

# Uma sistemática aplicada na avaliação, operação e manutenção de Poços Tubulares Profundos

Carlos Gilberto Fraga \*

\*SUREHMA — Superintendência de Recursos Hídricos e Meio Ambiente (PR)

**ABSTRACT** Due to the lack of published material identifying the factors that interfere with the optimization of the exploration, use, and conservation of groundwater in Brazil, it is necessary to systematize the evaluation, operation, and maintenance of deep wells.

With respect to these interfering factors, this paper will help water development companies as well as drillers of the country to explore and use groundwater.

**INTRODUÇÃO** A tônica que tem norteadado o aproveitamento das águas subterrâneas em nosso país, está ainda constantemente ligada à falta de estudos de viabilidade representativos das fontes alternativas e à técnicas inadequadas na execução dos projetos de captação subterrânea. É evidente que os reflexos irremediáveis são no sentido de desacelerar o impulso desejável de exploração deste recurso que, à avaliação subjetiva tem abstraido uma ponderável parcela de economia na área de captação de recursos financeiros de quem o necessita e faz uso.

Entretanto, é bem possível que este quadro aparentemente sem solução, venha através da intervenção contínua e crescente de órgãos estatais, empresas de perfuração e de entidades coletivistas proporcionar o avanço da tecnologia nacional na área da Hidrogeologia Aplicada, em dimensão suficiente à modificar substancialmente os problemas atuais e criar instrumentos mais adequados à identificação dos fatores que têm interferido na otimização de uso aproveitamento e conservação da água subterrânea.

Diante do exposto acima, possa este acervo de informações-exemplo de uma sistemática aplicada na interpretação e avaliação dos resultados — auxiliar tanto as empresas que contratam serviços de perfuração como as companhias perfuradoras, no acompanhamento, fiscalização e exploração das obras de captação subterrânea.

Por outro lado, é oportuno frisar que as especificações técnicas constantes dos módulos padronizados apresentados aqui, não constituem modelos definitivos, tanto que, tão logo haja incidência de expansão e melhoramento dos programas de trabalho, o conteúdo dos mesmos deverá sofrer modificações sucessivas (próprias) na forma e modo de apresentação.

Com relação à operação dos sistemas, a introdução do registro de medidas sugerido é relativamente simples. Notabiliza-se, entretanto, que através do exercício efetivo de fiscalização, as informações levantadas deverão retratar as condições reais de operações dos sistemas. Desta forma, a disciplina operacional dos poços, tendo em conta a forma e ocorrência da água subterrânea nas diversas formações geológicas, irá interferir na aproximação daquelas condições de maior rentabilidade dos sistemas.

## INTERPRETAÇÃO E AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS

**Módulos Padronizados** Para efeito de avaliação e caracterização técnica de cada obra de captação subterrânea é necessária a composição de relatórios conclusivos. O conteúdo dos mesmos deve reunir toda a documentação referente ao projeto, execução e atividades de completação dos poços. Neste sentido, a utilização de módulos padronizados é um instrumento de trabalho que facilita a atividade profissional, já que a disposição dos dados através desta sistemática, além de proporcionar melhorias na organização interna do serviço, faz com que a interpretação dos resultados seja clara e objetiva.

Diante do exposto acima, sugere-se que os relatórios conclusivos contenham os seguintes módulos padronizados:

**Ficha de Características de Poço Tubular Profundo (Figura I)**

— Dados gerais do poço (sigla do poço ou Índice de sua identificação, local, município, estado, execução, interessado, início e término do projeto de captação, enquadramento hidrogeológico, aquífero explorado, profundidade final e nível estático).

Condições de exploração vazão em  $m^3/h$ , nível dinâmico, crivo da bomba e regime operacional).

- Perfuração (diâmetro, intervalo e extensão).
- Revestimento (tipo-material, conexão, diâmetro, intervalo e extensão).
- Encascalhamento (composição, tipo e granulometria do material, método de colocação, intervalo e volume).
- Cimentação (tipo, método de deslocamento, composição da pasta, intervalo e volume).
- Desenvolvimento (método e/ou métodos utilizados, duração, características do equipamento, material — especificação dos produtos químicos).
- Dados do teste de produção inicial (profundidade do poço, tipo de teste, duração, equipamento utilizado e dados específicos do teste — vazão, rebaixamento e capacidade específica).
- Dados do teste de produção final (tipo de teste, data de execução, profundidade do crivo da bomba, duração do teste, teores de areia inicial e final e dados específicos do teste — vazão, rebaixamento, nível dinâmico e capacidade específica).
- Limpeza e desinfecção (composto de cloro utilizado, capacidade do poço, concentração da solução, quantidade de cloro e tempo de contato da solução esterilizante).
- Notificações.

**Ficha de Locação de Poço Tubular Profundo (Figura II)**

- Dados gerais do ponto locado (data da execução da locação do poço, local, município, estado, proprietário e informante).
- Análise do ponto de locação com vista às condições de: inundação, eletrificação, desnível e distância em relação ao reservatório).
- Condicionamento geoestrutural local (delimitação e análise de áreas produtoras).
- Croqui da unidade.
- Técnico executante.
- Observações.

**Ficha de Sondagem (Figura III)**

- Dados gerais do poço (sigla ou número do poço, município, estado, execução do projeto, início e conclusão da obra e coordenadas do poço).
- Perfil construtivo (com registro das oscilações do nível da água).
- Perfil litológico (reconhecimento das formações geológicas e descrição detalhada do material seccionado).
- Dados técnicos da perfuração (referências do equipamento de perfuração, método de perfuração, rendimento da perfuração por hora, tempo médio de penetração em minutos por metro e sistema de amostragem).

**Ficha de Acompanhamento de Perfuração (Figura IV)**

- Dados de localização do poço e período de execução (sigla do poço, localidade, execução, início e término da obra).

— Registro diário das atividades desenvolvidas em função do método de perfuração (**atividades de perfuração**: registro de avanço da perfuração e das operações de alargamento do furo, registro do tempo gasto com operações de manobra — poços profundos —, circulação, repasse, limpeza, pescaria, manutenção e outros; **atividades de completção**: registros do tempo gasto com teste de produção inicial, testes de verticalidade e alinhamento, operações de perfilagem, de dimensionamento da tubulação e da seção filtrante, encascalhamento, desenvolvimento da formação produtora, cimentação, desinfecção, teste final de produção e relatório conclusivo).

#### Ficha do Teste de Produção (Figura V)

— Dados gerais (sigla do poço testado, município, empresa executora, profundidade do poço, profundidade do crivo do equipamento de bombeamento, tempo de duração do teste, início e término, níveis estático e dinâmico final, vazão e capacidade específica finais).

— Equipe responsável pela execução do teste.

— Dados de bombeamento (hora, registros do nível da água, rebaixamento, vazão e capacidade específica em intervalos de tempo pré-estabelecidos).

— Especificações técnicas do equipamento de extração.

— Método de medição da vazão.

— Teores de areia inicial e final em  $\text{g/m}^3$ .

#### Ficha de Teste de Aqüífero (Figura VI)

— Dados gerais (província hidrogeológica, aqüífero testado, localidade, empresa executora, início e término do teste).

— Equipe responsável pela execução e tratamento dos dados.

— Dados do poço bombeado (sigla do poço, profundidade, cota da boca do poço, nível estático, registros em intervalos de tempo pré-estabelecidos do nível dinâmico, rebaixamento, vazão e capacidade específica).

— Dados dos poços de observação (profundidades, distâncias do poço testado, cotas das bocas dos piezômetros, níveis estáticos e registros dos níveis da água em intervalos de tempo pré-estabelecidos, bem como os seus dados de recuperação).

— Observações.

— Especificações técnicas do equipamento de extração.

— Método de medição da vazão.

#### Análise Físico-Química da Água (Figura VII)

— Dados gerais da amostra de água (espécie, local da coleta, município, estado, data da coleta, data de entrada no laboratório, responsável pela coleta e código da amostra).

— Resultados dos parâmetros físicos analisados (temperatura ambiente, temperatura da água, aspecto "in natura", odor a frio, odor a quente, pH e turbidez —  $\text{SiO}_2$ ). Concentrações máximas aceitáveis e permitidas ( $\text{mg/l}$ ).

— Resultados dos parâmetros químicos analisados (cor verdadeira (Pt.Co), alcalinidade total (ao metilorange —  $\text{CaCO}_3$ ), alcalinidade a fenolftaleína ( $\text{CaCO}_3$ ), carbonatos ( $\text{CaCO}_3$ ), bicarbonatos ( $\text{CaCO}_3$ ), dureza total ( $\text{CaCO}_3$ ), bióxido de carbono livre ( $\text{CO}_2$ ), oxigênio consumido em meio ácido ( $\text{O}_2$ ), fluoretos (F), cloretos (CL), sulfato ( $\text{SO}_4$ ), nitrato ( $\text{NO}_3$ ), sílica solúvel ( $\text{SiO}_2$ ), ferro total (Fe), cálcio (Ca), magnésio (Mg), sódio (Na), potássio (K), e sólidos totais dissolvidos a  $103^\circ\text{C}$  (STD).]

— Concentrações máximas aceitável e permitida, segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS).

— Observações.

— Responsável pela análise e visto da chefia do serviço laboratorial, com suas respectivas datas.

### Ficha Físico-Química de Análise de Água (Figura VIII)

— Dados gerais da amostra de água (espécie, local da coleta, município, estado, data da coleta, das temperaturas da água e do meio ambiente, data de entrada da amostra no laboratório e responsável pela coleta).

— Parâmetros analisados para a classificação geoquímica da água (espécies:  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Fe}$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{HCO}_3$ ,  $\text{CO}_3$ ,  $\text{SO}_4$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3$  e suas concentrações em mg/l e miliequivalentes por litro).

— Cálculo do balanço iônico.

— Dados de parâmetros físico-químicos complementares (STD, condutividade, turbidez, pH e Eh).

— Dados dos constituintes menores (espécie e concentração).

— Percentagens dos cátions e ânions em miliequivalentes por litro, corrigidas.

— Classificação geoquímica da água pelo diagrama de Piper.

— Observações.

— Responsáveis pela execução da análise e pelo tratamento dos dados.

Concluindo, deve-se ressaltar que é evidente que o conjunto de módulos padronizados dos relatórios conclusivos apresentados aqui não constitui um modelo definitivo na retratação da metodologia e dos programas de trabalho. À medida que grande parte de **observações** próprias forem registradas nos anexos, tendo em conta a diversificação de desenvolvimento das atividades, o conteúdo das fichas deverá sofrer modificações na forma e modo de apresentação, devendo ser adaptadas ao novo nível de trabalho.

A título de ilustração, apresenta-se a seguir uma cópia reduzida dos módulos do relatório conclusivo de poço, devidamente preenchidos, cujos dados e especificações técnicas estão organizados em folhas de tamanho A-4.

### OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DOS POÇOS

**Fluxograma de Atividades** No âmbito deste assunto, é necessário frisar que, enquanto o aproveitamento de águas superficiais é delimitado por diversas etapas distintas de trabalho, a caracterização a nível aceitável dos sistemas aquíferos só é atingida após um determinado período do controle exploratório de poços. Isto é admissível já que as observações da hidrodinâmica dos aquíferos são mais difíceis de ser interpretadas, além de não se dispor de registros históricos, como ocorre na maioria dos casos nos estudos de fenômenos superficiais.

Assim, os estudos hidrogeológicos requerem uma metodologia própria, de grande interesse na otimização dos sistemas de abastecimento de água por captação subterrânea.

Do ponto de vista prático, o uso desses recursos é bastante desenvolvido através de fluxograma demonstrativo de atividades que abrangem na fase inicial estudos de viabilidade econômica. Nesta etapa, os trabalhos de prospecção hidrogeológica irão delimitar áreas produtoras, avaliar as alternativas, fornecer os primeiros dados para o dimensionamento das perfurações e, sobretudo, justificar ou não o investimento (figura IX).

Discernidos os aspectos econômicos quanto ao aproveitamento dos recursos, a fase intermediária abrange a execução propriamente dita dos projetos de captação subterrânea. O acompanhamento e fiscalização destas obras exigem pessoal com capacidade técnica comprovada no campo da Hidrogeologia Aplicada, onde a consecução dos objetivos almejados dependerá do estabelecimento, orientação e forma de aplicação dos seus planos de trabalho.

Na etapa final, as atividades se concentram na apresentação dos resultados, através de relatórios conclusivos da sistemática adotada na operação e manutenção dos poços, bem como no controle e organização dos dados, cuja análise rigorosa é base para a planificação dos recursos hídricos subterrâneos e para a ampliação e implantação de sistemas de abastecimento d'água.

**Exercício Efetivo da Fiscalização** Preliminarmente, deve ser ressaltado que o bom



<b>SUREHMA</b> Superintendência dos Recursos Hídricos e Meio Ambiente <b>NDA</b> Núcleo de Disponibilidade de Águas				<b>SASUB</b> Serviço de Águas Subterrâneas			
<b>FICHA DE CARACTERÍSTICAS DE POÇO TUBULAR</b>							
Poço nº: 01 Local: sede Município: UMUARAMA Estado: PARANÁ		Execução: Cia. WALDEMAR GEORG Interessado: SANEPAR Início: 29.04.78 Conclusão: 16.06.78			Provincia Hidrogeológica: Mesozóica Aquífero: Caiuá Prof. Final: 100m Nível Estático: 3,58m		
<b>CONDIÇÕES DE EXPLORAÇÃO</b>							
Vazão: 31 m <sup>3</sup> /h		ND: 43,58m		Crivo da Bomba: 49m		Regime: contínuo	
<b>Perfuração</b>				<b>Revestimento</b>			
<i>Diâmetro</i>	<i>Intervalo (m)</i>	<i>Extensão</i>	<i>Tipo/Material</i>	<i>Conexão</i>	<i>Diâmetro</i>	<i>Intervalo (m)</i>	<i>Extensão</i>
12"	0 - 120	120m	Fe Fundido	soldável	14"	0,0 - 6,0	6m
			sch.40/galv.	rosqueável	8"	+0,8 - 50,39	51,19m
			sch.40/galv.	"	6"	54,0 - 59,82	5,82m
			sch.40/galv.	"	6"	67,0 - 71,39	4,39m
			sch.40/galv.	"	6"	75,02 - 89,02	14,00m
			sch.40/galv.	"	6"	96,20 - 100	3,80m
<b>Seção Filtrante</b>				<b>Pré-Filtro</b>			
<i>Tipo/Material</i>	<i>Conexão</i>	<i>Diâmetro</i>	<i>Intervalo (m)</i>	<i>Extensão</i>	<i>Granulometria</i>	<i>Intervalo (m)</i>	<i>Vol. (m<sup>3</sup>)</i>
Espir/galv.	rosqueável	6"	50,39-54,00	3,61m	3 a 4 mm	13 - 38	2,80
"	"	6"	59,82-67,00	7,18m	1 a 2 mm	38 - 100	5,24
"	"	6"	71,39-75,02	3,63m			
"	"	6"	89,02-96,20	7,18m			
					Tipo: grãos subangulares		
					Método de Colocação: manual com circulação de água		
<b>Cimentação</b>							
<i>Tipo</i>	<i>Composição da Pasta</i>		<i>Método de Colocação</i>		<i>Intervalo (m)</i>	<i>Vol. (m<sup>3</sup>)</i>	
Concret. sup. Sanitária	cimento(1)-areia(2)-bri(2)		manual		0 - 6	0,38	
Sanitária	92%cimento+8%bentonita		manual		6 - 20	0,72	
Sanitária	bentonita		manual		20 - 22	0,03	
<b>Desenvolvimento</b>							
<i>Método</i>	<i>Duração (h)</i>	<i>Equipamento</i>			<i>Material (Produto Químico)</i>		
Air-lift	12	compressor Wayne 900; inj. Ø 4"			-----		
Pistonea.	10	pistão Ø 5 3/8" x 0,30m			-----		
<b>Dados do Teste de Produção Inicial</b>							
<i>Prof. do Poço (m)</i>	<i>Tipo</i>	<i>Q (m<sup>3</sup>/h)</i>	<i>s (m)</i>	<i>g/s (m<sup>3</sup>/h/m)</i>	<i>Duração (h)</i>	<i>Equipamento</i>	

FIGURA I (frente)

Dados do Teste de Produção Final								
Data	Crivo (m)	Duração (h)	Q(m <sup>3</sup> /h)	s(m)	ND(m)	Q/h (m <sup>3</sup> /h/m)	t. areia inicial (%)	t. areia final (%)
12.06.78	49,60	6:10	12,57	10,88	14,46	1,16	traços	não detect.
13.06.78	49,60	10:00	25,50	24,38	27,93	1,05	"	"
14.06.78	49,60	16:40	39,60	35,35	38,93	1,12	"	"
Limpeza e Desinfecção								
<b>Composto de Cl/tipo:</b> Hipoclorito de Calcio								
<b>Capacidade do Poço:</b> aproximadamente 2187 litros								
<b>Concentração:</b> 300 ppm (cloro livre)								
<b>Quantidade de Cl:</b> aproximadamente 1100g - dissolução: 43 litros de água								
<b>Tempo de Contato da Solução:</b> 6 horas								
<b>Notificações:</b>								
 <b>Perfuração:</b> o intervalo correspondente as profundidades de 100 a 121m foi preenchido com brita fina (trecho argiloso, improdutivo).								
<b>Revestimento:</b> face as características litológicas do trecho inicial de perfuração, foi instalado no intervalo de 0 - 6m de profundidade, um tubo condutor de chapa soldável, com Ø 14" e espessura 1/8". A sua instalação auxiliou a execução da concretagem superficial e o controle das operações na superfície.								
<b>Filtros:</b> a abertura das seções filtrantes é de 0,5mm. -A extensão útil dos filtros é de aproximadamente 18m. Nos valores anotados nesta ficha foram computados as seções intermediárias (conexões). -Notifica-se também, a instalação de guias centralizadoras nos intervalos de 54,00 a 59,82 metros e 75,02 a 89,02 metros de profundidade.								
<b>Pré-Filtro:</b> a classe modal do pré-filtro colocado nos intervalos de interesse da formação produtora é inferior a 1,5mm.								
<b>Desenvolvimento:</b> face às características litológicas de alguns níveis da formação produtora, não foram adicionados produtos químicos para auxiliar as operações de desenvolvimento.								
<b>Teste de Produção:</b> os testes de produção foram executados com grupo gerador de 90 KVA; bomba submersa de 25 HP - HM de 40 m <sup>3</sup> /h para um nível dinâmico da ordem de 60m.								

FIGURA I (verso)

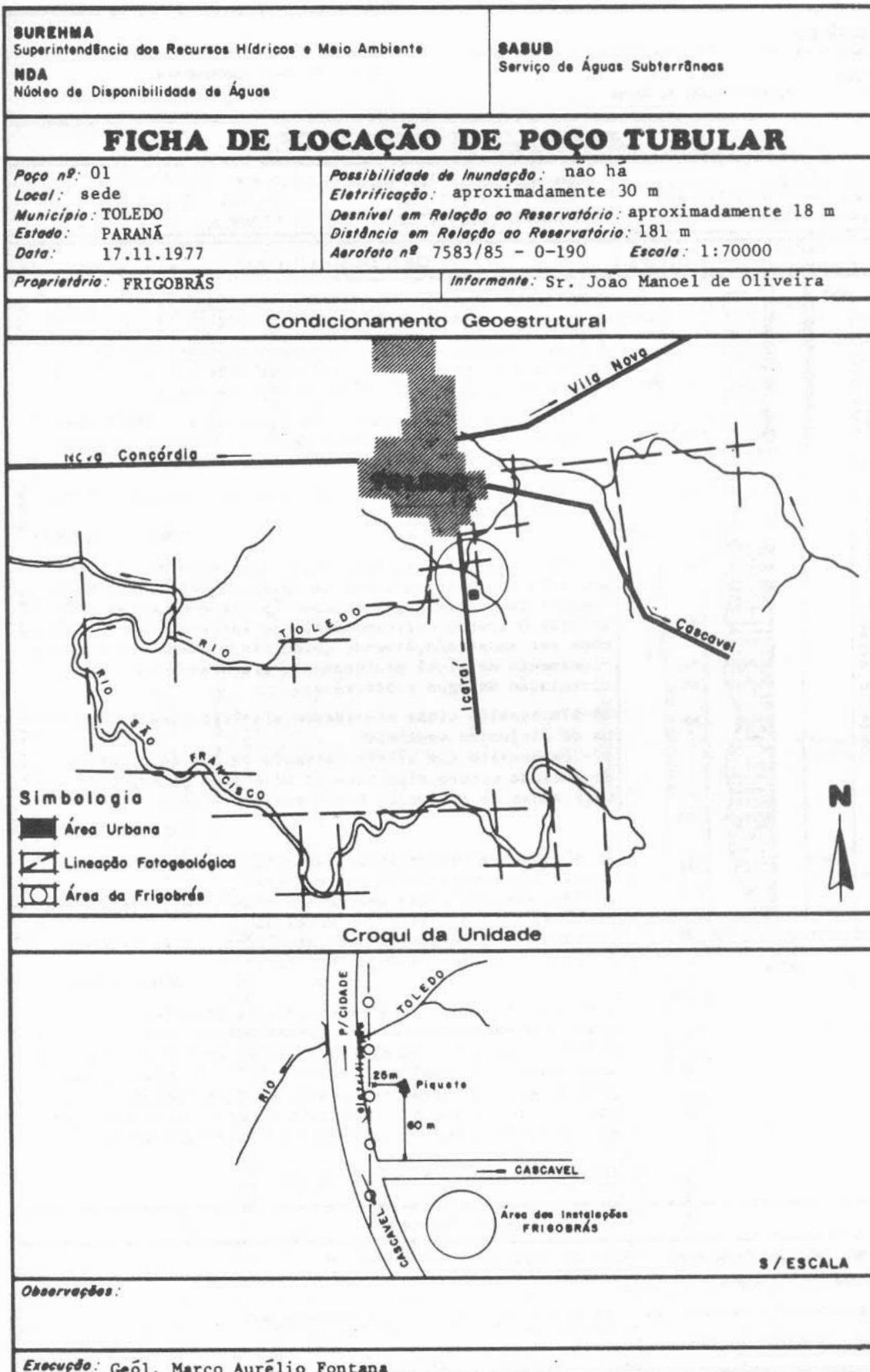
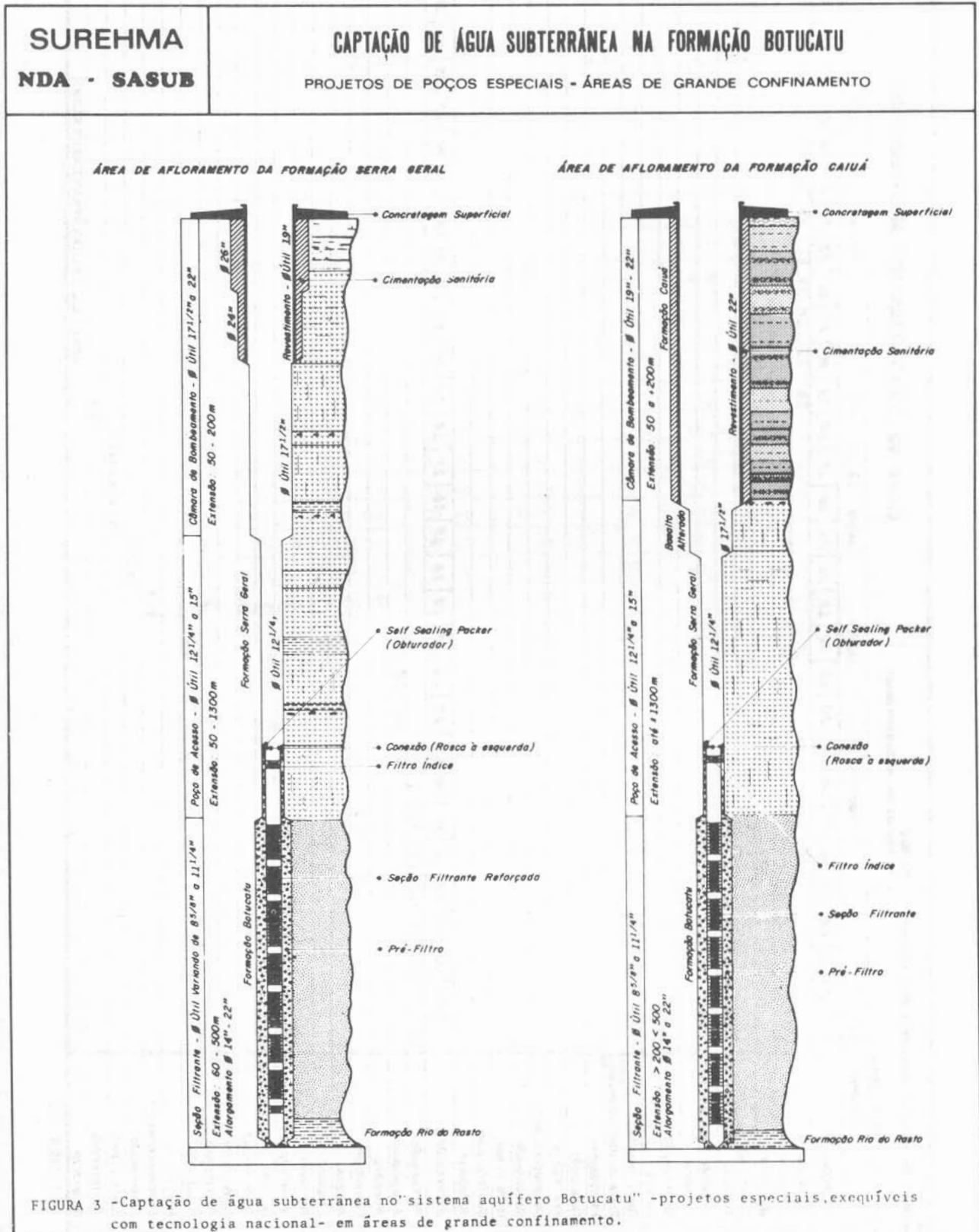


FIGURA II

<b>SUREHMA</b> Superintendência dos Recursos Hídricos e Meio Ambiente <b>NDA</b> Núcleo de Disponibilidade de Águas		<b>SASUB</b> Serviço de Águas Subterrâneas		
<b>FICHA DE SONDAGEM</b>				
Poço nº: 01 Município: TOLEDO (sede) Estado: PARANÁ		Execução: Cia. T. JANER Início: 19.08.1977 Conclusão: 18.09.1977		
		Latitude: 24º44'41" S Longitude: 53º43'35" W Altitude: aprox. 480 m		
Perfil Construtivo	Prof. (m)	Reg. N. A.	Descrição Litológica	FM
	0		0-8m: colúvio argiloso, castanho alaranjado, apresentando na base fragmentos de basalto decompostos (tm. 3 - 20mm).	QUAT.
	8		8-28m: regolito argiloso, castanho-pardo, apresentando no terço médio fragmentos de rocha basáltica com estruturas de esfoliação esferoidal de subsuperfície.	
	19	3,7	28-31m: basalto cinza, muito alterado (níveis argilosos), ocorrendo estruturas vesiculares parcialmente preenchidas por minerais secundários.	
	28		31-40m: basalto cinza amarronado, afanítico, com níveis esverdeado, decomposto.	GERAL
	31		TOPO - DERRAME	
	40		40-56m: basalto cinza amarronado, afanítico, muito alterado, fraturado, observando-se na base fragmentos brechados imersos em matriz argilosa, com típicas estruturas vesiculares. O trecho correspondente ao intervalo 40-42m não pôde ser amostrado, devendo coincidir o mesmo com o seccionamento de nível profusamente fraturado, com grande circulação de água subterrânea.	BERRA
	47	11,50	56-67m: basalto cinza esverdeado, afanítico, inalterado. Zona de disjunção vertical.	
	66		67-76m: basalto com níveis variando em cor de cinza-pardo a cinza escuro, afanítico, na base algo alterado. Prováveis zonas de disjunção horizontal e vítrea.	FORMAÇÃO
	67		TOPO - DERRAME	
	76		76-80m: basalto avermelhado, afanítico. Zona vesicular parcialmente preenchida por calcita.	
	80		80-88m: basalto cinza amarronado, afanítico, inalterado. Provável zona de disjunção vertical.	
	88		88-108m: basalto avermelhado, afanítico, algo alterado. Provável zona de disjunção horizontal.	
	108		TOPO - DERRAME	
117		108-117m: basalto cinza escuro, afanítico, alterado, com vesículas parcialmente preenchidas por calcita.		
133	11,50	117-133m: basalto com níveis variando em cor de cinza-amarronado (117-124m) a cinza escuro (124-133m); na base parcialmente alterado - provável zona de disjunção horizontal. O intervalo de 127 a 128m não foi amostrado por motivo similar aquele observado no intervalo 40-42m.		
			Entrada de Água: 26, 41, 90 e 128m	
<b>Dados Técnicos</b>				
Referências do Equipamento: Sonda do tipo P-350 PROMINAS				
Método de Perfuração: percussão				
Rendimento/h Perfurando: 12 hora/dia (tempo efetivo de perfuração)				
TM - Penetração (min/m): 119 min/m				
Sistema de Amostragem: caçamba - operação final de limpeza de cada metro perfurado.				

FIGURA III





SUREMIÁ Superintendência dos Recursos Hídricos e Meio Ambiente Núcleo de Disponibilidade de Águas				SABUS Serviço de Águas Subterrâneas				FICHA DE ACOMPANHAMENTO DE PERFORAÇÃO																								
Popo: 02		Localidade: TOLEDO			Execução: Cia. T. JANER				Início: 19.08.1977			Término: 18.10.1977																				
mes/ano	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
	ATIVIDADES																															
	PERFORAÇÃO																															
	COMPLETAÇÃO																															
	ATIVIDADES	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
	PERFORAÇÃO	75	78	81	94	102	114	123	133		08	28	30																			
	COMPLETAÇÃO																															
	ATIVIDADES																															
	PERFORAÇÃO																															
	COMPLETAÇÃO																															
	ATIVIDADES																															
	PERFORAÇÃO																															
	COMPLETAÇÃO																															

FIGURA IV

SUREHMA Superintendência dos Recursos Hídricos e Meio Ambiente NDA Núcleo de Disponibilidade de Águas					SABUS Serviço de Águas Subterrâneas				
<b>FICHA DE TESTE DE PRODUÇÃO</b>									
Poço nº: 01 Município: UMUARAMA Execução: Cia. WALDEMAR GEORG Ib: 10:00 h			Profundidade: 100,00 m Crivo: 49,60m Início: 14.06.1978 Término: 14.06.1978			NE: -3,58 m (cota): 396,42m ND: -38,86m QT: 39,60 m <sup>3</sup> /h Q/s: 1,12 m <sup>3</sup> /h/m			
Equipe Responsável: Geól. Carlos Gilberto Fraga e Hidrometrista Nelson Ferraro									
Dados de Bombeamento					Dados de Recuperação				
Hora	tempo (min)	N.A. (m)	s (m)	Q(m <sup>3</sup> /h)	Q/s (m <sup>3</sup> /h/m)	t' (min)	N.A. (m)	s' (m)	t/t'+1
09:11	1	25,13	21,55	39,60	1,84	1	24,77	21,19	100
	2	27,64	24,06	39,60	1,65	2	19,45	15,87	501
	5	30,51	26,93	39,60	1,47	3	17,42	13,84	334
	7	31,06	27,48	39,60	1,44	4	15,78	12,20	251
	9	31,62	28,04	39,60	1,41	5	14,80	11,22	201
	10	31,71	28,13	39,60	1,41	6	14,15	10,57	162
	12	32,15	28,57	39,60	1,39	7	13,57	9,99	144
	15	32,58	29,00	39,60	1,36	8	13,02	9,44	126
	20	33,29	29,71	39,60	1,33	9	12,67	9,09	112
	25	33,67	30,09	39,60	1,31	10	12,25	9,57	101
	30	34,00	30,42	39,60	1,30	12	11,64	8,06	84
	35	34,14	30,56	39,60	1,30	15	11,08	7,50	68
	40	34,54	30,96	39,60	1,28	20	10,24	6,66	51
	45	34,58	31,00	39,60	1,28	25	9,78	6,20	41
	50	35,00	31,42	39,60	1,26	30	9,34	5,76	35
10:11	60	35,31	31,73	39,60	1,24	35	8,96	5,38	30
	70	35,44	31,86	39,60	1,24	40	8,72	5,14	26
	80	35,85	32,27	39,60	1,23	50	8,30	4,72	21
	90	36,03	32,45	39,60	1,22	60	7,90	4,32	18
	100	36,29	32,71	39,60	1,21	80	7,32	3,74	13,5
	120	36,66	33,08	39,60	1,20	100	6,93	3,35	11
	150	36,99	33,41	39,60	1,18	120	6,63	3,05	9,4
	200	37,44	33,86	39,60	1,17	150	6,22	2,64	7,6
	250	37,84	34,26	39,60	1,15	200	5,78	2,20	6
14:10	300	38,05	34,47	39,60	1,14	250	5,38	1,80	5
	350	38,36	34,78	39,60	1,14	300	5,15	1,57	4,4
	400	38,40	34,82	39,60	1,13	Equipamento: Grupo Gerador de 90KVA, bomba submersa de 25 HP, com HM de 40m <sup>3</sup> /h para NH = 60m			
	500	38,60	35,02	39,60	1,13				
19:10	600	38,86	35,28	39,60	1,12	Método de Medição da Vazão: Recipiente de 200L			
	700	38,90	35,32	39,60	1,12				
	800	38,93	35,35	39,60	1,12	Teor de areia inicial/final (g/m <sup>3</sup> ): Inicial: 18 g/m <sup>3</sup> Final: não detectável			
	900	38,93	35,35	39,60	1,12				
	1000	38,93	35,35	39,60	1,12				
	1200								
	1440								

FIGURA V

<b>SUREHMA</b> Superintendência dos Recursos Hídricos e Meio Ambiente <b>NDA</b> Núcleo de Disponibilidade de Águas					<b>SASUB</b> Serviço de Águas Subterrâneas		
<b>FICHA DE TESTE DE AQUÍFERO</b>							
Província Hidrogeológica: Mesozóica Aquífero Testado: CAIUÃ Localidade: Município de MARIA HELENA - DOURADINA					Execução: COPERCAL Início: 18. 08. 1979 Término: 19.08. 1979		
Equipe Responsável: Geól. Hernani Rosa Filho e Hidrometrista José de Paula							
Dados do Poço Bombeado				Dados dos Poços de Observação			
Poço nº: 02		NE = 26,44m		Piezômetro Nº: 01		Observações:	
Profundidade: 121m		ND = 60,76m		Prof.: 121m NE = 23,44m			
Cota: 480m		Q = 18 m <sup>3</sup> /h		Distância: 90m Cota = 477m			
Hora	tempo (min)	N.A.(m)	s(m)	Q(m <sup>3</sup> /h)	tempo (min)	N.A.(m)	s(m)
11:41	1	42,02	15,58	16,00	1	23,29	0,15
	3	52,50	26,06	20,57	3	23,29	0,15
	5	54,31	27,87	20,57	5	23,29	0,15
	10	55,81	29,37	20,00	10	23,29	0,15
	15	56,29	29,85	19,46	15	23,30	0,16
	20	56,64	30,20	19,46	20	23,35	0,21
	25	56,89	30,45	19,46	25	23,38	0,24
	30	57,10	30,66	19,46	30	23,43	0,29
	40	57,41	30,97	19,46	40	23,54	0,40
	50	57,64	31,20	19,46	50	23,66	0,52
12:40	60	57,84	31,40	19,46	60	23,79	0,65
	80	58,18	31,74	19,46	80	23,98	0,84
	100	58,49	32,05	19,46	100	24,20	1,06
13:40	120	58,69	32,25	18,95	120	24,39	1,25
	150	58,98	32,54	18,95	150	24,63	1,49
	180	59,16	32,72	18,95	180	24,83	1,69
	240	59,48	33,04	18,46	240	25,17	2,03
	300	59,75	33,319	18,46	300	25,48	2,34
	360	59,91	33,47	18,46	360	25,68	2,54
18:40	420	59,98	33,54	18,00	420	25,93	2,79
	500	60,22	33,78	18,00	500	26,10	2,96
	600	60,35	33,91	18,00	600	26,31	3,17
	720	60,59	34,15	18,00	720	26,54	3,40
	800	60,63	34,19	18,00	800	26,62	3,48
	900	60,70	34,27	18,00	900	26,73	3,59
	1000	60,73	34,29	18,00	1000	26,84	3,70
	1200	60,75	34,31	18,00	1200	26,94	3,80
11:40	1440	60,75	34,31	18,00	1440	27,05	3,91
Equipamento: Bomba Submersa marca EBARA de 10 HP; crivo 85m Método de Medição de Vazão: Recipiente de 200L							

FIGURA VI

<b>SURENMA</b> Superintendência dos Recursos Hídricos e Meio Ambiente <b>NDA</b> Núcleo de Disponibilidade de Águas		<b>SASUB</b> Serviço de Águas Subterrâneas	
<b>ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DE ÁGUA</b>			
<b>DADOS GERAIS DA AMOSTRA DE ÁGUA</b>			
Espécie da Amostra: poço tubular profundo		Data da Coleta: 17.07.79	
Local da Coleta: Poço Botucatu - 2		Data da Entrada no Laboratório: 18.07.79	
Município: LONDRINA		Responsável: Geól. Fraga	
Estado: PARANÁ		Código: Sasub - 4464	
<b>ANÁLISE FÍSICA</b>			
<b>PARÂMETROS — RESULTADO</b>		<b>CONCENT. MÁXIMA ACEITÁVEL</b>	<b>CONCENT. MÁXIMA PERMITIDA</b>
Temperatura Ambiente — 89°C		—	—
Temperatura da Água — 48°C		—	—
Aspecto "in natura" — límpido		—	—
Odor a Frio — inobjetoável		não detectável	—
Odor a Quente — inobjetoável		não detectável	—
pH — 9,5		7 — 8,5	6,5 — 9,2
Turbidez (SiO <sub>2</sub> ) — zero		5	25
<b>ANÁLISE QUÍMICA</b>			
<b>PARÂMETROS — RESULTADO (mg/l)</b>		<b>CONCENT. MÁXIMA ACEITÁVEL (mg/l)</b>	<b>CONCENT. MÁXIMA PERMITIDA (mg/l)</b>
Cor Verdadeira (Pt-Co) —		5	50
Alcalinidade Total ao Metilorange (CaCO <sub>3</sub> ) — 51,00		120	—
Alcalinidade a Fenolftaleína (CaCO <sub>3</sub> ) — 13,00		—	—
Carbonatos (CaCO <sub>3</sub> ) — 19,18		250	—
Bicarbonatos (CaCO <sub>3</sub> ) — 26,82		5	—
Dureza Total (CaCO <sub>3</sub> ) — 30,70		—	100
Bióxido de Carbono Livre (CO <sub>2</sub> ) — 0,00		—	—
Oxigênio Consumido em Meio Ácido (O <sub>2</sub> ) — 1,30		—	—
Fluoretos (F) — 12,00		0,5 — 1	1,5
Cloretos (Cl) — 230,0		200	600
Sulfato (SO <sub>4</sub> ) — 550,0		200	400
Nitratos (NO <sub>3</sub> ) — 0,39		—	45
Sílica Solúvel (SiO <sub>2</sub> ) — 22,60		—	—
Ferro Total (Fe) —		0,3	1
Cálcio (Ca) — 12,21		75	200
Magnésio (Mg) — 0,19		50	150
Sódio (Na) — 432,0		—	—
Potássio (K) — 3,20		—	—
Sólidos Totais Dissolvidos a 103 °C (STD) — 1308		500	1500
OBSERVAÇÕES:			
DATA 25 / 07 / 79		DATA 26 / 07 / 79	
_____ responsável pela análise		_____ visto - chefe do serviço laboratorial	

FIGURA VII



**SUREHMA**

Superintendência dos Recursos Hídricos e Meio Ambiente

**FICHA FÍSICO-QUÍMICA DE ANÁLISE DE ÁGUA**

*Espécie de Amostra:* poço tubular profundo  
*Local da Coleta:* Poço Botucatu - 2  
*Município:* LONDRINA  
*Estado:* PARANÁ

*Data da Coleta:* 17.07.79  
*Data da Entrada no Laboratório:* 18.07.79  
*Responsável:* Geól. Fraga  
*Código:* Sasub - 4464

ESPÉCIE	CONCENTRAÇÃO	
	mg/l	m. molas/l
Na <sup>+</sup>	432,00	18,792
K <sup>+</sup>	3,20	0,082
Ca <sup>++</sup>	12,21	0,305
Mg <sup>++</sup>		
Fe		
SiO <sub>2</sub>	22,60	0,376
CO <sub>3</sub> H <sup>-</sup>	26,82	0,440
CO <sub>3</sub> <sup>z</sup>	19,18	0,320
SO <sub>4</sub> <sup>z</sup>	550,00	5,726
Cl <sup>-</sup>	230,00	6,489
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,39	0,006
F <sup>-</sup>	12,00	0,632
BALANÇO IÔNICO	Σ Cátions	19,50
	Σ Ânions	19,66
	% da Diferença	0,82

*Temperatura da Água:* 48°C  
*Temperatura Ambiente:* 8°C  
*Sólidos Dissolvidos:* 1308 mg/l  
*Condutividade:*  
*Turbidez:*  
*pH:* 9,5 (laboratório)  
*Et:*

**CONSTITUINTES MENORES**

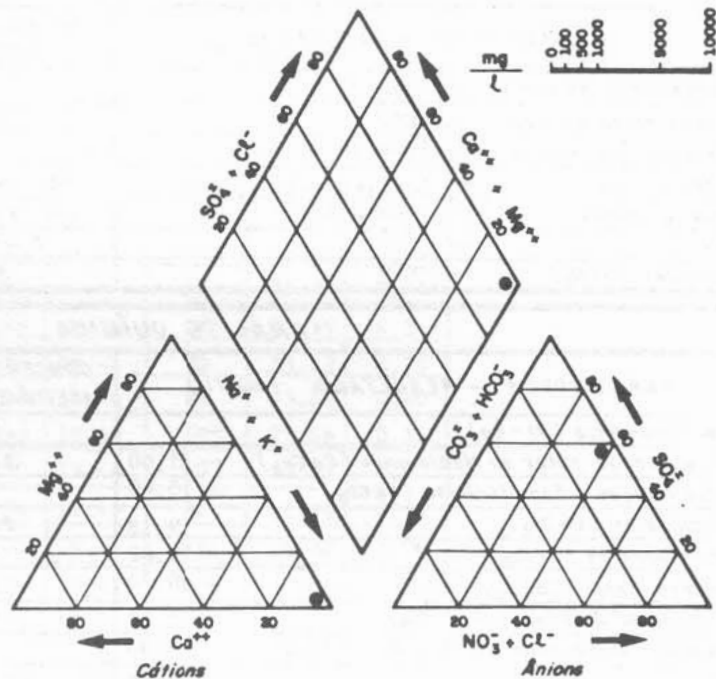
ESPÉCIE	CONCENTRAÇÃO	
	mg/l	mEq/l

*Data:* 28.07.1979

*Responsável pelas Análises*

*Data:* 28.07.1979

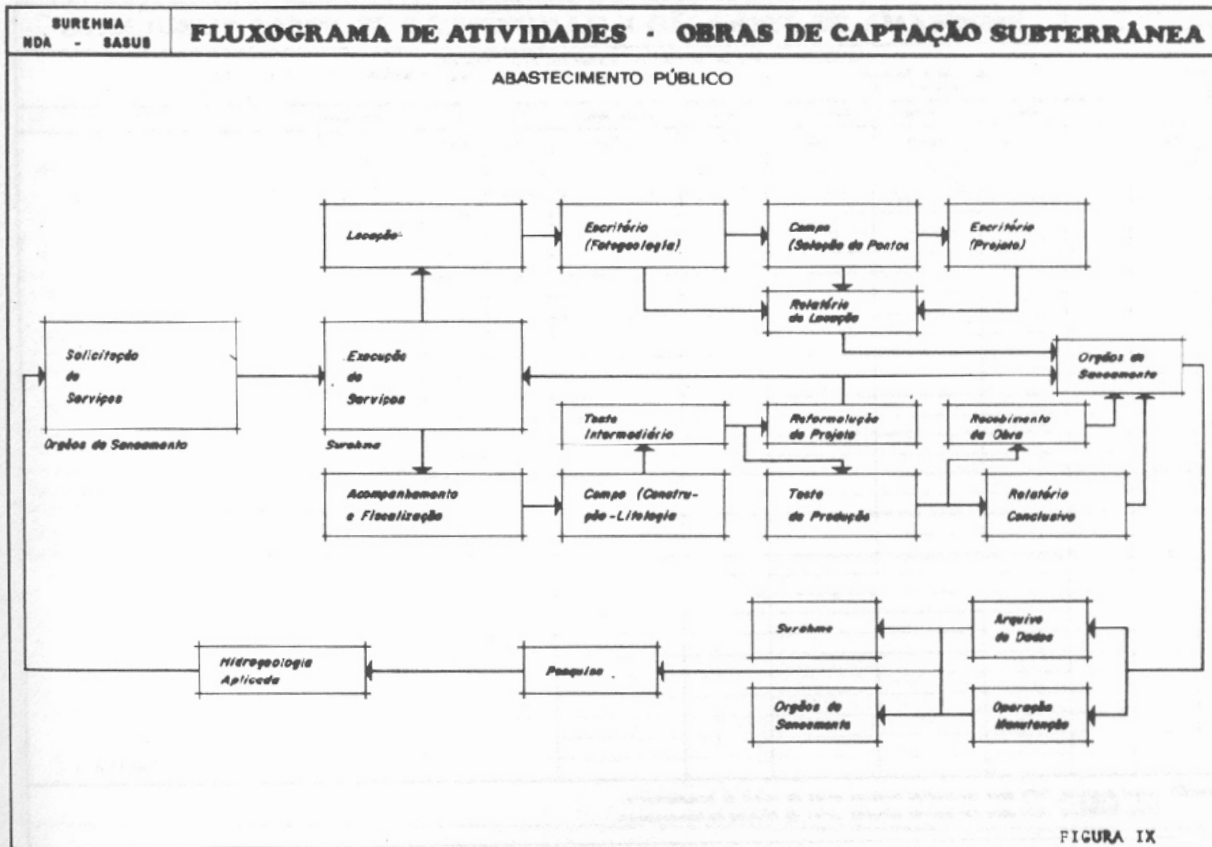
*Responsável pelo Tratamento*

**DIAGRAMA DE PIPER****PERCENTAGENS EM MILIEQUIVALENTES POR LITRO**

Cátion	% Eq Corrigida	Ânion	% Eq Corrigida
Na <sup>+</sup>	96,37	Cl <sup>-</sup>	33,01
K <sup>+</sup>	0,42	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> + F	3,24
Ca <sup>++</sup>	3,13	CO <sub>3</sub> <sup>z</sup>	3,26
Mg <sup>++</sup>	0,08	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2,24
		SO <sub>4</sub> <sup>z</sup>	58,25

**Observações:**

Água HIPERTERMAL SÓDICO-SULFATADA, com presença secundária de FLUOR e CLORO



aproveitamento de cada poço está na dependência direta da forma como é realizada sua operação e manutenção. Assim, estar preparado para imprevistos, saber avaliar resultados, identificar problemas, antes que se cristalizem: ser capaz de tomar decisões rápidas para restaurar os equipamentos e as unidades produtivas, são qualidades exigidas dos técnicos responsáveis pela operação dos sistemas.

Através da operação devem ser obtidas informações reais do funcionamento do sistema, registrando-se as eventuais anormalidades.

A manutenção baseada na análise sistemática das informações previne o sistema contra interrupções inoportunas de funcionamento, ampliando a vida útil do equipamento.

Para atingir um ótimo nível de eficiência, os sistemas de captação subterrânea devem sofrer fiscalizações periódicas, envolvendo o regime e as condições de exploração dos poços, qualidade da água, estado do equipamento de extração, etc.

O exercício efetivo da fiscalização depende da obediência a certas recomendações, entre as quais destacamos:

#### Para o poço tubular propriamente dito:

- registros periódicos em boletins padronizados:

.**Diários:** medidas de vazão e nível da água ao início e fim de cada período de funcionamento (tabela I).

.**Semanais:** medidas de vazão e níveis, coleta de amostra da água para análise química e bacteriológica - parâmetros de interesse.

.**Mensais:** vazão acumulada, vazão mínima, média e máxima, datas; duração mínima e máxima de funcionamento, datas, horas acumuladas e bombeamento (tabela II).

.**Semestrais:** relatórios sumários sobre as condições de exploração, indicação de anormalidades, alteração do regime de funcionamento, observações que propiciem melhorias no sistema, etc. (tabela III).

Para sistematizar a obtenção de dados e facilitar a sua visualização, é indispen-

SUREHMA NDA - SABUB		PROGRAMA DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DE POÇOS TUBULARES									
REGISTRO DIÁRIO DO REGIME DE BOMBAMENTO - MÊS DE _____											
Cidade: _____		Escritório Regional: _____		Condições de Exploração Calculadas (SUREHMA)		Q: _____		ND: _____		Crivo: _____	
Poço: _____		Responsável: _____		Q: _____		ND: _____		Crivo: _____			
Dia	Horário		Horas		Leitura do Nívelmetro		Volume	Vazão Média	NE	ND	Observações
	Início	Fim	Totais	Início	Fim	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> /h)	(m)	(m)		
01											
02											
03											
04											
05											
06											
07											
08											
09											
10											
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											
21											
22											
23											
24											
25											
26											
27											
28											
29											
30											
31											

TABELA I

ATENÇÃO: Nível Estático (NE) deve ser medido minutos antes do início do bombeamento.  
Nível Dinâmico (ND) deve ser medido minutos antes do término do bombeamento.

SUREHMA NDA - SABUB		PROGRAMA DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DE POÇOS TUBULARES														
REGISTRO TRIMESTRAL DO REGIME DE BOMBAMENTO E QUALIDADE DA ÁGUA																
Cidade: _____		Escritório Regional: _____		Condições de Exploração Calculadas (SUREHMA)		Q: _____		ND: _____		Crivo: _____						
Poço: _____		Responsável: _____		Q: _____		ND: _____		Crivo: _____								
Regime de Bombeamento:																
Mês	Horas Totais	Volume	Vazão Média	Observações												
01																
02																
03																
Totais																
QUALIDADE DA ÁGUA																
Análise Físico-Química (mg/l)					Análise Bacteriológica											
Temperatura					Nitr.											
pH					Sílica											
Turbidez					Ferro Total											
Cor					Ca											
Alcalinidade Total					Mg											
Carbonatos					Na											
Bicarbonatos					K											
Dureza Total					CO <sub>2</sub>											
Fluoretos					O <sub>2</sub> conc. meio ácido											
Cloratos					STD											
Sulfato																
Coletado em	/	/	/	/	Analisado em	/	/	/	Coletado em	/	/	/	Analisado em	/	/	/
Observações																

TABELA II

BUREHMA NDA - SASUB		PROGRAMA DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DE POÇOS TUBULARES				
BOLETIM SEMESTRAL DE AVALIAÇÃO ECONÔMICA						
Semestre de _____ / _____ / _____ / _____ / 19____						
Cidade: _____		Poço: _____		Escritório Regional: _____		Responsável: _____
Mês	Volume Produzido (m <sup>3</sup> )	Consumo de Energia (Cr \$)	Manutenção (Cr \$)	Operação (Cr \$)	Custos Totais (Cr \$)	Custo de m <sup>3</sup> (Cr \$)
01						
02						
03						
04						
05						
06						
Totais						
Observações:						
Outros Custos		Modificação de Custo ao m <sup>3</sup>				

TABELA III

sável que os mesmos sejam agrupados em modelos segundo a sua natureza, e ordenados em uma sequência prática de preenchimento e utilização.

#### Para os equipamentos de extração, dispositivos elétricos e outros:

- padronização dos equipamentos, pelos menos para cada sistema de abastecimento;
- reserva de equipamentos hidráulicos e elétricos para garantia de continuidade do suprimento.

#### Para o sistema poço/equipamentos:

- existência de poço suplementar para regimes de bombeamentos periódicos em situações de emergência;
- organização de um serviço especializado para análise dos boletins e relatórios periódicos, objetivando o aperfeiçoamento de diretrizes para operação e manutenção;
- formação de equipes regionais encarregadas de inspecionar os sistemas e fiscalizar o seu regime operacional;
- elaboração de relatório anual pelo serviço especializado, informando ocorrências, alterações do regime de exploração, apreciação da qualidade da água, dados econômicos do sistema (custo de operação e manutenção — custo da água para distribuição), sugestões para otimização de cada sistema, medidas necessárias para preservação do manancial disponível, etc.

**CONSIDERAÇÕES FINAIS** Embora não se tenha muita experiência prática da aplicação desta sistemática de controle operacional dos poços, **anteve-se** que as deficiências nos sistemas serão detectadas em tempo hábil e com precisão desejável. Através dela será possível observar efetivamente o funcionamento das partes constitutivas dos sistemas de captação subterrânea, mensalmente, trimestralmente e semestralmente, fornecendo aos órgãos de saneamento um

sistema de realimentação de informações até então inexistentes, Por outro lado, os modelos de agrupamento de dados constituem também uma preparação para o planejamento da operação e manutenção dos poços, de forma que a análise dos seus resultados proporcionará posteriormente — num estágio mais avançado através de regularização e remanejamento conforme os projetos existentes — o caminho para a otimização dos sistemas e conhecimento preciso do potencial hidrogeológico dos aquíferos explorados.

Por fim, devidamente caracterizados os recursos subterrâneos, através da disciplinação de uso, evidenciar-se-ão ainda mais as vantagens econômicas de dinamizar a sua atual exploração frente às demais fontes superficiais. Outrossim, na proporção como estão sendo comprometidos os recursos superficiais — que não obstante são abundantes — nas regiões sócio-econômicas de maior expressão desta e de outras regiões do país, é oportuna a formação de equipes técnicas especializadas, para propiciar aos órgãos de saneamento traçar programas comuns de ações preservativas e operacionais dos sistemas de captação, adequando, gerenciando estrategicamente o desenvolvimento da água subterrânea e considerando-a com a importância que merece.

#### BIBLIOGRAFIA

**FONTANA, M.A.** Construção de poços tubulares (inédito).

**FRAGA, C.G.** Uma metodologia de fiscalização e acompanhamento de poços profundos; registro de sondagem e amostragem (inédito).

**FRAGA, C.G.** Captação de águas subterrâneas; sistemática aplicada na perfuração, completação e operação de poços (no prelo).