

CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA DO AQUIFERO SÃO SEBASTIÃO NA ÁREA DE CAPTAÇÃO DO CIA-BAHIA, USANDO PERFILAGENS ELÉTRICAS DE POCOS

OLIVAR A. L. DE LIMA

*Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Geofísica e Instituto de Geociências,
Rua Caetano Moura, 123 – Federação, 40.000, Salvador – Bahia*

ARNALDO C. RIBEIRO

Companhia de Engenharia Rural da Bahia (CERB)

The upper section of the intermediate member of the São Sebastião Formation, near the area of the Centro Industrial de Aratu (CIA)-Bahia, comprises a multi-storey aquifer system. Part of the water supply for the industrial activities in this region is extracted from this aquifer by a group of 42 wells drilled up to an average depth of 200 m. The electrical logs interpretation of 21 wells gave useful information as to the geo-hydrological characterization of the aquifer layers tapped by the wells. Stratigraphical correlation allowed the definition of the three-dimensional configuration of four permeable sandstone layers that represent fluvial point bar sand deposits. These layers extend throughout the area and are separated from each other by shales whose thickness(es) varies from 10 to 30 m. Petrophysical properties of the sandstones were determined from the logs and data on the quality of the water in each layer were obtained both from the logs and from chemical analysis. Average aquifer coefficients in the area were estimated from pumping test data. These overall results constitute essential toll for optimizing groundwater exploration programs.

INTRODUÇÃO

A Formação São Sebastião constitui uma seqüência de arenitos com intercalações de folhelhos e siltitos, com espessura média de 3.000 m, do Cretáceo Inferior. Ela contém os aquíferos mais importantes da Bacia Sedimentar do Recôncavo (Leite, 1962). Parte do suprimento de água do Centro Industrial de Aratu (CIA), do Polo Petroquímico de Camaçari e de várias cidades do Recôncavo baiano provém deste aquífero através de poços tubulares. Embora indicado como "excelente sistema aquífero", há poucos trabalhos hidrogeológicos publicados sobre esta formação. Dada à sua importância como fonte de suprimento de água, estudos de detalhe, que possibilitem uma avaliação quantitativa dos parâmetros petrofísicos dos aquíferos nela contidos, teriam utilidade fundamental para o estabelecimento de um programa eficiente e econômico de exploração da água subterrânea.

Neste trabalho apresentamos os resultados do estudo de perfis elétricos de 21 poços com os objetivos de: definir o relacionamento estratigráfico e as características petrofísicas das camadas permeáveis encontradas nos primeiros 200 m do membro médio da Formação São Sebastião, e estabelecer a configuração geométrica tridimensional desse sistema aquífero, na área de captação do Centro Industrial de Aratu, Bahia. Análises químicas de amostras de água dos poços em combinação com os dados elétricos dos perfis forneceram elementos para uma avaliação da variação da qualidade

química das águas das diversas camadas penetradas, durante a circulação subterrânea. Os perfis utilizados consistiram, na maioria dos casos, de uma curva de potencial espontâneo e de três curvas de resistividade, a normal curta (16"), a normal longa (64") e a lateral (18' e 8"). Alguns dos poços foram perfilados com o sistema de indução, que fornece a curva do potencial espontâneo e duas curvas de resistividade, a normal curta e o perfil de indução.

O emprego de perfis elétricos de poços no estabelecimento da geometria, na determinação de parâmetros petrofísicos e em interpretações paleo-ambientais de reservatórios, é relativamente freqüente em trabalhos relacionados com a exploração de petróleo, como por exemplo os trabalhos de Berg (1968), Nascimento e Silva (1971) e Horschutz et alii (1973). Em hidrogeologia, a perfilagem elétrica é normalmente utilizada para definir os intervalos de colocação de filtros nos poços (Johnson, 1966; CERB, 1975) e para estimativas de qualidade da água subterrânea (Turcan Jr., 1962; Alger, 1966). No presente trabalho, combinamos técnicas usadas no âmbito da geologia do petróleo com outras de natureza hidrogeológica, o que permitiu um melhor entendimento de relações empíricas entre dados de perfis e parâmetros petrofísicos e de qualidade das águas das camadas de arenitos presentes nos poços. Sob condições geológicas favoráveis, podemos extrapolar esses resultados para outras áreas vizinhas, ampliando a utilidade da perfilagem elétrica e propiciando melhores programas de exploração da água subterrânea deste importante aquífero.

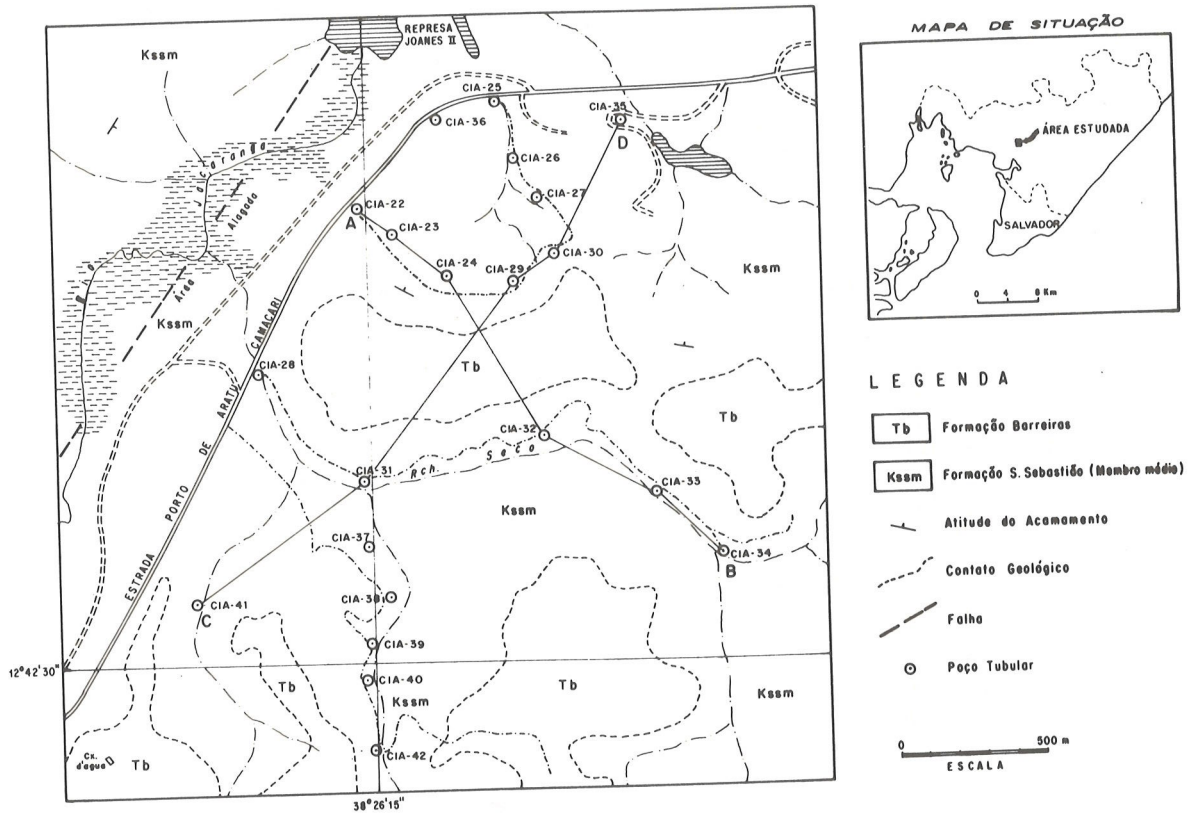


Figura 1 — Mapa geológico da área de captação do CIA, mostrando a localização dos poços tubulares.

SITUAÇÃO GEOLÓGICA

Na região estudada, representada na Fig. 1, afloram sedimentos da Formação Barreiras recobrendo em discordância o membro médio da Formação São Sebastião. A Formação Barreiras é constituída de arenitos subangulares a subarredondados, pouco consolidados e com matriz siltico-argilosa. São freqüentes as intercalações de leitos de argila de cores variadas, no interior dos arenitos. Dada sua disposição topográfica em tabuleiros elevados situados acima do lençol freático, esta formação não constitui um aquífero na região.

O membro médio da Formação São Sebastião, formalmente designado como Membro Passagem dos Teixeiras (Viana et al, 1971) é constituído por bancos de arenitos cinza-amarelados, amarelos e rosados, com intercalações de folhelhos e siltitos. Os arenitos variam de estratificados a maciços, com granulação fina a média, grãos subarredondados, regularmente classificados,

caulínicos e micáceos. A estratificação dominante é do tipo cruzada passando a paralela nas partes superiores dos bancos. Os folhelhos são de cores variadas predominando os cinza-esverdeados e avermelhados mas, em alguns poços, ocorrem folhelhos marrons e arroxeados. Todos os folhelhos são normalmente micáceos e parcialmente calcíferos.

Os contatos do Membro Passagem dos Teixeiras com os membros inferior e superior da Formação São Sebastião, formalmente designados como Membro Paciência e Membro Rio Joanes, respectivamente, são gradacionais (Viana et al, 1971).

O mergulho geral dos sedimentos do Membro Passagem dos Teixeiras, na região, é para NE com valores da ordem de 5° . Essa atitude apresenta variações locais nas proximidades de zonas de falhas.

As principais feições estruturais da área são falhas e sistemas de fraturas, cujas principais direções são NE-SW e NW-SE.

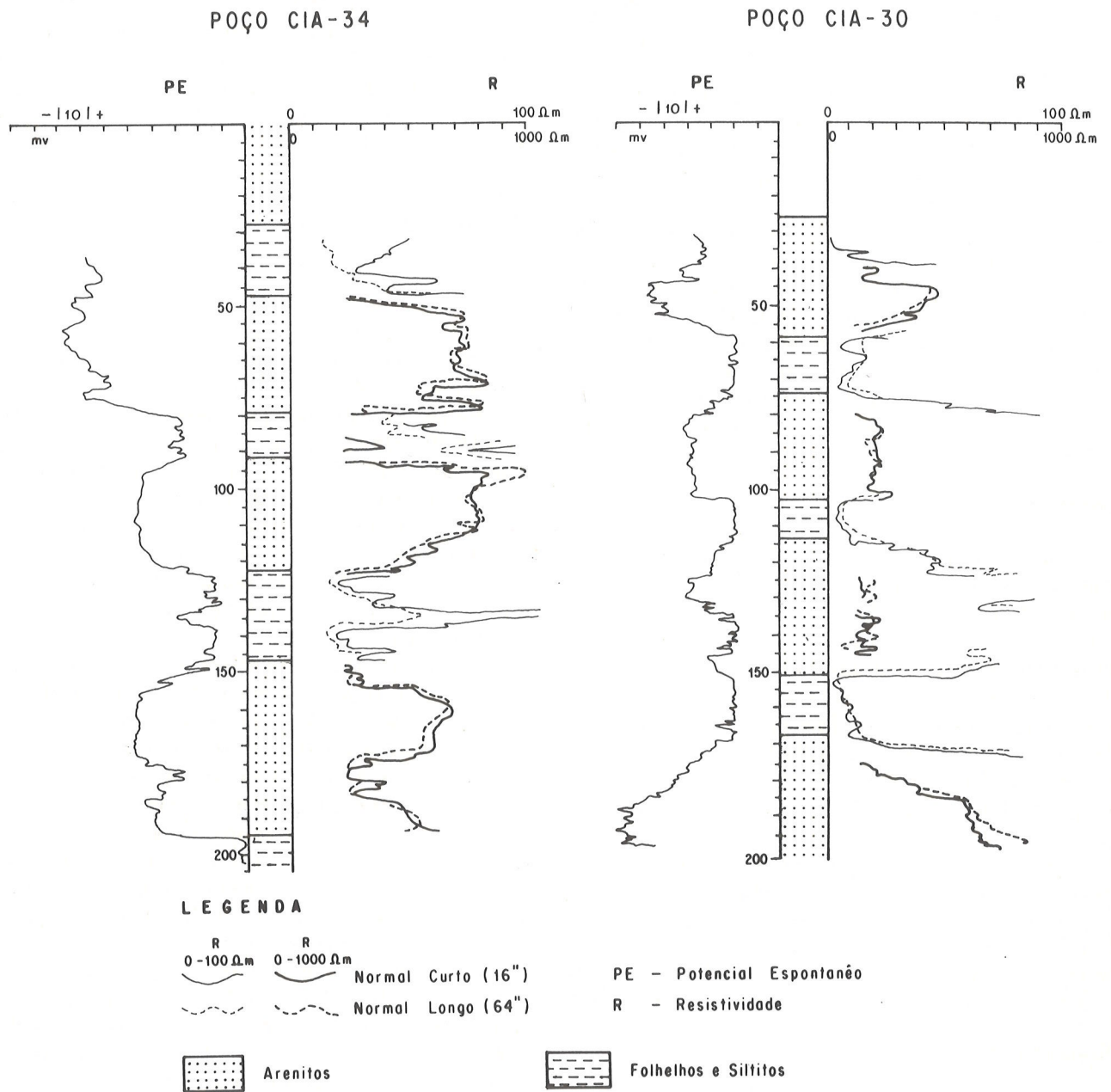


Figura 2 — Seções litológicas e perfis elétricos dos poços CIA-30 e CIA-34.

GEOMETRIA DO SISTEMA AQUÍFERO

A parte do Membro Passagem dos Teixeiras correspondente ao intervalo perfurado nos poços da região compreende, pelo menos, quatro camadas de arenitos separadas entre si por folhelhos, que, de cima para baixo, foram aqui denominados respectivamente como PT-1, PT-2, PT-3 e PT-4. A Fig. 2 apresenta perfis compostos dos poços CIA-30 e CIA-34, mostrando as características elétricas dessas quatro camadas de arenitos e dos folhelhos e siltitos que as separam. O elevado contraste de resistividade entre arenitos e folhelhos, e as características da deflexão das curvas do potencial espontâneo (P.E.) e da resistividade aparente permitem definir com precisão os limites de cada camada, bem como seus padrões de variação granulométrica, de acordo com Visher (1965).

As Figs. 3 e 4 contêm seções verticais de correlação litoestratigráfica das várias camadas através da área. A seção A-B (Fig. 3) é aproximadamente paralela à direção das camadas enquanto a seção C-D (Fig. 4) está na direção do mergulho. Com base nos padrões das características elétricas das diferentes camadas, na correlação litoestratigráfica e na descrição de amostras de calha, identifica-se a seguinte caracterização para cada camada:

Camada PT-1

Esta camada possui espessura que varia de 0 a 40 m, estando ausente por erosão ou por acunhamento nos poços CIA-28, CIA-32, CIA-38, CIA-39, CIA-40, CIA-41 e CIA-42. Das quatro camadas é a única lateralmente descontínua na área estudada, aparecendo na seção A-B (Fig. 3) como dois corpos lenticulares de arenitos. Litológicamente é caracterizada pela presença, em sua base, de um nível de arenito avermelhado de granulação fina e matriz argilosa passando, na porção média, para arenito amarelado de granulação média a fina, contendo grânulos e seixos quartzosos, e, finalmente, gradando a um arenito de granulação mais fina e mais argiloso no topo da camada. Essas características litológicas são traduzidas nas curvas do P.E. e da resistividade, por uma descontinuidade basal relativamente abrupta, seguida de uma deflexão máxima lisa ou serrilhada e depois por uma transição gradacional até os folhelhos subjacentes.

Camada PT-2

Esta camada possui uma espessura que varia de 11 a 35 m, com média de 30 m. Ela está ausente apenas no local do poço CIA-42. Apresenta características litológicas similares às da camada PT-1, com um nível de arenito cinza-amarelado de granulação fina em sua base, passando a arenito de granulação fina a média na porção central, e no topo sendo caracterizado por arenito de granulação fina e argiloso, contendo intercalação de

lentes de folhelho cinza-esverdeado. Um corpo lenticular de folhelho é observado próximo à base desta camada na parte central da área (Fig. 3). As curvas do P.E. e da resistividade registram também o caráter abrupto na base e transicional em direção ao topo desta camada de arenito.

Camada PT-3

Esta camada também se desenvolve em toda extensão da área e possui espessura que varia de 20 a 38 m, com média de 35 m. Seu padrão litológico e geo-elétrico, de uma maneira geral, é semelhante aos das camadas anteriores, sendo que nela se observa, principalmente na parte norte da área, um maior conteúdo de argila nos arenitos e uma maior ocorrência de lentes de folhelhos, irregularmente distribuídas, mas com predomínio na base da camada (Figs. 3 e 4).

Camada PT-4

É a camada de arenito mais espessa e mais uniforme da área. Sua espessura varia entre 20 e 50 m com valor médio de 40 m. Não foi penetrada pelo poço CIA-35 e apenas parcialmente penetrada pelos poços CIA-29 e CIA-30. Observa-se nas seções (Figs. 3 e 4) a presença de corpos lenticulares de folhelhos distribuídos na porção média da camada. Os arenitos que a compõem são cinza-amarelados, de granulação fina mas contendo grânulos e seixos de quartzo e com pouca matriz argilosa. As curvas do P.E. e de resistividade, mostram contato abrupto na base e variação gradacional em direção ao topo da camada.

As camadas de folhelhos e siltitos, que separam os quatro corpos de arenitos do sistema aquífero descrito acima, são de composição heterogênea, conforme se infere das variações de cor observadas nas amostras de calha e do comportamento irregular das curvas de resistividade nos perfis elétricos (Fig. 2).

A Fig. 5 mostra os mapas de isópacas das camadas PT-2, PT-3 e PT-4, respectivamente. Como a camada PT-1 está ausente num grande número de poços, não foi possível avaliar a distribuição espacial de sua espessura, a não ser através das seções das Figs. 3 e 4.

O mapa de isópacas da camada PT-2 (Fig. 5-a) mostra um padrão de distribuição das espessuras com orientação geral segundo NNE, aproximadamente na direção dos mergulhos dos estratos. Nota-se um mínimo acentuado das espessuras na parte norte da área com eixo orientado também segundo NNE. As maiores espessuras de PT-2 foram observadas nos poços CIA-33 e CIA-34, mas o padrão do mapa sugere seu espessamento para NW e SE da área mapeada.

A distribuição das espessuras da camada PT-3 (Fig. 5-b) apresenta um padrão das curvas aproximadamente em semi-arco com orientação no sentido do mergulho, e com as maiores espessuras ocorrendo na parte central

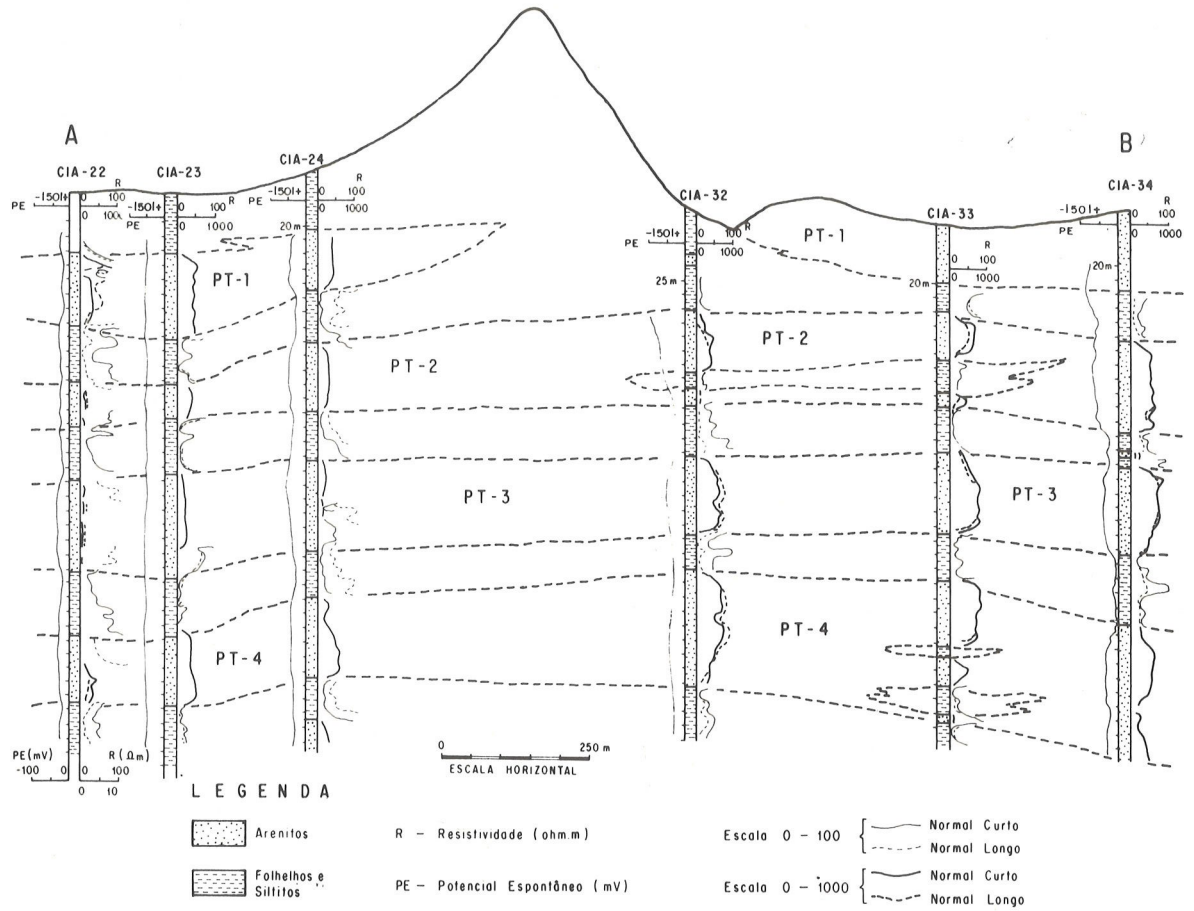


Figura 3 — Perfil de correlação litoestratigráfica paralelo à direção das camadas.

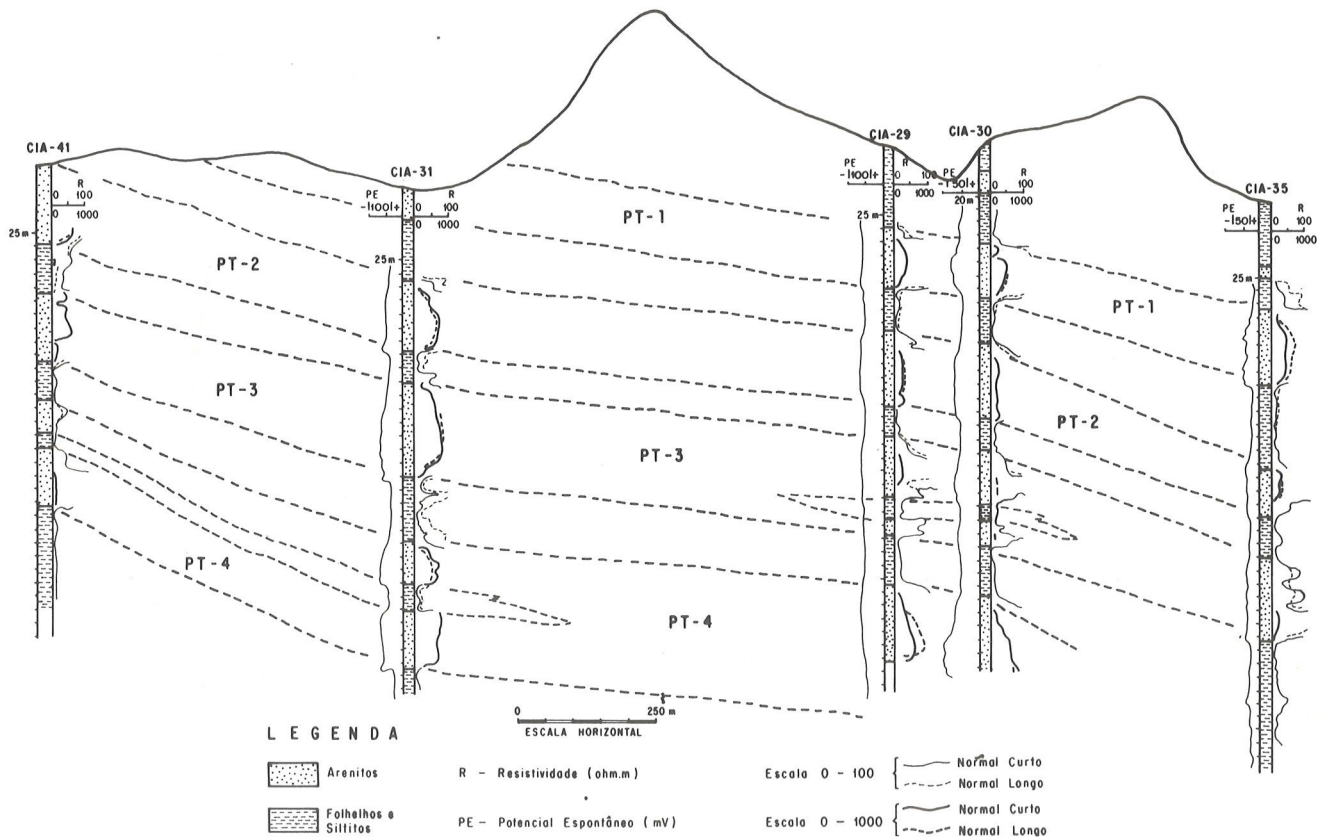


Figura 4 — Perfil de correlação litoestratigráfica transversal à direção das camadas.

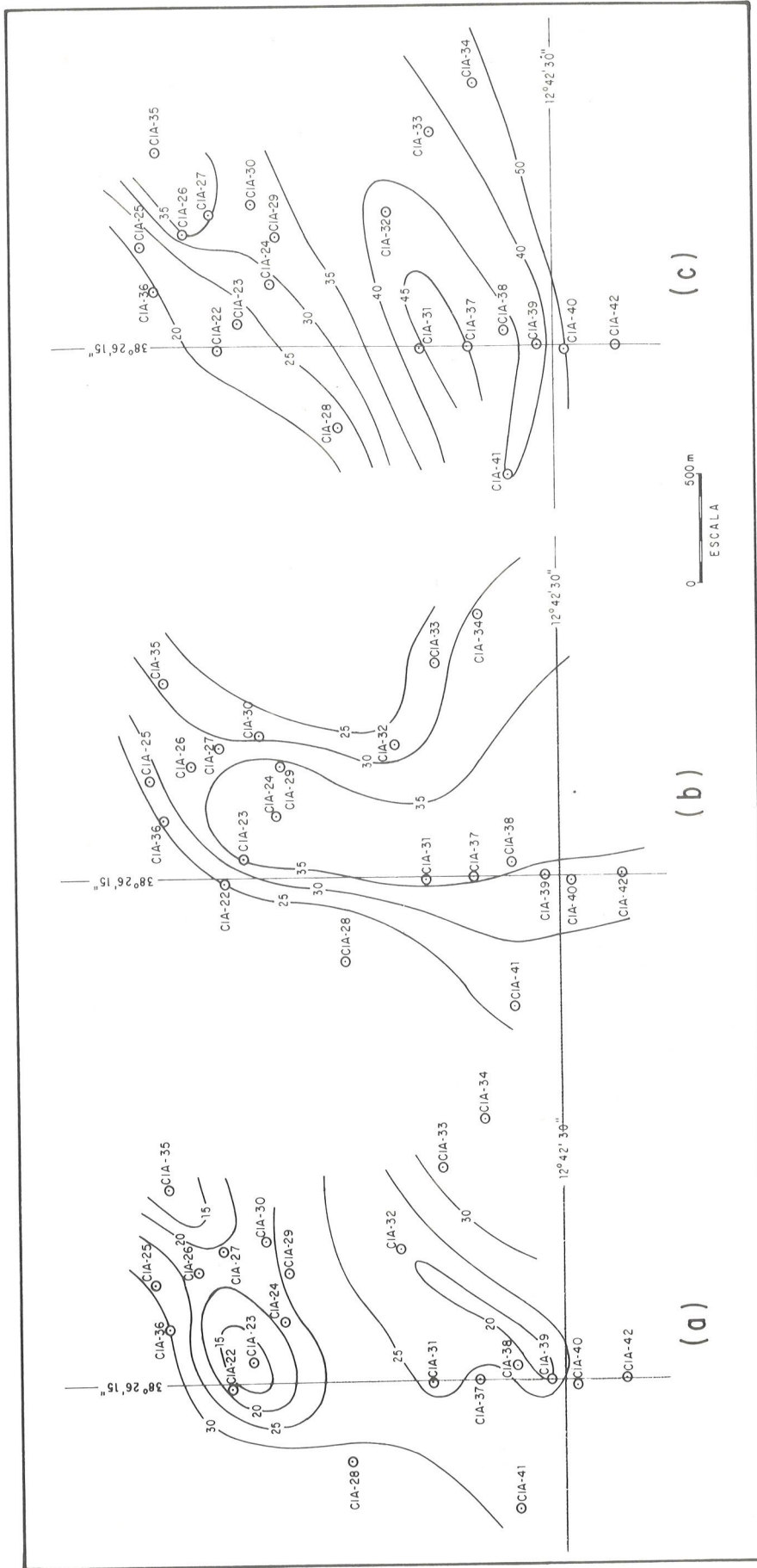


Figura 5 — Mapa de isópachas das camadas PT-2, PT-3 e PT-4. Intervalo de contorno de 5 metros.

do mapa. A camada parece adelgaçar-se para E e W da área. Considerando os limites representados pelas curvas de contorno de 25 m de espessura verifica-se um acunhamento apreciável desta camada quando se caminha de sul para norte.

No mapa de isópacas da camada PT-4 (Fig. 5-c) observa-se que as curvas se orientam aproximadamente na direção do acamamento, com as espessuras diminuindo progressivamente no sentido do mergulho dos estratos. Este padrão paralelo sugere que PT-4, seguramente, é a camada de maior continuidade lateral na área estudada.

Com base nos padrões das curvas dos perfis elétricos em frente aos arenitos, conforme modelos sugeridos por Visser (1965) e Krueger Jr. (1968), na distribuição de suas espessuras e levando em conta as estruturas sedimentares neles presentes, e sugerido que essas camadas representam uma sucessão vertical de barras de pontal coalescentes associadas a sistemas de correntes meandranes. As camadas de folhelhos devem corresponder em grande parte às argilas de planícies de inundação, enquanto os corpos lenticulares de folhelhos no interior dos arenitos são interpretados como canais abandonados preenchidos de sedimentos finos. Esta caracterização é consistente com a interpretação de que todo o pacote sedimentar descrito como Formação São Sebastião na Bacia do Recôncavo foi depositado sob condições fluviais (Gama Jr., 1970; Ghignone, 1979).

PETROFÍSICA DOS ARENITOS E CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA SUBTERRÂNEA

Visando estimar algumas das características petrofísicas das 4 camadas de arenitos descritas na seção anterior, determinou-se através da combinação dos dados dos perfis elétricos, de análises químicas e de medidas de resistividade de amostras de água, os valores de resistividade verdadeira de cada camada e os da resistividade da água nelas contidas.

Os valores da resistividade verdadeira das camadas (R_v) foram determinados, em geral, a partir do perfil lateral, ou do normal longo, usando regras conven-

cionais (Schlumberger, 1972), e em poucos casos, a partir do perfil de indução. Como as espessuras das camadas são mais de dez vezes maiores que a separação dos eletrodos na sonda e como a invasão de filtrado da lama foi pequena, conforme indicado pelas leituras dos dispositivos normais, não foi necessário nenhuma correção dos valores lidos nos perfis.

Foram estimados os valores da resistividade da água em cada camada a partir das curvas do P.E. e de um gráfico empírico construído com base nas análises químicas e nas determinações da resistividade de seis amostras de água coletadas em poços da região.

As amostras de água coletadas em poços selecionados da região, representam uma mistura das águas contidas em cada camada do sistema aquífero. Os resultados das análises químicas dessas águas, juntamente com dados de pH e de resistividade determinados em laboratório, vêm dados na Tabela 1. A partir da composição de cada amostra, calculou-se o P.E. que se desenvolveria em um aquífero com essa água, atravessado por um poço contendo a mesma lama usada na perfuração do poço amostrado. Para este caso, de acordo com Gondouin et al (1957) tem-se:

$$PE = -k \cdot \log \frac{(a_{Na} + \sqrt{a_{Ca} + a_{Mg}})_a}{(a_{Na})_f} \quad (1)$$

onde k é uma constante (igual a 71 à temperatura de 25°C), e a_{Na} , a_{Ca} e a_{Mg} são as atividades do Na do Ca e do Mg na água e no filtrado da lama. Na equação (1) considera-se que o filtrado da lama atua como uma solução de NaCl porque, normalmente, as argilas usadas no preparo da lama, por troca de bases, tendem a reduzir a concentração de ions divalentes em relação à concentração da água original da lama (Alger, 1966). As atividades usadas na expressão (1) provêm de gráficos de concentração *versus* atividade e resistividade *versus* atividade, derivados para soluções diluídas de sais de Na, Ca e Mg (Schlumberger, 1972).

Usando o valor de PE assim calculado e a expressão do P.E. aplicável a soluções puras de NaCl (Schlumberger, 1972) dada por:

POÇO	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁺	HCO ₃ ⁻⁻	CO ₃	pH	R (Ωm)
CIA-23	0,75	1,75	18,65	1,95	24,5	22,5	0,0	6,5	83
CIA-29	0,20	2,40	14,60	2,55	24,5	12,0	0,0	6,65	65
CIA-35	1,50	3,15	17,45	2,55	25,0	18,5	0,0	6,75	55
CIA-37	1,60	3,05	9,0	3,30	17,5	10,0	0,0	6,5	110
CIA-39	0,75	3,40	8,20	3,90	18,0	15,0	0,0	6,7	90
CIA-42	0,95	3,60	8,10	2,50	15,5	7,0	0,0	6,1	92

Tabela 1 — Resultados de análises químicas de amostras de água de poços da área de captação do CIA-BA. Valores em ppm.

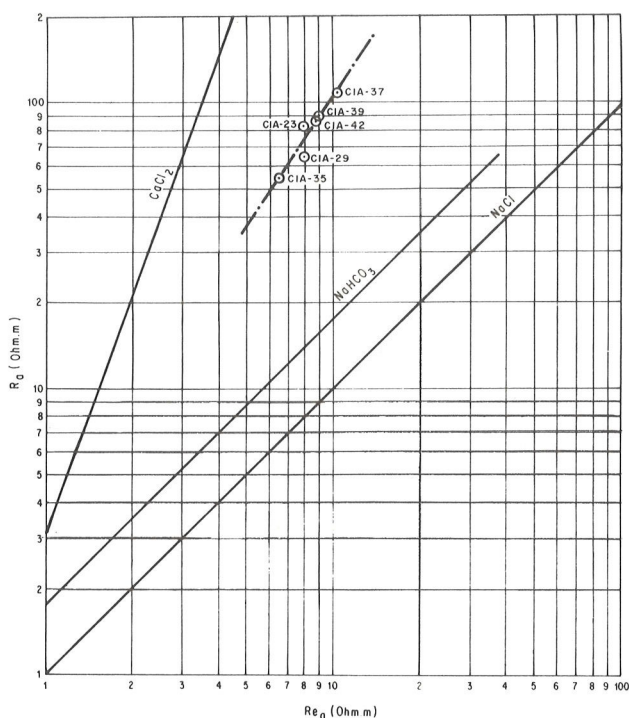


Figura 6 — Relação Resistividade da água, R_a , versus Resistividade equivalente, Re_a , para as águas de poços da área de captação do CIA e para soluções puras de sais.

$$PE = -k \cdot \log \frac{R_f}{Re_a} \quad (2)$$

onde R_f é a resistividade do filtrado da lama, normalmente fornecida nos perfis, foi determinado o valor de Re_a que representa uma resistividade equivalente ao de uma solução de NaCl. Com os valores de Re_a assim calculados e com R_a à 25°C da Tabela 1, construímos o gráfico empírico mostrado na Fig. 6, para estimar R_a de cada camada a partir de Re_a calculado usando a equação 2. Na Fig. 6, são mostrados também, a título de comparação, as relações R_a versus Re_a para soluções de NaCl, $NaHCO_3$ e $CaCl_2$ conforme dados de Schlumberger (1972).

Além disso, nas camadas de arenitos contendo argilas disseminadas a deflexão da curva do P.E. é reduzida, em relação à que seria obtida em frente a um arenito limpo contendo a mesma água, por um fator α conhecido como fator de redução do P.E. (Schlumberger, 1972). O valor reduzido do perfil é definido como potencial pseudo-estático (PPE). A fim de usar o PPE na equação (2) para obter Re_a , k deve ser substituído por αk (Schlumberger, 1972). Uma comparação geral entre

a deflexão média observada nos perfis e a calculada através da expressão (1) mostrou que, somente os poços do setor norte da região apresentam efeitos de redução, e que nestes a redução é mais acentuada nas camadas de resistividade mais baixa. O limite de 400 Ωm de resistividade foi estabelecido, acima do qual o efeito de argila poderia ser desprezado, e a equação (2) poderia ser aplicada diretamente. Valores de α foram computados dividindo-se PPE pelo potencial teórico (PE), encontrando-se valores médios iguais a 0,65 (para R_v entre 300 e 400 Ωm) e 0,45 (para $R_v < 300 \Omega m$).

Dados de Resistividade Verdadeira das Camadas — A Figura 7 representa os mapas de iso-resistividade das camadas PT-2, PT-3 e PT-4, respectivamente. Embora nos perfis, em geral, a resistividade diminua gradativamente para o topo de cada camada, os valores de resistividade atribuídos a cada ponto dos mapas consistem dos valores correspondentes à parte mais limpa de cada corpo de arenito.

A Figura 7a mostra que a camada PT-2 apresenta uma apreciável variação de resistividade de um valor de 800 Ωm na parte sul para cerca de 200 a 300 Ωm na parte norte da área. A camada PT-3 (Figura 7b) também caracteriza-se por uma forte variação de resistividade, com a mesma orientação geral, de um valor entre 900 a 1000 Ωm para um mínimo de 150 Ωm . Como o fator de variação das resistividades nas amostras de água coletadas nos poços, bem como daquelas estimadas do P.E. é inferior a 2, um aumento no teor de argila nessas camadas é responsável pela diminuição da resistividade verdadeira no sentido do mergulho dos estratos.

A camada Pt-4 (Figura 7c) apresenta um padrão de variação da resistividade mais regular, entre 500 e 800 Ωm , compatível com uma maior regularidade litológica e provavelmente, com uma variação contínua da resistividade da água no sentido do mergulho da camada.

Dados de Resistividade das Águas das Camadas — Os valores de R_a de cada camada, conforme estimados a partir do P.E. vêm dados na Tabela 2. Embora tais valores possam conter erros, relacionados à própria limitação da técnica e à incerteza da relação empírica utilizada (Figura 6), em termos de ordem de grandeza, servem para definir algumas das modificações de qualidades introduzidas pelo fluxo através das diferentes camadas. Verificamos dos dados da Tabela 2 e do mapa da Figura 1 que o R_a de cada camada decresce no sentido do mergulho dos estratos, sentido esse que coincide com o do movimento geral da água subterrânea na região, conforme se infere dos dados piezométricos de poços (CERB, 1975). Além disso, em muitos dos poços há também um decréscimo na resistividade da água em função da profundidade da camada. A diminuição da resistividade em função da distância à área de afloramento da camada, na região estudada, pode variar por um fator da or-

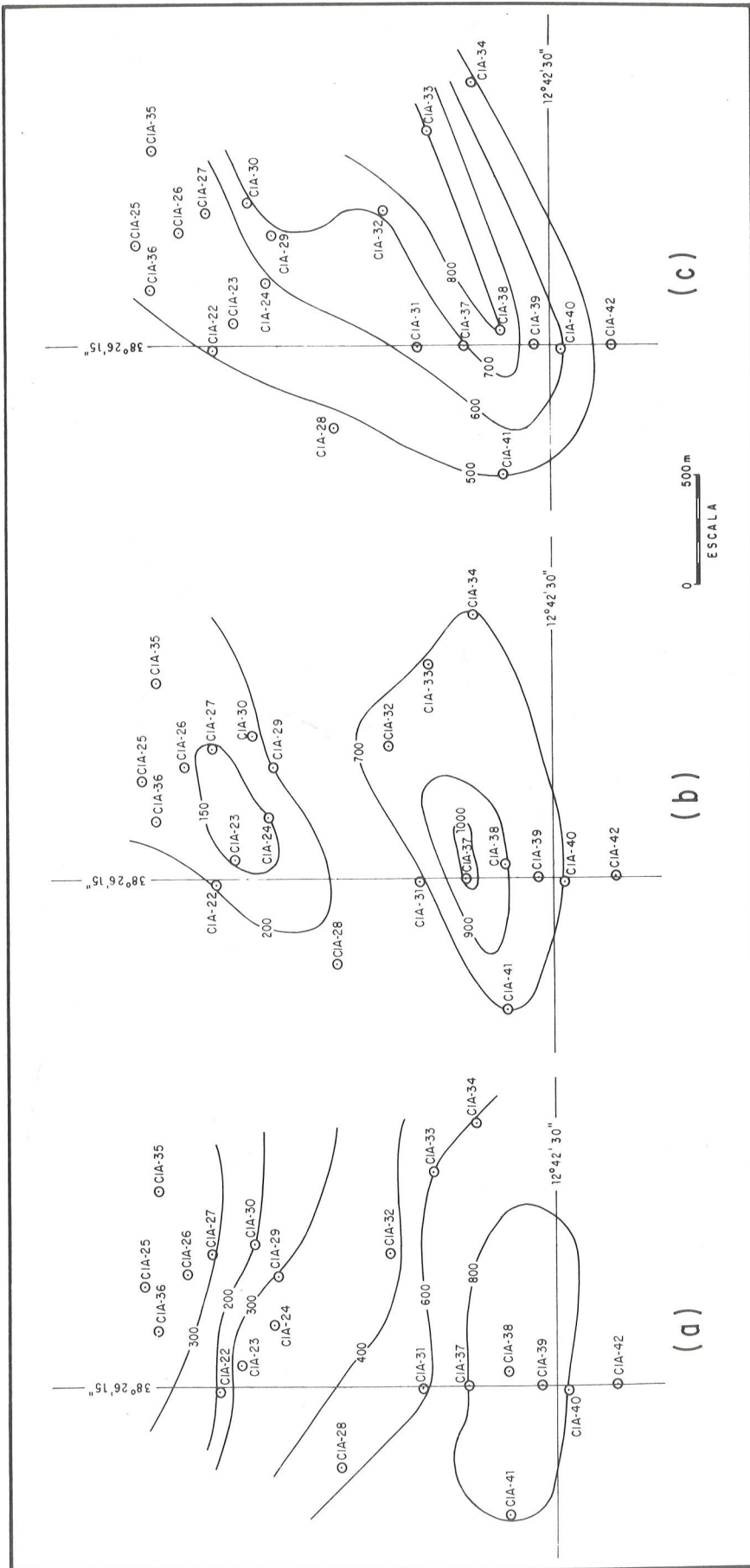


Figura 7 — Mapas de isoresistividade das camadas PT-2, PT-3 e PT-4. Valores de contorno em Ohm.m.

dem de 25 Ω m/km. Este decréscimo geral de R_a deve estar relacionado à presença de argilas trocadoras de bases, disseminadas nos arenitos, através das quais, durante a circulação subterrânea, quantidades de íons de Ca e Mg da água infiltrada são substituídas por uma quantidade equivalente de íons de Na, tornando a água menos resistiva. Os dados das análises químicas (Tabela 1) mostram que as águas dos poços localizados na parte sul (CIA-37, CIA-39 e CIA-42) são mais ricas em Ca e Mg e mais pobres em Na do que a dos poços da parte norte (CIA-23 e CIA-29), fato que suporta essa interpretação.

Fator de Formação — O conhecimento da resistividade das camadas e das águas subterrâneas permite calcular valores do Fator de Formação ($F_f = R_v/R_a$). Esses valores podem servir para estimativas da porosidade das rochas, através da Lei de Archie (Archie, 1942), dada pela expressão:

$$F_f = a\phi^{-m} \quad (3)$$

onde a e m são parâmetros que dependem da estrutura do meio poroso. Todavia, para rochas contendo materiais condutores disseminados, a variação de F_f com a resistividade do eletrólito produz estimativas, de porosidade anormalmente elevadas, baseadas na equação (3).

Os dados de R_v/R_a das 4 camadas estudadas nesse trabalho vêm dados na Tabela 2. Segundo Keller e Frischknecht (1966), para arenitos limpos e pouco cimentados,

os parâmetros da equação (3) podem ter os seguintes valores: $a = 0,62$ e $m = 1,72$. Adotou-se estes valores para estimar as porosidades dadas na Tabela 2. Para R_v acima do limite de 400 Ω m de resistividade, com F_f variando de 7 a 10, os valores estimados de porosidade variam no intervalo 18 a 25%. Para $F_f < 5$, isto é, $R_v < 400\Omega$ m, obtemos os valores de porosidade bem mais altos, os quais efetivamente refletem um aumento de argilosidade na camada aquífera. Assim, F_f pode constituir um critério da avaliação de argilosidade de camadas podendo ter relevante aplicação numa melhor distribuição das zonas de colocação de filtros em outros poços que venham a ser perfurados nas vizinhanças da região.

DADOS HIDRÁULICOS SOBRE O SISTEMA AQUÍFERO

O sistema explorado na área de captação do CIA-BA consiste de três a quatro aquíferos, sendo um parcialmente livre e dois ou três confinados ou semi-confinados, que podem estar sob diferentes níveis piezométricos. No sentido de determinar com precisão as propriedades hidráulicas desse sistema aquífero, seria necessário além de um poço de bombeamento pelo menos um poço de observação para cada uma das camadas aquíferas e um ou mais poços de observação completados nos folhelhos. Todavia, ainda não foi adotada esta técnica na região.

Os 21 poços tubulares da área foram completados para produção através do sistema inteiro, com penetração parcial variável em cada camada. Para cada

POÇO	CAMADA PT-1			CAMADA PT-2			CAMADA PT-3			CAMADA PT-4		
	R_a (Ω m)	F	ϕ (%)	R_a (Ω m)	F	ϕ (%)	R_a (Ω m)	F	ϕ (%)	R_a (Ω m)	F	ϕ (%)
CIA-22	70	5,0	30	80	2,5	45	80	2,0	50	70	4,0	34
CIA-23	75	7,0	24	75	4,5	32	75	2,0	50	75	5,5	28
CIA-24	80	6,5	25	80	4,5	32	75	2,5	45	80	7,5	23
CIA-25	80	7,5	23	75	6,0	27	60	4,0	34	60	1,0	75
CIA-26	70	9,5	20	80	4,0	34	50	2,0	50	50	3,0	40
CIA-27	80	2,0	50	55	5,5	28	65	2,5	45	65	2,0	50
CIA-28	—	—	—	70	2,5	45	70	7,5	23	70	1,0	75
CIA-29	75	6,0	27	70	4,0	34	70	3,0	40	75	10,5	19
CIA-30	80	5,5	28	65	3,0	40	65	2,5	45	—	—	—
CIA-32	—	—	—	55	7,0	24	110	7,5	23	120	6,0	27
CIA-34	40	5,5	28	110	5,5	28	95	7,5	23	90	6,0	27
CIA-35	55	10,0	20	55	4,5	32	60	2,0	50	—	—	—
CIA-37	—	—	—	110	7,0	24	110	8,0	22	80	10,5	19
CIA-38	—	—	—	110	7,0	24	110	8,0	22	95	8,0	22
CIA-39	—	—	—	95	5,5	28	75	6,0	27	110	3,5	36
CIA-40	—	—	—	110	7,5	23	80	10,0	20	75	10	20

Tabela 2 — Parâmetros petrofísicos das camadas de arenitos atravessados pelos poços da área de captação do CIA-BA.

poço produtor há um poço de observação situado a 10 m de distância, penetrando o sistema inteiro. Testes de bombeamento convencionais, e os dados de rebaiamento e vazão, bem como detalhes construtivos fazem parte da publicação da CERB (1975).

Para uma avaliação da ordem de grandeza dos parâmetros médios do sistema, foram interpretados os dados dos ensaios de bombeamento de 17 poços da região usando a equação aproximada de Jacob (Johnson, 1966), assumindo que, para tempos mais longos, o sistema se comportaria como um aquífero único com uma transmissividade e um coeficiente de armazenamento representando uma média do sistema como um todo. Em função das aproximações utilizadas, nenhuma consideração foi dada ao efeito de penetração parcial. Para evitar subjetividade na interpretação, foram ajustados os dados em escala semi-logarítmica, usando mínimos quadrados, numa calculadora HP 2100B. Os dados utilizados foram para tempos superiores a uma hora, para os quais se obtiveram ajustes lineares com coeficientes de correlação superiores a 99%.

A Fig. 8 é um mapa de iso-transmissividade do sistema construído com base nos resultados dos ensaios de bombeamento. Esta figura mostra que os efeitos da diminuição de espessura e do aumento da argilosidade nas camadas de arenitos em direção à parte norte da área, conforme discutido nas seções anteriores, se refletem globalmente num decréscimo da transmissividade por um fator da ordem de 2 a 3.

Os dados sobre o coeficiente do armazenamento, com algumas exceções, apresentam menor grau de variação, sendo que o valor da média de 17 determinações foi de 4×10^{-4} .

CONCLUSÕES

O estudo detalhado dos perfis elétricos de 21 poços na área de captação do Centro Industrial de Aratu (BA) mostrou que o aquífero explorado constitui um sistema hidrogeológico complexo, contendo pelo menos 4 aquíferos separados entre si por espessas camadas de folhelhos. Com suas origens relacionadas a correntes meandantes, os aquíferos apresentam uma variabilidade textural e geométrica que reflete esse ambiente de deposição.

Os dados petrofísicos desses aquíferos permitem fazer estimativas de porosidade, onde os arenitos estão mais limpos, ou do grau de argilosidade nos outros casos. Dependendo das condições hidrogeológicas, esses resultados podem ser extrapolados para outras áreas, sendo aplicáveis em estimativas de qualidade da água e na definição dos intervalos mais apropriados de colocação de filtros nos poços.

A relação empírica obtida para R_a versus Re_a , serviu de base para avaliar as modificações químicas da água

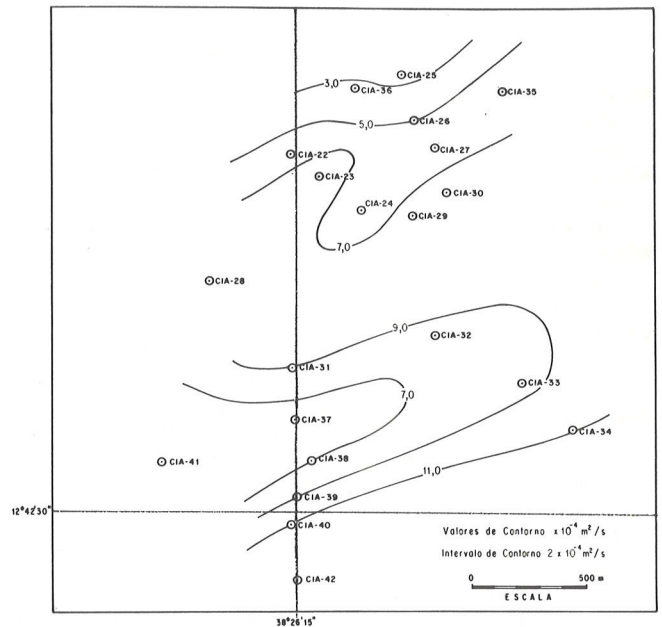


Figura 8 — Mapa de isotransmissividade do Sistema Aquífero São Sebastião, na área de captação do CIA-BA.

subterrânea a nível local, à medida que ela se move no sistema aquífero. Tais dados reforçam a utilidade da curva do P.E. em estimativas de qualidade química da água subterrânea.

A aplicação dessa sistemática de trabalho em uma escala mais regional poderá servir para delimitar, no aquífero São Sebastião, as regiões de vazões potenciais mais altas, bem como contribuir para a definição de uma sistemática de complementação de poços visando obter melhores condições de exploração da água subterrânea.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Direção da Companhia de Engenharia Rural da Bahia (CERB) pela liberação dos perfis de poços usados neste trabalho. Ao geólogo Abilio Bittencourt pela leitura crítica do manuscrito. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio à realização deste trabalho.

BIBLIOGRAFIA

- ALGER, R.P. — 1966 — Interpretation of Electrical Logs in Fresh Water Wells in Unconsolidated Formations. Trans. SPWLA Seventh Annual Symposium: 246-270.
- ARCHIE, G.E. — 1942 — The Electrical Resistivity Log as an Aid in Determining Some Reservoir Characteristics. Trans. AIME 146: 54-62.
- BERG, R.R. — 1968 — Point bar origin of Fall River Sandstones reservoirs, north-eastern Wyoming. Am. Assoc. Petrol. Geol. Bull., 52: 2116-2122.
- CERB — 1975 — Cadastro de Poços Tubulares do Estado da Bahia. CERB 2 — Vol. II. Companhia de Engenharia Rural da Bahia. Secretaria de Saneamento e Recursos Hídricos, Salvador.
- GAMA JR, E. — 1970 — Modelo Geológico das Bacias do Recôncavo e Tucano. Anais do XXIV Congr. Bras. Geol., 191-200.
- GHICNONE, J.I. — 1979 — Geologia dos Sedimentos Fanerozóicos da Bahia. In: Geologia e Recursos Minerais do Estado da Bahia; textos básicos. In da H.A.V. ed. Secretaria das Minas e Energia, Salvador.
- GONDOUIN, M.; TIXIER, M.P. e SIMARD, G.L. — 1957 — An experimental study on the influence of the chemical composition of electrolytes on the SP curve. Journ. Pet. Tec., 9 (2): 58-69.
- HORSCHUTZ, P.M.C.; DELLA FAVERA, J.C. e PASSOS, J.L. — 1973 — Sedimentação deltaica das Seqüências Santiago e Cambuqui, Formação Pojuca, Bacia do Recôncavo. Anais do XXVII Congr. Bras. Geol., 3: 315-338.
- JOHNSON, E.E. INC. — 1966 — Ground water and wells. Eduard E. Johnson — Inc. Saint Paul, Minnesota.
- KELLER, G.V. e FRISCHKNECHT, F.C. — 1966 — Electrical Methods in Geophysical Prospecting. Pergamon Press. Oxford.
- KRUEGER JR., W.C. — 1968 — Depositional Environments of Sandstones as Interpreted from Electrical Measurements, an Introduction. Trans. Gulf Coast Association of Geological Societies. V.XVIII: 226-241.
- LEITE, D.C. — 1962 — Possibilidades de Água Subterrânea na Bacia do Recôncavo Bahiano. PETROBRAS, Rel. Int. 525, Salvador.
- NASCIMENTO, O.S. e SILVA, C.A.M. — 1971 — Campo de Miranga. Desenvolvimento da Estrutura e Gênese dos Arenitos Produtores. Anais XXV Congr. Bras. Geol., 3: 23-32.
- SCHLUMBERGER — 1972 — Log Interpretation. Volume I. Principles. Schlumberger Lt., New York.
- TURCAN JR., A.N. — 1962 — Estimating Water Quality from Electrical Logs. U.S.G.S. Prof. Paper 450-C Article 116.
- VIANA, C.F.; GAMA JR. E.G.; SIMÕES, I.A., MOURA, J.A.; FONSECA, J.R. e ALVES, R.J. — 1971 — Revisão Estratigráfica da Bacia Recôncavo/Tucano. Bol. Tec. PETROBRÁS, 14 (3/4): 157-192.
- VISHER, G.S. — 1965 — Use of Vertical Profile in Environmental Reconstruction. Am. Ass. Petrol. Geol., 49: 41-61.

Recebido em Dezembro de 1980.