

CIRCULAÇÃO EM ROCHAS FRATURADAS — UMA OBSERVAÇÃO

Abrão Hausman

Companhia Riograndense de Saneamento "CORSAN"

1.- ABSTRACT

This papers are a result from observation of the behaviour of seven wells, drilled in cristalline, over an 5 hectare area, with a distance, between them of an order of 90 m.

The consequencey taken out by the analysis of the mesurements "In situ" during the test, and from the Physical-Chemical Analysis - of the waters are:1-The static levels dont present any correlati on between them, and the ground surface.2-The isopiestic lines , dont give a real information about direction of flow.3-Water cir culation is controled by the fracture system.4-The isopiestic - gradient, deduced from the static levels, dont allow to calcula- te the values of permeability, like in the porous medium.5- The hydrodynamic of groundwater in cristalline rocks are diferent - from that of granular medium, and the answer of tests must be - differently deducted.

2.- SITUAÇÃO

A área do presente artigo, localiza-se na cidade de Porto Ale - gre, no Bairro Cavalhada, fazendo frente para a Estrada da Cava lhada e fundos para o Arroio Cavalhada e limitada ao Sul pela ES trada João Salomoni que conduz ao Bairro Vila Nova.

A sua posição faz com que fique enquadrado entre dois relevos - importantes do maciço cristalino, o Morro de Teresópolis e o do Osso, que representam reflexos da tectônica que atingiu a área.

3.- GEOLOGIA

Sob o ponto de vista geológico, a área pertence a província do Escudo Sul-Riograndense, em sua extremidade NE, sobre a qual, lo calmente se depositaram formações mais modernas que ocupam as - porções topograficamente mais baixas, fig.1.

A topografia mais elevada é representada pelas formações crista- linas, enquanto o vale que margeia o Arroio Cavalhada apresen- ta formações aluviais Holocênicas, encaixadas com os restos de formações Pleistocênicas do Alterito Serra de Tapes.

O pré-Cambriano é representado pela formação Cambaí, com aflora - mento de dois tipos de granitos, o Granito Santana e o Ponta - Grossa.

3.1 - Litologia

Sob o ponto de vista litológico, podemos encontrar os seguintes elementos.

3.1.1 - Holoceno

Formado por areias finas e argilas de coloração cinza escuro a preto, indicando sua origem orgânica e as áreas pouco trabalhadas, indicam um depósito em regime torrencial e bastante argilosas com espessura de alguns metros.

3.1.2 - Pleistoceno

Os Alteritos da Serra de Tapes se apresentavam com material retrabalhado, formado por areias grosseiras e misturado com argilas, apresentando espessura bastante variável.

3.1.3 - Pré-Cambriano

Representado pela formação Cambaí, apresenta dois tipos de granitos.

Granito Santana - constitui um granito alásquítico e forma os morros mais elevados do Horst que domina a cidade.

Granito Ponta-Grossa - é um granito muito relacionado com os migmatitos, domina os morros menos elevados e nele foram perfurados todos os poços do presente artigo

3.2 - Tectônica

A área foi submetida a intensos esforços tectônicos, que resultaram na elevação dos relevos circundantes, principalmente o Horst representado pelo Morro da Polícia e Santana, do primeiro dos quais, o Morro Teresópolis constitui um prolongamento natural.

As linhas tectônicas que atingiram a área em foco, parecem ser relacionados com a tectônica que desenvolveu o Horst acima referido, cuja direção média é de aproximadamente N 60 E, com variações entre N 50 e N 75 E

A linha N 28 W, cruza a área dos poços, e parece representar uma direção de alívio de tensão, mergulhando aproximadamente 20° para E cruzada pela N 26 E.

4.- CONDIÇÕES CLIMÁTICAS

Podemos classificar o clima de Porto Alegre como sub-tropical, com invernos brandos e verões quentes, sem estação seca marcante, com chuvas distribuídas por todo o ano e incidência alta de nevoeiros.

4.1 - Precipitação

A precipitação média anual é de 1 322 mm, com a média mais alta em agosto e a mais baixa em fevereiro. A diferença entre as médias do mês mais e menos chuvoso é de 43 mm.

4.2 - Temperatura

A temperatura média anual é de 19.3°C, com as médias mais altas em janeiro com 24.6 C e a mais baixa em julho com 13.8 C.

4.3 - Balanço Hidrológico

Não existe realmente um período de falta de chuvas, no que diz respeito as médias, mas sim um déficit de pluviosidade, coincidindo com a estação quente.

Os deficits de pluviosidade são observados de dezembro a março. O Superavit da precipitação média anual sobre a Evaporação - transpiração média real é de 496 mm.

5.- CONDIÇÕES DOS POÇOS

Os poços foram perfurados, com vistas ao abastecimento de um frigorífico de aves, onde o volume de água necessário ao seu funcionamento é da ordem dos 40 m³/h. Duas tentativas fracassadas, deslocaram naturalmente as perfurações ao longo do eixo - da linha Estrutural N 28 W, o que determinou o afastamento entre os poços, com distâncias tais que não impediram a interferência entre eles. A sua posição pode ser vista na fig.2 onde o único poço mais afastado é o PA 16, que não sofreu interferência.

5.1 - Vazão e Nível dos Poços

O quadro abaixo resume os dados dos poços obtidos por ocasião de sua perfuração:

Grupo	Poço nº	NE em m	ND em m	Vazão em m ³ /h.m	qs m ³ /h.m	T em m ² /h
I	PA 10	6.13	42.14	12.375	0.372	0,430
I	PA 11	11.59	16.08	17.600	1.240	1,430
I	PA 18	8.41	52.91	10.421	0.234	0,222
I	PA 20	28.46	42.73	9.317	0.659	0,871
II	PA 16	3.65	57.83	3.979	0.073	0,004
II	PA 17	4.38	56.75	6.285	0.120	0,040
II	PA 21	3.65	62.72	6.187	0.105	0,081

A não colocação dos poços por ordem numérica, visou agrupá-los por similitude de vazão, o que também vai coincidir com a sua localização a Este e Oeste da linha estrutural N28W, permitindo reuni-los em dois (2) grupos de poços, divisão essa, que mais adiante vamos verificar, coincide também com a qualidade da água.

Conforme foi possível observar durante as perfurações dos poços, os mesmos apresentaram condições de artesianismos não-surgente, pois os níveis estáticos se localizaram acima dos níveis de contribuição, o que mostrou, que a água se encontra sob pressão no aquífero.

Os níveis estáticos, nos poços, apesar de reduzidos com relação a uma boa cota base, não mostram nenhuma uniformidade ou gradiente que coincidissem com um equilíbrio hidrostático, apesar da interferência entre eles. As diferenças de nível piezométrico entre os poços do Grupo I é maior que a dos Grupo II, sendo muito mais acentuada entre os poços de um grupo em relação ao outro.

5.2 - Rebaixamentos

Os rebaixamentos nos poços do Grupo I forma muito mais significativos que os do Grupo II, quando entrou em bombeamento o poço PA 11, após 1,5 anos de funcionamento.

No quadro abaixo resumimos os dados obtidos:

NÍVEIS ESTÁTICOS

Poco nº	Antes	Após	Funcionamento do PA 11
PA 10	6.13	26.37	Não foi possível medir
PA 11			
PA 18	8.41	14.04	Perfurado após funcionamento PA 11
PA 20		28.46	
PA 16	3.65	3.65	
PA 17	4.38	4.72	Perfurado após funcionamento PA 11
PA 21		3.65	

No quadro acima, podemos observar que as interferências se fizeram sentir com muito mais intensidade nos poços do Grupo I que nos do Grupo II. Apesar dos poços PA 17 e PA 21 pertencentes ao Grupo II, estarem mais próximos do poço em bombeamento o PA 11, a interferência nestes se faz sentir de forma menos significativa que nos poços PA 10, PA 18 e PA 0 pertencentes ao Grupo I.

5.3 - As isopiésticas

Foram traçados dois mapas de isopiésticas, um com os níveis estáticos, antes do bombeamento do PA 11 e o outro após a sua entrada em funcionamento. O resultado mostrou alguns aspectos interessantes e conclusivos que passaremos a analisar abaixo:

5.3.1 - O traçado das isopiésticas, em função dos níveis estáticos medidos antes do funcionamento do PA 11, e reduzidos a um nível de base comum, tomado para tal, arbitrariamente a cota de 20 m. mostra uma circulação cilíndrica para todo o campo, com um aumento do gradiente para Este da linha Estrutural N28W, fig.2.

5.3.2 - As medições dos níveis após a entrada em funcionamento do PA 11, modifica bastante, como não poderia deixar de ser, a distribuição das isopiésticas.

Na fig.3, pode-se ver nitidamente o cone de influência desenvolvido em torno dos poços do Grupo I, ou seja, a Este da linha Estrutural N28W, não atingindo praticamente os poços do Grupo II.

O gradiente a Oeste da linha N28W é mais acentuado que a Este, mostrando um alongamento elíptico na mesma direção, sugerindo a circulação de dois corpos de água, praticamente independentes não demonstrando no mapa das isopiésticas da fig.2, referidos no item 5.3.1.

6. - QUÍMICA DAS ÁGUAS

As análises físico-químicas da água dos poços, mostraram claramente a existência de diferenças nítidas entre elas, com uma mineralização mais intensa na de um grupo de poços que na do outro.

As análises estão resumidas no quadro anexo, em base do qual fizemos os estudos comparativos.

6.1 - Nomograma

Com os dados das análises, traçamos um nomograma logarítmico, a fim de verificar a possibilidade de classificar as famílias de águas dos poços.

A simples observação deste, mostrou claramente que existem duas famílias de águas, onde a dureza, o Sódio+Potáss

sio e o pH se afastam entre si, individualizando os dois grupos.

As águas mais mineralizadas provêm dos poços pertencentes ao que classificamos em 5.1 como Grupo I e as com menor teor aos do Grupo II, mostrando claramente a inter-relação ao eixo tectônico N28W.

6.2 - Linhas de Iso-Concentração

A elaboração dos mapas com as linhas de iso-concentração nos mostram uma grande semelhança na distribuição da concentração dos bicarbonatos, cálcio, alcalinidade, dureza e fluor, bem como a de resíduo sólido a 105°C e a eletrocondutibilidade.

Os referidos mapas mostram uma grande semelhança entre si, onde se pode ver as isolinhas formando curvas concêntricas a Este da linha N28W e tornando-se paralelas a Oeste da mesma.

Esta disposição das isolinhas, sugere, salvo melhor juízo, a existência de dois grupos de águas, que provavelmente circulam em planos paralelos, formando junto a linha estrutural N28W, uma superfície semelhante a um interface, que separa as duas qualidades de água.

A circulação, com contato, entre essas duas águas, é indicada pela interferência verificada nos poços, quando um deles é bombeado.

6.3 - Teores de Mineralização

As águas dos poços localizados a E e W da linha estrutural N28W, apresentam os seus teores de mineralização bem diferenciados, sendo possível distingui-los segundo as suas concentrações e os agrupar, conforme o esquema no item 5.1.

6.3.1 - Resíduo Fixo a 105°C

O Grupo I apresenta valores entre 193 e 316 ppm.

O Grupo II apresenta valores entre 95 e 146 ppm.

6.3.2 - Alcalinidade em CaCO_3

O Grupo I enquadra-se entre 120 e 150 ppm.

O Grupo II situa-se entre 50 e 60 ppm.

6.3.3 - Bicarbonato de HCO_3

No Grupo I a concentração oscila entre 145 e 180 ppm.

No Grupo II a concentração é entre 65 e 70 ppm.

6.3.4 - Condutividade em Micro/mohs/cm²

O Grupo I apresenta uma condutividade entre 240 e 300 micro-mohs.

O Grupo II apresenta condutividade entre 100 e 130 micro-mohs.

6.3.5 - O pH

O Grupo I tende para um pH mais alcalino ficando entre 7.5 e 7.6.

O Grupo II tende para um pH mais ácido ficando entre 7.1 e 6.5.

6.3.6 - Fluor

No teor de F encontramos uma pequena discrepância com relação aos outros elementos, pois o PA 18 apresenta teores pertencentes ao Grupo I -

apresenta teores inferiores aos do Grupo II, que provavelmente podemos atribuir a um erro de análise de um modo geral o Grupo I apresenta teores entre 2,4 e 5,2 enquanto o Grupo II entre 1,5 e 1,4.

A confrontação das concentrações acima referidas, bem como o gráfico obtido no Normograma, mostram claramente a diferença existente entre as águas dos poços do Grupo I e Grupo II.

Temos portanto duas águas com concentrações minerais diferentes que circulam em ambos os lados da linha N28W. As características litológicas por onde circulam as águas dos dois grupos é a mesma, "Granito Ponta Grossa da Formação Cambaí".

A distância é muito curta para justificar um enriquecimento mineral proveniente de uma circulação de Oeste, o que nos leva a concluir que elas circulam por faixas distintas, em que as águas do Grupo I provêm de uma área muito mais tectonicamente mineralizada, concordando com o aparecimento de águas minerais em poços localizados a NE do local em estudo.

7.- CIRCULAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

A análise das linhas isopiésticas, bem como das de isoconcentração, nos mostram a existência de uma contradição entre elas, no que diz respeito a indicação da direção de circulação das águas subterrâneas.

A análise dos mapas de isopiésticas e isoconcentração, será feita abaixo.

7.1 - Análise das Isopiésticas

As isopiésticas traçadas, segundo os níveis estáticos antes do início do bombeamento do poço PA 11, fig.2, mostram claramente uma circulação de Oeste para Este, indicando maior permeabilidade na área situada a Oeste da linha Estrutural N28W, levando a concluir pela vazão maior dos poços situados a Oeste que a Este da referida linha, o que não reflete a realidade, por ser a situação exatamente inversa.

As isopiésticas da fig.3, representam as condições de expansão do cone de influência do poço PA 11, após o seu funcionamento por um período de 1,5 anos, mostrando uma expansão assimétrica do cone de influência, com extensão muito maior para Este e uma orientação paralela junto a linha Estrutural N28W, alinhamento este que se estende para Oeste da referida linha.

Neste mapa observamos um aumento de permeabilidade na direção Norte-Sul, com um decréscimo da mesma na direção Este-Oeste, sugerindo inclusive, nestas condições duas circulações distintas.

7.2 - Análise das Linhas de Isoconcentração

Os mapas das isoconcentrações de dureza, alcalinidade, bicarbonatos, ect., mostram que essas linhas apresentam dois traçados; um paralelo, coincidindo com a área dos poços do Grupo II e o outro de traçado elíptico, coincidindo com a área dos poços do Grupo I.

Esta disposição mostra certa semelhança com as isopiésticas -

cas da fig.3 e sugere a circulação de duas águas, com contato entre elas, provavelmente sob forma de um interface, proveniente de zonas distintas e diferenciadas pelos teores de mineralização.

Caso a circulação fosse Oeste-Este, conforme sugere o mapa da fig.2, a pequena distância entre os poços do Grupo I e II não produziria um enriquecimento tão grande de minerais dissolvidos, de forma a tornar as duas águas pertencentes a famílias distintas, conforme mostra o nomograma fig.4.

8.- CONCLUSÕES

Do que ficou acima exposto, salvo melhor juízo, podemos deduzir que estamos diante dos seguintes fatos:

- 8.1 - A variação dos níveis estáticos nos poços é muito maior - que a diferença de cotas de suas bocas no terreno.
- 8.2 - Os poços apresentam interferência entre eles, sendo que - ela se faz sentir com maior intensidade naqueles pertencentes ao mesmo Grupo do poço em bombeamento.
- 8.3 - O comportamento dos poços não corresponde a um aquífero - que obedeça aos padrões hidráulicos de um sistema clássico de vasos comunicantes, pois as influências recíprocas, mostram claramente uma diferença na resposta de cada poço, bem como, entre os dois grupos, ao bombeamento.
- 8.4 - A análise físico-química mostrou que a qualidade da água é diferente nos dois grupos de poços, apesar de interferentes.
- 8.5 - As linhas isopiécticas não retratam a realidade quanto a direção da circulação nem do valor da permeabilidade do aquífero.
- 8.6 - Ao contrário do que indicam as linhas isopiécticas, todos os fatos nos levam a concluir que a circulação se faz, provavelmente, a cada lado da linha N28W, com contato íntimo entre as duas.
- 8.7 - O gradiente entre as isopiécticas, não indica, como no caso de aquíferos porosos, aumento ou diminuição da permeabilidade.

BIBLIOGRAFIA:

- HAUSMAN, A. - Behaviour of the Crystalline as an aquifer in Greater Porto Alegre International Association of Hydrogeologists-Memoires - Porto Alegre, 1975.
- LOUIS, C. - Introduction a L'Hydraulique des Roches - Bulletin Du BRGM Section III N.4 - 1974.
- MACHADO, A.P. - Contribuição ao Estudo do Clima do Rio Grande do Sul Inst. Bras. de Geografia e Estatística - Conselho Nacional de Geografia - Rio - 1950.
- PROCEEDINGS - Symposium - Percolation Through Fissured Rock - Stuttgart - 1972.

SCNNEIDER, A.W.

LOSS, E.L.

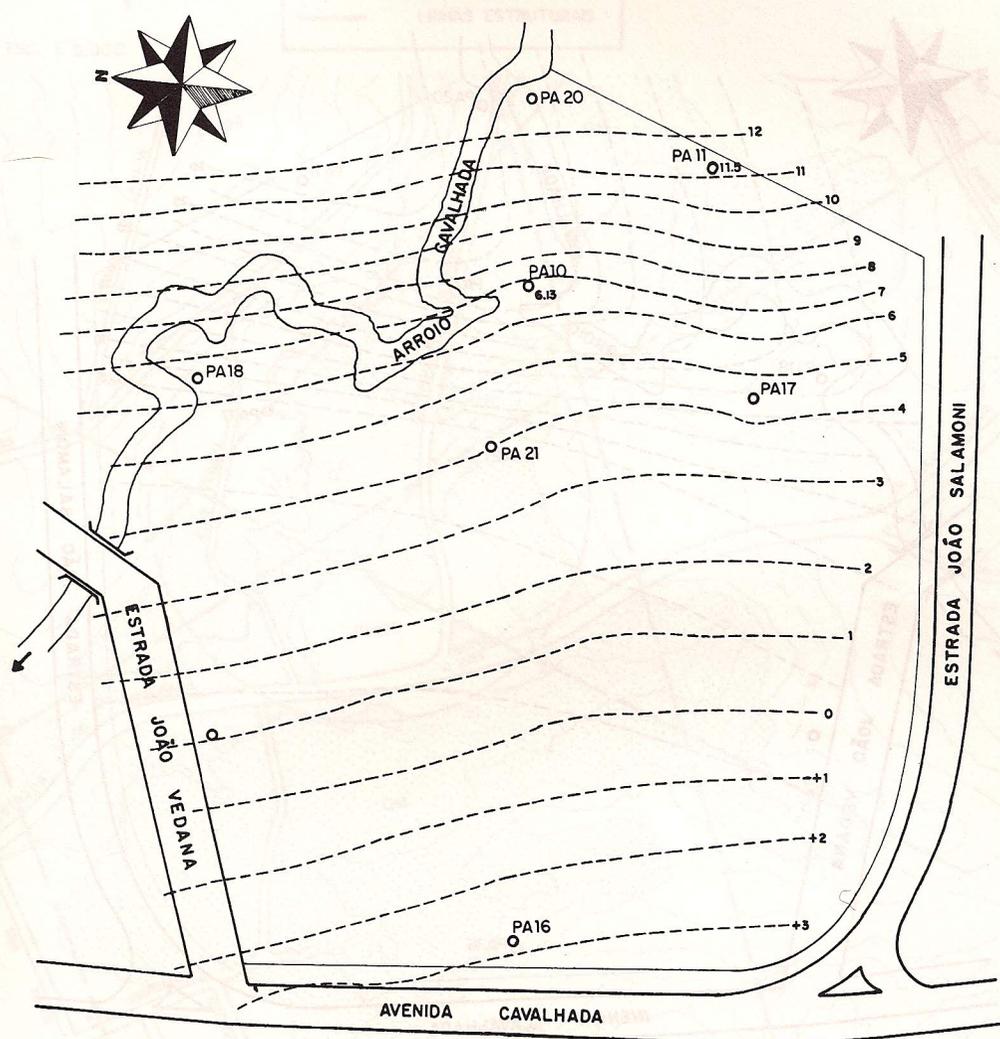
PINTO, J.F. - Mapa Geológico de Porto Alegre - Prefeitura Municipal de Porto Alegre, 1974.

	P O Ç O S Nº					
	PA 10	PA 11	PA 18	PA 20	PA 17	PA 21
pH	7.6	7.5	7.6	7.5	7.1	6.5
Alcalinidade total-CaCO ₃ ppm	147.0	132.0	119.0	142.0	52.0	56.0
Dureza total-CaCO ₃ em ppm	84.0	98.0	78.0	86.0	46.0	56.0
Ca em ppm	28.8	29.6	24.0	24.8	9.6	14.4
Mg em ppm	3.5	17.4	5.2	6.9	6.3	5.8
Fe em ppm	0.02	0.1	0.1	4.0	0.5	0.6
Mn em ppm	0.25	0.25	0.15	0.25	0.2	0.3
Al em ppm	5.3	14.8	2.4	3.0	2.9	10.4
Na + K em ppm	63.0	22.8	50.3	59.4	15.9	05.9
SO ₄ em ppm	13.2	16.5	7.4	3.0	3.2	2.9
HCO ₃ em ppm	179.3	161.0	145.2	173.2	63.2	69.5
C l em ppm	11.0	10.6	11.7	12.8	6.7	11.7
F em ppm	2.4	2.8	1.1	5.28	1.5	1.4
NO ₃ em ppm	0.04	0.08	0.3	0	0.53	1.8
Resíduo fixo a 105º C ppm	236.0	316.0	193.0	255.8	146.0	159.6
Condutividade micro-mohs/cm2	270.0	250.0	240.0	300.0	102.5	130.0

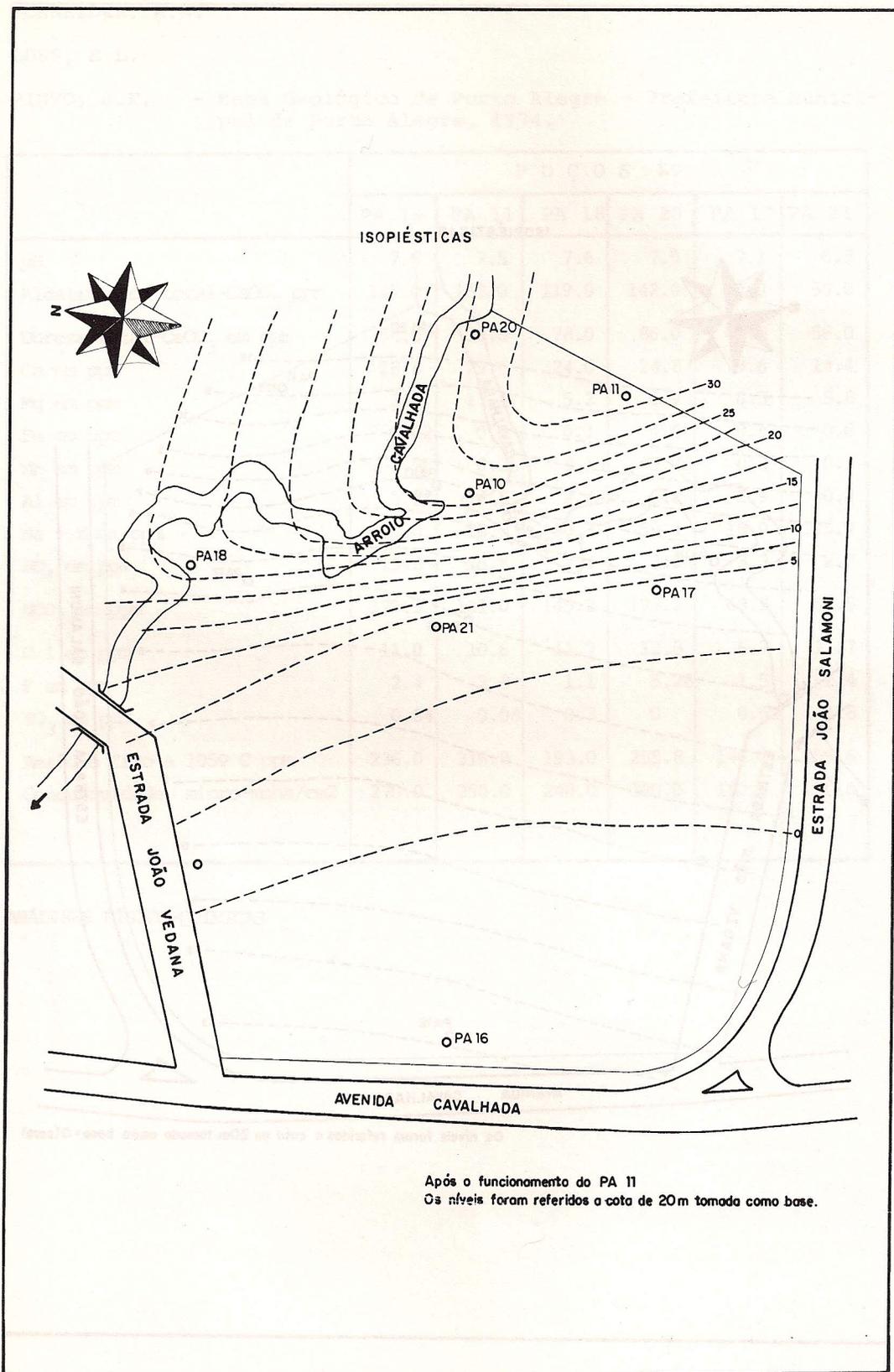
ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

MAPA GEOLÓGICO

ISOPIÉSTICAS



Os níveis foram referidos a cota de 20m tomado como base = 0(zero)

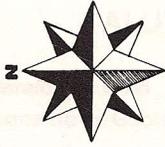


Após o funcionamento do PA 11
Os níveis foram referidos a cota de 20m tomada como base.

MAPA GEOLÓGICO

LEGENDA

-  Qrl HOLOCENO
-  Qst PLEISTOCENO
-  Regs CAMBAI-granito Santana
-  Pegpg CAMBAI-granito Ponta Grosso
-  LINHAS ESTRUTURAIS



ESC. 1: 5.000

