

Custos Comparativos para o Fornecimento D'Água Concessionária x Subterrânea de Poços Tubulares

Resumo

Esse trabalho objetiva mensurar o custo efetivo das Águas Subterrâneas captadas por poços tubulares profundos em Aquíferos Sedimentares e Cristalinos.

São levantados todos os parâmetros que compõe esse custo chegando-se a valores para o m³ d'água produzida, propiciando correlações com a água superficial fornecidas pelas Empresas Concessionárias.

01. Introdução

O objetivo deste estudo visa o levantamento das condições técnico-econômico das "Águas Subterrâneas" nos grandes aglomerados urbanos, principalmente a região da Grande de São Paulo, avaliando seu potencial no suprimento alternativo e até mesmo principal para várias categorias de serviços de abastecimento d'água: residencial (prédios, condomínios, sítios, etc) industrial e comercial (hospitais clubes, grandes lojas, galpões, etc).

Tendo em vista as características hidrogeológicas de cada local, serão projetadas situações médias que propiciarão chegar-se a um custo médio do m³ d'água produzido por um poço tubular profundo e compará-lo àquele onerado pela companhia concessionária estadual ou municipal, quando a mesma tem seus serviços estendidos ao consumidor potencial. Como base de cálculos será adotado como referência a OTN (Obrigações do tesouro nacional).

02. Custo da Água Subterrânea produzida através de poços tubulares profundos

Para podermos avaliar corretamente esses custos, discriminaremos primeiramente todas as variáveis componentes destes e posteriormente os adequaremos para as 02 (duas Províncias Hidrogeológicas ocorrentes na região metropolitana de São Paulo, ou seja, no domínio das rochas sedimentares de origem Terciária e Quaternária da Bacia de São Paulo - Formação São Paulo e naquele das rochas cristalinas do Embasamento Cristalino, através de suas diversas variações litológicas e estruturais.

Os principais componentes dos custos da água subterrânea captada através de poços tubulares profundos são:

2.1. Estudos Hidrogeológicos e Projeto Técnico Construtivo do poço tubular

A construção de um poço tubular para atender os requisitos mínimos como: produzir uma vazão próxima à esperada, possível num determinado local; estar situado fora da interferência de poços próximos; produzir água de qualidade físico-química e bacteriológica aceitável e operar durante pelo menos 20 anos ininterruptos; requererá a realização de estudos preliminares que em muito diminuirão o risco de não se atingir os objetivos propostos e aqueles restritivos acima levantados:

- a) Estudos Básicos : - Levantamento bibliográfico; - Cadastramento de dados de poços na região - " in loco" e/ou através de Banco de Dados Confiável; - Determinação das características hidrogeológicas na área, estimando-se profundidades, vazões previstas, qualidade d'água, etc; - Interpretação de fotografias aéreas quando necessária a determinação de certas características (estruturas, formação, etc).

Carlos Eduardo Quaglia Giampá
Geólogo, Diretor Técnico da Hidrogesp - Hidrogeologia Sondagens e Perfurações Ltda

b) Locação do ponto de perfuração: Com base nos dados levantados determinar o (s) ponto(s) mais viável(is) para ser construído o poço tubular, apesar do risco sempre existente em não se atingir todos os objetivos esperados, que com os estudos são bastante minimizados mas não eliminados.

c) Estudos opcionais ou alternativos: Seriam realizados em áreas carentes de dados primordiais para a locação do poço e confecção do projeto como em áreas bastantes complexas do ponto de vista geohidrológico

Podem ser: sondagens geofísicas pelos métodos da eletroresistividade ou caminha - mento elétrico; - teste de bombeamento em poços próximos, mas com informações imprecisas ou inexistentes.

d) 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 a ser construído; - profundidade; - sistema de perfuração; diâmetros; perfuração elétrica; revestimentos, filtros e outros materiais a serem aplicados e consumidos; especificações das características do desenvolvimento, teste de bombeamento e demais serviços de acabamento do poço; - Neste caso tanto para as rochas sedimentares como para as cristalinas teremos os mesmos seguintes custos:

- . Custo Mínimo: 100 OTN
- . Custo Máximo: 300 OTN
- . Custo Médio : 200 OTN (A=A')

2.2. Construção do Poço Tubular: Trata-se do custo efetivo do poço tubular concluído fazendo parte os seguintes componentes: - Transporte e remoção dos equipamentos e materiais; - Instalação do canteiro; - Perfurações (furo-guia e alarga - mento em rochas sedimentares ou perfurações em rochas cristalinas); - Perfila - gem elétrica; - Fornecimento e colocação de tubo de boca, revestimento, fil - tros e pré-filtros; - Cimentações; Desenvolvimento com ar comprimido e produtos químicos; - Teste de bombeamento com bomba submersível; - Análise físico-química ; - Relatório Técnico final.

2.2.1. Para as Rochas Sedimentares : Para esse domínio determinamos valores considerados médios e viáveis ante os milhares de poços já realizados na gran - de São Paulo.

- . Profundidade: 150 metros . Diâmetro útil final: $\emptyset 6'' = 152 \text{ mm}$
- . Revestimentos com tubos lisos de aço e filtros espiralados galvanizados' de $\emptyset 6'' = 152 \text{ mm}$.
- . Perfilação Elétrica e demais itens conforme projeto.
- . Vazão média esperada: $10 \text{ m}^3/\text{h}$ e ND = 70m
- . Custo mínimo : 3.500 OTN - . Custo máximo : 5.000 OTN
- . Custo médio: 4.000 OTN (B)

2.2.2 Para as Rochas Cristalinas : Para esse domínio determinamos também os valores considerados médios e viáveis dentro do amplo espectro de poços já perfurados.

- . Profundidade = 150 metros . Diâmetro útil final = $\emptyset 6'' = 152 \text{ mm}$
- . Revestimento = tubos de aço $\emptyset 6'' = 152 \text{ mm}$
- . Demais itens conforme projeto . Vazão média esperada = $5 \text{ m}^3/\text{h}$ - ND 70 m
- . Custo mínimo = 2.000 OTN . Custo máximo = 3.000 OTN
- . Custo médio = 2.500 OTN (B')

2.3. Exploração de Água Subterrânea : A produção de água na boca do poço ou até um' reservatório enterrado ou elevado, implica em se equipar o mesmo com diversos ' componentes chamados de Conjunto de Bombeamento.

2.3.1. Bomba Submersível : Conforme as características do poço Q (m^3/h) e HMT (altura manométrica total) em m.c.a., determina-se a potência requerida em HP' e o transformamos em KW que será o potencial necessário para a produção d'água até o local em que se queira levar a água.

Para o caso das rochas sedimentares calculamos ser necessária uma bomba com motor elétrico de 5 HP.

C.1. Custo Médio: 275 OTN

Para as rochas cristalinas calculamos ser necessária uma bomba com motor elétrico de 4HP.

C.1.' Custo Médio: 250 OTN

2.3.2. Quadro Elétrico de Comando e Proteção

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

Seu custo é função da potência da bomba e de sua sofisticação mais acessórios. Para o caso das Rochas Sedimentares com um motor de 5 HP teríamos:

C.2. Custo Médio: 130 OTN

Enquanto para as Rochas Cristalinas para um motor de 4HP teríamos:

C.2' Custo Médio: 125 OTN

2.3.3. 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 quadro elétrico sendo em geral trifásico do tipo chato.

Para o caso das rochas sedimentares calculamos cerca de 100 metros de cabo 3 x 6 mm².

C.3. - Custo Médio: 75 OTN

Para o caso das rochas cristalinas calculamos cerca de 100 metros de cabo 3 x 4 mm².

C.3' Custo Médio: 55 OTN

2.3.4. Materiais Hidráulicos

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

- tubos de aço-ferro galvanizado com ou sem costura com rosca e luva, no diâmetro função da vazão do poço; - conexões no diâmetro do tubo; - tubos de PVC Ø 3/4" para a medição de nível; - registros gaveta no Ø do tubo; - fio 1,5 mm² flexível para eletrodos; - abraçadeira de fixação; - válvula de retenção no Ø do tubo.

Para os preços em rochas sedimentares teríamos.

C.4. Custo Médio: 270 OTN

para aqueles em rochas cristalinas

C.4' Custo Médio: 220 OTN

2.4. Custo Total do Investimento

Considerando-se as duas alternativas Poço Sedimentar e Poço Cristalino teríamos:

- estudos e projetos = A= 200 OTN - A' = 200 OTN ;
- construção do poço tubular = B = 4.000 OTN - B' = 2.500 OTN
- Conjunto de Bombeamento

$$C1 + C2 + C3 + C4 = 750 \text{ OTN} - C1' + C2' + C3' + C4' = 650 \text{ OTN}$$

Custo Total

- Para poços sedimentares : 4.950 OTN
- Para poços cristalinos: 3.350 OTN

B = 147,10 OTN / Ano	-	12,26 OTN/Mês
126,12 "	-	10,51 OTN/Mês
25,56 "	-	2,13 OTN/Mês
11,24 "	-	0,93 OTN/Mês
22,99 "	-	1,91 OTN/Mês
Total = 333,01 OTN/Ano	-	27,75 OTN/Mês

2.6. Custos de Produção D'Água

Estão inclusos todos os itens que compõem o custo operacional de um poço tubular profundo.

2.6.1. Consumo de Energia Elétrica

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:

$N = \text{custo da energia consumida pelo poço durante 01 ano, em OTN.}$

$N = \text{custo do Kw} \times \text{potência bomba (Kw)} \times \text{horas funcionamento/dia} \times 365 \text{ dias / ano.}$

Sendo o custo aproximado do Kw em março/ 88 = 0,010 OTN:

a) Aquífero Sedimentar:

$N = 0,010 \text{ OTN} \times 3,725 \text{ Kw (5HP)} \times 15 \text{ horas /dia} \times 365 \text{ dias/ano.}$

$N = 203,94 \text{ OTN/ano ou } 16,99 \text{ OTN/Mês}$

b) Aquífero Cristalino:

$N' = 0,010 \text{ OTN} \times 2,98 \text{ Kw (4 HP)} \times 15 \text{ horas / dia} \times 365 \text{ dias/ano}$

$N' = 163,15 \text{ OTN / ano ou } 13,59 \text{ OTN/MÉS}$

2.6.2. Manutenção Preventiva e Corretiva

Durante sua vida útil o Poço Tubular e seus equipamentos estão passíveis de receber os seguintes serviços:

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

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

Devido a grande imprevisibilidade da grande maioria dos itens correspondentes a esses serviços, o período e a frequência de suas realizações, são estimadas 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 e técnicos especializados, implicam custos tais como: salários, encargos sociais, impressos, hora de computador, telefone, veículos, despesas de viagem, apoio administrativo, etc..

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. No caso das concessionárias estaduais. Implicam custos de pessoal de nível médio, impressos, veículos, despesas de viagem apoio logístico e administrativo.

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 e escovamento.
 - c) serviços de desincrustação.
 - d) inspeção na tubulação com câmara de VT em circuito fechado.
 - e) outros
- . Coleta de amostra d'água e análise periódica (conforme o caso) tipo físico-química de certos compostos, diagnósticos de certas anomalias/problemas no poço.

Tais serviços implicam no emprego de pessoal (geólogo/eletricista/mecânico/ bombeiro); uso de materiais e equipamentos (quinchos, 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 " pescaria" de bombas, cabos, tubos, etc.
- . executar cimentações especiais para impedir contaminações, poluições, entradas excessivas de fluoretos, etc.
- . serviços especiais no poço.

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

Custo total inerente a operação e manutenção de poço tubular seria então:

$$T = a + b + c + d$$

Como foi dito que os serviços anteriormente mencionados na sua grande maioria são imprevisíveis, fizemos para os aquíferos explorados uma aproximação e os tempos de vida útil do poço mais equipamentos, estipulamos, um valor correspondente a 02 anos de vida útil e conseqüentemente amortização.

- Aquífero Sedimentar:

$$T = 500 \text{ OTN}$$

$$AM = 252,25 \text{ OTN/ano ou } 21,02 \text{ OTN/Mês}$$

- Aquífero Cristalino

$$T = 400 \text{ OTN}$$

$$AM = 201,80 \text{ OTN/ano ou } 16,81 \text{ OTN/Mês}$$

2.7. Custo Efetivo do m³ de Água Subterrânea Produzida Pelo Poço Tubular

Pelo anteriormente demonstrado, o custo de m³ d'água subterrânea captada através do poço tubular profundo seria assim calculado.

$$V = \frac{E}{Q \times T \times 365} = \frac{\text{OTN}}{\text{m}^3}$$

Sendo:

V = custo do m³ d'água subterrânea

F = custo total do poço amortizado

Q = vazão produzida em m³/ hora

T = tempo de produção em horas/ dia = 15

365 dias = 01 ano

Teríamos então para:

a) Aquífero Sedimentar :

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

$$\text{Como } E = (437,75 + 203,94 + 252,25) \quad \frac{\text{OTN}}{\text{Ano}}$$

$$E = 893,94 \quad \frac{\text{OTN}}{\text{Ano}}$$

$$V = \frac{893,94 \text{ OTN}}{54.750 \text{ m}^3} \quad : \quad V = 0,016 \quad \frac{\text{OTN}}{\text{m}^3}$$

b) Aquífero Cristalino :

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

$$\text{Como: } E = (331,01 + 163,15 + 201,80) \quad \frac{\text{OTN}}{\text{Ano}}$$

$$E = 697,96 \text{ OTN/ ano}$$

então:

$$V = \frac{697,96 \text{ OTN}}{27.375 \text{ m}^3} \quad V = 0,025 \text{ OTN/m}^3$$

03. Custo d'água captada de Manancial Superficial / Concessionária - (Sabesp, SAAE, etc).

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 pelas tarifas cobradas pela SABESP., para a região metropolitana de São Paulo, abrangendo 28 municípios:

- Arujá, Barueri, Caieiras, Cajamar, Carapicuíba, Cotia, Diadema, Embú , Embú-Guaçú, Ferraz de Vasconcelos, Francisco Morato, Franco da Rocha, Guararema, Itapeverica da Serra, Itapevi, Itaquaquecetuba, Jandira, Mariporã, Mauá, Poá, Ribeirão Pires, Rio Grande da Serra, Salesópolis, Santana do Parnaíba , São Paulo, Suzano, Taboão da Serra, Vargem Grande Paulista.

3.1. Categoria Residencial

Inclusos condomínios, edifícios, casas, sítios, chácaras, clubes, hospitais, etc...

Para consumos superiores a 50 m³/mês a tarifa cobrada seria de 0,108 OTN / m³ .

Exemplo: Para um consumo de $5 \text{ m}^3/\text{hora} \times 15 \text{ horas}/\text{dia} \times 30 \text{ dias}/\text{mês}$, teríamos :

Tarifa de $2.250 \text{ m}^3/\text{mês} \times 0,108 \text{ OTN} = 243 \text{ OTN}/\text{Mês}$

Em 01 ano teríamos um gasto de 2916 OTN.

3.2. Categoria Industrial

Inclusos todas as modalidades industriais que na Grande São Paulo representam cerca de 25% das indústrias do Brasil.

Para consumo superiores a $50 \text{ m}^3/\text{mês}$ a tarifa cobrada seria de $0,14 \text{ OTN}/\text{m}^3$.

Exemplo: Para um consumo de $10 \text{ m}^3/\text{h} \times 15 \text{ horas} / \text{dia} \times 30 \text{ dias}/\text{mês}$ - teríamos:

Tarifa de $4.500 \text{ m}^3/\text{mês} \times 0,14 \text{ OTN} = 630 \text{ OTN}/\text{Mês}$.

Em 01 ano teríamos um gasto de 7.560 OTN.

04. Conclusões

- a) O estudo realizado propiciou condições para se proceder uma mensuração de custos para quaisquer tipo de captação d'água subterrânea por poços tubulares.
- b) Os dados obtidos nos 02 tipos de aquíferos, mostram que a água subterrânea captada através de poços tubulares tem um custo da ordem de $0,016$ a $0,025 \text{ OTN}/\text{m}^3$, sendo que podemos classificá-la como baixos, relativos a outros mananciais.
- c) Os aquíferos sedimentares na região da Grande São Paulo, são os economicamente mais eficientes, principalmente na sua operação.
- d) Concluimos então que as águas subterrâneas captadas por poços tubulares são os sistemas comprovadamente mais eficientes, principalmente para o abastecimento de comunidades de pequeno e médio porte, incluindo-se com domínios, hospitais, clubes, indústrias em geral, sítios, chácaras, etc.

Para as de grande porte, onde existe o manancial subterrâneo disponível, o mesmo pode vir a ser o mais eficiente, bastando para tanto, fazer-se um estudo comparativo. Ex.: Bauru, Ribeirão Preto, Londrina, etc., ou utilizá-los em sistemas isolados em Bairros, Vilas e Distritos.

05. Bibliografia

- Carrilo, J.L. Pulido - Hidrogeologia Prática - Urmo S/A de

Ediciones - Bilbao - Espanha 1.978 .

- Sabesp - Comunicado publicado no Diário Oficial do Estado'

Ineditoriais do dia 02/03/88 - página 23.

06. Anexo

Tabela 01

Síntese dos Custos de Construção de Poços Tubulares em Aquíferos

Sedimentar e Cristalino

AQUÍFERO SEDIMENTAR		AQUÍFERO CRISTALINO								
	investimento OTN	amortização custo OTN/ano	% sub-total	% custo total	custo do m ³ de água/OTN	investimento OTN	custo OTN/ano	% sub-total	% custo total	custo do m ³ de água/OTN
estudos hidrogeológicos e projeto técnico construtivo	200	10,89	4,75	4,04		200	10,89	7,40	5,97	
construção do poço tubular	4 000	218,01	95,25	80,80		2 500	136,21	92,60	74,62	
custo do poço	4 200	228,90	100,00	84,84		2 700	147,10	100,00	80,59	
bomba submersa	275	138,73	66,43	5,55		250	126,12	38,46	7,46	
quadro elétrico de comando e proteção	130	26,58	12,73	2,62		125	25,56	19,23	3,73	
cabo elétrico	75	15,33	7,34	1,51		55	11,24	8,46	1,64	
material hidráulico	270	28,21	13,50	5,47		220	22,99	33,85	6,56	
custo total equipamentos de exploração	750	208,85	100,00	15,15		650	185,91	100,00	19,40	
custo total do investimento	4 950	437,75	-	100,00		3 350	333,01	-	100,00	
consumo energético	-	203,94	-	-		-	163,15	-	-	
operação e manutenção do poço	500	252,25	-	-		400	201,80	-	-	
custo total do m ³ d'água subterrânea	-	883,94	-	-	0,016	-	697,96	-	-	0,025

Tabela 1 - SÍNTESE DOS CUSTOS DE CONSTRUÇÃO DE POÇOS TUBULARES EM AQUÍFEROS SEDIMENTAR E CRISTALINO