

HIDROGEOLOGIA PROSPECTIVA EM BACIA SEDIMENTAR: ESTUDO DE CASO EM PARAGOMINAS (PA)

Paulo Pontes Araújo¹; Mário Roberto Bastos Gomes²; José M. Villas Boas³.

RESUMO

O presente artigo descreve os resultados de uma pesquisa e comprovação hidrogeológica na cidade de Paragominas, porção nordeste do Estado do Pará. As atividades desenvolvidas abrangem trabalhos preliminares (pesquisa bibliográfica, elaboração de documentos básicos), mapeamento geológico, inventário de pontos de água, trabalhos geofísicos, a caracterização hidrogeológica da área estudada e perfuração de um poço tubular. Cadastraram-se 24 poços tubulares e de 9 amostras de água foram realizadas análises físico-químicas. Do ponto de vista hidrogeológico, destaca-se o aquífero Itapecuru como o único disponível na área. A pesquisa contribuiu a aprofundar o conhecimento hidrogeológico local e enfatizou as possibilidades da captação de água subterrânea para o abastecimento público. Apresentaram-se ainda recomendações para futuros trabalhos voltados para estudos mais detalhados acerca da potencialidade e outras características do aquífero.

ABSTRACT

The present work describes the results of a detailed hydro-geological study in the town of Paragominas, in the northeastern part of Pará-State. The performed activities include preliminary work (bibliographic study, elaboration of basic documents), geological mapping, inventory of well points, geophysical work, drafting of the hydrogeological scheme of the studied area and the drilling of a water-well. An inventory of 24 drilled was made and physical-chemical analyses of 9 water samples were performed. In terms of hydrogeology, the deposits of the Itapecuru Group may be distinguished as the only available aquifer in the area. The study contributed to amplify knowledge about the local hydrogeological conditions and stressed the possibilities of groundwater development for public water supply. Recommendations were made for future works meant to carry out more detailed studies on the potential and other characteristics of the aquifer.

Palavras-chave: prospecção hidrogeológica, bacia sedimentar.

¹ Geólogo *M.Sc.* em Hidrogeologia, Serviço Geológico do Brasil-CPRM, Av. Dr. Freitas 3645, Belém-Pará, (91) 3276.8577, e-mail: ppontes@be.cprm.gov.br; ² GEOFÍSICA - Serviços Geológicos Ltda., Fortaleza-Ceará, (85) 8899.8240; ³ Geólogo, Serviço Geológico do Brasil-CPRM, Av. André Araújo 2160, Manaus-Amazônas, (92) 2126.0300, vilas@ma.cprm.gov.br.

1 - INTRODUÇÃO

O Convênio nº 02/92, firmado entre a COSANPA - Companhia de Saneamento do Pará e o Serviço Geológico do Brasil - CPRM, em 17 de janeiro de 1992 e encerrado em abril de 1997, permitiu a concepção e criação do Projeto Informações Hidrogeológicas do Estado do Pará - PIH. Sua área de abrangência de 1.227.530 Km², correspondeu, na sua totalidade, ao Estado do Pará.

Teve como finalidade precípua proporcionar a Diretoria de Engenharia da COSANPA e às Prefeituras Municipais, informações sobre os recursos hídricos subterrâneos disponíveis nas principais cidades do Estado do Pará, as quais apresentaram problemas de abastecimento de água potável para consumo humano, em decorrência da ausência ou contaminação dos seus recursos de superfície.

Dentro deste contexto, foi definida pelos geólogos da CPRM, junto com os engenheiros da COSANPA, uma estratégia de atuação voltada a identificar, quantificar, qualificar e sugerir medidas de proteção ambiental aos aquíferos a serem localizados.

Adicionalmente, por solicitação das Prefeituras Municipais envolvidas nos trabalhos supramencionados, o Projeto PIH tratou das questões referentes ao cadastramento dos vetores de poluição e alocação dos distritos industriais, lixões e cemitérios.

O trabalho de pesquisa hidrogeológica em Paragominas, caracterizou-se pelo seu pioneirismo no que tange às atividades de campo do Projeto Informações Hidrogeológicas do Estado do Pará - Convênio CPRM/COSANPA.

2 - OBJETIVOS

Este artigo condensa uma seqüência de trabalhos técnicos, concernentes aos bairros do Trecho Seco e Jardim Atlântico, na cidade de Paragominas, nordeste do estado do Pará, folha S. A - 23 - Y - C, a qual teve como objetivo principal a identificação das possibilidades de captação de águas subterrâneas, alocação e perfuração de poço tubular profundo visando a captação de água como suprimento às necessidades públicas dos referidos bairros.

3 - ÁREA DE ESTUDO

A cidade de Paragominas está situada às margens da rodovia PA-250, tendo por coordenadas geográficas 47° 20' 18" de longitude oeste e 03° 02' 23" de latitude sul, de onde é possível chegar-se à rede nacional rodoviária, através da qual se atinge a cidade de Belém, distante cerca de 330 km (Fig. 1). A cidade de Paragominas é servida também por estradas vicinais, interligando-a com outros municípios. Algumas pistas de aviação de pequeno porte, comuns na região, são usadas por fazendeiros, madeireiras e comerciantes locais. O acesso ao interior da área de trabalho é realizado por veículos automotores e caminhamento a pé.

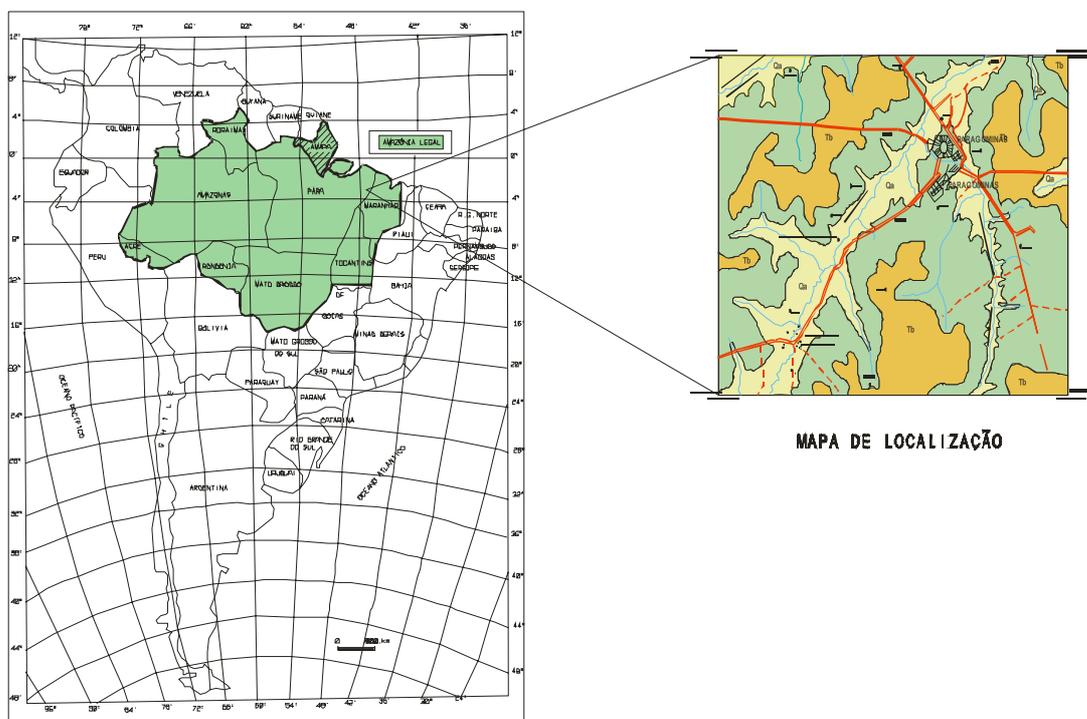


Figura 1 Localização da cidade de Paragominas onde foram realizados os estudos de prospecção de águas subterrâneas

3.1 - Aspectos gerais da área de pesquisa

De acordo com dados do IBGE [8], embora ocorram variações de temperatura na região nordeste do Pará, são reconhecidas duas categorias e tipos climáticos importantes - a de clima quente e de subquente - em razão das mínimas temperaturas diárias não serem freqüentes, não chegando, portanto, a criar importantes diferenciações climáticas ao longo da região pesquisada.

O clima quente, predominante na cidade de Paragominas, é devido a temperatura ser, em média, superior a 22^o, com um período seco de quatro a cinco meses. A pluviometria média regional varia de 1.500 a 2.000 mm anuais.

A área apresenta uma drenagem dendrítica - paralela, controlada por feições morfológicas, constituídas por sedimentos areno - siltosos da Formação Itapecuru. Possui como principais cursos d'água o rio Uraim e seus afluentes - igarapés Paragominas e da Prata - que constituem o principal sistema hidrográfico da região, assim como excelentes fontes de recarga do aquífero Itapecuru.

No acervo bibliográfico consultado, concernente aos trabalhos na Folha S.A-23-Y-C, encontra-se o registro de uma vegetação condicionada, regionalmente, aos diferentes tipos litológicos e topográficos existentes, com predomínio de floresta bastante densa, cujas árvores podem exibir um porte superior a 50m, classe ombrófila tropical de clima quente e úmido, também designada de vegetação pluvista, floresta tropical chuvosa, etc. Contudo, atualmente, na área trabalhada, encontra-se uma esparsa vegetação, de pequeno porte, tipo capoeira, associada à plantas heliófilas (cipó), bem como mata de cocais, caracterizando uma região de desmatamento por ação antrópica.

Os comentários apresentados neste item são resultados de análise bibliográfica [5] e das observações de campo, onde foram identificados dois tipos diferentes de solos: a) *aluviais*: mapeados nas zonas aluvionares dos rios, igarapés, lagos e nas calhas de drenagens, onde a topografia é mais acidentada. A litologia varia de areia a argila; são pouco profundos e de fertilidade média; b) *latossolos*: possui horizonte A ocre e B óxido, geralmente profundos e exibindo certa fertilidade.

3.2 - Geologia regional

A geologia regional aqui apresentada auxiliou no estabelecimento da distribuição dos aquíferos identificados na cidade de Paragominas. As questões referentes às espessuras das unidades geológicas foram solucionadas com o auxílio da geofísica (SEV).

A coluna estratigráfica admitida para a área trabalhada encontra-se representada no Quadro 1, haja vista que as unidades litoestratigráficas ali encontradas estão distribuídas de acordo com sua posição no tempo e com o posicionamento de cada uma em relação às demais, enquanto que o mapa geológico é apresentado na Figura 2.

Quadro 1 Coluna litoestratigráfica da área de estudo

UNIDADES GEOLÓGICAS	PERÍODO	LITOLOGIA PREDOMINANTE
Depósitos coluvionares e aluvionares	QUATERNÁRIO	Cascalhos, areias e argilas.
Grupo Barreiras	TERCIÁRIO	Conglomerados formados por fragmentos lateríticos ferruginosos e/ou aluminosos em matriz areno – argilosa. Arenitos em matriz areno - argilosa e arenitos de granulometria fina a média com matriz argilosa.
Formação Itapecuru	CRETÁCEO	Sedimentos fluviais – representados por arenitos de granulometria e coloração variadas, além de siltitos e pelitos, predominantemente de coloração avermelhada.

De acordo com esse mapa, as áreas que apresentam um maior potencial hidrogeológico, a uma profundidade menor, estão situadas nas porções onde aflora a unidade geológica Formação Itapecuru (Ki).

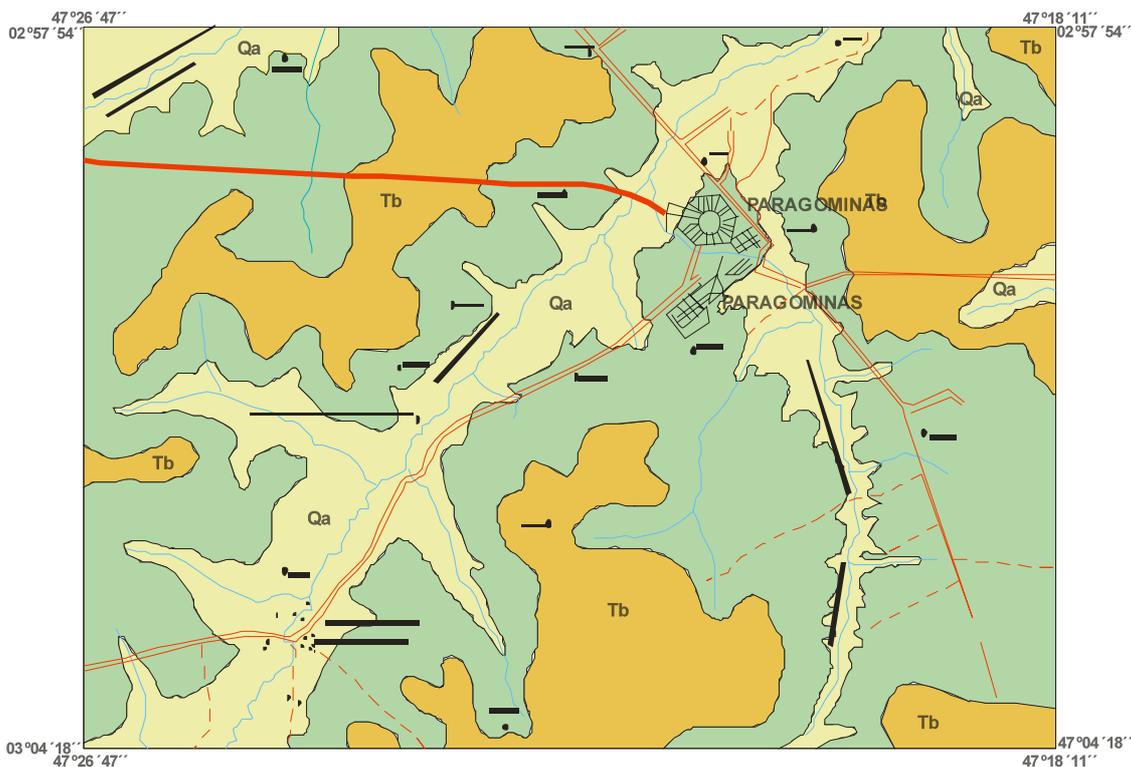


Figura 2 Esboço geológico da região de Paragominas.

O mapa geológico apresenta três unidades aflorantes: Formação Itapecuru (Ki), Grupo Barreiras (Tb) e Depósitos coluvionares e aluvionares do Quaternário (Qa).

3.2.1 - Formação Itapecuru (Ki)

A Formação Itapecuru (Ki) apresenta uma distribuição geográfica bastante expressiva abrangendo, em subsuperfície, toda a área urbana e no entorno de Paragominas. Litologicamente é composta por arenitos róseos ou avermelhados, argilosos, finos e grosseiros, contendo estratos cruzados abundantes, sotopostos por um manto laterítico, rico em material ferruginoso, conforme observado nos cortes da BR-010 próximos a Fazenda Água Parada, localizada a 15 Km ao norte da bifurcação entre a BR-010 e a estrada secundária de acesso à cidade de Paragominas. No presente trabalho, os dados de sondagem elétrica vertical (SEV) obtidos em Trecho Seco e Jardim Atlântico, mostram que a espessura desta unidade, na região urbana de Paragominas, pode chegar a até 450 metros.

3.2.2 - Grupo Barreiras (Tb)

A área é coberta por aproximadamente 70% de clásticos oriundos de sistemas fluviais. O Grupo Barreiras (Tpd) ocorrem sobre a Formação Itapecuru. A elas estão relacionadas às jazidas de bauxitas mapeadas nesta região do Estado do Pará. Em corte, ao longo da BR-010, pode ser observada uma espessa camada argilosa, capeando a seqüência laterítica (bauxítica e ferruginosa). Na região urbana de Paragominas, as coberturas detrito - lateríticas atingem cerca de 5m de espessura.

3.2.3 - Depósitos coluvionares e aluvionares (Qa).

Na área de pesquisa os sedimentos do Quaternário são inconsolidados, sendo comum encontrarem-se argilas orgânicas, com restos vegetais, bioturbados e intercalados a siltes e areias finas, com espessura variando de milimétricas a centimétricas. Estes depósitos são encontrados, principalmente, ao longo dos principais rios e afluentes menores, estando em maior proporção nas proximidades de anteparos artificiais, onde se formam planícies de inundação. Ocorrem também formando os terraços aluvionares.

4 - MATERIAL E MÉTODO

A metodologia adotada em Paragominas envolveu três etapas, sendo uma inicial de escritório, uma de campo e uma final de escritório. As atividades referentes as etapas e os serviços desenvolvidos são a seguir comentados: levantamento bibliográfico e elaboração de mapas de compilação e foteointerpretação; definição, em caráter preliminar, das atividades de campo; mapeamento geológico de semi-detalle e detalhe; inventário de pontos d'água, seguido de coleta de água para análises físico-químicas; aplicação da geofísica na definição dos horizontes saturados, em subsuperfície, através da sondagem elétrica vertical - SEV; alocação e perfuração de poço tubular profundo, com vistas à captação de água subterrânea para consumo público; elaboração do relatório final da pesquisa, tendo anexo o mapa de pesquisa e comprovação

5 - RESULTADOS OBTIDOS

5.1 - Caracterização hidrogeológica da área de estudo

O estudo de pesquisa e comprovação hidrogeológica em Paragominas, áreas Trecho Seco e Jardim Atlântico e arredores, enfocaram os sedimentos da Formação Itapecuru (Ki) aqui denominado, formalmente, de aquífero Itapecuru. Nesse pacote sedimentar está contido o aquífero mais importante da área estudada, com espessura saturada da ordem de 40m a 80m. Sua variação é controlada, aparentemente, pela topografia local.

As rochas do aquífero Itapecuru são compostas litologicamente por arenitos róseos ou avermelhados, intercalados por camadas argilosas, contendo estratos cruzados abundantes. Capeando este aquífero encontram-se os aquíferos livres constituídos por sedimentos detrítico - lateríticos, os quais alcançam em média 5 metros de espessura.

A recarga desse aquífero Itapecuru é realizada, nas áreas de Trecho Seco e Jardim Atlântico, principalmente, através de infiltração direta das excelentes precipitações pluviométricas com média regional varia de 1.500 a 2.000 mm anuais e pelo rio Uraim que corta a cidade de Paragominas. Atualmente, esta recarga fica prejudicada devido ao intenso desmatamento que ocorre na região, caracterizando forte impacto negativo ocasionado por ação antrópica.

As características médias dos poços encontrados na área de estudo são as seguintes:

- **Poço tubular com mais de 80m de profundidade:** profundidade 96,90m; ND 36m; NE 34m; vazão 6 m³/h.
- **Poço tubular com menos de 80m de profundidade:** profundidade 56,70m; ND 30,70m; vazão 3,4 m³/h.
- **Poço tubular geral:** profundidade 73,87m; ND 32,92m; NE 29,64m; vazão 6,15 m³/h.
- **Poço tubular valor máximo:** profundidade 120m; ND 45m; NE 41m; vazão 20 m³/h.
- **Poço tubular valor mínimo:** profundidade 30m.
- **Poço manual:** profundidade 24m.

5.2 - Definição das zonas saturadas em subsuperfície

Através das interpretações dos diagramas elétricos (SEV's 01 a 05), correspondentes aos ensaios geofísicos realizados na área de estudo, obteve-se uma coluna geoeétrica com espessuras e resistividades aparentes. De posse dos estratos geoeétricos, tentou-se uma correlação com a geologia local, obtida pelo mapeamento geológico/hidrogeológico, executado pela equipe de geólogos que compõem o Projeto de Informações Hidrogeológicas. Por outro lado, analisou-se o perfil geoeétrico de um poço estratigráfico perfurado pela PETROBRÁS nos arredores de Paragominas.

Após estas análises, se elaborou o perfil geoeétrico, possibilitando a interação entre a geologia e a geofísica, definindo-se, em média, os seguintes estratos geoeétricos (Fig. 4):

Estrato A - Sedimentos superficiais insaturados: Este estrato geoeétrico se encontra em toda a área trabalhada com valores de espessura e resistividade bastante variados. A resistividade varia de 200 a 600 ohm.m e a espessura apresenta-se em torno de 5 metros.

Estrato B - Sedimentos arenosos insaturados: De um modo geral, o estrato geoeétrico B se refere a sedimentos arenosos insaturados com uma espessura média de 30 metros e resistividade em torno de 1000 ohm.m.

Estrato C - Sedimentos arenosos saturados: É composto por rochas saturadas da Formação Itapecuru, constituindo-se no mais importante armazenador de água em subsuperfície da área em foco. Possui resistividade variando de 250 a 300 ohm.m e espessura média saturada de 60 metros.

Estrato D - Sedimentos argilosos: Este estrato conta com sedimentos argilosos da Formação Itapecuru, bastante regular, com espessura em torno de 250 a 300 metros e resistividade de 6 ohm.m. Embora a resistividade apresente características argilosa, admite-se intercalações arenosas de pequena expressão dentro desse estrato geoeétrico.

Estrato E - Sedimentos argilo-arenosos: Trata-se do ramo terminal ascendente das sondagens, levando-se a defini-lo como estrato mais resistivo do que o anterior.

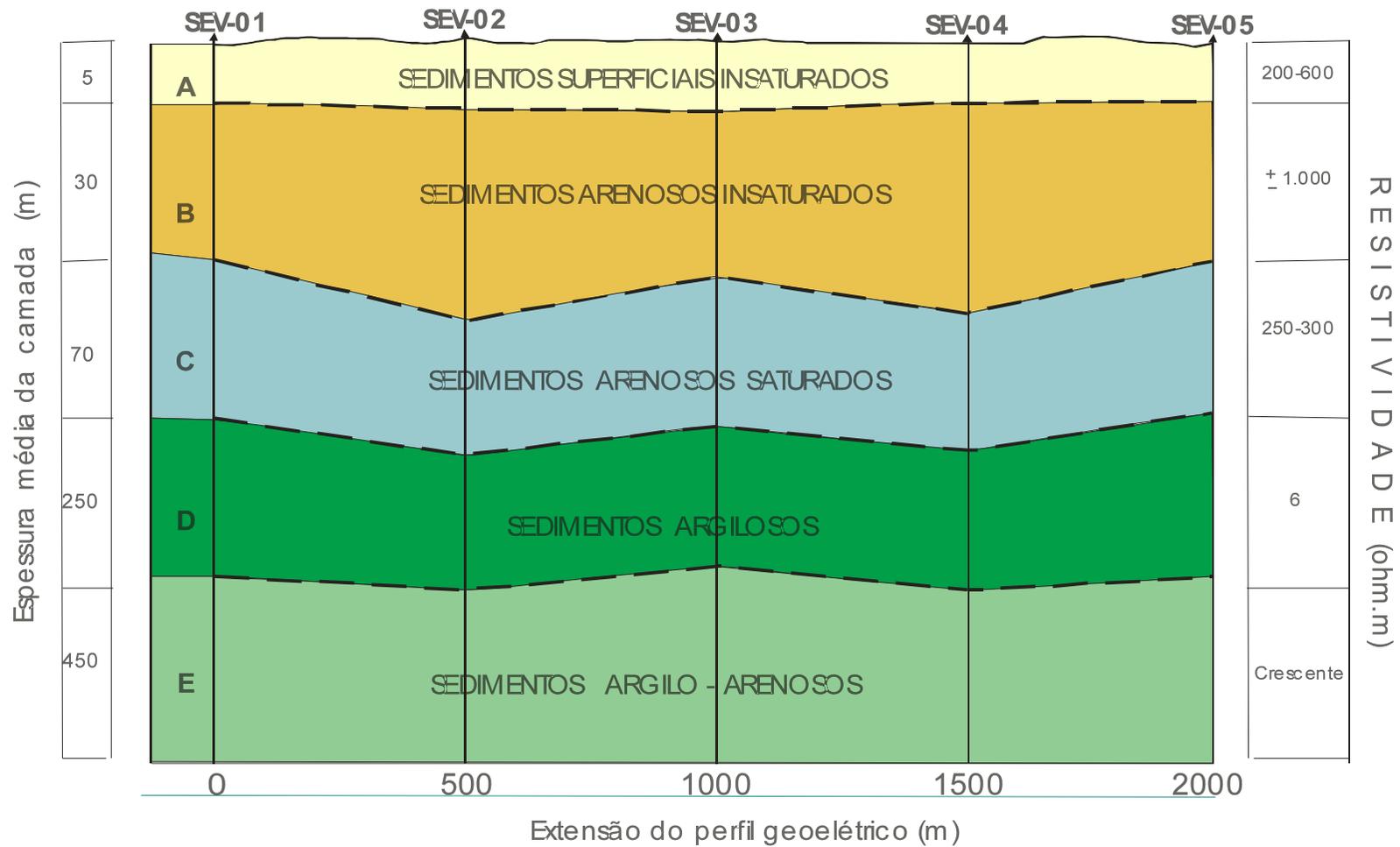


Figura 4 Perfil geolétrico mostrando a espessura estimada da zona saturada do aquífero Itapecuru em Paragominas

5.3 - Características do projeto de poço perfurado após a conclusão dos trabalhos de pesquisa

Inicialmente, efetuou-se a perfuração do poço até a profundidade de 09 (nove) metros, a fim de descer e cimentar o revestimento de superfície de 22 polegadas de diâmetro, usando-se, para tal, uma broca de 26 polegadas. Após a pega da cimentação do revestimento de superfície, perfurou-se com broca de 8 ½” até a profundidade de 88 m. Em função das características geológicas encontradas durante a perfuração, a profundidade final do poço foi definida em 150 metros (Fig. 5).

Na fase anterior a da operação de alargamento o poço foi condicionado, a fim de realizar-se a perfilagem de apoio. Na perfilagem, executaram-se perfis em raios gama, potencial espontâneo e resistência elétrica, através de um perfilador de 2 canais WIDCO Modelo 1200.

As amostras coletadas no poço foram submetidas a um peneiramento com malha de 200 mesh na boca da calha do revestimento de superfície. Em seguida, foram lavadas e acondicionadas, sendo posteriormente analisadas e descritas em laboratório.

Após a análise granulométrica do aquífero de interesse, foi selecionado o pré-filtro adequado as suas características, possibilitando o início da operação de colocação do mesmo, através de tubulação de 02 ½ polegadas, com extremidade posicionada na base da camada argilosa.

Após o enceramento da etapa de colocação do pré-filtro, foi realizado o desenvolvimento do poço, através do processo “cur-lift,” sendo utilizado o hexametáfosfato para a estimulação do aquífero.

Concomitante com a instalação do equipamento de bombeamento do poço, foi introduzida uma tubulação auxiliar de PVC (diâmetro ¾”), a qual serviu de suporte para a colocação do medidor de nível.

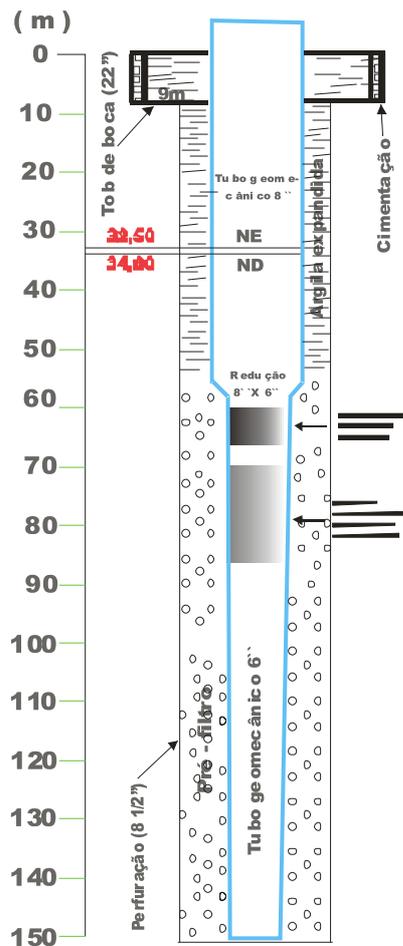


Figura 5 Perfil construtivo do poço tubular perfurado com base nos dados de pesquisa obtidos neste trabalho.

5.4 - Teste de bombeamento

Para o teste de vazão, foi utilizado um conjunto moto-bomba submersível, marca Haypt, modelo Q62-3 com motor de 7,5 CV. O espaço anular, formado entre o revestimento permanente e o de superfície, foi preenchido em uma única operação com pasta de cimento e areia (traço 1:1) até o topo do pré-filtro.

Antes do início do bombeamento, o registro do nível estático acusou 32,50m de profundidade, sendo repetido o mesmo procedimento de registro com referência ao nível dinâmico, a cada 10 minutos, até a sua estabilização, ocorrida a uma profundidade de 34,80 m. O teste de vazão durou sete horas revelando vazões de teste de 15 m³/h a 34,7 m³/h, com capacidade específica de 6,50 a 15,00 m³/h/m, respectivamente. Durante os primeiros 15 minutos do teste de vazão, foi utilizado um funil Marsh para a determinação do teor de areia do poço.

Na desinfecção do poço foi utilizada solução de hipoclorito de sódio a 10%, com uma concentração no interior do poço de 80ppm de cloro livre. O poço ficou em repouso por um período de oito horas, a partir do qual a solução foi bombeada até a água surgir límpida e sem odor de cloro.

5.5 - Qualidade da água subterrânea

A diagnose da qualidade das águas varia largamente com sua utilização. Seus critérios de qualidade são estabelecidos quimicamente por normas e padrões mais atuais, estabelecidos pelo Ministério da Saúde, através da Portaria número 36, datada de 10 de janeiro de 1990. É de ressaltar que todos os pontos de água cadastrados na área de estudo encontram-se explorando o aquífero Itapecuru.

As amostras das águas submetidas a análises físico-químicas, apresentaram seus índices referentes à cor, odor, turbidez, amônia, nitrito, nitrato, cloretos, dureza total, ferro total e matéria orgânica compatíveis com os padrões de potabilidade. Contudo, no que se refere ao pH (cujos padrões de potabilidade variam de 6,5 a 8,5), foram obtidos valores entre 4,6 e 4,8. Convém salientar que é comum que água de baixas profundidades (média de 70m) acusem pH ácido, não merecendo para tanto a inviabilização do seu aproveitamento, desde que se eleve o pH a uma faixa ideal para o consumo humano, através da alcalinização dessas águas, por uma solução de cal hidratada, eliminando-se, conseqüentemente, a acidez acentuada e o alto grau de corrosividade.

6 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O resultado das pesquisas efetuadas em Paragominas serviu, fundamentalmente, para comprovar a viabilidade de exploração de águas subterrâneas nas áreas de Trecho Seco e Jardim Atlântico, atingindo respostas satisfatórias e compatíveis com a escala adotada para o trabalho.

A área é coberta por aproximadamente 70% de clásticos oriundos de sistemas fluviais e por sedimentos de origem lagunar ou lacustre, denominados formalmente de Formação Itapecuru, constituída por arenitos de textura fina a média, siltitos e argilitos.

Quanto às características hidrogeológicas, verifica-se que o aquífero Itapecuru representa o mais importante manancial atualmente explorado visando o abastecimento de água à população local, bem como ao setor industrial madeireiro (serrarias). A seqüência de estratos geoeletricos apresenta caráter de acamamento horizontal a subhorizontal, não havendo indícios de fenômenos tectônicos relevantes.

A correta orientação técnica e a compatibilidade dos dados obtidos evidenciaram, entre outros parâmetros, que o aquífero a ser explorado deveria sofrer perfuração a uma profundidade de captação máxima de 150 metros, com uma expectativa de vazão média em torno de 35m³/h. A vazão comprovada de poço tubular perfurado nesse sistema aquífero, após a conclusão dos trabalhos de perfuração foi de 34,7m³/h, a uma profundidade final de 80 metros com rebaixamento de 2,30m.

Embora os resultados alcançados tenham sido satisfatórios, a área em questão necessita de estudos mais detalhados a respeito de sua potencialidade, haja vista que em toda a sua extensão é muito reduzido o número de poços profundos perfurados com as suas características hidrodinâmicas definidas de forma consistente.

Dentro dos critérios de potabilidade das águas ora estudadas, os resultados das análises físico-químicas inseriram-nas nas normas e padrões estabelecidos pelo Ministério da Saúde, embora haja necessidade de uma alcalinização prévia por meio de solução de cal hidratada, no sentido de corrigir o pH para a faixa ideal, já que o mesmo acusou uma acidez elevada.

7 - REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- [1] ARAÚJO C.C. de - Projeto estudo global da bacia sedimentar do Parnaíba - subprojeto hidrogeologia relatório final - folha 12 Teresina do Recife, DNPN/CPRM, 1977. 2 V.
- [2] ARAÚJO P.P. *et al* - Projeto de Informações Hidrogeológicas - hidrogeologia prospectiva em terreno cristalino - Novo Repartimento, sudeste do Pará, CPRM/COSANPA, 1992.

- [3] ARAÚJO P.P. *et al* – Projeto de Informações Hidrogeológicas – hidrogeologia prospectiva em bacia sedimentar – Castanhal, norte do Pará, CPRM/COSANPA, 1996.
- [4] BRASIL-DNPM/CPRM - Mapa Geológico do Estado do Maranhão, escala 1:1.000.000. Brasília 1986.
- [5] BRASIL. MINISTÉRIO DO INTERIOR. Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste. Arquivo controle pluviométrico Piauí e Maranhão. Recife, SUDENE. 5 v, 1973.
- [6] CAPUTO, M. V. - Stratigraphy, tectonics paleoclimatology and paleogeography of northern Basins of Brazil. Santa Barbara, University of California, 1984. 593 p. il (Tese de Doutorado).
- [7] CUSTÓDIO, E. & LLAMAS, M.R - Hidrogeologia Subterrânea. Barcelona, Omega, 1976. 2 v. il.
- [8] FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - Geografia do Brasil: Região Nordeste. SERGRAF - IBGE, 1977.454 p. il. V. 2.
- [9] LOGAN, J. - The interpretation of chemical analyses of water. Recife, USAID, 1965. 65 p. graf.
- [10] SILVA, F. A. C.da - Projeto estudo global dos recursos minerais da bacia sedimentar do Parnaíba - subprojeto hidrogeologia relatório final-folha 3 - São Luiz SO. Recife, DNPM/CPRM, 1979 2 v.
- [11] SOARES FILHO, A.R. - Projeto estudo global dos recursos minerais da bacia sedimentar do Parnaíba subprojeto hidrogeologia; relatório final-folha 7- Teresina NO. Recife, DNPM/CPRM, 1979, 2 v.