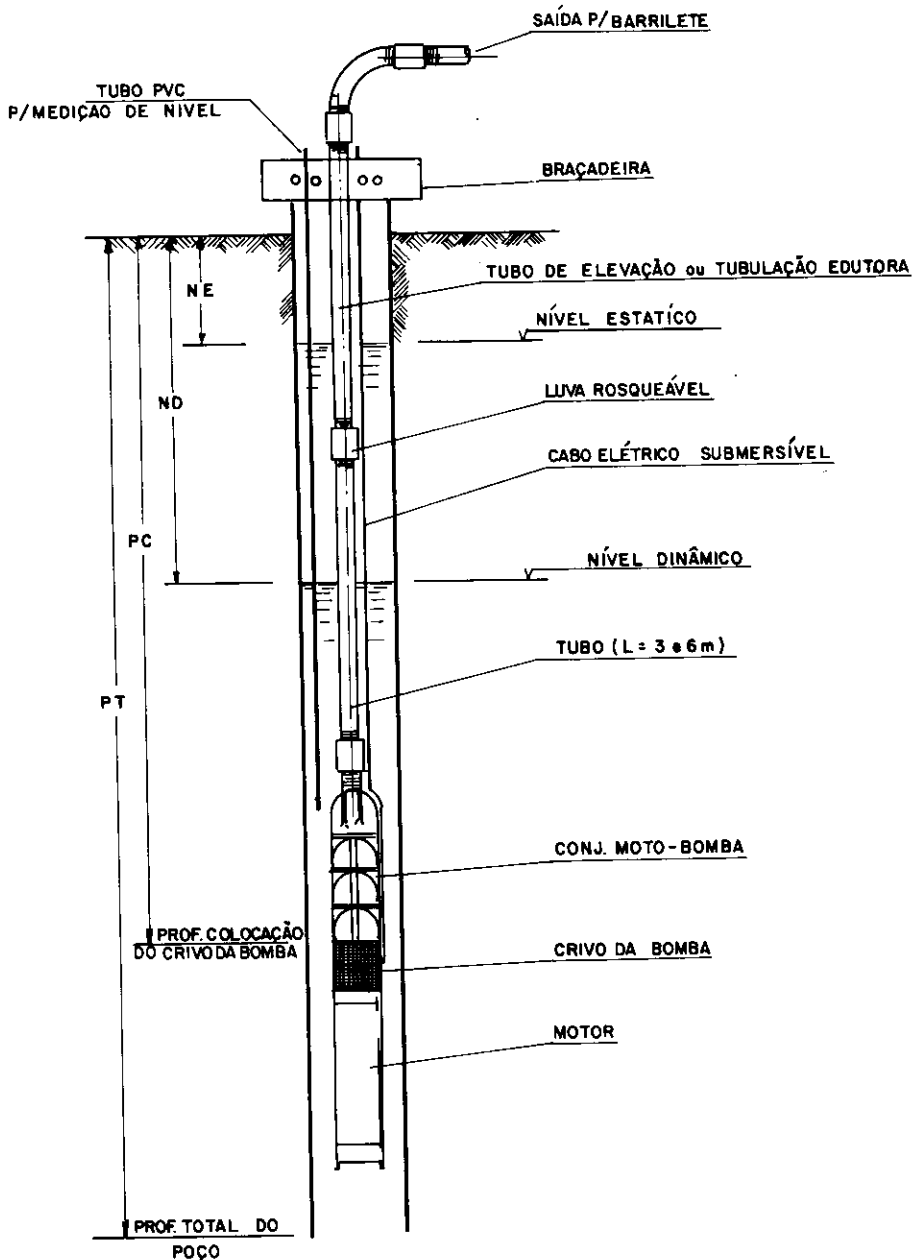


Figura 1 — Sistema convencional

com capacidade de 3 t e torre móvel, constituído basicamente por um motor de 5 HP, redutor, sistema de freio e tambor com cabo de aço. Esse conjunto é montado em uma base fixa, transportável em veículos utilitários.

Para os poços de grande vazão, ou melhor, naqueles onde o peso da coluna não pode ser suportado pelo guincho descrito (acima de 3 t), a operação tem sido efetuada com guincho do tipo Tadano, de 18 t de capacidade. Em vista do alto custo desse equipamento e de sua utilização de forma intermitente, ou seja, quando da ocorrência de manutenções, não se tem mostrado viável economicamente dispor desse tipo de equipa-

mento somente para manutenção em poços. Dessa forma, considerando a utilização desse guincho em outros tipos de serviços, nem sempre há disponibilidade no momento necessário.

Outra solução que se apresenta nos casos de colunas com peso elevado é a execução de pórtico em cada poço, sendo a operação efetuada através de guincho de alta tonelagem ou talha elétrica, soluções também de custo elevado e que apresentam dificuldades no manuseio da tubulação edutora.

Afora o aspecto econômico dessas alternativas, o problema do tempo não fica solucionado, uma vez que a operação de saque e montagem da tubulação continua necessária.

2.2 Extração de água de poços tubulares com conjuntos motobomba submersíveis — sistema proposto

Objetivando tanto a redução de tempo na paralisação do bombeamento quanto a diminuição dos custos de manutenção, foi desenvolvido por técnicos da Diretoria de Operação do Interior — Di, da Sabesp, um sistema que afeta os dois quesitos discutidos acima: tempo e peso da coluna.

O sistema consiste na instalação definitiva de tubulação edutora no poço, com diâmetro tal que permita a descida posterior do conjunto motobomba no seu interior até a profundidade desejada, por meio de cabo de aço (ver Fig. 2).

Na extremidade inferior do primeiro tubo a ser descido no poço é soldado um assento cônico (fêmea), que servirá de apoio para a peça fixada na saída da bomba (macho) quando de sua descida (ver Fig. 3).

Após a colocação do primeiro tubo no poço os demais vão sendo conectados por meio de luvas com rosca, flanges, ou solda, até que a peça fêmea atinja a profundidade de instalação da bomba. A extremidade superior da coluna é então fixada no tubo de boca do poço. O tubo de medição de nível é descido amarrado à tubulação edutora.

Uma vez instalada a tubulação, a operação de descida do conjunto motobomba é feita por meio de cabo de aço, juntamente com o cabo elétrico do motor.

Na saída do bombeador do conjunto motobomba é fixada uma peça-macho, em cuja superfície é assentado um anel de borracha que, aderindo à parede da peça fêmea, dá a estanqueidade necessária ao sistema. O peso do conjunto motobomba, somado à pressão interna na sua saída quando do bombeamento, provoca a aderência necessária, fazendo-se o recalque pelo tubo edutor.

Quando da troca do conjunto motobomba a operação restringe-se então ao simples saque do mesmo juntamente com o cabo elétrico, não havendo necessidade da retirada da tubulação edutora. Isso implica uma redução substancial no tempo de paralisação do bombeamento uma vez que, sendo

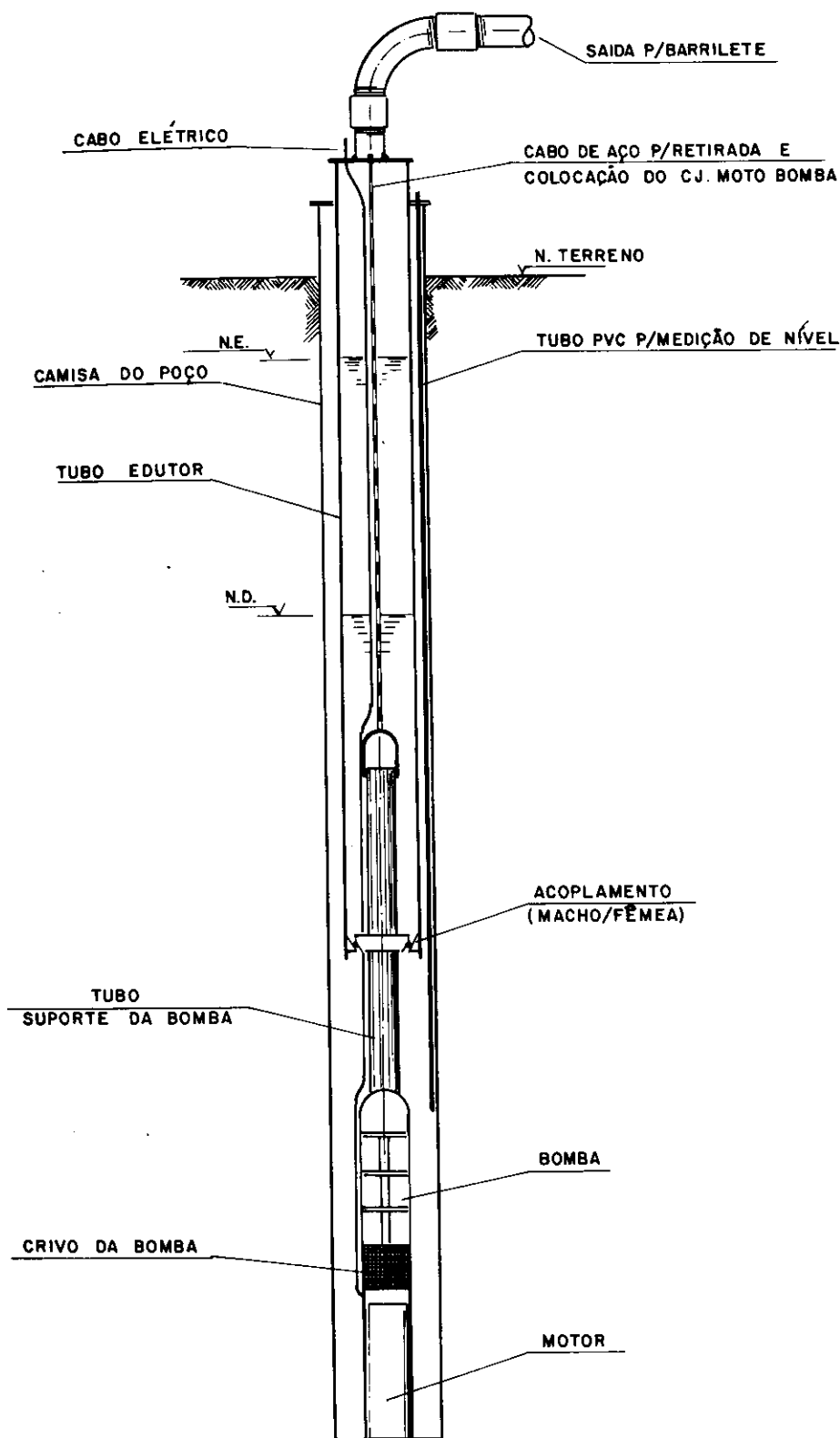


Figura 2 — Sistema proposto

as barras de tubo de comprimento entre 3 e 6 m, no sistema convencional há necessidade de acoplamento entre os vários tubos a serem descidos ou retirados, o que se constitui na operação mais demorada.

O peso da coluna fica restrito ao do conjunto motobomba e cabo elétrico, possibilitando a operação com o guincho de 3 t anteriormente citado.

2.3 O sistema em operação

Em fase anterior à montagem do sistema de forma definitiva em poços foram realizados testes em tanques visando à verificação da operação, principalmente sob os seguintes aspectos:

- estanqueidade da junta macho-fêmea-anel de borracha;

- vibração do conjunto motobomba, uma vez que o mesmo ficaria preso somente pelo peso e pela pressão na saída.

Durante o período de testes constatou-se uma perfeita estanqueidade na junta e a não ocorrência de vibrações. Para garantir que o conjunto motobomba não girasse em torno de seu eixo vertical foram soldados ressalto nas peças macho-fêmea, de forma a estabelecer um travamento, evitando o giro caso ocorresse.

Uma vez constatados os bons resultados partiu-se para a instalação definitiva num poço em operação na cidade de Lins, que conta com aproximadamente 60.000 hab., localizada a cerca de 400 km de São Paulo. O poço foi escolhido por apresentar características adequadas e pela profundidade de lançamento do conjunto motobomba, que é pequena (36 m). Por se tratar do primeiro sistema que seria montado, esse aspecto assumiu importância pois, caso a experiência não desse resultado, haveria facilidade na desmontagem do mesmo.

Como características principais desse poço podemos destacar:

- ano de perfuração: 1981;
- profundidade: 1.042 m;
- diâmetro da câmara de bombeamento: 500 mm;
- vazão explorável: 600 m³/h.

A vazão extraída do poço antes da montagem do novo sistema era de 132 m³/h, medida na saída do mesmo através de macromedidor proporcional.

Para efeito de esclarecimento, essa vazão, bem inferior à vazão explorável do poço, é extraída em função do teor de fluoretos existente na água (0,2 m/l), que limita a utilização.

O sistema foi montado em setembro de 1986 e está operando há três meses com a mesma vazão extraída anteriormente.

Um mês após a instalação foi efetuada a retirada do conjunto motobomba para verificação, constatando-se então as facilidades nessa operação.

3 Aplicabilidade da solução

A principal restrição a esse sistema de extração de água atualmente refere-se ao diâmetro da câmara de bombeamento dos poços em operação. Considerando-se que o conjunto motobomba é descido no interior da tubulação edutora, o diâmetro dessa tubulação é superior ao dos sistemas convencionais, exigindo diâmetros de poços adequados.

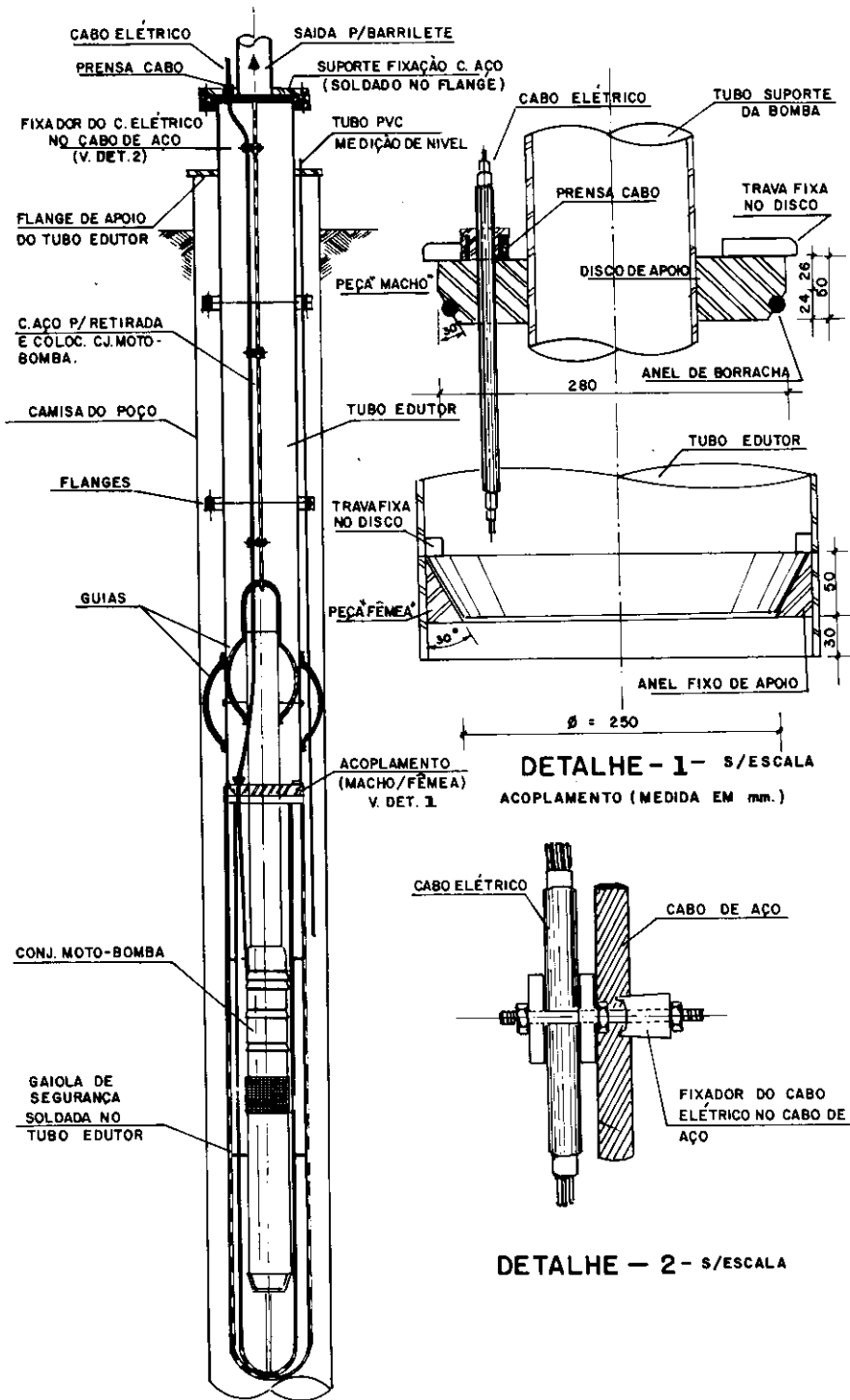


Figura 3 — Sistema proposto

O diâmetro externo dos conjuntos motobomba submersíveis de fabricação nacional, e comumente utilizados em poços profundos, varia numa faixa de 140 a 270 mm. Para a descida do conjunto no interior do edutor é necessária uma folga, evitando atrito do mesmo com a parede da tubulação, e para que o conjunto motobomba não fique preso às paredes. É importante um perfeito alinhamento entre as barras da tubulação para evitar esse tipo de problema.

No sistema implantado em Lins, o

diâmetro externo do conjunto motobomba é 194 mm, o diâmetro interno da tubulação é 300 mm, sendo a folga de 53 mm.

Entre a parede do poço e a tubulação edutora também há necessidade de folga pelos mesmos tipos de problemas acima citados.

Dessa forma, considerando os diâmetros externos dos conjuntos motobomba existentes no mercado e os diâmetros comerciais de tubulações, chega-se aos diâmetros dos poços que poderão receber esse tipo de sistema.

Nos municípios operados pela Sabesp, tendo em vista as características dos poços já construídos, a utilização desse sistema é possível atualmente em 11 poços tubulares. Esses poços, com vazões exploráveis acima de 140 m³/h, possuem diâmetros da câmara de bombeamento superiores a 350 mm.

A aplicação dessa solução, entretanto, se considerarmos os poços dos municípios não operados pela Sabesp no Estado de São Paulo e os poços com características adequadas nos demais Estados do país, pode abranger um número muito maior de unidades.

Para os projetos de novos poços tubulares algumas alternativas poderiam ser analisadas em função do sistema proposto:

- perfuração da câmara de bombeamento dos poços com diâmetro maior que os normalmente especificados;
- instalação do tubo de revestimento da câmara de bombeamento do poço já com a peça fêmea incorporada, possibilitando o recalque pelo mesmo, o que elimina a necessidade de tubulação edutora.

3.1 Análise comparativa de custos

Para efeito de análise de custos entre o sistema proposto e o convencional, utilizaremos o caso real de um poço tubular do sistema de abastecimento de água da cidade de Fernandópolis, localizada a 620 km de São Paulo, com cerca de 55.000 hab. As características principais desse poço são:

- ano de perfuração: 1980;
- profundidade: 1.683 m;
- diâmetro da câmara de bombeamento: 450 mm;
- vazão explorável: 400 m³/h.

No poço tubular daquela cidade, cujo diâmetro interno da câmara de bombeamento possibilita a implantação dos dois tipos de solução, proposta e convencional, os custos a serem considerados para a extração de 200 m³/h (vazão atual do poço) são:

a) Custos de implantação

A única alteração de custos refere-se à tubulação edutora, uma vez que os equipamentos eletromecânicos são os mesmos para as duas alternativas.

- Solução convencional:

L = 110 m
D = 200 mm
Material = Aço SCH — 20
Custo = Cz\$ 55.000,00

● Solução proposta:

L = 110 m

D = 250 mm

Material = Aço SCH — 20

Custo = Cz\$ 69.000,00

A peça macho-fêmea, que não existe na solução convencional, tem custo não significativo.

b) Custos de operação

A alteração que ocorre em termos de perda de carga no edutor (que é menor na solução proposta) e, portanto, consumo de energia elétrica, é desprezível e não será considerada.

c) Custos de manutenção

Os itens a serem considerados por sofrerem alterações significativas são: pessoal e perda de faturamento (decorrente do tempo de paralisação do bombeamento para a manutenção).

● Pessoal

Na solução convencional, quando da necessidade de troca do conjunto motobomba instalado no poço, a equipe utilizada no caso de Fernandópolis é composta dos elementos abaixo, durante cerca de 14 horas:

- 1 Engenheiro
- 1 Feitor de captação subterrânea
- 1 Eletricista de manutenção
- 2 Mecânicos de manutenção
- 4 Ajudantes
- 2 Motoristas (1 para o guincho Tadano)

Considerando os salários e encargos dessa equipe, durante 14 horas, o custo de execução do serviço seria de Cz\$ 4.500,00, aproximadamente.

Na **solução proposta**, além da redução do número de elementos, o tempo estimado de manutenção é reduzido para 6 horas. A equipe seria composta conforme abaixo, a um custo de Cz\$ 1.300,00:

- 1 Engenheiro
- 1 Feitor de captação subterrânea
- 1 Eletricista
- 1 Mecânico de manutenção
- 1 Ajudante
- 1 Motorista

● Perda de faturamento

A perda de faturamento é proporcional ao número de horas de paralisação do bombeamento e à vazão extraída do poço, que deixa de ser distribuída.

Na **solução convencional** para o caso de Fernandópolis, uma vez detectada a paralisação do bombeamento com necessidade de substituição do conjunto motobomba, a manutenção seria efetuada utilizando-se guincho do tipo Tadano estacionado em São Paulo, nem sempre disponível no momento da solicitação.

O tempo médio medido entre a solicitação, a troca e a entrada em operação do novo conjunto motobomba é cerca de 26 horas. Nesse caso, o volume que se deixa de distribuir é: $26 \text{ horas} \times 200 \text{ m}^3/\text{h} = 5.200 \text{ m}^3$

Sendo o faturamento médio por m^3 na cidade de Cz\$ 2,55, a perda de faturamento seria Cz\$ 13.260,00.

Na **solução proposta**, uma vez que a manutenção pode ser efetuada com guincho de pequena tonelagem, utilizado para manutenções em poços de pequena vazão e disponível na cidade, o tempo estimado entre a solicitação e a operação do novo conjunto motobomba é de 8 horas.

A perda de faturamento seria reduzida então para Cz\$ 4.080,00. Devemos considerar ainda, separadamente, o tempo de saque e colocação do conjunto motobomba no poço, 14 horas em média na solução convencional e 6 horas na solução proposta. Essa relação é importante na medida em que o conjunto motobomba "novo" pode não operar satisfatoriamente de imediato, havendo então necessidade de outra substituição.

Para o caso do poço de Fernandópolis, portanto, as diferenças de custos entre a solução convencional e proposta, a preços de novembro de 1986, seriam:

- Solução convencional
 - implantação: Cz\$ 55.000,00
 - manutenção: Cz\$ 17.760,00
 - total: Cz\$ 72.760,00

- Solução proposta
 - implantação: Cz\$ 69.000,00
 - manutenção: Cz\$ 5.380,00
 - total: Cz\$ 74.380,00

A análise dos valores totais, à primeira vista, parece favorecer a solução convencional. Entretanto, considerando que o investimento inicial na solução proposta é pouco superior ao da convencional, que os cálculos dos custos de manutenção só levaram em conta uma única ocorrência, e que no poço estudado são efetuadas em média três manutenções por ano, a solução proposta mostra-se economicamente mais viável.

Deve-se destacar o aspecto de saúde pública e sanitário decorrente do maior período de tempo de paralisação do abastecimento na solução convencional, correspondente a cerca de 3,2 vezes ao da solução proposta.

Outro fato a ser considerado é o referente ao equipamento necessário

para realização do saque e descida do conjunto motobomba no interior do poço.

O investimento necessário para a manutenção na **solução convencional** seria, aproximadamente:

- Guincho tipo Tadano para 18 t com caminhão — Cz\$ 3.000.000,00

- Pórtico em concreto armado ou metálico, com guincho para 18 t — Cz\$ 400.000,00

A alternativa do guincho Tadano elimina a necessidade de execução de pórtico em cada poço, mas tem custo elevado tanto de investimento como de operação. Para cada manutenção a ser efetuada no poço de Fernandópolis o custo de operação desse equipamento, medido, é da ordem de Cz\$ 18.000,00.

A outra solução implica execução de pórtico em concreto armado ou metálico em cada poço tubular.

Para a **solução proposta**, há necessidade de torre metálica desmontável e guincho para 3 t de capacidade, a um custo de Cz\$ 40.000,00 aproximadamente. A Sabesp conta com vários equipamentos desse tipo no interior do Estado.

4 Conclusões e recomendações

Um resumo das vantagens que se poderiam relacionar ao sistema proposto em relação ao convencional seria:

- redução do tempo de paralisação do bombeamento e, portanto, do abastecimento
- redução da perda de faturamento
- redução dos custos de manutenção em poços tubulares

● redução do risco de queda de conjuntos motobomba no interior de poços, em virtude da eliminação da necessidade de retirada e colocação da tubulação edutora (o que provoca o desgaste em roscas) e da gaiola metálica existente na solução proposta.

Como restrição da aplicação do sistema para os poços em operação destaca-se o diâmetro das câmaras de bombeamento, na maioria dos casos insuficiente para a implantação. Na Sabesp a solução é aplicável para 11 poços tubulares atualmente.

Recomenda-se o estudo da viabilidade de implantação desse sistema em novos projetos, considerando as seguintes alternativas:

- perfuração de poços com diâmetros superiores aos convencionais
- encamisamento das câmaras de bombeamento de poços com o assento cônico incorporado, eliminando a necessidade de tubulação edutora.