

ALTERNATIVA PARA O ABASTECIMENTO DE ÁGUA DO AEROPORTO INTERNACIONAL
DE GUARULHOS - SP

POR

I.B.Mariano* E.L. Silveira**

RESUMO--A demanda de água do Aeroporto Internacional de Guarulhos foi estudada inicialmente para ser atendida através de manancial superficial, através de captação do Rio Baquirivu-Guaçu ou trazer água da Estação Elevatória de Gopouva de Guarulhos. A primeira alternativa foi eliminada, em função de contaminação das águas e a segunda em função do custo e da defasagem do cronograma de obras.

Um primeiro estudo hidrogeológico concluiu pela possibilidade de abastecimento parcial através do aquífero cristalino, o que o tornava inviável em função dos custos de adução.

Os autores chamados para estudar o assunto verificaram a possibilidade da ocorrência de um graben preenchido por sedimentos e efetuaram projetos e especificações técnicas para perfuração de poços que explorassem somente os sedimentos. Em quatro poços foi obtida a vazão global de 370 m³/h.

O custo de captação subterrânea representou cerca de 1,3% do custo da captação superficial.

INTRODUÇÃO

A fim de atender a demanda de água de 40 l/s e 80 l/s respectivamente para a primeira e segunda etapa do Aeroporto de Guarulhos foram inicialmente estudadas as alternativas:

- a) de captação e tratamento de água do Ribeirão Baquirivu-Guaçu
- b) construção de uma adução da Estação Elevatória de Gopouva até o reservatório central na área do aeroporto

A primeira alternativa foi eliminada em função da contamina

* geólogo do Departamento de Águas e Energia Elétrica - SP

** tecnólogo do Departamento de Águas e Energia Elétrica-SP

ção das águas do Ribeirão Baquirivu-Guaçu.

A segunda alternativa é a que se apresentava como solução, mas devido ao alto custo do empreendimento, 3 bilhões de cruzeiros em março de 1983, 911.194,940 ORTN e ao tempo para execução dos 7 km de adução do reservatório de Gopouva, a COPASP - Comissão Coordenadora do Projeto Sistema Aeroportuário - Área Terminal São Paulo, solicitou ao Departamento de Águas e Energia Elétrica a execução de avaliação hidrogeológica visando estudar a possibilidade de captação subterrânea.

O estudo realizado concluiu que os sedimentos da área não ultrapassavam 30m, e que a possibilidade de atender uma demanda parcial situaria no aquífero cristalino, junto a falha do Rio Jaguari, no limite norte da área. A proposição era de execução de dois poços experimentais com vazões previstas de 30 a 40 m³/h por poço.

Com o atendimento da demanda seria parcial e ainda implicando na construção de cerca de 6 km de adutora até o pulmão central, a COPASP solicitou ao DAEE, que os autores efetuassem um novo estudo na área visando o atendimento da demanda global.

AVALIAÇÃO HIDROGEOLÓGICA

A avaliação hidrogeológica constou de levantamentos de dados da Geologia Regional, Geologia Local, Geologia Estrutural e sobre os Aquíferos existentes na área.

Geologia Regional

Em âmbito regional encontram-se sedimentos Quaternários, Terciários da Formação São Paulo e rochas do embasamento cristalino, conforme apresentado na Figura 1.

Sedimentos Quaternários

Os sedimentos Quaternários ocupam as baixadas margianas dos rios e são constituídos por argilas, areias das mais variadas granulometrias e cascalhos. É muito comum a ocorrência de camadas de argila orgânica. Geralmente a espessura total destes sedimentos é da ordem de 10 m.

Sedimentos Terciários

Os sedimentos terciários da Formação São Paulo situam-se jun

to a borda nordeste da Bacia Sedimentar de São Paulo, sendo constituídos por camadas lenticulares de argilas, areias e cascalhos de diferentes espessuras.

A espessura total desses sedimentos na bacia é da ordem de 200 m.

Rochas Cristalinas

Ao norte da área do aeroporto encontram-se rochas do Grupo São Roque representadas por micaxistos, quartzitos e intrusões graníticas.

A leste e sul da área encontram-se respectivamente rochas do Complexo Embu e Complexo Pilar pertencentes ao Grupo Açungui. O contato entre ambos se dá através da falha de Taxaquara.

O Complexo Embu é representado por migmatitos Homogêneos, sendo o Complexo Pilar representado predominantemente por xistos. Em ambos ocorrem intrusões graníticas.

Geologia Local

Na área pertencente ao Aeroporto de Guarulhos afloram sedimentos aluvionares, quaternários e terciários conforme descrito anteriormente, entretanto no seu limite Norte, margem direita do Rio Baquirivu-Guaçu, afloram rochas cristalinas (migmatitos e xistos) em contato com os sedimentos por falha. Na parte sul da área, onde se encontra a Base da Força Aérea Brasileira de Cumbica os sedimentos simplesmente capeiam o cristalino em sua forma arredondada.

As espessuras máximas dos sedimentos terciários junto aos limites norte e sul da área não atingem 30 m. Junto aos viveiros na área sul, um pouco mais para o interior da Bacia, sondagens com 30m de profundidade não atingiram o embasamento.

As rochas cristalinas subjacentes aos sedimentos são interpretadas como pertencentes ao Complexo Embu.

Geologia Estrutural

A região sofreu intenso tectonismo, sendo regionalmente mapeadas falhas de grande extensão como as de Jundiuvira, Sertãozinho, Rio Jaguari, Buquira e outras intermediárias de menor porte, conforme demonstra a Figura 1.

A direção principal é N60°E. Parte dessas falhas foram as res

ponsáveis pela formação das Bacia de São Paulo e Bacia de Taubaté.

A nascente do Ribeirão Baquirivu-Guaçu é controlada por falha até adentrar na parte sedimentar onde ela deixa de ser mapeada por se encontrar subjacente a mesma. Na parte norte da área, o Rio Baquirivu-Guaçu corre junto à falha do Rio Jaguari que coloca em contato discordante os sedimentos terciários com as rochas cristalinas. A divisão oeste também é dada pelo mesmo Baquirivu-Guaçu, agora com sentido norte-sul, devendo corresponder a alinhamento estrutural.

Este sistema de falhas provocou a formação de uma fossa tectônica preenchida por sedimentos.

Aquíferos

Na área de interesse do Aeroporto de Guarulhos ocorrem dois tipos de aquíferos: o cristalino e o sedimentar.

Aquífero Cristalino

No aquífero cristalino a percolação de água se dá através do fraturamento de rochas e por esta razão os poços devem ser perfurados junto a estes sistemas de falhamento.

As vazões específicas variam de $0,01 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$ nos poços pouco produtivos (5 a $10 \text{ m}^3/\text{h}$) a $2 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$ nos de maior produção ($40 - 50 \text{ m}^3/\text{h}$).

Aquífero Sedimentar

O aquífero sedimentar é representado pelos sedimentos terciários da Bacia de São Paulo pertencentes a Formação São Paulo.

A espessura total na área é desconhecida, tendo sido penetrado por 45 m em furo de percussão pelo método de lavagem. Neste furo, após camada argilosa de 17 a 18,8 m, com penetração parcial até 45 m atravessou-se camadas de areia média, grossa e até de cascalho.

Levando-se em consideração a granulometria do material atravessado e a pouca exploração de água na área e viável admitir que se possa obter vazões específicas da ordem de 3 a $6 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$, com transmissividade da ordem de $300 \text{ m}^2/\text{dia}$.

As vazões a serem obtidas dependerão da espessura dos sedimentos atravessados, mas é válido admitir que com espessura saturada da ordem de 50 m, poder-se-á chegar a $60 - 80 \text{ m}^3/\text{h}$.

A Figura 2 mostra a localização da área de interesse de estudo da COPASP, bem como o ponto de realização da sondagem.

Projeto e Especificações

O projeto do poço para fins estimativo de custo foi baseado em perfuração de 100 metros de profundidade e para vazão da ordem de 100 m³/h, conforme Figura 3.

A fim de facilitar os serviços de manutenção bem como permitir a instalação de equipamento que possibilite recalque direto dentro de zonas de seu melhor rendimento projetou-se diâmetro de revestimento de tubos lisos e filtros de 10", e diâmetro de perfuração de 17 1/2".

As características construtivas projetadas cujo desenho encontra-se em anexo, foram as seguintes:

Método de perfuração:

rotativo com utilização de fluido de perfuração a base de polímeros orgânicos (CMC)

Diâmetros de perfuração:

- 0 - 20 m = 26"

20 - 100 m = 17 1/2"

Tubo de revestimento:

chapa de aço com costura de 20" de \emptyset , espessura de parede de 6,35 m - 20 m

tubo de aço preto, schedule 20 de 10" de \emptyset , espessura de parede de 6,35 m - 65 m

Filtro:

espiralado, perfil em V, Standard, galvanizado - 35 m, abertura 1 mm

Pré-filtro:

tipo pérola granulometria de 1,3 a 2,8

Desenvolvimento.

ar. comprimido com utilização de polifosfato - 12 hs.

motobomba - 6 hs.

Bombeamento:

através de conjunto motobomba submersa
rebaixamento - 24 hs
escalonado - 08 hs

Cimentação do espaço anular:

utilização de calda de cimento de 26"/20"

Desinfecção:

a base de hipoclorito de sódio

Condições específicas:

o poço deverá ser iniciado através de furo guia no \emptyset 9 7/8" até atingir o embasamento.

execução de perfilagem elétrica através de raios gama, potencial espontâneo, resistividade e resistividade 16"/64".

Recomendações

Os 40 l/s de água para abastecimento do Aeroporto de Guarulhos em sua primeira etapa poderão ser atendidos exclusivamente por água subterrânea. Estudos complementares deverão ser executados para o atendimento da segunda etapa, através de outros 40 l/s.

Entre os aquíferos existentes na área recomenda-se a exploração do sedimentar em detrimento do cristalino por apresentar poços com possibilidade de obtenção de maior vazão, sem necessitar de locação rígida junto aos falhamentos. O cristalino permanece como alternativa secundária ou complementar para futura etapa.

O ponto de perfuração do primeiro poço é o mesmo do furo estratigráfico, conforme indicado no croquis de localização. A locação dos demais poços (dois ou três) será estudada juntamente com a COPASP.

O distanciamento entre os poços dependerá da disposição dos mesmos e das condições hidrogeológicas determinadas no primeiro poço.

EXECUÇÃO DO PROJETO

Após a avaliação hidrogeológica a COPASP contratou a construção de um poço mantendo-se a assistência dos autores quanto à locação e acompanhamento da perfuração.

O furo guia atingido 100 m não tocou no embasamento cristalino, prosseguindo a perfuração por mais 36 m, sem contudo atingi-lo, dando porém por encerrado o aprofundamento.

Após a conclusão do poço, os testes de bombeamento proporcionaram os seguintes resultados:

Nível Estático = 10,7

Nível Dinâmico = 50,0

Vazão = 90 m³/h (25 l/s)

Isto permitiu calcular que o raio de influência era igual a 250 m para um dia de bombeamento. Como os poços deverão funcionar 20 h/dia optou-se pelo distanciamento entre cerca de 600 m.

Com estes resultados partiu-se imediatamente para execução de outros poços.

O poço 2, totalmente penetrante, atingiu o cristalino a 157 m de profundidade, tendo o projeto similar ao primeiro, só que, a partir de 100 m, o diâmetro de revestimento passa a 6".

O poço nº 3, locado em condições mais central da bacia atingiu o embasamento cristalino a 90 m. Possivelmente a perfuração atingiu bloco rochoso. Apesar da profundidade menor, por apresentar camadas espessas de areia, optou-se pela sua conclusão.

A perfuração do poço nº 4, foi paralizado na profundidade de 167 m, sem atingir o embasamento cristalino, sendo concluído a semelhança do poço nº 2.

A tabela abaixo indica a equação característica dos poços bem como sua condição de exploração:

EQUAÇÃO CARACTERÍSTICA DOS POÇOS E CONDIÇÃO DE EXPLORAÇÃO					
Poço	Nível Estático	Nível Dinâmico	Vazão	Vazão Específica	Equação de Exploração $s = BQ + CQ^2$
1	10,7	50,0	90	2,29	$B = 0,332 \quad C = 9,71 \times 10^{-4}$
2	14,1	50,0	110	3,06	$B = 0,301 \quad C = 1,22 \times 10^{-4}$
3	18,4	50,0	50	1,50	$B = 0,58 \quad C = 1,28 \times 10^{-3}$
4	20,6	50,0	120	4,08	$B = 0,11 \quad C = 1,13 \times 10^{-3}$

O croqui de locação dos poços é apresentado na Figura 4 ao passo que o relatório construtivo do poço 4 encontra-se na Figura 5 a Figura 7.

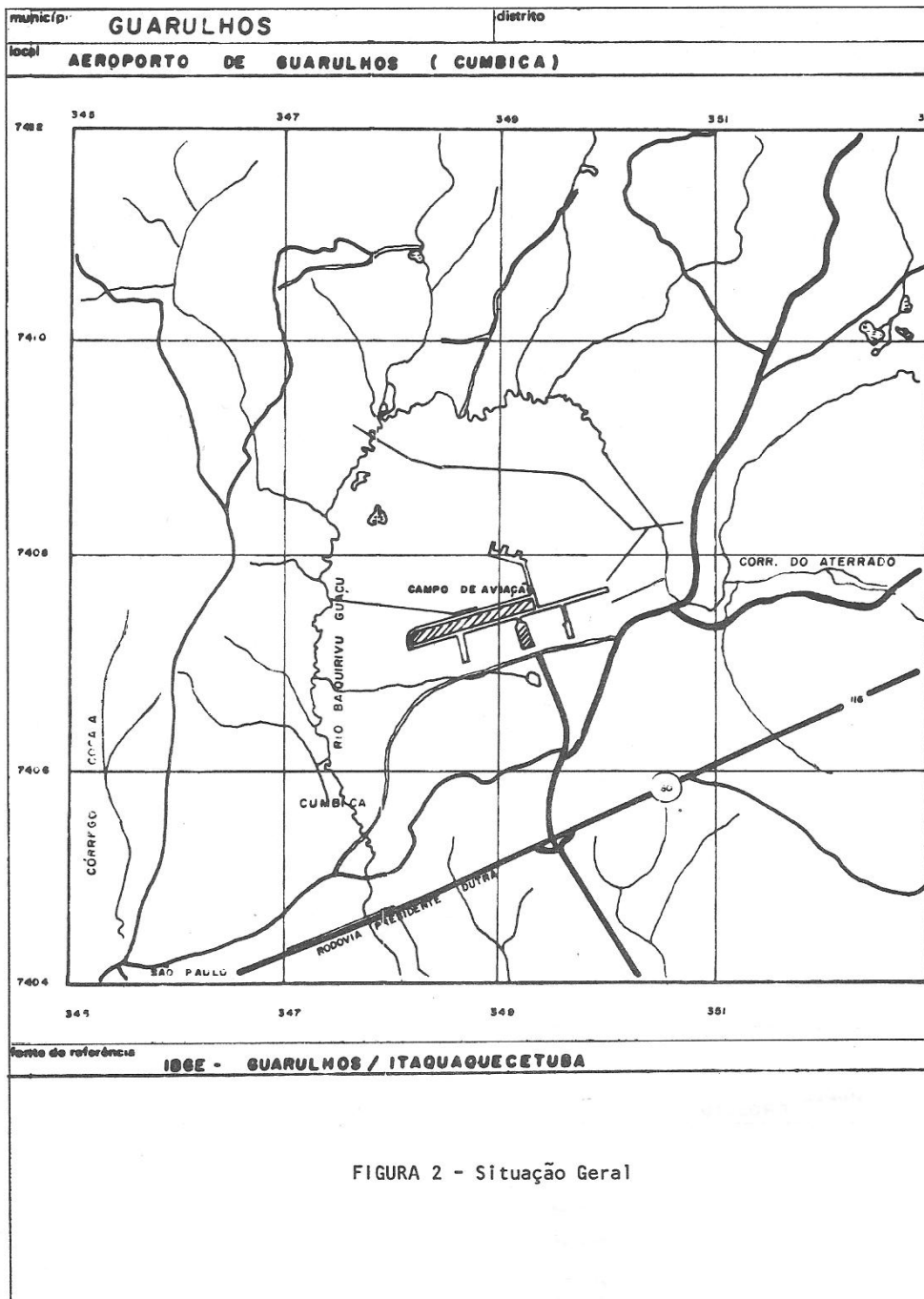
CONCLUSÕES

O regime de bombeamento a ser imprimido aos poços será de 20 h/dia, funcionando 2 ou no máximo de 3 poços simultaneamente, que terá condições de atender integralmente a primeira fase e parte da segunda.

A perfuração dos poços comprova o intenso tectonismo que originou a Bacia de São Paulo, e em caso particular a ocorrência do graben em Cumbica com cerca de 3 km de largura, com espessura de sedimentos superior a 160 m.

Talvez em função da tecnologia utilizada, são estes poços, de longe, os de maior vazão na bacia sedimentar de São Paulo.

A solução apresentada através de poços tubulares profundos apresentou custo de construção da ordem de 12.000 ORTN, representando cerca de 1,3% do custo da construção superficial.



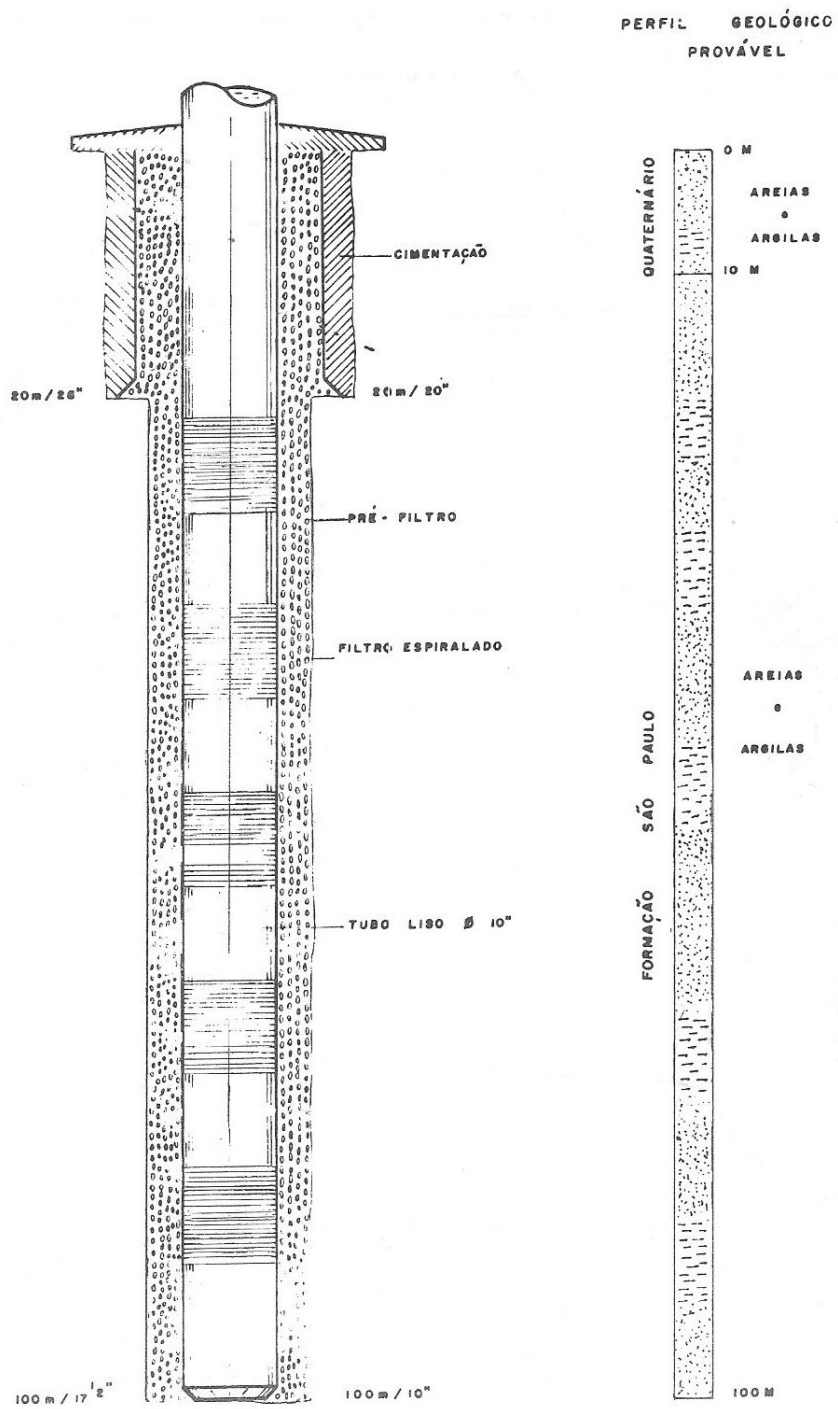


FIGURA 3 - Projeto Esquemático de Poço Tubular Profundo

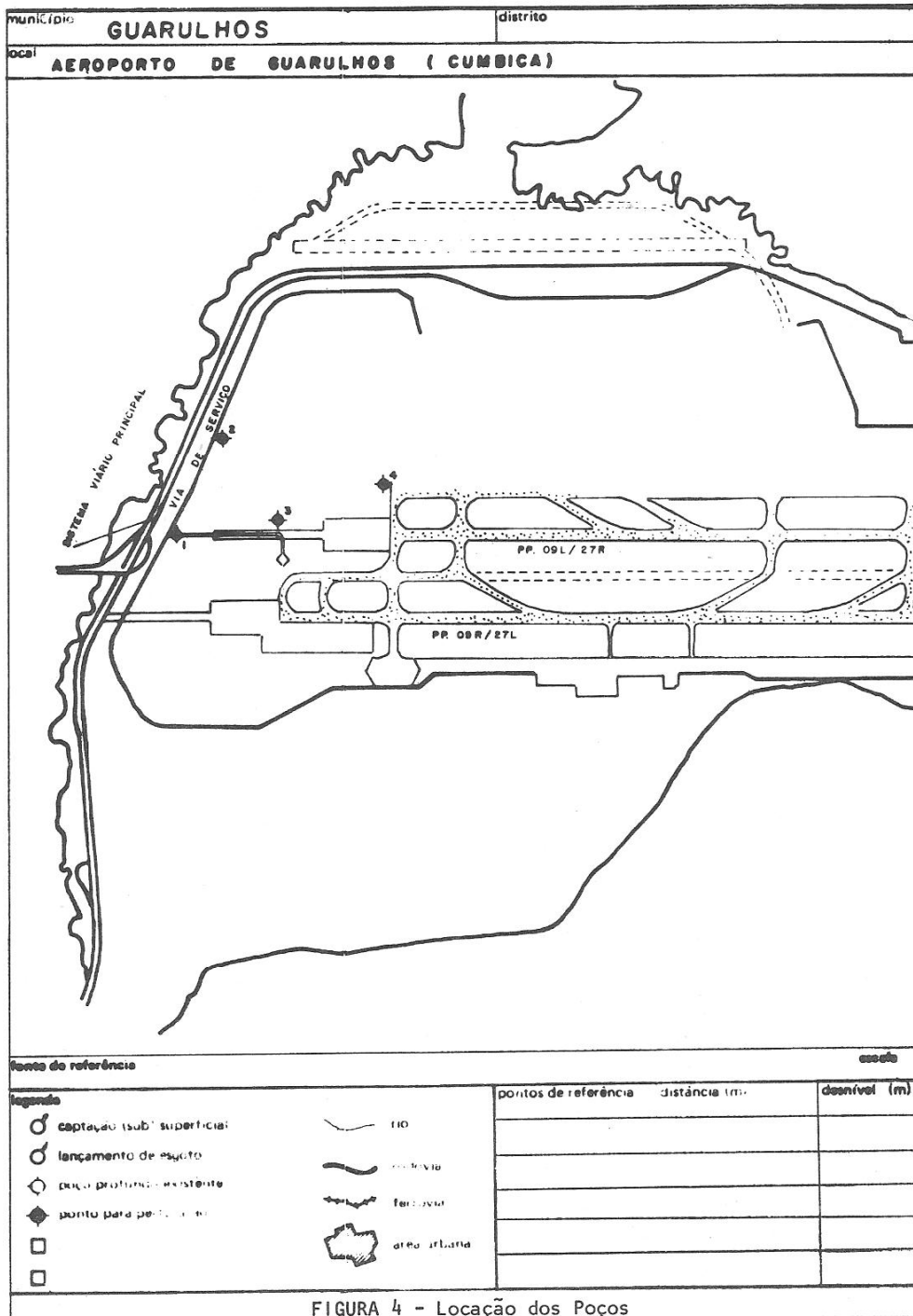


FIGURA 4 - Localização dos Poços

relatório final de poço-CENTRO DE ESTUDOS E PESQUISAS DE ÁGUA SUBTERRÂNEA - ARARAQUARA-SP.

1. identificação e localização

região 1	município GUARULHOS		
distrito			
local Aeroporto Internacional de Guarulhos			
proprietário COPASP - Comissão Coordenadora Projeto Sistema Aeroportuário, Área Terminal - S. Paulo			
tema Aeroportuário, Área Terminal - S. Paulo			
profundidade total (m) 166		n. poço local 04	
n. poço daee 166		coord. NS 3560	coord. EO 2450
cota fl. topográfica/cota medida 21.60		n. estático 21.60	cota NE

Atenção: indicar no croquis poços vizinhos e pontos de poluição (matadouros, fossas, lançamento de esgoto) e respectivas distâncias

2. construção

início 24.05.84	término 20.06.84	companhia perfuradora HIDROGESP - Poços Artesianos Comercial Ltda							
de (m) 0	a (m) 166	sistema Rotativo	máquina Joy	tipo de lama Polysafe					
perfuração de (m)	a (m)	φ (mm)	tubos lisos de (m)	a (m)	φ (mm)	filtros de (m)	a (m)	φ (mm)	especificações dos materiais
0	31	660,4	0	31	508	35,46	40,26	254	TUBO LISO
			+0,70	35,46	254				-Chapa de aço soldada
			40,26	66,07	254	66,07	70,87	254	esp.6,35mm, #20"
31	120	444,5	70,87	78,10	254				
			78,90	85,10	254	74,10	78,90	254	-Schedulle 20, esp.
120	166	381,0	89,90	95,28	254	85,10	89,90	254	6,35mm, #10" e 8"
			112,08	112,80	10" x 6"	95,28	112,08	254	FILTRO
			112,80	117,80	152,4	117,80	124,76	152,4	-Espiralado, std. per
			124,76	130,76	152,4	130,76	133,08	152,4	fil em V, abert. 0,75mm
			133,08	137,08	152,4	137,08	148,68	152,4	#10" e 6"
			148,68	156,68	152,4	156,68	159,00	152,4	-uniões com solda.
			159,00	164,00	152,4				
cimentação de (m)	a (m)	espes.(mm)	vol. cim.	vol. areia	tipo	pré-filtro tipo	φ médio (mm)		volume(m ³)
0	31	76,2	6,4		calda	pérola	1,19 a 2,76		22,7

3. perfilagem

de (m) 0	a (m) 166	tipo Raios gama - potencial espontâneo	de (m) 0	a (m) 166	tipo Resistividade, resistividade de 16" e 64"
-------------	--------------	---	-------------	--------------	---

4. acabamento

desenvolvimento Compressor	método Air-lift	duração (h) 19	laje de proteção dimensões
Bomba	Bombeamento	32:30	tubo de recarga de pré-filtro de (m)
			a (m)
			φ (mm)
			0
			3
			50,8

5. observações gerais

projeto Ivãhir Borella Mariano	responsável	data 11.83	fiscalização I.B.Mariano/Elcio L.Silveira	data 06.84
-----------------------------------	-------------	---------------	--	---------------

FIGURA 5 - Relatório Final do Poço 4

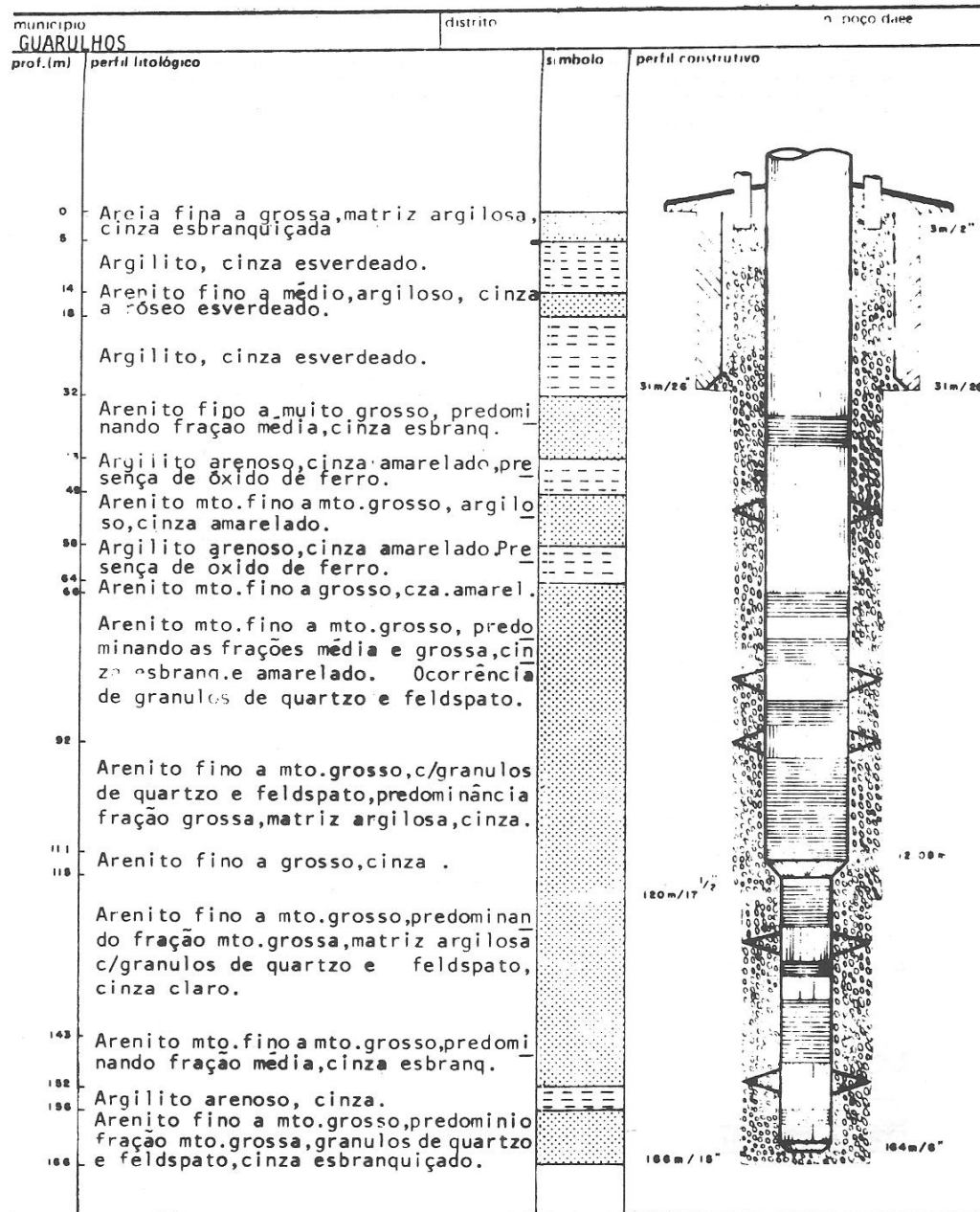


FIGURA 6 - Perfis

teste de produção - CENTRO DE ESTUDOS E PESQUISAS DE ÁGUA SUBTERRÂNEA ARARAQUARA - SP.

município GUARULHOS		local Aeroporto Internacional de Guarulhos	
n. poço nº 04		proprietário COPASP - Comissão Coord.Proj.Sist.Aeroportuário Área Terminal SP	
início data 18.04.84	hora 15:00	término data 20.06.84	hora 14:00
equipamento de bombeamento Bomba Submersa Leao 40 HP		duração (h) 3.3.30	
estado do poço em perfuração <input type="checkbox"/> concluído <input checked="" type="checkbox"/>		profundidade (m) 80.35	

método de medição de vazão
Orifício Calibrado 6" x 4" → Q = 95,678 √h

resumo do teste

n. estático (m)	etapa	Q (m³/h)	ND (m)	s (m)	s/Q (m/(m³/h))	Q/s (m³/h)/m	duração (h)	t. areia final
20.60	1	81.20	37.50	16.90	0.208	4.80	1	-
20.60	2	90.20	39.54	18.94	0.210	4.76	1	-
20.60	3	95.20	41.06	20.46	0.215	4.65	1	-
20.60	4	99.40	42.50	21.90	0.220	4.53	1	-

gráfico s/Q x Q

gráfico s x Q

interpretação	perdas de carga $\alpha = 0.11$	$\beta = 1.13 \times 10^{-3}$
	vazão específica $Q/s = 4.5 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$	recalque específico $s/Q = 0.222 \text{ m}/\text{m}^3/\text{h}$
	tipo de aquífero	
	livre <input type="checkbox"/>	semi-confinado <input type="checkbox"/>
		confinado <input type="checkbox"/>
		fissurado <input type="checkbox"/>
		multi-camada <input type="checkbox"/>

observações

Os recalques seguem a equação

$$s = \alpha Q + \beta Q^2$$

condições de exploração - alternativas					
Q (m³/h)	ND (m)	período (h/d)	prof. da bomba (m)	potência (CV)	teor de areia (g/m³)
120	50	20	64	40	-

equipamento recomendado Bomba Submersa		interpretação		data	
assinatura Elcio Linhares Silveira/Dayse M.Rocha		Elcio Linhares Silveira		06.84	

FIGURA 7 - Teste de Produção

ALTERNATIVE FOR THE WATER SUPPLY OF THE INTERNATIONAL AIRPORT OF
GUARULHOS - SP.

BY

I.B. Mariano e E.L. Silveira

ABSTRACT -- The water request of the International Airport of Guarulhos was going, at first, to be attended by surface resources, represented by water from the Baquirivu - Guaçu River or water conducted from the Pumping of Gopouva, si tuated in Guarulhos. The first alternative was eliminated, in function of the water contamination and the second one, in function of the cost and of the phase displacement of the construction schedule. A first hydrogeological study concluded by the possibility of partial supplies, through crystalline aquifer, making it not viable, in function of the adduction costs. The authors who were called for studying the subject, verified the possibility of the occurren ce of a graben, fullfilled by sediments and elaborated pro jects and technical specifications for drilling wells to explore only the sediments. In four wells a total extraction of 370 m³/h was obtained. The cost of groundwater captation represented about 1,3% of the cost of surface water capta tion.