

Considerações Sobre o Diâmetro Econômico das Sub-Adutoras em Aço Revestido

Paulo de Paiva Castro escreveu o presente trabalho especialmente para esta Revista, tendo sido concluído poucos dias antes de sua morte. Publicando-o neste número, desejamos prestar uma homenagem póstuma ao saudoso engenheiro do DAE, que soube ser amigo e que soube ser justo.

Em São Paulo, com o grande crescimento da cidade e conseqüente expansão da distribuição de água, torna-se necessária a construção de grandes sub-adutoras, que por motivos econômicos e de segurança deverão ser construídas em chapa de aço revestido. Procuraremos, em seguida, relacionar o diâmetro econômico que essas sub-adutoras deverão ter, com a correspondente velocidade da água.

Considerando um trecho de sub-adutora de 1 km, que deve transportar Q m³/s, a despesa anual a êle correspondente é composta de 2 parcelas:

- 1.º) juros e amortização do capital empregado e depreciação do material;
- 2.º) gastos com a energia necessária para vencer a perda de carga correspondente ao transporte de Q m³/s. (Em São Paulo, tôdas as águas são recalçadas, com exceção daquelas provenientes da Cantareira e Alto Cotia, que constituem parte insignificante do total distribuído).

I — PRIMEIRA PARCELA

1 — Suporemos que os juros e amortização do capital empregado na construção da sub-adutora, sejam pagos em prestações anuais iguais. Teremos, então, se chamarmos de t a taxa de juros, n o número de anos para amortização e C o capital empregado, a despesa anual:

$$i_1 = \frac{C \times t}{1 - \left(\frac{1}{1 + t} \right)^n}$$

2— A depreciação é a quantia posta à parte, anualmente, para que, no fim da vida útil de uma obra, seja possível a sua reprodução. Não entraremos em cogitações sobre a inflação que ainda assola o país. Esperamos, conforme promessas do Governo Federal, que ela seja dominada dentro de alguns anos. Os conceitos seguintes foram tirados do "Water Works Practice".

A depreciação inclui três itens:

- a) as perdas sofridas pela desvalorização, devidas às deteriorações e não cobertas pelos reparos correntes.
- b) Obsolescência ou inadequacidade resultante da idade, mudança física ou em razão de novas invenções ou descobertas, ou mudanças nas necessidades dos usuários.
- c) Perdas devidas à destruição da propriedade, por eventos extraordinários.

Em geral, são usados dois métodos para calcular a depreciação:

- o método da linha reta;
- o método do fundo de depreciação.

Em ambos é necessário estimar ou adotar um período de tempo para a vida da obra. Em geral, esse período é estimado em anos de vida, tendo-se em consideração a vida de obras similares, no passado.

No método da linha reta, o custo total é dividido pelo número de anos de vida provável da obra. O quociente assim obtido é contabilizado ao fim de cada período, sendo as quantias assim obtidas, creditadas ou não a um fundo de reposição.

O método da linha reta é adaptável a estruturas ou equipamentos com vidas relativamente curtas. Para estruturas mais permanentes, esse método dá depreciações muito grandes para os primeiros anos de vida da obra e muito pequenas para os períodos finais.

O método do fundo de depreciação é o resultado de observações, por engenheiros e operadores, do, relativamente, pequeno grau de deterioração das estruturas de água e esgotos, nos primeiros anos de uso, e no aceleração dessa deterioração, no fim da vida útil dessas estruturas. Este fato não é levado em consideração pelo método da linha reta, mas é levado na devida conta pelo método do fundo de depreciação de maneira muito satisfatória.

O método se baseia na observação que o valor da depreciação de uma estrutura em um ano qualquer, pode ser comparado ao aumento de valor de um fundo, contabilizado anualmente, a uma taxa de juros conveniente, para que ao fim de m anos de vida atribuída à estrutura, reproduza o capital, inicialmente, gasto.

A taxa de juros a ser adotada, para constituição desse fundo, deve ser aquela que dê uma curva de depreciação, correspondendo o mais próximo possível às mudanças de valor, ano por ano, da estrutura. As práticas correntes, indicam que a taxa de 4% ao ano, dá resultados bem de acôrdo com a experiência.

Então, o valor da depreciação anual para constituir o fundo de depreciação será:

$$i_1 = \frac{C \times t}{(1+t)^m - 1} = \frac{0,04 C}{(1 + 0,04)^m - 1}$$

Para tubulações em aço revestido, com diâmetros de 0,80 m a 2,00 m, a chapa recomendável é a de espessura de 3/8". O tubo fabricado com essa chapa, apresenta boa resistência às cargas externas, desde que seja colocado com recobrimento mínimo de 1,20 m. Deve ser evitado o emprêgo de diâmetros muito maiores que 2,00 m na construção de sub-adutoras, dentro de cidades, devido às dificuldades de construção, atribuíveis às ruas estreitas e às profundidades exageradas necessárias. A chapa de 3/8" pesa cêrca de 74 kg por m². Então, o preço por km da tubulação assentada será:

$$\pi \times D \times 74 \times 1.000 \times p_1$$

chamando-se D o diâmetro e p_1 o preço por quilo de tubulação assentada.

Então, teremos o custo da primeira parcela P_1 :

$$P_1 = 232.478 \times D \times p_1 \times \frac{0,04}{1,04^m - 1} + 232.478 \times p_1 \frac{t}{1 - \left(\frac{1}{1+t} \right)^n} =$$

$$= 232.478 \times D \times p_1 \left[\frac{0,04}{1,04^m - 1} + \frac{t}{1 - \left(\frac{1}{1+t} \right)^n} \right]$$

II — SEGUNDA PARCELA

Como já foi mencionado, esta segunda parcela é referente aos gastos com a energia necessária para vencer a resistência devida à fricção nas paredes internas do tubo (perda de carga) e correspondente ao transporte de uma vazão Q determinada, em 1 km de sub-adutora. Na fórmula de Hazen & Williams, essa perda de carga, para tubos com diâmetros acima de 0,600 m, revestidos internamente, com esmalte asfático, deve ser calculada com o coeficiente $C = 150$ (Journal AWW, vol. 53, n.º 6, de junho de 1961, pag. 767) e então teremos:

$$h = 0,00099 \times \frac{Q^{1,852}}{D^{4,87}} \text{ m/m}$$

A energia necessária em 1 ano para vencer essa resistência em 1 km de sub-adutora, será, em Kwh:

$$e = 1.000 \times \frac{\left[1.000 \times 0,00099 \times \frac{Q^{1,852}}{D^{4,87}} \right] \times Q \times 0,736 \times 8.760}{75} =$$

$$= \frac{85.105 \times Q^{2,852}}{D^{4,87}}$$

e, finalmente, chamando-se p_2 o preço de custo do Kwh para o DAE, teremos:

$$P_2 = p_2 \times \frac{85.105 \times Q^{2,852}}{D^{4,87}}$$

É necessário observar que no preço p_2 do custo do Kwh, deve constar o preço do Kwh realmente pago pelo DAE à Light tendo já na devida conta os rendimentos das máquinas operatrizes, como também o custo da amortização, juros do capital empregado na instalação de recalque, a depreciação correspondente desse material e o custo de operação e manutenção dos serviços de recalque. Em anexo, faremos o cálculo do preço de custo do Kwh para o DAE.

Então, o custo total será:

$$P_t = P_1 + P_2 = 232.478 \times D \times p_1 \left[\frac{0,04}{1,04^m - 1} + \frac{1}{1 - \left(\frac{1}{1+t} \right)^n} \right] +$$

$$+ p_2 \times \frac{85.105 \times Q^{2,852}}{D^{4,87}}$$

Este custo será mínimo, quando a derivada primeira de P_t em relação a D for nula. Teremos, então:

$$232.478 \times p_1 \left[\frac{0,04}{1,04^m - 1} + \frac{1}{1 - \left(\frac{1}{1+t} \right)^n} \right] - 4,87 \times p_2 \times$$

$$\times \frac{85.105 \times Q^{2,852}}{D^{3,87}} = 0$$

donde:

$$D^{5,87} = \frac{4,87 \times 85.105 \times p_2 \times Q^{2,852}}{232.478 \times p_1 \left[\frac{0,04}{1,04^m - 1} + \frac{t}{1 - \left(\frac{1}{1+t} \right)^n} \right]} =$$

$$= 1,7828 \times \frac{p_2}{p_1} \times \frac{Q^{2,852}}{\left[\frac{0,04}{1,04^m - 1} + \frac{t}{1 - \left(\frac{1}{1+t} \right)^n} \right]}$$

Aos empréstimos concedidos ao DAE, pelas Caixas Econômicas Estadual e Federal, e pelo Banco do Estado, têm sido cobrados os juros de 12% ao ano, com prazos de 10, 15 e 20 anos. Além disso, a Caixa Econômica Estadual tem cobrado uma taxa inicial de 36% e o Banco do Estado, a taxa de 30%. Baseados nesta realidade tomaremos para t o valor de 0,12 e para n o prazo de 20 anos. Nossa experiência de muitos anos e as indicações do "Water Works Practice" permitem atribuir a m o prazo de 35 anos. Então, teremos:

$$D^{5,87} = 1,7828 \times \frac{p_2}{p_1} \times \frac{Q^{2,852}}{0,1495} = 11,95 \times \frac{p_2}{p_1} \times Q^{2,852}$$

Podemos estimar o preço do quilo de chapa de aço revestido p_1 em NCr\$ 1,00, portanto:

$$D^{5,87} = 11,95 \times p_2 \times Q^{2,852}$$

Para determinação do valor de p_2 , empregamos estimativas já feitas para o recalque do Sistema Juqueri, em razão da sua maior simplicidade.

Para o Sistema Guarapiranga, por exemplo, a água sofre, nas maiorias dos casos, 2 recalques, antes de ser distribuída. Para o Sistema Alto Tietê, também, ela deverá sofrer 1, 2 e até 3 recalques, antes da distribuição.

No caso do Sistema Juqueri, estamos prevendo somente 1 recalque (deixando de parte, naturalmente, algumas tórres).

No anexo 1, é mostrada uma estimativa do custo da Estação Elevatória do Santa Inez. No anexo 2, está estimado o custo do consumo anual da energia, nessa instalação, com aplicação da tarifa estabelecida pela portaria n.º 84, de 27 de abril de 1967, do Departamento de Águas e Energia, do Ministério de Minas e Energia (Diário Oficial da União, de 2 de maio de 1967, seção I — parte I — págs. 4.829 a 4.831), para tensões de transmissão de 88.000 volts a 132.000 volts. Verificamos, nesse anexo, que o preço do Kwh saiu a NCr\$ 0,0287. Para confronto, podemos informar que a fatura da Light de n.º 339.075-0567, correspondente ao consumo de maio de 1967, do Guarapiranga (tensão de 88.000 volts) deu a média de NCr\$ 0,0288/Kwh. Para a fatura com o desconto de 80%, o preço do Kwh em ambos os casos, é de NCr\$ 0,0057.

No anexo 3 é feita uma estimativa do custo de manutenção da instalação de recalque, da amortização, juros e depreciação dessa mesma instalação e finalmente, uma estimativa do custo total do Kwh para o DAE, aplicando-se a portaria n.º 84, sem e com o desconto de 80%.

Verificamos, então, que o Kwh, sem levar em consideração o desconto de 80%, sai para o DAE ao preço de NCr\$ 0,0407/Kwh, e se fôr levado em consideração êsse desconto, o preço baixará para NCr\$ 0,0184/Kwh.

Teremos ,então, as seguintes equações:

sem desconto:

$$D^{5,87} = 11,95 \times 0,0407 \times Q^{2,852}$$

donde,

$$D = 0,885 \times Q^{0,485}$$

com desconto:

$$D^{5,57} = 11,95 \times 0,0184 \times Q^{2,552}$$

ou,

$$D = 0,772 \times Q^{0,485} \quad (2)$$

O custo total das despesas com 1 km de sub-adutora P_1 , conforme vimos é:

$$P_1 = 232.478 \times D \times p_1 \left[\frac{0,04}{1,04^m - 1} + \frac{t}{1 - \left(\frac{1}{1+t} \right)^n} \right] + p_2 \times \frac{85.105 \times Q^{2,552}}{D^{4,87}}$$

Substituindo os valores já conhecidos, teremos:

$$P_1 = 34.755,5 \times D + 3.463,8 \times \frac{Q^{2,852}}{D^{4,87}} \quad (3)$$

se não levarmos em conta o desconto, e,

$$P_1 = 34.755,5 \times D + 1.565,9 \times \frac{Q^{2,852}}{D^{4,87}} \quad (4)$$

se considerarmos êsse desconto.

Com as fórmulas (1) e (2) organizamos a seguinte tabela I:

T A B E L A I

Q m ³ /s	Q ^{0,485}	D s/desc	D c/desc	S s/desc	S c/desc	V s/desc	V c/desc
1,0	1,000	0,885	0,772	0,614	0,467	1,630	2,143
1,5	1,217	1,075	0,940	0,910	0,695	1,650	2,160
2,0	1,400	1,240	1,080	1,210	0,917	1,655	2,180
2,5	1,560	1,380	1,207	1,495	1,140	1,660	2,190
3,0	1,705	1,510	1,320	1,790	1,370	1,665	2,200
3,5	1,835	1,620	1,415	2,060	1,570	1,700	2,210
4,0	1,956	1,730	1,510	2,370	1,790	1,705	2,220
4,5	2,075	1,830	1,600	2,630	2,010	1,710	2,230
5,0	2,182	1,930	1,685	2,920	2,230	1,715	2,245
5,5	2,295	2,030	1,770	3,230	2,450	1,720	2,260
6,0	2,380	2,150	1,835	3,470	2,635	1,730	2,275
M é d i a						1,685	2,200

Verificamos nesta tabela que as diferenças para mais ou para menos entre as velocidades médias e as velocidades extremas, não chegam a 3,0% das velocidades médias. Como veremos adiante, estas diferenças traduzidas em custo, representam pouco em relação à velocidade ideal que seria calculada para o diâmetro mais econômico e assim podemos escolher o diâmetro mais econômico, partindo da velocidade. Assim, podemos usar a velocidade de 1,685 m/s para o cálculo do diâmetro econômico, se não levarmos em consideração o desconto de 80% dado pela portaria n.º 84, e a velocidade de 2,200 m/s, se considerarmos esse desconto.

Com as equações (3) e (4), organizamos as tabelas II e III para a vazão $Q = 3 \text{ m}^3/\text{s}$.

T A B E L A II
 $Q = 3 \text{ m}^3/\text{s} \quad - \quad Q^{2,852} = 24$

D	S	V	$D^{4,87}$	$P_1 = 34.755,5 D$	$P_2 = \frac{83.131,2}{D^{4,87}}$	$P_t = P_1 + P_2$
1,20	1,130	2,68	2,430	41.706,00	34.300,00	76.006,00
1,30	1,328	2,26	3,600	45.100,00	23.150,00	68.250,00
1,40	1,540	1,95	5,100	48.000,00	16.300,00	64.680,00
1,50	1,766	1,70	7,200	52.130,00	11.550,00	63.680,00
1,51	1,792	1,67	7,410	52.470,00	11.200,00	63.670,00
1,60	2,000	1,50	9,500	55.500,00	8.300,00	63.800,00
1,70	2,270	1,32	13,200	58.900,00	6.300,00	65.200,00
1,80	2,540	1,18	17,500	62.400,00	4.740,00	67.140,00
1,90	2,835	1,06	23,000	66.000,00	3.610,00	69.610,00
2,00	3,1416	0,956	29,000	69.500,00	2.870,00	72.370,00

T A B E L A III
 $Q = 3 \text{ m}^3/\text{s} \quad - \quad Q^{2,852} = 24$

D	S	V	$D^{4,87}$	$P_1 = 34.755,5 D$	$P_2 = \frac{37.581,6}{D^{4,87}}$	$P_t = P_1 + P_2$
1,10	0,950	3,16	1,590	38.231,00	22.600,00	60.831,00
1,20	1,130	2,68	2,430	41.706,00	15.450,00	57.150,00
1,29	1,660	2,30	3,450	44.800,00	10.880,00	55.680,00
1,30	1,328	2,26	3,600	45.182,00	10.430,00	55.612,00
1,32	1,368	2,20	3,880	45.877,00	9.650,00	55.527,00
1,385	1,500	2,00	4,900	48.000,00	7.670,00	55.670,00
1,40	1,540	1,95	5,100	48.600,00	7.360,00	55.960,00
1,50	1,766	1,70	7,200	52.430,00	5.210,00	57.340,00
1,60	2,000	1,50	9,500	55.500,00	3.940,00	59.440,00
1,70	2,270	1,32	13,500	58.900,00	2.780,00	61.680,00
1,80	2,540	1,18	17,500	62.400,00	2.140,00	64.540,00

Verificamos, então, que, se aplicarmos a tarifa da portaria n.º 84, sem desconto, para a vazão de 3 m³/s, o diâmetro mais econômico é o de 1,51 m, com velocidade de 1,67 m/s. Se aplicarmos essa tarifa com desconto de 80%, o diâmetro mais econômico passará para 1,32 m, com a velocidade correspondente de 2,20 m/s. Para D = 1,51 m, teremos P₁ = 52.470,00 e P₂ = 63.670,00. Para D = 1,32 m, teremos, P₁ = 45.877,00 e P₂ = 55.527,00.

Vemos, então, que haverá um aumento de cerca de 14,60% na despesa total, quando aplicamos a tarifa da portaria 84, sem desconto, em comparação com a tarifa com desconto, e de 14,3% na despesa com capital. Portanto, podemos dizer que a aplicação da tarifa com desconto, permitirá aumentar em 14,3% a extensão das obras, com o dispêndio do mesmo capital.

Cabe, aqui, algumas observações à respeito da aplicação do desconto dado pela portaria 84. Sob o ponto de vista da economia nacional, as indagações à respeito do diâmetro mais econômico deveriam ser feitas sem aplicação do desconto permitido. Porém, o fato é que o DAE goza desse desconto e todas as suas contas de energia são pagas com esse privilégio. Os valores das tarifas contidas na portaria 84, são calculadas levando em consideração o desconto concedido aos serviços de água e esgotos e outros serviços públicos, como o transporte ferroviário e iluminação pública. Portanto, é fato consumado, quer o DAE queira ou não, usar desse privilégio, que os outros usuários de energia elétrica estarão pagando por esse desconto. Parece-nos perfeitamente defensável essa concessão, considerando-se que os serviços de saneamento, interessam profundamente ao problema da saúde, que com o da educação, ainda são os problemas básicos de qualquer povo que quer se desenvolver. Assim como o caboclo que mora às margens do rio Grande, contribui, pagando os seus impostos, para educar os filhos de seus coestaduanos, que podem frequentar escolas, é também justificável que o industrial e outros usuários de energia elétrica contribuam para que o preço dos serviços de saneamento tenham taxas mais ao alcance da bolsa do povo.

Assim, parece-nos que só devemos levar em consideração os resultados obtidos, para determinação do diâmetro mais econômico, com a aplicação da tarifa da portaria 84, com desconto de 80%.

Analisando a tabela III, calculada para a vazão de 3 m³/s com aplicação desse desconto, verificamos que o diâmetro mais econômico é o de 1,32 m, com a velocidade de 2,20 m/s. Verificamos, ainda, que se variarmos essa velocidade entre 2,00 m/s (D = 1,385 m) e 2,30 m/s (D = 1,290 m), o custo total aumentará apenas de 0,275% acima do custo total referente ao diâmetro mais econômico de 1,32 m (V = 2,20 m/s). Esta porcentagem, certamente, é muito menor que a porcentagem de erro que introduzimos nos cálculos feitos, com as estimativas e fórmulas empregadas.

Assim, pois, verificamos que ao escolhermos um diâmetro adotando uma velocidade entre 2,00 m/s e 2,30 m/s, teremos um diâmetro muito próximo ao diâmetro mais econômico. Devemos escolher esse diâmetro de acordo com as possibilidades de fabricação, ou melhor, procurando arredondar o número de centímetros. Devemos, ainda, dar preferência às velocidades maiores, pois isso redundará em emprego de capital menor, vantagem grande em país de capitais escassos, como o Brasil.

* * *

A fórmula (4) permite, ainda, analisar, rapidamente, certas alternativas de planejamento. Daremos, em seguida, um exemplo:

O DAE tem necessidade de construir uma linha de recalque Alto da Boa Vista-Parque do Estado, para atender às necessidades de todo o setor 32 (Americópolis) e Município de Diadema (3,98 m³/s). Como também há necessidade

de se reforçar o abastecimento do Jabaquara, que em futuro próximo deverá enviar mais água ao reservatório do Sacomã, para atender ao Município de São Caetano, aos setores 22A e 42 e ao setor de Vila Alpina, cogitou-se de estudar um único recalque para os dois pontos, conforme as características mostradas no esquema I, junto. Trata-se, então, de comparar o plano contido nesse esquema com o do esquema II. Aplicando-se a fórmula (4) a ambos, temos:

Esquema I

1.º trecho

$$P_{11} = \left(34.755,5 \times 2 + 1.565,9 \times \frac{7,45^{2,852}}{2^{4,87}} \right) 1,9 = 456.000,00$$

2.º trecho

$$P_{12} = \left(34.755,5 \times 1,5 + 1.565,9 \times \frac{3,45^{2,852}}{1,5^{4,87}} \right) 6,2 = 392.660,00$$

3.º trecho

$$P_{13} = \left(34.755,5 \times 1,10 + 1.565,9 \times \frac{3,47^{2,852}}{1,1^{4,87}} \right) 8,3 = 601.177,00$$

Total 1.449.837,00

Esquema II

1.ª linha (Parque do Estado)

$$P_{21} = \left(34.755,5 \times 1,5 + 1.565,9 \times \frac{3,98^{2,852}}{1,5^{4,87}} \right) 8,1 = 512.997,00$$

2.ª linha (Alto da Boa Vista-Sacomã)

1.º trecho (Alto da Boa Vista-Jabaquara)

$$P_{22} = \left(34.755,5 \times 1,4 + 1.565,9 \times \frac{3,47^{2,852}}{1,4^{4,87}} \right) 5,6 = 326.133,00$$

2.º trecho (Jabaquara-Sacomã)

gravidade

$$P_{23} = (34.755,5 \times 1,32) 4,6 = \underline{211.035,00}$$

Total 1.050.165,00

Verificamos, então, que há uma grande vantagem econômica a favor do esquema II. Haverá uma diferença anual de NCr\$ 399.672,00 a seu favor. O custo de remuneração de capital $34.755,5 \times D$ que no esquema I é de 772.613,00, no esquema II é de 900.196,00. Portanto, haverá, neste caso, uma diferença a favor do esquema I, de NCr\$ 127.583,00, correspondente a um capital de NCr\$ 853.000,00. Verificamos, ainda, que apesar de termos de dispender mais essa quantia para construirmos o esquema II, em dois anos e poucos meses de funcionamento, essa diferença de capital inicial será paga pela economia na despesa anual correspondente à obra. Deixamos de entrar em considerações sobre as desvantagens técnicas do esquema I (linha de recalque muito longa, com velocidade muito alta, etc.), pois o nosso escopo é apenas analisar os dois casos, sob o ponto de vista econômico.

* * *

ANEXO 1

ESTAÇÃO ELEVATORIA DO SANTA INEZ

(Capacidade total: 2 grupos de 3 m³/s mais 4 grupos de 6 m³/s)

Estimativa de custos

(Preços em NCr\$)

a) Bombas	3.000.000,00
b) Motores e equipamentos de partida	4.000.000,00
c) Equipamento de controle (chaves)	300.000,00
d) Transformadores	1.500.000,00
e) Disjuntores, sub-estação	400.000,00
f) Subestação transformadora e linha de transmissão	2.500.000,00
g) Tubulação do colar de manobras	1.000.000,00
h) Roto-valve hidráulicas e elétricas	1.500.000,00
i) Registros de parada (φ = 1.500 mm)	90.000,00
j) Equipamento de medição de vazão	120.000,00
k) Comportas	40.000,00
l) Pontes rolantes	500.000,00
m) Mesas de comando	250.000,00
n) Oficina e ferramental	50.000,00
o) Montagem completa, inclusive material (eletrodutos e cabos)	1.800.000,00
p) Construção civil da estação de recalque	3.700.000,00
q) Residências, complementos (estradas, etc.) e Estação de Tratamento de Água	1.800.000,00
r) Grupo motor-diesel, etc.	150.000,00
Total:	22.700.000,00

* * *

ANEXO 2

ESTIMATIVA DO PREÇO DO KWH, NA FUTURA INSTALAÇÃO DE RECALQUE DO JUQUERI

Capacidade total média 22 m³/s
Solicitação máxima 24 m³/s

Tarifa aplicada, estabelecida pela portaria nº 84, de 27 de abril de 1967, do Ministério das Minas e Energia — Departamento Nacional de Águas e Energia.

Demanda para H = 130 m e Q = 24 m³/s

$$\frac{0,736 \times 1.000 \times 24 \times 130}{75 \times 0,90 \times 0,93 \times 0,98} = \frac{2.304.445,44}{61,5185} = 37.500 \text{ Kwh}$$

Consumo, para H = 127 m e Q = 22 m³/s

$$\frac{0,736 \times 1.000 \times 22 \times 127}{75 \times 0,90 \times 0,93 \times 0,98} = \frac{2.056.384}{61,5185} = 33.300 \text{ Kwh}$$

Consumo mensal

Demanda: NCr\$ 55,89 × 3.750 NCr\$ 209.587,50

Consumo: $\frac{33.300 \times 730 \times \text{NCr\$ } 172,68}{10.000}$
 $\frac{24.309.000}{10.000} \times \text{NCr\$ } 172,68$ NCr\$ 419.767,80
 NCr\$. 629.355,30
 10% taxa de previdência 62.935,50
 Total: NCr\$ 692.290,80

$$\text{Preço/Kwh: } \frac{692.290,80}{24.309.000} = \text{NCr\$ } 0,0287/\text{Kwh}$$

$$\text{Despesa anual: NCr\$ } 692.290,80 \times 12 = \text{NCr\$ } 8.307.489,60$$

Cálculo do consumo, levando em consideração o desconto de 80%, dado pela referida portaria 84, ao DAE:

Consumo	NCr\$ 629.355,30	
Desconto 80%	503.484,20	
		125.871,10
10% taxa de previdência		12.587,10
		Total a pagar: NCr\$ 138.458,20
Preço/Kwh: $\frac{138.458,20}{24.309.000}$ =	NCr\$ 0,0057	

Despesa anual: NCr\$ 152.394,00 × 12 = NCr\$ 1.827.648,00

* * *

ANEXO 3

DESPESAS DE MANUTENÇÃO DA INSTALAÇÃO DE RECALQUE DO JUQUERI

1) Pessoal		
4 operadores a NCr\$ 500,00/mês	NCr\$ 2.000,00	
4 auxiliares a NCr\$ 350,00/mês	1.400,00	
1 mecânico a NCr\$ 700,00/mês	700,00	
1 jardineiro a NCr\$ 500,00/mês	500,00	
2 serventes a NCr\$ 200,00/mês	400,00	
Cota parte na Administração geral (estimado)	2.000,00	
	Total: NCr\$ 7.000,00	
2) Material (óleo, limpeza, etc.)	NCr\$ 3.500,00	
	NCr\$ 10.500,00	
Despesa total anual	NCr\$ 126.000,00	

* * *

Despesas com juros, amortização e depreciação do capital empatado na Instalação de Recalque do Juqueri

$$C \left[\frac{0,04}{1,04^{35} - 1} + \frac{0,12}{1 - \left(\frac{1}{1,12}\right)^{20}} \right] = 0,1496 C = 0,1496 \times \text{NCr\$ } 22.700.000,00$$

= NCr\$ 3.395.920,00

CUSTO TOTAL DO KWH

1) Portaria n.º 84, sem desconto:

1 — Despesa com pessoal	NCr\$ 126.000,00
2 — Amortização, juros e depreciação	NCr\$ 3.395.920,00
3 — Energia	NCr\$ 8.307.490,00
	Despesa total: NCr\$ 11.829.410,00

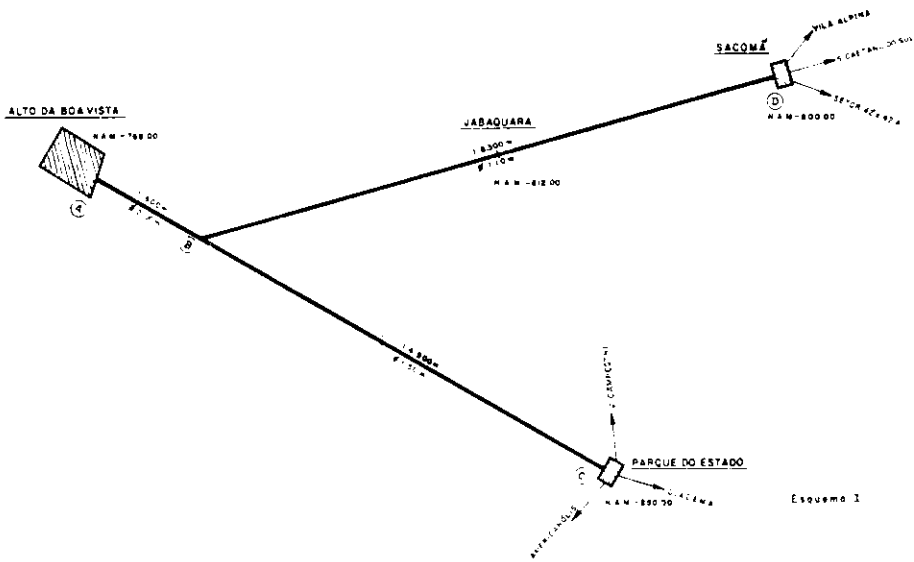
$$\text{Preço do Kwh: } \frac{\text{NCr\$ } 11.829.410,00}{\text{NCr\$ } 291.708.000} = \text{NCr\$ } 0,0407/\text{Kwh}$$

2) Portaria n.º 84, com desconto de 80%:

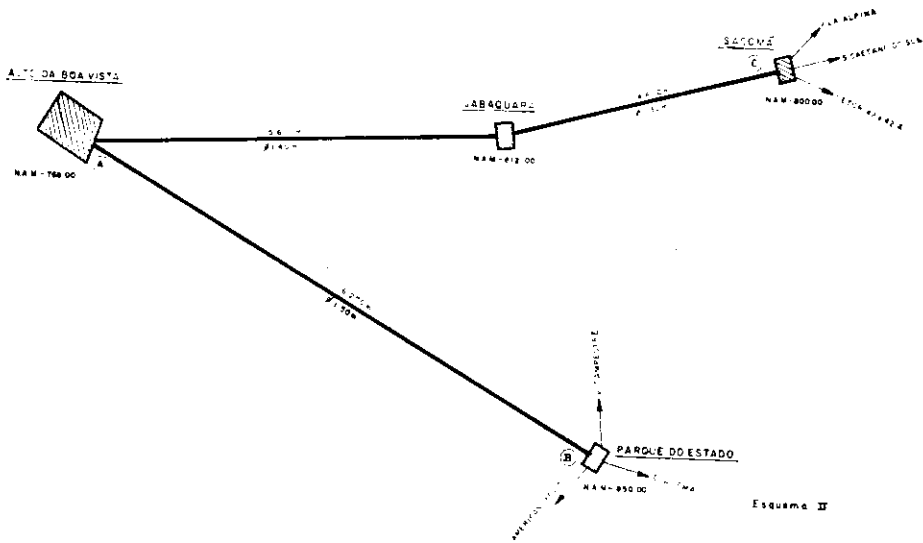
1 — Despesa com pessoal	NCr\$ 126.000,00
2 — Amortização, juros e depreciação	NCr\$ 3.395.920,00
3 — Energia	NCr\$ 1.827.648,00
	Despesa total: NCr\$ 5.349.568,00

$$\text{Preço do Kwh: } \frac{\text{NCr\$ } 5.349.568,00}{291.708.000} = \text{NCr\$ } 0,0184/\text{Kwh}$$

* * *



Esquema I



Esquema II

DADOS ESTATÍSTICOS

Município de São Paulo — Valores referidos a 31 de Dezembro

ANO (x)	População Município	N.º de liga- ções residen- ciais de luz	Ext. Rêde Água m	N.º de pré- dios ligados à rêde de água	Extensão da Rêde de Esgotos m	N.º de pré- dios servidos de esgotos	N.º de Hi- drômetros
1940	1.378.669	199.017	1.377.000	135.242	755.405	106.485	(...)
1941	1.437.574	210.458	1.436.000	143.019	774.327	111.478	(...)
1942	1.498.488	219.722	1.468.000	158.890	791.652	115.202	(...)
1943	1.561.872	229.097	1.504.000	162.714	813.771	117.573	(...)
1944	1.627.880	236.124	1.546.000	167.081	827.632	119.388	(...)
1945	1.696.740	244.395	1.585.000	172.857	854.782	121.662	(...)
1946	1.768.622	254.093	1.621.000	179.218	871.482	124.231	(...)
1947	1.843.386	266.568	1.656.000	185.674	888.092	127.506	111.847
1948	1.921.361	275.587	1.695.000	192.155	901.418	131.411	134.885
1949	2.002.635	287.539	1.736.000	202.008	916.619	136.281	160.480
1950	2.278.000	296.613	1.758.342	211.021	932.551	140.267	182.455
1951	2.398.102	323.600	1.838.000	215.977	965.631	144.852	192.693
1952	2.550.040	325.203	1.887.000	224.612	1.017.572	149.453	205.323
1953	2.679.002	351.957	1.982.000	223.501	1.079.472	154.285	207.909
1954	2.824.060	379.625	2.083.000	244.257	1.102.140	160.468	212.204
1955	2.916.000	405.185	2.164.000	256.459	1.128.855	165.707	220.259
1956	3.069.600	434.652	2.260.000	270.148	1.144.960	170.247	233.380
1957	3.162.000	475.969	2.449.000	287.134	1.158.640	174.192	243.238
1958	3.257.000	518.192	2.917.583	308.536	1.239.268	179.219	258.092
1959	3.354.000	558.578	3.149.963	344.167	1.327.968	187.119	287.270
1960	3.455.000	595.526	3.542.604	377.056	1.417.301	194.196	315.222
1961	4.074.232	630.385	3.889.677	411.957	1.574.106	202.588	338.459
1962	4.200.805	671.714	4.407.213	449.124	1.808.213	213.933	361.011
1963	4.430.925	690.805	5.444.030	479.296	1.883.874	234.692	381.319
1964	4.673.651	729.291	5.533.764	491.066	1.936.829	245.166	395.544
1965	4.929.674	764.733	5.593.964	513.130	2.261.829	253.479	419.878
1966	5.199.722	798.025	5.674.546	530.268	2.743.733	275.680	443.061
1967	5.550.000	862.651	5.740.000	549.851	2.802.000	294.857	462.644