

# Custos da captação das águas subterrâneas através de poços tubulares

Carlos Eduardo Quaglia Giampá  
Geólogo — SABESP — 1983

## 1. INTRODUÇÃO

O objetivo deste estudo visa elucidar à grande maioria não só dos leigos no assunto, mas dos técnicos especializados em saneamento básico no Brasil, que desconhecem a potencialidade do aquífero subterrâneo na quase totalidade de nosso território. Como cada caso é específico, procuramos generalizar as principais variáveis para que possam ser implantados de conformidade com as diferentes situações particulares. Como referencial tomamos dados reais baseados em serviços, materiais e equipamentos orçados na SABESP-Cia. de Saneamento Básico do Estado de São Paulo válidos para abril de 1983, convertidos em UPCs, na época igual a Cr\$ 3.588,63.

## 2. ESTUDOS HIDROGEOLÓGICOS E PROJETOS TÉCNICO-CONSTRUTIVOS

A construção de um poço tubular dentro dos padrões técnicos considerados exigíveis, requer uma série de estudos preliminares a saber:

### a) Estudos básicos

- levantamento bibliográfico
- cadastramento de poços na região
- determinação das características hidrodinâmicas na área
- interpretação fotogeológica quando necessária a determinação de certas características (estruturas, formações etc.).

Custo médio estimado = a

### b) Estudos opcionais/alternativos

- realizados em áreas carentes de dados primordiais à confecção do projeto.

Podem ser:

- sondagem geofísica pelo método da eletro-resistividade
- teste de bombeamento em poços já existentes, próximos, mas com informações imprecisas ou inexistentes.

Custo médio estimado = b

### c) Projeto técnico-construtivo

- Com base nos dados obtidos através dos estudos efetuados, e em função das necessidades requeridas, estipula-se as características técnico-construtivas do poço tubular a ser construído (profundidades, diâmetros, tubulações etc.).

Custo médio estimado = c

Custo Médio Total Estimado = A  
(a + b + c)

Na SABESP estimamos os seguintes custos médios:

$$A = a (40 \text{ UPC}) + b (145 \text{ UPC}) + c (15 \text{ UPC})$$
$$A = 200 \text{ UPC}$$

## 3. CONSTRUÇÃO DO POÇO

Trata-se do custo efetivo do poço tubular concluído fazendo parte os seguintes custos:

- instalação do canteiro;
- transporte e remoção dos materiais e equipamentos;
- perfurações (furo-guia, alargamento para tubo de boca; alargamento em rocha sedimentar ou perfuração em rochas cristalinas);
- perfilagem elétrica;
- fornecimento e colocação de tubos de boca e de revestimento, filtros e pré-filtro;
- cimentações;
- desenvolvimentos (ar comprimido

e pistoneamento/superbombeamento);

- teste de bombeamento com bomba submersa;
- análise físico-química.

Custo Poço = B

Na SABESP, discriminamos três tipos principais de poços tubulares construídos (90% dos casos), a saber:

a) Poços perfurados em rochas sedimentares (formações Bauru, Botucatu, Tubarão, Taubaté e Caluá) com profundidade entre 80 - 250 m e diâmetros de revestimento com 6 ou 8 polegadas.

- custo mínimo dos poços = 1.000 UPC

- custo máximo dos poços = 4.200 UPC

- custo médio = 2.700 UPC

- vazão mínima de produção = 5 m<sup>3</sup>/h

- vazão máxima de produção = 120 m<sup>3</sup>/h

- vazão média de produção = 25 m<sup>3</sup>/h.

b) Poços perfurados em rochas cristalinas (Basalto de Fm. Serra Geral e Embasamento Cristalino), com profundidades entre 100 e 250 m e diâmetros finais de 6 ou 8 polegadas.

- custo mínimo dos poços = 1.200 UPC

- custo máximo dos poços = 3.100 UPC

- custo médio dos poços = 1.800 UPC

- vazão mínima de produção = 7 m<sup>3</sup>/h

- vazão máxima de produção = 60 m<sup>3</sup>/h

- vazão média de produção = 30 m<sup>3</sup>/h.

c) Poços perfurados em rochas sedimentares e cristalinas — "mistos" (Fm. Bauru/Fm. Serra Geral; Grupo Tubarão/Embasamento Cristalino etc.) com profundidades de 150 a 220 m e diâmetros finais de 6 e 8 polegadas.

- custo mínimo dos poços = 1.500 UPC
- custo máximo dos poços = 3.500 UPC
- custo médio dos poços = 2.200 UPC
- vazão mínima de produção = 5 m<sup>3</sup>/h
- vazão máxima de produção = 60 m<sup>3</sup>/h
- vazão média de produção = 20 m<sup>3</sup>/h

#### 4. FISCALIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DA CONSTRUÇÃO DE POÇO TUBULAR

Tais serviços são ou devem em geral ser realizados por hidrogeólogos e técnicos em hidrogeologia ou hidráulica, que inspecionariam periodicamente o canteiro de obras (visitas semanais). Ressalta-se que nas etapas especiais esses elementos as acompanhariam obrigatoriamente (aplicação de revestimento, desenvolvimento e teste de bombeamento).

Os custos inerentes a esses serviços englobam:

- salários e encargos de hidrogeólogo, fiscal, coordenador, auxiliar técnico e pessoal de apoio administrativo (desenhista, secretária e datilógrafos)
- transporte e despesas de viagem
- materiais e equipamentos utilizados (termômetro, medidor de nível etc.)
- material de escritório (impressos, xerox, encadernação etc.)
- apoio logístico (telefone, correspondência, deslocamentos etc.)

São função também do período transcorrido do início ao final de obra.

Custo médio estimado = C

Na SABESP, devido as peculiaridades de cada poço, caracterizamos esses custos conforme os tipos de rochas perfuradas.

##### a) Poços em rochas sedimentares

- prazo médio de execução = 45 dias
- custo médio estimado dos serviços = 165 UPC.

##### b) Poços em rochas cristalinas

- prazo médio de execução = 60 dias
- custo médio estimado dos serviços = 250 UPC.

##### c) Poços instos

- prazo médio de execução = 60 dias
- custo médio estimado dos serviços = 250 UPC.

#### 5. CUSTO TOTAL DE UM POÇO TUBULAR

A somatória (D) dos custos das diversas etapas que compõem a execução completa de um poço tubular, denota os seguintes valores:

$$D = A + B + C$$

Inerentes à SABESP os custos variam conforme o tipo de rocha perfurada:

##### a) Rochas Sedimentares

- A = estudos hidrogeológicos e projetos técnico-construtivos — 200 UPC
- B = construção do poço propriamente dito — 2.700 UPC
- C = fiscalização e avaliação da construção de poço tubular — 165 UPC
- D' = custo total = 3.065 UPC.

##### b) Rochas Cristalinas

- A = estudos hidrogeológicos e projetos técnico-construtivos — 200 UPC
- B = Construção do poço propriamente dito — 1.800 UPC
- C = fiscalização e avaliação da construção de poço tubular — 250 UPC
- D' = custo total — 2.250 UPC

##### c) Rochas Sedimentares e Cristalinas

- A = estudos hidrogeológicos e projetos técnico-construtivos — 200 UPC
- B = construção do poço propriamente dito — 2.200 UPC
- C = fiscalização e avaliação da construção de poço tubular — 250 UPC
- D' = custo total = 2.250 UPC.

##### 5.1 — Amortização

Considerando a amortização do capital investido, realizado durante 20 anos, a juros de 10% ao ano (média SABESP), teremos:

$$Am \approx D \left( \frac{0,1}{2} + \frac{1}{20} \right) \text{ sendo}$$

Am = taxa anual de amortização

20 = 20 anos

0,1 = 10%/ano

D = custo total do poço

$$Am = E \frac{UPC}{\text{ano}}$$

Nos poços da SABESP, teremos

##### a) Poços em rochas sedimentares

$$Am = 3.065 \text{ UPC} \left( \frac{0,1}{2} + \frac{1}{20} \right)$$

$$Am' = 306,5 \text{ UPC/ano}$$

##### b) Poços em rochas cristalinas

$$Am'' = 2.250 \text{ UPC} \left( \frac{0,1}{2} + \frac{1}{20} \right)$$

$$Am'' = 225 \text{ UPC/ano.}$$

##### c) Poços em rochas sedimentares e cristalinas

$$Am''' = 2.650 \text{ UPC} \left( \frac{0,1}{2} + \frac{1}{20} \right)$$

$$Am''' = 265 \text{ UPC/ano.}$$

##### 5.2 — Repercussão no m<sup>3</sup> d'água

Para se calcular o valor total do poço tubular construído que incide no m<sup>3</sup> d'água a ser produzido, deveremos realizar o seguinte cálculo:

$$F = \frac{E}{Q \times T \times 365}$$

sendo,

F = valor do poço construído para cada m<sup>3</sup> d'água produzido em UPC/m<sup>3</sup>

E = custo total do poço amortizado

Q = vazão do poço em m<sup>3</sup>/h

T = tempo de produção horas/dia = 20

365 = dias durante um ano  
então,

$$F = \frac{E}{Q \times 7.300 \text{ m}^3}$$

sendo,

$$y = Q \times 7.300 \text{ m}^3$$

$$F = \frac{E \text{ UPC}}{y \text{ m}^3}$$

Considerando as vazões médias exploradas, calculadas para cada um dos três casos apresentados, e, considerando um tempo de 20 horas de bombeamento por dia, o custo do investimento do poço para cada m<sup>3</sup> produzido será:

##### a) Aquífero Sedimentar

$$Q = 25 \text{ m}^3/\text{h} \quad E = 306,5 \text{ UPC}$$

$$F = \frac{306,5 \text{ UPC}}{25 \times 20 \times 365 \text{ m}^3} = \frac{306,5 \text{ UPC}}{25 \times 7.300}$$

$$F = 0,001679 \text{ UPC/m}^3.$$

##### b) Aquífero Cristalino

$$Q = 30 \text{ m}^3/\text{h} \quad E = 225 \text{ UPC}$$

$$F = \frac{225 \text{ UPC}}{30 \times 20 \times 365 \text{ m}^3} = \frac{225 \text{ UPC}}{30 \times 7.300}$$

$$F'' = 0,001027 \text{ UPC/m}^3.$$

##### c) Aquífero Misto

$$Q = 25 \text{ m}^3/\text{h} \quad E = 265 \text{ UPC}$$

$$F = \frac{265 \text{ UPC}}{20 \times 20 \times 365 \text{ m}^3} = \frac{265 \text{ UPC}}{20 \times 7.300}$$

$$F'' = 0,001815 \text{ UPC.}$$

#### 6. EXPLORAÇÃO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA

A produção de água, na boca do poço, implica se equipar o poço com diversos componentes, a saber:

### a) Bomba Submersível

Conforme as características do poço Q (m³/h) e Hm (altura manométrica) em metros, determina-se o cv requerido e transforma-o em kW, que será o potencial necessário para a produção na boca do poço da vazão do poço.

Em função do kW, as bombas denotam um preço G.

### b) Quadro elétrico de comando (Qec)

O funcionamento do conjunto submersivo é controlado por esse instrumento, dotado de vários dispositivos necessários à perfeita operação do poço (relé de nível, horímetro, pára-raios, relé térmico etc.).

Seu custo e função da potência de bomba e de sua sofisticação mais acessórios, tendo um valor H.

### c) Cabos Elétricos

Esse material energiza a bomba através do transformador colocado na rede elétrica próxima, controlado pelo quadro elétrico.

Seu tipo é função também da potência da bomba e distância do transformador, tendo um custo I.

### d) Materiais Hidráulicos

Para a condução d'água da bomba até a boca do poço há a necessidade dos seguintes materiais:

- tubos de aço-ferro galvanizados sem costura com rosca e luva, no diâmetro função da vazão do poço e altura de lançamento.
- curvas no diâmetro do tubo.
- tubos de PVC Ø 1/2" para a medição de nível.
- registro no Ø do tubo.
- hidrômetro/Shunt ou dispositivo similar de medição de vazão acumulada e instantânea.

Custo total J.

### e) Construção Civil

Os poços em geral estão situados numa área sugerida pelo Planasa de 7,5 m + 8 m (60 m²), contando com componentes de proteção, comunicação e ajardinamento a saber:

- alambrado
- cerca
- guia
- pedrisco
- grama
- comando elétrico de proteção ao poço (onde é instalado o Qec)
- portão grade (1,9 m x 4 m)
- portão (1,9 m x 1 m)

Custo total — K.

Resumo

- a) bomba submersível — G
  - b) quadro elétrico de comando — H
  - c) cabo elétrico — I
  - d) materiais hidráulicos — J
  - e) construção civil — K
- Custo total — L.

Para os três tipos de poços construídos pela SABESP, temos:

#### a) Para rochas sedimentares:

G — bomba submersiva — Q = 25 m³/h

Hm = 100 m; 22 cv = 16 kW

Custo total = 175 UPC.

H — quadro elétrico de comando — 205 UPC

I = cabo elétrico — 100 ml

Custo total = 105 UPC.

J — material hidráulico tubos e materiais Ø 3" — 110 UPC

K — construção civil — 175 UPC

Custo total — L' = 770 UPC.

#### b) Para rochas cristalinas

G — bomba submersa — Q = 30 m³/h

Hm = 100 m; 25 cv = 18 kW

Custo total = 180 UPC.

H — quadro elétrico de comando — 210 UPC

I — cabo elétrico — 100 metros lineares

Custo total = 105 UPC.

J — material hidráulico tubos e materiais Ø 3"

Custo total = 110 UPC.

K — construção civil = 175 UPC

L — custo total L" = 780 UPC

#### c) Para rochas cristalinas e sedimentares

G — bomba submersa — Q = 20 m³/h

Hm = 100 m; 18 cv = 14 kW = C

Custo total = 165 UPC.

H — quadro elétrico de comando = 200 UPC

I — cabo elétrico — 100 metros lineares

Custo total = 105 UPC.

J — material hidráulico — tubos e materiais Ø 3"

Custo total = 110 UPC.

K — construção civil = 175 UPC

L — custo total L" = 755 UPC.

### Amortização do Capital

Considerando-se uma vida útil próxima da real para os equipamentos e materiais iguais a 10 anos e para a bomba submersa 5 anos, a juros de 10% ao ano, teremos a seguinte amortização anual:

$$Am = \left[ (H + I + J + K) \times \left( \frac{0,1}{2} + \frac{1}{10} \right) + G \left( \frac{0,1}{2} + \frac{1}{5} \right) \right]$$

Na SABESP temos as seguintes amortizações conforme os aquíferos:

#### a) aquífero sedimentar

$$M = Am = 595 \text{ UPC} \left( \frac{0,1}{2} + \frac{1}{10} \right) + 175 \text{ UPC} \left( \frac{0,1}{2} + \frac{1}{5} \right)$$

$$M = Am = 89,25 \text{ UPC} + 43,75 \text{ UPC}$$

$$M' = Am = 133 \text{ UPC/ano}$$

#### b) aquífero cristalino

$$Am = M''$$

$$M'' = 600 \text{ UPC} \left( \frac{0,1}{2} + \frac{1}{10} \right) + 180 \text{ UPC} \left( \frac{0,1}{2} + \frac{1}{5} \right)$$

$$M'' = 90 \text{ UPC} + 45 \text{ UPC}$$

$$M'' = 135 \text{ UPC/ano}$$

#### c) aquífero misto

$$AM = M'''$$

$$M''' = 590 \text{ UPC} \left( \frac{0,1}{2} + \frac{1}{10} \right) + 165 \text{ UPC} \left( \frac{0,1}{2} + \frac{1}{5} \right)$$

$$M''' = 88,5 \text{ UPC} + 41,25 \text{ UPC}$$

$$M''' = 129,75 \text{ UPC/ano}$$

### Consumo Energia

Esse item representa o principal custo operacional de um poço tubular.

O consumo de energia consumido por um poço, é função de sua vazão produzida, sua altura manométrica recalçada e período de funcionamento.

Calculada a potência da bomba requerida (cv) em função da vazão x Hm, transformamo-la em kW, cujo custo é fornecido pelas concessionárias de energia elétrica.

Temos então a seguinte fórmula:

N = custo da energia consumida pelo poço durante um ano em UPC

N = custo do kW x potência bomba (kW) x horas funcionamento/dia x 365 dias/ano x taxa de desconto da Cia. Saneamento.

Sendo o custo aproximado do kW em abril/83 = 0,002 UPC.

Teremos então nos três aquíferos operados pela SABESP:

#### a) aquífero sedimentar

$$N' = 0,002 \text{ UPC} \times 16 \text{ kW} \times 20 \text{ h/dia} \times 365 \text{ dias} + 0,8$$

$$N' = 186,88 \text{ UPC/ano}$$

#### b) aquífero cristalino

$$N'' = 0,002 \text{ UPC} \times 18 \text{ kW} \times 20 \text{ h/dia} \times 365 \text{ dias} + 0,8$$

$$N'' = 210,28 \text{ UPC/ano}$$

#### c) aquífero misto

$$N''' = 0,002 \text{ UPC} \times 14 \text{ kW} \times 20 \text{ h/dia} \times 365 \text{ dias} + 0,8$$

$$N''' = 163,52 \text{ UPC/ano}$$

### Custos de Operação e Manutenção de Poços

Durante a vida útil do poço tubular, de seus equipamentos, os mesmos estão passíveis de receber os seguintes serviços:

- planejamento, controle e gerenciamento operacional;
- realizações de medições;
- manutenção preventiva;
- manutenção corretiva.

Todos esses itens quando realizados total ou parcialmente, implicam custos que serão adicionados no custo de produção do m³ d'água.

Devido a grande imprevisibilidade da maioria dos itens corresponden-

te a esses serviços, o período e a frequência de suas realizações são estimados com grandes margens de erro, pois cada caso é um caso especial a ser considerado.

a) Planejamento, Controle e Gerenciamento Operacional

- planejamento prévio das condições ideais de exploração do poço;
- controle das características operacionais, análise, avaliação e orientação para novas medidas ou solicitação de manutenção;
- apoio no campo a detecção de anomalias no sistema.

Esses serviços realizados por geólogos implicam custos tais como: salários, encargos sociais, impressos, hora de computador, telefone, veículos, despesas de viagem, apoio administrativo etc.

Custo médio estimado P UPC/ano.

b) Operação dos Poços ou Realização de Medições

Medição periódica das características básicas de um poço em exploração: nível estático, nível dinâmico, vazão instantânea, produção acumulada, tempo de funcionamento, consumo energético e outros.

Esses serviços realizados nos locais dos poços são repassados às gerências/superintendências operacionais e ao controle geral.

Implicam custos de pessoal de nível médio, engenheiro/geólogo, impressos, veículos, despesas de viagem, apoio logístico e administrativo.

Custo médio estimado = q . UPC/ano

c) Manutenção Preventiva

- realização de teste de bombeamento periódico, numa frequência conforme requer o caso, para análise do estado de eficiência do poço em relação a seu estado original;
- inspeção periódica na bomba, cabo, material hidráulico e quadro elétrico, requerendo desmontagem, análise e reinstalação do conjunto;
- análise e inspeção no conjunto de bombeamento, conforme houver solicitação do planejamento operacional.
- realização de serviços preventivos a saber:
  - a) desenvolvimento com ar comprimido
  - b) desenvolvimento com pistoneamento
  - c) serviços de desincrustação
  - d) inspeção na tubulação com câmara de VI em circuito fechado
  - e) outros
- coleta de amostra d'água e análise periódica (conforme o caso) tipo físico-químico de certos compostos, diagnósticos de cer-

tas anomalias/problemas no poço.

Custo médio estimado R UPC/ano

Tais serviços implicam emprego de pessoal (geólogo/engenheiro/eletricista/mecânico/bombeiro); uso de materiais e equipamentos (guinchos, produtos químicos, sonda etc.); análise d'água; veículos, despesas de estadia, e apoio logístico.

d) Manutenção Corretiva

- substituição de componentes dos equipamentos de bombeamento do sistema (bomba, cabo, quadro e materiais hidráulicos).
- realização de serviços de "pesca-ria" de bombas, cabos, tubos etc.
- executar cimentação especial para impedir contaminações, poluições, entradas excessivas de areia, intervalos com teores excessivos de fluoretos etc.
- serviços especiais no poço.

A realização dos serviços mencionados implicam custos com geólogo/engenheiro, mecânico, equipe de sondagem. Também incidem custos inerentes a equipamentos (sondas e guinchos), veículos, despesas de viagem e estadia, materiais de apoio (cimento, tubos, cabo de aço etc.) e apoio logístico.

Custo médio estimado S UPC/ano

Custo total inerente a operação e manutenção de poço tubular:

$$T = p + q + r + s.$$

Como foi dito que os serviços anteriormente mencionados na sua grande maioria são imprevisíveis, fizemos para os aquíferos explorados na SABESP uma aproximação e os tempos de vida útil do poço mais equipamentos, estipulamos um valor correspondente a um ano de operação.

1.º aquífero sedimentar

$$\begin{aligned} p' &= 10 \text{ UPC/ano} \\ q' &= 05 \text{ UPC/ano} \\ r' &= 40 \text{ UPC/ano} \\ s' &= 17 \text{ UPC/ano} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T &= p + q + r + s \\ T' &= 10 + 5 + 40 + 17 = \text{UPC/ano} \end{aligned}$$

2.º aquífero cristalino

$$\begin{aligned} p'' &= 10 \text{ UPC/ano} \\ q'' &= 05 \text{ UPC/ano} \\ r'' &= 15 \text{ UPC/ano} \\ s'' &= 10 \text{ UPC/ano} \\ T'' &= 10 + 5 + 15 + 10 = 40 \text{ UPC/ano} \end{aligned}$$

3.º aquífero misto

$$\begin{aligned} p''' &= 10 \text{ UPC/ano} \\ q''' &= 05 \text{ UPC/ano} \\ r''' &= 35 \text{ UPC/ano} \\ s''' &= 15 \text{ UPC/ano} \\ T''' &= 10 + 5 + 35 + 15 = 65 \text{ UPC/ano} \end{aligned}$$

Custo total de exploração de m³ d'água na boca do poço

$$M^3 = \frac{\text{amortização do equipamento} + \text{consumo energético} + \text{operação e manutenção em UPC}}{Q \text{ m}^3/\text{h} \times h/\text{dia de funcionamento} \times 365 \text{ dias}}$$

$$M^3 = \frac{M + N + T}{Q \text{ m}^3/\text{h} \times h/\text{dia} \times 365} = M^3 = U$$

Para os 3 casos da SABESP, teremos:

a) Para rochas sedimentares

$$M^3 = \frac{M' + N' + T'}{Q \text{ m}^3/\text{h} + h/\text{dia} \times 365} = \text{sendo}$$

$$\begin{aligned} M' &= 133 \text{ UPC} \\ N' &= 186,88 \text{ UPC/ano} \\ T' &= 72 \text{ UPC/ano} \\ Q &= 25 \text{ m}^3/\text{h} \\ h &= 20 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M^3 &= \frac{(133 + 186,88 + 72) \text{ UPC}}{25 \times 20 \times 365} = \\ &= \frac{391,88 \text{ UPC}}{182,50} \end{aligned}$$

$$M^3 = U' = 0,0021472 \text{ UPC.}$$

b) Para rochas cristalinas:

$$M^3 = \frac{M'' + N'' + T''}{Q \text{ m}^3/\text{h} \times H/\text{dia} \times 365 \text{ dias}} = \text{sendo}$$

$$\begin{aligned} M'' &= 135 \text{ UPC/ano} \\ N'' &= 210,28 \text{ UPC} \\ T'' &= 40 \text{ UPC/ano} \\ Q &= 30 \text{ m}^3/\text{h} \\ h &= 20 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M^3 &= \frac{(135 + 210,28 + 40) \text{ UPC/ano}}{30 + 20 \times 365} = \\ &= \frac{385,28 \text{ UPC}}{219,000} \\ M^3 &= U'' = 0,0017592 \text{ UPC.} \end{aligned}$$

c) Para rochas cristalinas e sedimentares

$$M^3 = \frac{M''' + N''' + T'''}{Q \text{ m}^3/\text{h} \times 7 \text{ h/dia} \times 365} = \text{sendo}$$

$$\begin{aligned} M''' &= 129,75 \text{ UPC/ano} \\ N''' &= 163,52 \text{ UPC/ano} \\ T''' &= 65 \text{ UPC/ano} \\ Q &= 20 \text{ m}^3/\text{h} \\ h &= 20 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M^3 &= \frac{(129,75 + 163,52 + 65) \text{ UPC/ano}}{20 \times 20 \times 365} = \\ &= \frac{358,27}{146,000} \\ M^3 &= U''' = 0,0024539. \end{aligned}$$

## 7. CUSTO EFETIVO D'ÁGUA SUBTERRÂNEA PRODUZIDA NA BOCA DO POÇO

Pelo anteriormente demonstrado, o custo do m<sup>3</sup> d'água subterrânea, captado através de poço tubular profundo em sua boca, é a somatória dos seguintes itens.

$$V = \text{custo m}^3 \text{ d'água} = F + V = \frac{\text{UPC}}{\text{m}^3}$$

Considerando-se que:

$$D = A + B + C$$

$$L = G + H + I + J + K$$

$$T = P + Q + R + S$$

e

E; M e N valores subtotais, temos então que

V = custo do m<sup>3</sup> d'água é igual:

A = estudos hidrogeológicos e projeto técnico-construtivo — UPC

B = construção do poço tubular — UPC

C = fiscalização da construção e avaliação dos resultados — UPC

D = custo poço — UPC

G = bomba submersa — UPC

H = quadro elétrico — UPC

I = cabo elétrico — UPC

J = material hidráulico — UPC

K = construção civil — UPC

L = custo total equipamentos de exploração — UPC

N = consumo energético — UPC/ano

P = planejamento, controle e gerenciamento operacional — UPC/ano

Q = realização de medições em operação dos poços — UPC/ano

R = manutenção preventiva — UPC/ano

S = manutenção corretiva — UPC/ano

T = custo total — operação e manutenção poços — UPC/ano

U = custo total de exploração do m<sup>3</sup> d'água subterrânea

E = amortização anual do poço em UPC/ano

F = custo da construção do poço tubular no m<sup>3</sup> d'água

M = amortização dos equipamentos de exploração em UPC/ano.

Para os 3 tipos de poços considerados na SABESP, temos as seguintes relações de custo:

## 8. CUSTO D'ÁGUA CAPTADA DE MANANCIAL SUPERFICIAL

Para compararmos os custos de captação d'água subterrânea com os d'água superficial, há a necessidade de se proceder estudo similar para esse manancial.

Todavia, para termos aproximadamente uma noção da ordem de grandeza desses valores, vamos fazer algumas considerações, levando-se em conta dados obtidos na SABESP.

Para a captação superficial utilizando-se estação de tratamento d'água (ETA) convencional, necessita-se uma vazão mínima de 12 litros por segundo ou 43.200 litros/hora.

Tomando-se como referencial esse menor sistema utilizado temos o seguinte:

I — Custos de Estudos e Projeto do Sistema — x — UPC

II — Topografia — y — UPC

III — Bombas mais equipamento mais adutora manancial/ETAZ-UPC

IV — Custos de construção da ETA, constando:

a) ETA + equipamentos p/ 12 l/s;

b) Casa de química tipo A;

c) Uma elevatória tipo 2 e outra tipo C/D ou E com equipamentos.

Custo aproximado = 13.000 UPC

Tempo de operação = 16 horas/dia

V — Operação e Manutenção

● pessoal e empregado (2 turmas, 2 pessoas)

● produtos químicos (sulfato e alumínio, cal etc.)

● consumo energético

● treinamento de operadores

● manutenção de equipamentos

● reparos gerais na ETA

Custo aproximado = W UPC

Custo total do investimento = (X + Y + 13.000 + Z) UPC

Considerando-se uma taxa anual de juros (10%) e a vida útil do sistema,

teremos um custo em UPC/ano que transformado em 16 horas/dia x 365 dias fornecerá o custo do m<sup>3</sup> d'água produzida em função do investimento realizado.

Computando-se os custos de operação e manutenção realizados durante um ano em UPC e fazendo-se os encaminhamentos conforme o item anterior, teremos o custo do m<sup>3</sup> d'água produzido em função de suas variáveis operacionais.

A somatória desses dois tipos de custos incidirá no custo final do m<sup>3</sup> d'água captado do manancial superficial, lembrando não se ter computado adução e reservação.

## 9. CONCLUSÃO

- O estudo realizado propiciou condições para se proceder a uma mensuração de custos para quaisquer tipos de captação d'água subterrânea por poços tubulares.
- Os dados obtidos nos casos da SABESP mostram que a água subterrânea captada através de poços tubulares tem um custo em sua boca da ordem de 2.7862 x 10<sup>-3</sup> UPC a 4,2743 x 10<sup>-3</sup> UPC, sendo que podemos classificá-la como baixos, relativos a outros mananciais.
- Os aquíferos cristalinos no Estado de São Paulo, são os economicamente mais eficientes, tanto na sua construção como operação.
- A correlação dos custos de investimento em poços tubulares + ETA convencional para vazões de até 12 l/s = 43.200 l/h é bastante inferior para os poços (3.030 a 3.835 UPC) em relação a ETA (13.000 UPC + X, Y e Z).
- Também pelos dados analisados, pressupõe-se uma grande diferença entre a operação de um sistema poço tubular/água subterrânea (custos relativamente muito baixos) em relação à ETA/água superficial.
- Concluimos então que as águas subterrâneas captadas por poços tubulares são os sistemas comprovadamente mais eficientes para o abastecimento de comunidades de pequeno e médio porte.

Para as de grande porte, onde existe o manancial subterrâneo disponível, o mesmo pode vir a ser o mais eficiente; bastando para tanto, fazer um estudo comparativo. Ex.: Bauru, Ribeirão Preto, Londrina etc.

## 10. AGRADECIMENTOS

Agradeço aos colegas da SABESP Antonio Jorge Sápido, Fernando Wili B. Franco Filho e João Carlos de Souza pela colaboração e apoio recebido em dados e incentivo.

## 11. BIBLIOGRAFIA

- Carrillo, J. L. Pulido — Hidrogeologia Prática — Urmo. S. A. de Ediciones — Bilbao Espanha — 1978.

T	AQUÍFERO SEDIMENTAR				AQUÍFERO CRISTALINO				AQUÍFERO MISTO			
	INVESTIMENTO UPC	CUSTO/ANO UPC	% DO SUB-TOTAL	% DO CUSTO TOTAL	INVESTIMENTO UPC	CUSTO/ANO UPC	% DO SUB-TOTAL	% DO CUSTO TOTAL	INVESTIMENTO UPC	CUSTO/ANO UPC	% DO SUB-TOTAL	% DO CUSTO TOTAL
A	200	20	6,53	2,86	200	20	8,89	3,27	200	20	7,55	3,2
B	2.700	270	88,09	38,65	1.800	180	80	29,49	2.200	220	83,02	35,29
C	165	16,5	5,38	2,36	250	25	11,11	4,09	250	25	9,43	4,01
D	3.065	*306,5	-	43,88	2.250	* 225	-	36,86	2.650	* 265	-	42,51
G	175	43,75	32,89	6,26	180	45	33,33	7,37	165	41,25	31,79	6,61
H	205	30,75	23,12	4,40	210	31,5	23,33	5,16	200	30	23,12	4,81
I	105	15,75	11,84	2,25	105	15,75	11,67	2,88	105	15,75	12,14	2,52
J	110	16,5	12,41	2,36	110	16,5	12,22	2,70	110	16,5	12,72	2,64
K	175	26,25	19,74	3,75	175	26,25	19,44	4,30	175	26,25	20,23	4,21
L	770	** 133	-	19,04	780	** 135	-	22,12	755	129,75	-	20,8
N	-	186,88	-	26,75	-	210,28	-	34,45	-	163,52	-	26,23
P	-	10	13,89	1,43	-	10	25	1,65	-	10	15,38	1,6
Q	-	5	6,94	0,71	-	5	12,5	0,81	-	5	7,69	0,8
R	-	40	55,55	5,72	-	15	37,5	2,45	-	35	53,05	5,61
S	-	17	23,61	2,43	-	10	25	1,63	-	15	23,08	2,4
T	-	72	-	10,30	-	40	-	6,55	1759	65	-	10,42
U	3.835	698,38	-	100	3.030	610,28	-	100	2.7862	3.405	823,27	-

\* E

\*\* M

\*\*\* F