

APLICAÇÃO DE MÉTODOS GEOFÍSICOS NO ESTUDO DO AQUÍFERO TACARATU NA REGIÃO DE BUÍQUE, PERNAMBUCO

Roberto Gusmão de Oliveira¹

Manoel Júlio da Trindade Gomes Galvão¹

Almir Gomes Freire²

RESUMO

A CPRM – Serviço Geológico do Brasil, realizou estudos geofísicos integrados com levantamentos geológicos e testes de bombeamento do aquífero Tacaratu e das coberturas terciário-quadernárias de parte do município de Buíque-PE. Foram utilizados dois métodos geofísicos, o caminhamento de resistividade elétrica e a perfilagem eletromagnética com um equipamento EM 34-3. O objetivo principal foi distinguir estruturas subverticalizadas que funcionassem como acumuladores de água ou bloqueadores do seu fluxo, além de limites horizontais que indicassem a presença de contatos litológicos. Os resultados da interpretação desses dados indicaram duas situações principais para o arenito Tacaratu. A situação em que o comportamento hidrogeológico do arenito Tacaratu é semelhante ao do embasamento cristalino fraturado, ou seja, ocorre uma série de intercalações de faixas com baixas resistividades (<200 ohm.m), com faixas de resistividades altas, que em alguns casos atinge valores superiores a 10.000 ohm.m, sugerindo que o arenito não está saturado, sendo muito pouco permeável. A outra situação, em que o arenito é caracterizado por resistividades elétricas geralmente inferiores a 1.000 ohm.m, indicando a presença de alguma permeabilidade, e portanto, circulação de água intergranular. Nesse caso, a existência de faixas verticalizadas com baixas resistividades podem também ser correlacionadas com fraturas, que contribuem para a circulação da água.

INTRODUÇÃO

A CPRM – Serviço Geológico do Brasil, realizou estudos geofísicos integrados com levantamentos geológicos e de testes de bombeamento no aquífero Tacaratu e nas coberturas terciário-quadernárias de parte do município de Buíque. O objetivo dessa pesquisa foi procurar alternativas para reforçar o sistema de abastecimento dessa cidade, localizada no semi-árido do Estado de Pernambuco. Conforme informações da prefeitura, a demanda de água necessária para o abastecimento da sede municipal é estimada em torno de 90 m³/h. Este estudo fornece subsídios e propostas para a locação e definição de zonas favoráveis para um melhor aproveitamento do manancial subterrâneo da região.

1) Geólogos, 2) – Técnico de Mineração: CPRM – Serviço Geológico do Brasil. End. Rua das Pernambucanas, 297, Graças, 52011-010, Fax: 0xx81.3221-7456, Recife, Pernambuco, Brasil. Fone: 0xx81.3221-7645, E-mail: cprm@fisepe.pe.gov.br

CAMINHAMENTO ELÉTRICO PARA CONSTRUÇÃO DE PSEUDO-SEÇÕES DE RESISTIVIDADES APARENTES

O método consiste na execução de perfis, onde um transmissor injeta corrente no terreno mediante um par de eletrodos (A e B), fincados na superfície. Simultaneamente um receptor mede a variação do potencial elétrico em um outro par de eletrodos (M e N). O quociente entre a diferença de potencial e a intensidade de corrente, multiplicado por uma constante que depende do afastamento entre os eletrodos, fornece o valor da resistividade aparente. Para cada distância de afastamento entre AB e MN obtém-se uma profundidade de investigação. Utilizando-se mais de uma distância, a estrutura do terreno é investigada por meio de pseudo-seções de resistividade aparente, assim denominadas, porque sua escala vertical não representa a verdadeira profundidade de investigação, e o valores das resistividades refletem a somatória dos efeitos das diferentes resistividades das várias litologias do subsolo.

Durante o levantamento foram realizadas pseudo-seções com arranjo dipolo-dipolo, eletrodos em arranjo geométrico coplanar, espaçados de 30 m ou 20 m, com 6 níveis de investigação em profundidade. Foram realizados 5500 m lineares de perfis, separados em 5 Linhas (Figura 2) durante o mês de junho/2001.

Foi utilizado um eletrorresistímetro marca B&B, modelo GES 1/72, de corrente contínua, alimentação 24 volts, com eletrodos de aço inoxidável; e um receptor com eletrodos não polarizáveis. O sistema foi acoplado com carretéis e fios nº 10.

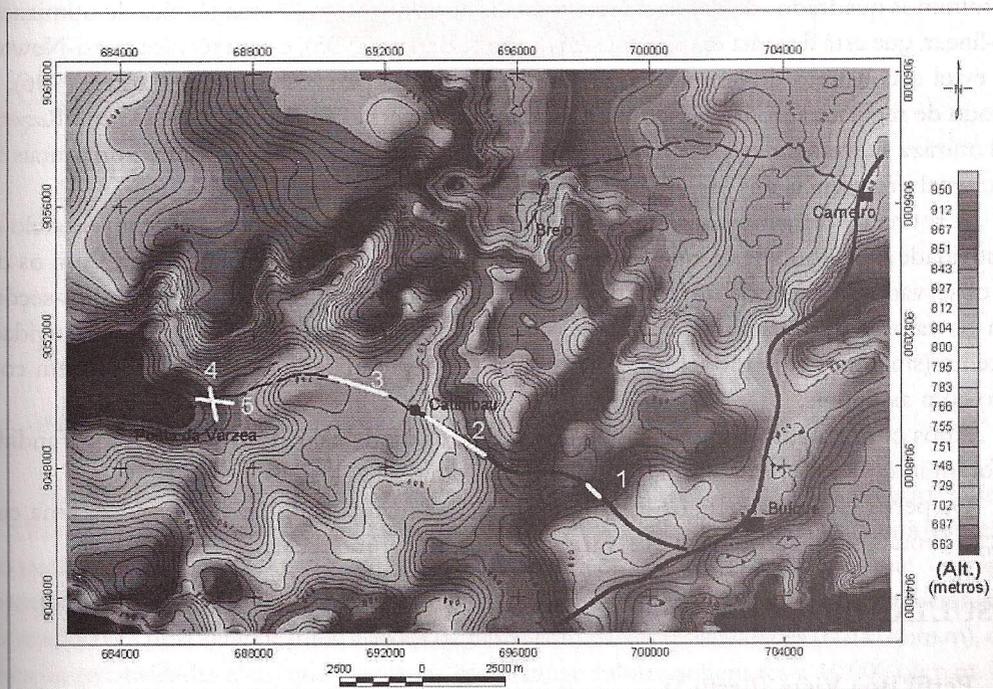


Figura 2 – Superfície digital do terreno de parte do município de Buíque, com localização dos perfis geofísicos (traços em branco).

MÉTODO ELETROMAGNÉTICO

Foi utilizado um equipamento EM-34-3 fabricado pela Geonics Inc. Esse equipamento utiliza duas bobinas, uma transmissora e outra receptora. Uma corrente elétrica alternada circulando pela bobina transmissora, cria ao seu redor um campo eletromagnético indutivo alternado, que induz correntes elétricas secundárias no solo, sob o aparelho. Essas correntes secundárias por sua vez, geram um campo eletromagnético alternado (campo magnético secundário) que é proporcional à corrente induzida. Uma parte desse campo secundário induz corrente numa bobina receptora, e produz uma saída que é proporcional à condutividade do solo (McNeill, 1980). As bobinas podem ser utilizadas na posição horizontal, modo do dipolo vertical, ou na posição vertical, modo do dipolo horizontal, em três diferentes aberturas, 10, 20 e 40 m.

TRATAMENTO DOS DADOS

Os valores de resistividade aparente foram calculados e interpolados manualmente ao mesmo tempo em que o levantamento era executado. Isso permitiu uma avaliação em tempo real da qualidade dos dados que estavam sendo gerados. Em concordância com a análise preliminar dos dados foi possível replanejar o trabalho a cada momento. Em seguida os dados de campo foram modelado por meio do software *RESIX2DI da Interpex Ltd.* (Interpex, 1997). Esse programa calcula a resposta direta de um semi-espaço homogêneo usando uma rotina de elementos finitos desenvolvida por Rijo (1977). Ele emprega um método rápido de inversão por mínimos quadrados de dados de resistividade aparente, usando uma técnica de otimização não-linear, que está descrita em detalhes em Loke & Barker (1995), e uma técnica quasi-Newton que evita o consumo de tempo no cálculo das derivadas parciais (Loke & Barker, 1996). O método de regularização escolhido para estabilizar a inversão foi baseado em *Occam's Razor*, o qual otimiza suavemente. Como o alvo da pesquisa foram estruturas verticais e horizontais foi dado igual preferência aos limites verticais e horizontais.

A rotina de trabalho consistiu em gerar, a partir dos dados observados, um modelo de resistividade e profundidade, que foi comparado matematicamente e visualmente com os dados observados, a partir de um modelo sintético de resistividade aparente. As pseudo-seções, com os valores de resistividade aparente coletados no campo, os modelos de resistividade aparente (sintético) e os modelos de resistividade e profundidade são apresentados em conjunto com as figuras.

Após o tratamento computacional dos dados, os modelos de resistividade e profundidade foram integrados com informações geológicas e hidrogeológicas.

Os perfis eletromagnéticos foram interpretados qualitativamente, fazendo-se uma correlação simultânea e combinada dos vários dipolos e profundidades.

RESULTADOS

Perfil Boa Vista (Perfil 1)

Foram executados levantamentos de resistividade elétrica e eletromagnético. O objetivo foi testar uma estrutura de direção NE-SW. O perfil tem 440 m de extensão. A abertura do caminhamento de resistividade elétrica foi de 20 m e da perfilagem eletromagnética de 10 m.

Observa-se, na parte média do perfil, uma nítida separação em dois padrões geofísicos nos dois tipos de levantamentos. Essa separação coincide com a estrutura investigada, que foi interpretada como uma falha.

No perfil eletromagnético (Figura 3), a metade leste é caracterizada pela presença de anomalias nos dipolos verticais (20 e 40 m), correlacionadas com fraturas. As anomalias positivas dos dipolos horizontais são interpretadas com indicativas de nível freático raso, provavelmente relacionados com coberturas saturadas.

A pseudo-seção de resistividade elétrica mostra a nítida separação entre os padrões de resistividade aparente para duas metades da seção, baixas a leste (<1.000 ohm.m) e altas a oeste (>1.000 ohm.m). Na modelagem da pseudo seção, as fraturas interpretadas no perfil eletromagnético estão claramente marcadas por faixas de baixa resistividade (<100 ohm.m).

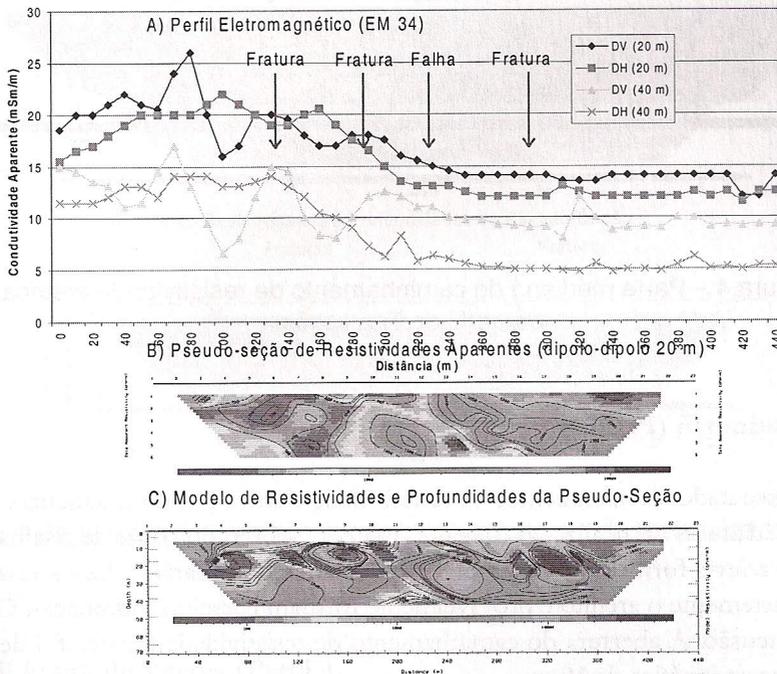


Figura 3 – Perfil Boa Vista, com levantamento eletromagnético e de resistividade elétrica.

Perfil Travessão (Perfil 2)

Foi realizado caminhamento de resistividade elétrica com abertura de 30 m em uma extensão de 2.100 m. O objetivo foi investigar estruturas verticalizadas (falhas e fraturas). A Figura 4 apresenta o trecho mediano do seção. A análise da modelagem da pseudo-seção demonstra que o comportamento geofísico do arenito Tacaratu é semelhante ao de um embasamento cristalino fraturado. Ou seja, ocorre uma série de intercalações de faixas com baixas resistividades (<200 ohm.m), com faixas de resistividades altas, que em alguns casos atinge valores superiores a 10.000 ohm.m. Isso sugere que o arenito não está saturado, sendo portanto muito pouco permeável. Uma das características mais marcantes é a presença de faixas horizontalizadas com baixas resistividades (<200 ohm.m), em uma profundidade de aproximadamente 40 m, provavelmente relacionadas com níveis de argilas intercaladas nos arenitos.

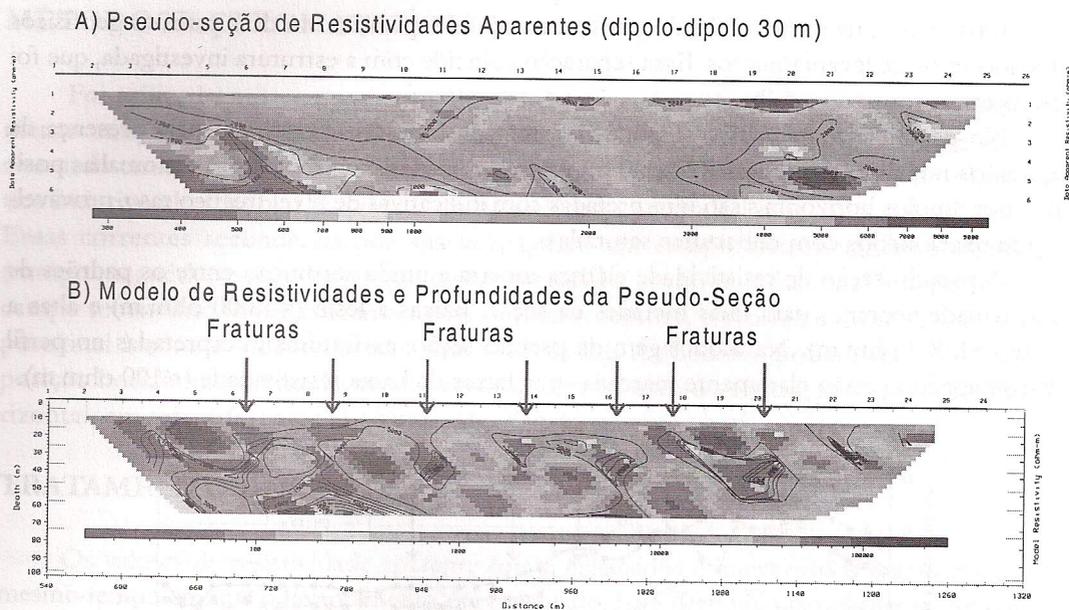


Figura 4 – Parte mediana do caminhamento de resistividade elétrica do perfil de Travessão.

Perfil Catimbau (Perfil 3)

Foram executados levantamentos de resistividade elétrica e eletromagnético. O objetivo foi investigar estruturas verticalizadas (falhas e fraturas), sobretudo zonas de cisalhamento que produzem no relevo formas semelhantes a “barbatanas de tubarão”. Esses cisalhamentos silicificaram fortemente o arenito e provavelmente formam barreiras hidráulicas. O perfil tem 1.500 m de extensão. A abertura do caminhamento de resistividade elétrica foi de 30 m e da perfilagem eletromagnética de 10 m.

As feições mais importante do perfil eletromagnético são anomalias positivas, muito bem marcadas nos dipolos horizontais e verticais, para a abertura de 40 m. Na Figura 5 está apresentada a metade leste do perfil. A assinatura de maior amplitude está correlacionada com uma zona de cisalhamento. É possível que a anomalia reflita um fluxo de água paralelo a essa estrutura, que pode funcionar como uma barreira hidráulica. A resposta dos dipolos horizontais e verticais para a abertura de 20 m, praticamente sem variação ao longo do perfil, reflete um nível freático profundo e fraturas secas.

O resultado do caminhamento elétrico é muito semelhante aquele obtido no perfil de Travessão, ou seja, uma série de intercalações de faixas com baixas resistividades (<200 ohm.m), com faixas de resistividades altas, sugerindo que o arenito não apresenta saturação, com a água fluindo ao longo das suas fraturas. Ocorrem também, faixas horizontalizadas com baixas resistividades (<200 ohm.m), provavelmente relacionadas com níveis argilosos.

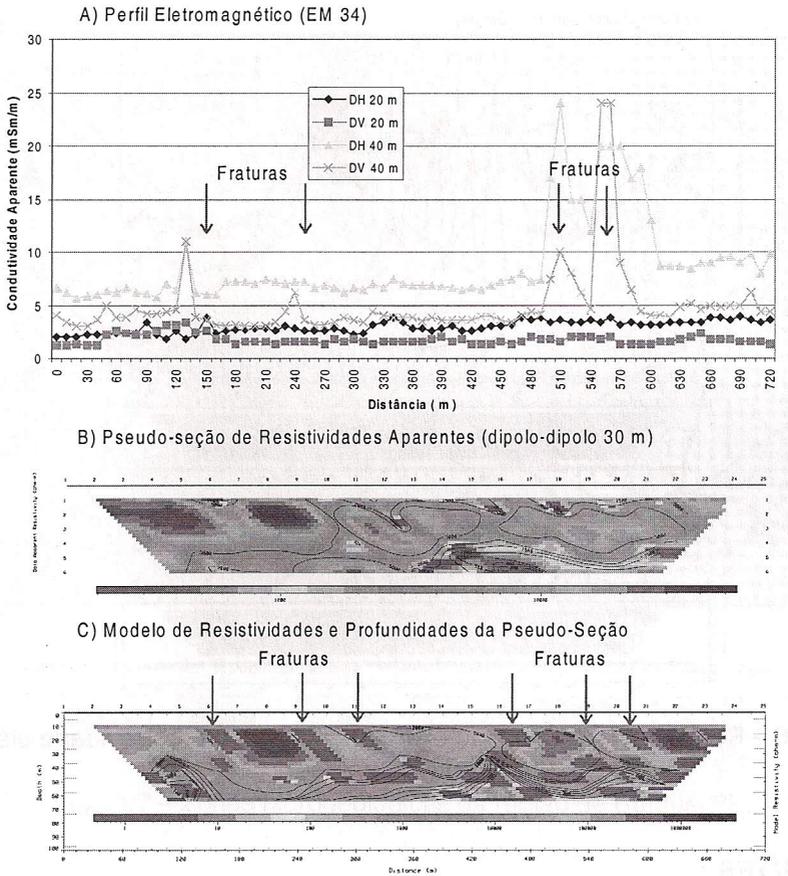


Figura 5 – Parte leste do levantamento eletromagnético e de resistividade elétrica do perfil de Catimbau.

Perfil Ponta da Várzea (Perfil 4)

Foram executados levantamentos de resistividade elétrica e eletromagnético. O objetivo foi testar a presença de estruturas favoráveis ao longo da calha do riacho Catimbau. O perfil tem 990 m de extensão. A abertura do caminhamento de resistividade elétrica foi de 30 m e da perfilagem eletromagnética de 10 m.

No perfil eletromagnético (Figura 6) a calha do riacho apresenta uma série de anomalias nos dipolos verticais, para as aberturas de 20 e 40 m, indicando a existência de fraturas ao longo do riacho. Os dipolos horizontais apresentam anomalias positivas, correlacionadas com a calha do riacho, e que são indicativas de coberturas arenosas saturadas e/ou nível freático raso.

O resultado do caminhamento elétrico (Figura 6) indica que o arenito esbranquiçado que aflora na região de Ponta da Várzea possui resistividades elétricas geralmente inferiores a 1.000 ohm.m. Esses valores podem indicar a presença de alguma permeabilidade, e portanto, circulação de água dentro da formação arenosa. A existência de faixas verticalizadas com baixas resistividades podem também ser correlacionadas com fraturas.

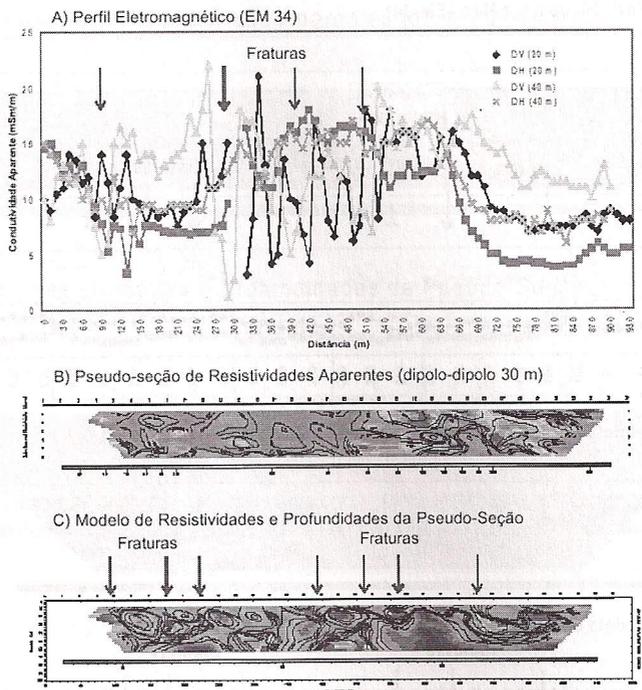


Figura 6 – Perfil com levantamento eletromagnético e de resistividade elétrica de Ponta da Várzea.

CONCLUSÕES

A interpretação conjunta dos dados geológicos, hidrogeológicos, topográficos e geofísicos permitiu a construção de um zoneamento da área pesquisada (Figura 7), cujas características são apresentadas a seguir.

- **Zona A:** embasamento cristalino composto de uma seqüência metassedimentar Eocambriana, granitóides neoproterozóicos e um complexo gnáissico-migmatítico;

- **Zona B:** arenito Tacaratu, por vezes sotoposto por coberturas arenosas recentes, constituindo-se excelente área de recarga do Aquífero Tacaratu, com altitudes superiores a 800 m;

- **Zona C:** coberturas arenosas recentes e o arenito Tacaratu pouco espesso. O arenito é pouco permeável e muito fraturado. O regime hidrogeológico se dá similarmente ao do aquífero fissural com muita dependência da intensidade das chuvas;

- **Zona D:** arenitos com alta resistividade elétrica ($> 5\,000\ \text{ohm.m}$) e parcialmente silicificadas. A água subterrânea se acumula nas coberturas recentes sotopostas e nas fraturas. O sistema apresenta uma rápida circulação da água e recargas boas, favorecidas pelo relevo íngreme adjacente;

- **Zona E:** arenitos com alta resistividade elétrica ($> 5\,000\ \text{ohm.m}$) e pouco permeáveis. O nível freático é profundo e as fraturas estão geralmente secas, no nível mais raso. O sistema é muito afetado por cisalhamentos que compartimentam o aquífero em partes isoladas;

- **Zona F:** arenito com resistividades entre 200 e 1 000 ohm.m e boa permeabilidade. A circulação da água também é favorecida por fraturas. A região é caracterizada por uma convergência de recargas e drenagens, favorecidas pelo relevo regional.

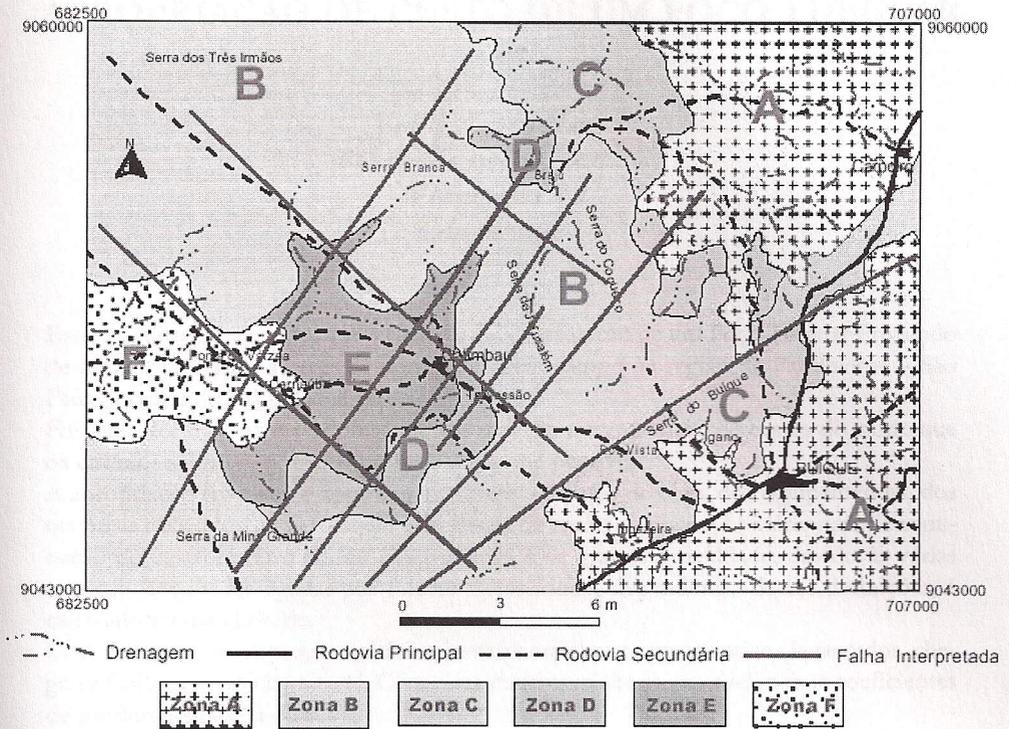


Figura 7 – Zonas hidrogeológicas da região de Buíque-PE.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARBOSA, O. Geologia de parte da região do médio São Francisco, Nordeste do Brasil. Petrópolis:PROSPEC, 1964.69 . il.
- INTERPEX LTD. 1997. RESIX2DI, 2D Resistivity and induced polarization smooth inversion. User's Manual, V1. 185 p.
- LEAL, J. de M.; MELO, J.G. Bacia Sedimentar do Jatobá-PE - estudo hidrogeológico. Recife: SUDENE. 1983.236p. (Brasil SUDENE. Série Hidrogeologia, 64).
- LOKE, M.H.; BARKER, R.D. 1995. Least-square deconvolution of apparent resistivity pseudosection. *Geophysics*, **60**:6(1682-1690).
- LOKE, M.H.; BARKER, R.D. 1996. Rapid least-square inversion of apparent resistivity pseudosection by a quasi Newton method. *Geophysical Prospecting*, **44** (131-152).
- McNEILL, JD. 1980. Eletromagnetic terrain conductivity measurement at low induction numbers. Technical Notes 6, Geonics Inc., Mississauga, Ontario.
- RIJO, L. 1977. *Modelling of Electric and Electromagnetic Data*. Ph.D Thesis, University of Utah, Michigan.