

ESTUDO HIDROGEOLÓGICO PARA A IMPLANTAÇÃO DO CEMITÉRIO MAX DOMINI CASTANHAL

Antonio Carlos F. N. S. Tancredi¹; Ednólia Maria da Silva Correa²

RESUMO - A caracterização hidrogeológica é fundamental para a implantação correta de cemitérios. A área do cemitério Max Domini Castanhal, apresenta até 20m de profundidade camadas de argila silticoarenosa amarela, areia fina amarela, argila variegada e camadas arenosas. O lençol freático situa-se nas profundidades de 6,85m a 11,82m.

A infiltração da água subterrânea na zona não saturada é lenta, com condições favoráveis para a biodegradação e atenuação de contaminantes, nesta região de clima equatorial úmido.

Na parte setentrional e meridional da área, o gradiente hidráulico é de 0,0072 e 0,025 e a velocidade do fluxo da água subterrânea de 0,006 m/dia e 0,025 m/dia, respectivamente.

A vulnerabilidade natural do aquífero situado a partir de 12,00m de profundidade apresenta índice de 0,28 baixo, no Sistema de Avaliação de Foster & Hirata. Essa baixa vulnerabilidade relaciona-se principalmente às camadas de argila variegada, de baixa permeabilidade, atuando como uma barreira impermeável de proteção.

ABSTRACT - The hydrogeologic characterization is very important to locate correctly the site for cemetery implementation. The área of Max Domini Castanhal Cemetery presents up 20 m depth, yellow clay with silt and sand, yellow sand, variegated clay and a sandy layer. The water table ranging from 6,85m to 11,82m.

The infiltration water in the vadose zone is slow and this condition favors biodegradation and attenuation of contaminants, in this region of humid equatorial climate.

The hydraulic gradient, in the northern and southern of the area are 0,0072 e 0,025 and a groundwater flow velocity 0,0096 m/day. to 0,025 m/day.

The natural vulnerability in aquifer ranging of 12,0m deep presents a value of 0.28 – low in the Foster & Hirata Evaluation System. This low vulnerability is due to mainly the clay layers with low permeability, acting like a protection impermeable barrier.

Palavras chave: cemitério, estudo hidrogeológico.

¹ Antonio Carlos F. N. S. Tancredi – Laboratório de Pesquisa e Assessoria – Belém – Pará - actancredi@gmail.com

² Ednolia Maria da Silva Correa – EMC Consultoria e Negócios Ltda. – Belém – Pará - ednoliacorrea@Hotmail.com.br
XIX Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas

1 - INTRODUÇÃO

A caracterização hidrogeológica tem importância fundamental para a implantação correta de cemitérios. A água no sub-solo é a principal condicionante para a adequada construção e operação dos mesmos.

Os processos de decomposição de cadáveres bem como a filtragem e migração do necrochorume até os mananciais de água subterrânea são controlados pela natureza dos terrenos.

Este trabalho apresenta a avaliação das condições hidrogeológicas na área do Cemitério Max Domini Castanhal e às suas proximidades.

1. 1 - Localização e Acesso

A área desta pesquisa, com 13,76 hectares de superfície, localiza-se no Município de Castanhal, na rodovia BR-316 em sua parte oriental; distando 7 km do centro da cidade de Castanhal e 77 km de Belém. O acesso é rodoviário através da rodovia BR-316.

Figura 1 apresenta a localização da área.

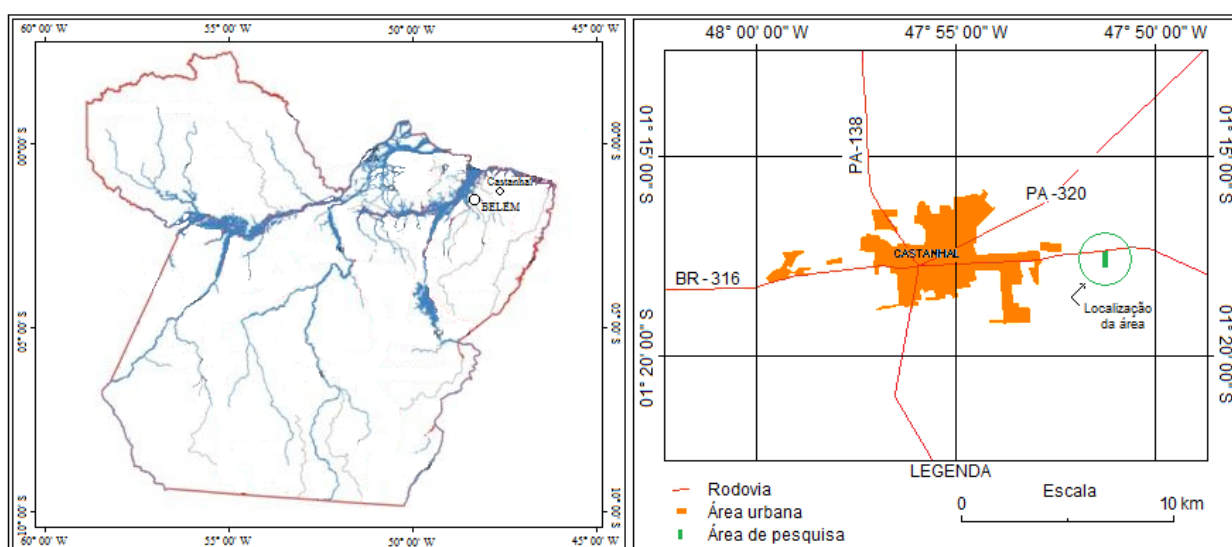


Figura 1 – Localização da área de pesquisa.

2 – CARACTERÍSTICAS AMBIENTAIS

A área situa-se no domínio de clima equatorial úmido, tipo Am, segundo a classificação de Köppen (SUDAM, 1984).

As características climáticas médias anuais apresentam os seguintes valores (baseados na estação meteorológica da EMBRAPA de Castanhal):

- Temperatura 26,0 °C
- Precipitação pluviométrica total 2.6604,4 mm
- Evaporação total 719,7 mm
- Umidade relativa do ar 85,0 %
- Insolação total 2.178,1 h.

A vegetação original nessa região foi de uma Floresta Tropical Úmida Perenefolia, com grande heterogeneidade na composição das espécies florestais. Os principais tipos incluem Vegetação de Floresta Densa, associado aos terrenos mais elevados e Vegetação de Várzea, de áreas baixas ou inundáveis. A floresta primitiva foi sendo alterada na sua cobertura original, sendo a maior parte desflorestada devido à urbanização e à atividades agrícolas e pecuárias. Ocorre ainda Florestas Secundárias, Áreas de Campos e Áreas de Capoeiras, onde originalmente assentava-se a floresta original. A área destas pesquisas apresenta vegetação constituída por gramíneas, algumas espécies arbóreas.

A pedologia nessa região apresenta latossolos amarelos de textura variada e concrecionário laterítico; latossolos amarelos de textura média e com areias quartzosas, distróficos; solos hidromórficos gleizados de textura variada; e podzol hidromórfico. Na área da pesquisa há a ocorrência de solos latossolos amarelos.

A área desta pesquisa situa-se na bacia hidrográfica do Rio Inhangapi, afluente pela margem esquerda do Rio Guamá ao sul de Castanhal, sendo a bacia hidrográfica do Rio Guamá, a principal. que tem sua drenagem para a Baía de Guajará e desta para a Baía de Marajó, na parte sul do estuário do Rio Amazonas. Essa drenagem está relacionada aos lineamentos estruturais da região.

Os sistemas de colinas, no Planalto Rebaixado da Amazônia, funcionam como interflúvios, destacando-se como principal, o divisor entre as drenagens da bacia do Rio Guamá e das bacias do que tem suas drenagens para o Oceano Atlântico, as quais situam-se respectivamente nas partes sul e norte da área.

Os baixos cursos dos rios dessas redes de drenagem estão sob a influência da maré. Essa área situa-se na Região Hidrográfica Atlântica Nordeste.

A Figura 2.1 apresenta a rede de drenagem dessa área.

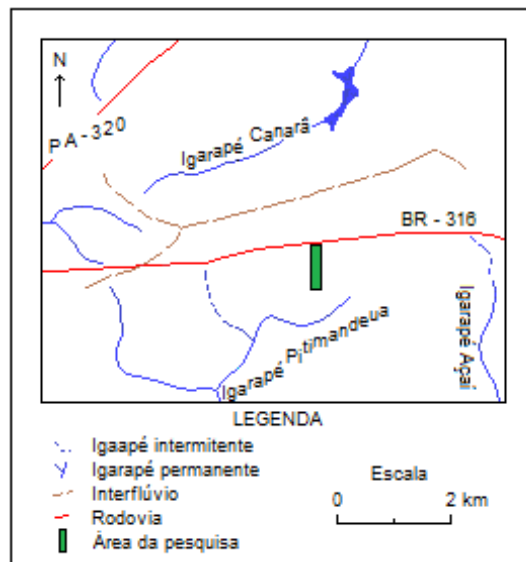


Figura 2.1 - Drenagem da área de pesquisa.

3 - GEOLOGIA

A região nordeste do Pará, onde situa-se a Castanhal apresenta uma cobertura sedimentar sobrejacendo a um embasamento cristalino, o qual apresenta rochas de variados graus de metamorfismo, como gnaisses, quartzitos, xistos e filitos. A cobertura sedimentar é constituída essencialmente pelas rochas da Formação Pirabas, do Grupo Barreiras e sedimentos do Quaternário.

A Figura 3.1 o mapa geológico da região de Castanhal.

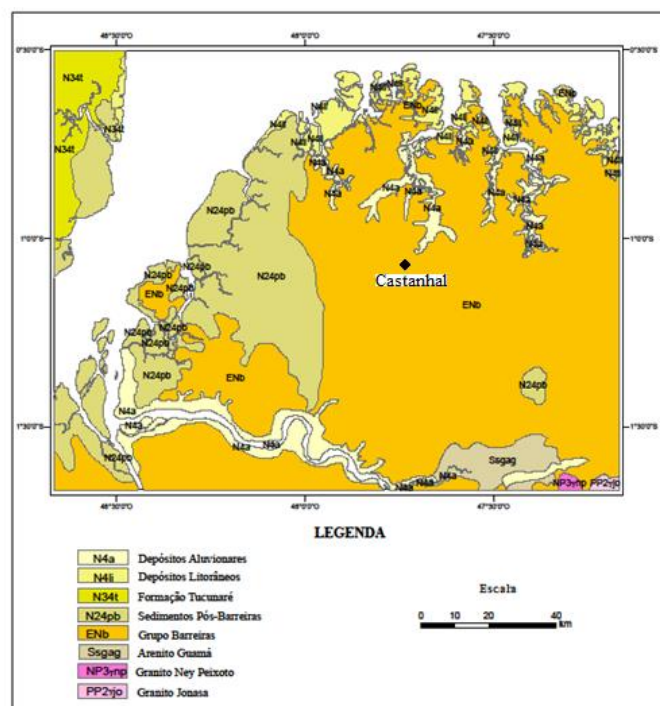


Figura 3.1 – Mapa geológico da Região de Castanhal (adaptado de VASQUEZ et al., 2008).

O Grupo Barreira é constituído por argilas, siltes, areias, cascalhos, arenitos, siltitos, conglomerados, níveis de concreções ferruginosas, arenito ferruginoso. São de coloração amarelada, marrom, com argilas multicoloridas, variegadas, à vezes claras caoliníticas, às vezes cinzas com matéria orgânica. O Grupo Barreiras é constituído por duas unidades separados por uma inconformidade. A parte superior, regressiva, com fácies fluvial e feições de fluxos gravitacionais. A parte basal mostra a presença de fácies de planície de lama, de lama/areia e de canais de maré, com zonas próximas e distantes da atual linha de costa (ARAI et all, 1992). Esses sedimentos tem distribuição espacial bastante irregular. A espessura total do Grupo Barreiras atinge em torno de 100 m.

Sotoposta ao Grupo Barreira, a partir de 60 m de profundidade encontra-se a Formação Pirabas, não aflorando na área. É constituída por calcários, areias, argilas, margas, arenitos, siltitos, argilitos, depositados em ambiente marinho, durante o Mioceno, sendo ricamente fossilífera.

3. 1 - Geomorfologia

Na região de Castanhal as principais unidades morfo-estruturais resultantes dos processos geomorfológicos das paisagens encontradas são constituídas pelo Planalto Rebaixado da Amazônia e pela Planície Amazônica.

O Planalto Rebaixado da Amazônia apresenta um relevo com extensas superfícies planas, onduladas e dissecadas, tendo se desenvolvido em rochas do Grupo Barreiras e do Pós-Barreiras.

Os sistemas de colinas, no Planalto Rebaixado da Amazônia, funcionam como interflúvios, destacando-se como principal o divisor entre as drenagens da bacia do Rio Guamá e das bacias que drenam para o oceano Atlântico.

A Planície Amazônica situa-se acompanhando as margens do rios da região e dos baixos cursos de seus afluentes. É caracterizada por uma área plana, formada por depósitos aluviais Quaternários, com áreas alagadas e inundáveis periodicamente pelas chuvas e pelas marés.

Na área a geomorfologia é constituída pelo Planalto Rebaixado da Amazônia.

3. 2 - Geologia Local

Na área da pesquisa a partir da superfície do terreno e com base nas sondagens dos piezômetros efetuadas no local, a geologia apresenta uma cobertura sedimentar dos períodos Quaternário e Terciário.

Os sedimentos e rochas que compõem estas unidades litológicas apresentam-se inconsolidados.

A seqüência litológica apresenta uma camada de argila silticoarenosa amarela, na parte superior do terreno, com espessura de 6,00 m e uma camada de areia fina amarela com 3,00 m de espessura. Essa litologia da parte superior e até a profundidade de 9,00 m faz parte do Quaternário antigo, Pós Barreiras.

Subjacente ocorre camada de argila variegada e em parte do terreno um horizonte de laterita, constituindo o topo do Grupo Barreiras, nas profundidades de 9,00 m a 12,00 m. Sotoposto há ocorrência de estratos arenosos até 20,00 m de profundidade, final das perfurações dos piezômetros.

4 - HIDROGEOLOGIA

Os dados das perfurações dos poços de monitoramento ou piezômetros executados na área e outras informações complementares relativas à região de Castanhal possibilitaram a identificação do sistema hidrogeológico na zona não saturada e na zona saturada até a profundidade das perfurações dos piezômetros 20,00 m.

O sistema hidrogeológico apresenta sedimentos clásticos argilo silticoarenosos, formando a zona não saturada. A zona saturada é formada em sua parte superior por sedimentos por parte de estratos arenosos e pela camada de argila variegada e por estratos arenosos sotopostos.

A Figura 4,1 apresenta os perfis litoconstrutivo dos poços de monitoramentos.

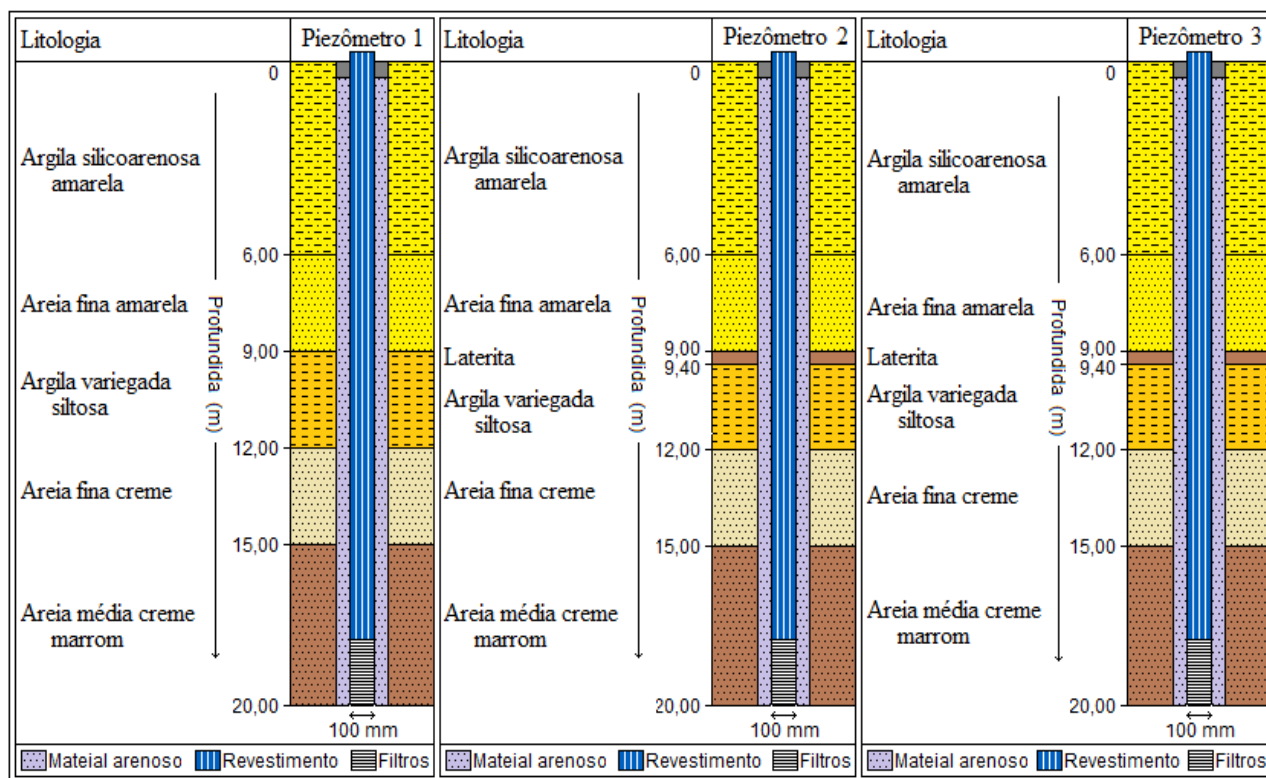


Figura 4.1 – Perfis litoconstrutivos dos poços de monitoramento (piezômetros).

As atividades antrópicas são registradas no transporte da fase líquida na zona não saturada e no fluxo da água subterrânea na zona saturada.

4.1 - Zona Não Saturada

A água nesta zona ocorre na forma higroscópica, formando películas finas de umidade na superfície das partículas do terreno. Os interstícios são parcialmente preenchidos por água e por ar. O teor de umidade aumenta em profundidade até a zona saturada.

O movimento da água subterrânea é vertical, controlado pelas forças gravitacional e capilar. A zona não saturada exerce importante proteção da qualidade da água subterrânea, constituindo-se na função filtro dos aquíferos.

A maior parte da água subterrânea é alimentada pela precipitação pluviométrica, com a infiltração direta e/ou diferencial de parte da água precipitada.

O movimento da água subterrânea na zona não saturada neste local é lento e em ambiente aeróbico propiciando a biodegradação da matéria orgânica, eliminação de micro-organismos e atenuação de substâncias químicas.

Foram realizados nove ensaios de infiltração na área, os quais utilizaram o método de rebaixamento de nível, da Associação Brasileira de Geologia de Engenharia para ensaios de permeabilidade em solos (OLIVEIRA & CORRÊA FILHO, 1996). Esses ensaios permitiram a obtenção das condutividades hidráulicas da camada de argila siltoarenosa amarela situada na superfície do terreno e sua distribuição espacial.

A Figura 4.2 apresenta o mapa de permeabilidade de superfície.

Qualquer necrochorume permanecerá na vizinhança do local, onde será degradado pela oxidação, filtragem natural e troca de íons entre a argila e o necrochorume.

A litologia argilosa na zona não saturada é uma das condições mais favoráveis para biodegradação e atenuação nas regiões de clima úmido, como o desta área.

A espessura da zona não satura situou-se entre 11,82 m no Piezômetro 1 e 6,85 m em um poço escavado na parte sul próximo à área de pesquisa.

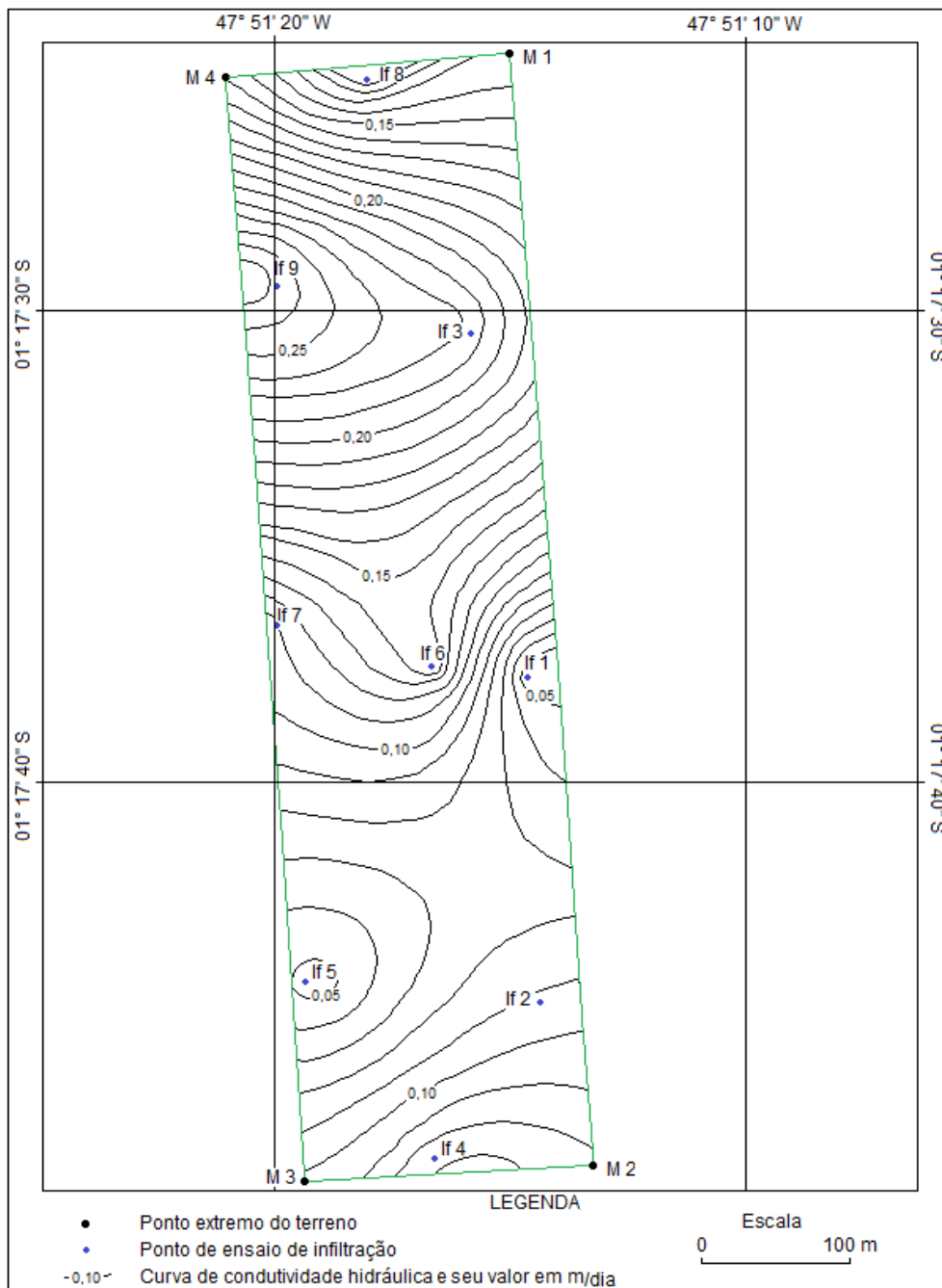


Figura 4.2 – Mapa de permeabilidade de superfície, da área de pesquisa.

4. 2 - Zona Saturada

A água subterrânea na zona saturada preenche todos os interstícios ou poros do terreno. A camada arenosa saturada subjacente à camada de argila variegada na zona saturada, constitui um aquífero do tipo confinado.

O nível hidrostático nessa área situa-se nas profundidades de 7,95 m no Piezômetro 3; no Piezômetro 2 a 11,12 m e 11,82 m no Piezômetro 1, variação relacionada à topografia do terreno e à dos níveis hidrostáticos da água subterrânea.

O movimento da água subterrânea na zona saturada é horizontal (sub-horizontal) sendo função da condutividade hidráulica e do gradiente hidráulico. O movimento da água subterrânea é importante em muitos problemas, particularmente aos relacionados à poluição.

4.3 - Características Hidráulicas

As características litológicas da zona saturada estão intimamente relacionadas ao armazenamento e condução da água subterrânea.

A porosidade total e efetiva, determinadas em laboratório em uma amostra indeformada do Piezômetro 1, apresentou 0,30 ou 30,0 % para a porosidade total e 0,21 ou 21,0 % para a porosidade efetiva. As características hidrodinâmicas da zona saturada, foram determinadas *in situ* através de *slug test* desenvolvido por HVORSLEV (1951) no Piezômetro 1.

As Figuras 4.3 e 4.4 apresentam os diagramas do rebaixamento e da recuperação, para a inserção e retirada, respectivamente.

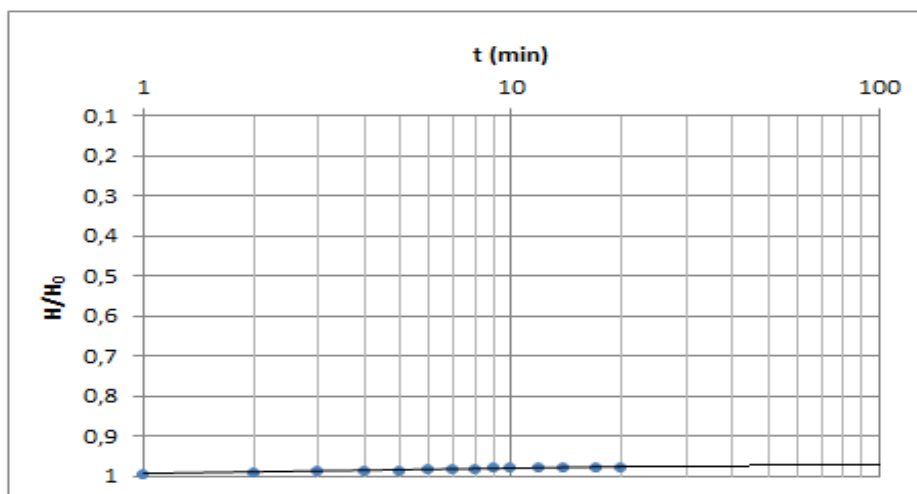


Figura 4.3 – Diagrama semilogaritmico do *slug test* na inserção.

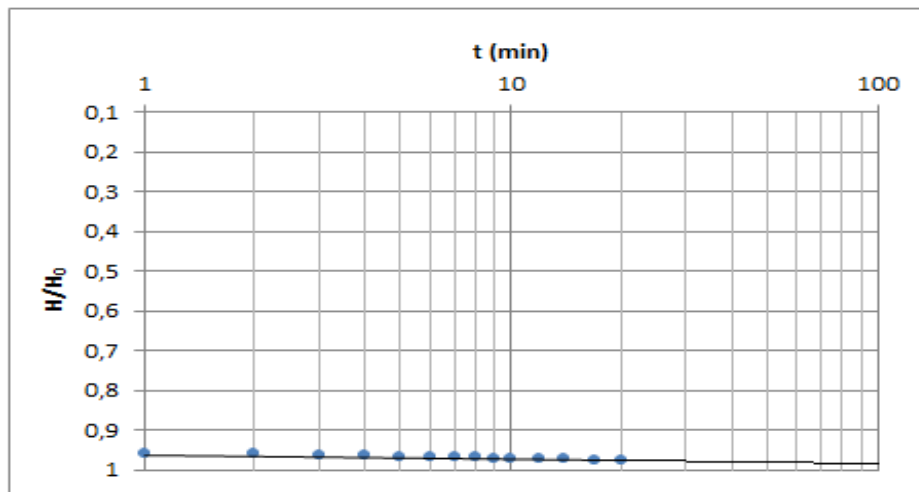


Figura 4.4 – Diagrama semilogaritmico do *slug test* na retia.

O valor obtido para a condutividade hidráulica foi 0,84 m/dia. Foram também determinados o gradiente hidráulico, o sentido de fluxo e a velocidade da água subterrânea, com base nos potenciais hidráulicos observados nos piezômetros, em um poço tubular (PT 1) e em um poço escavados situado na área da pesquisa (PE1) e em outros dois poços escavados situado próximo à área de pesquisa (Ct 1 e Ct 3) na parte sul da área (Figura 4.5).

O gradientes hidráulico apresentou o valor de 0,0072 m ou 7,2 m/km, na parte setentrional na parte meridional 0,0250 ou 25,0 m/km. O sentido de fluxo da água subterrânea apresentou o valor de 55° SW na parte setentrional da área e 37° SW na parte meridional. A velocidade de fluxo da água subterrânea, a qual apresentou o valor de 0,0060 m/dia na parte setentrional da área e na parte meridional de 0,021 m/dia.

A Figura 4.5 apresenta o mapa hidrogeológico da área e a Figura 4.6 o bloco hidrolitológico.

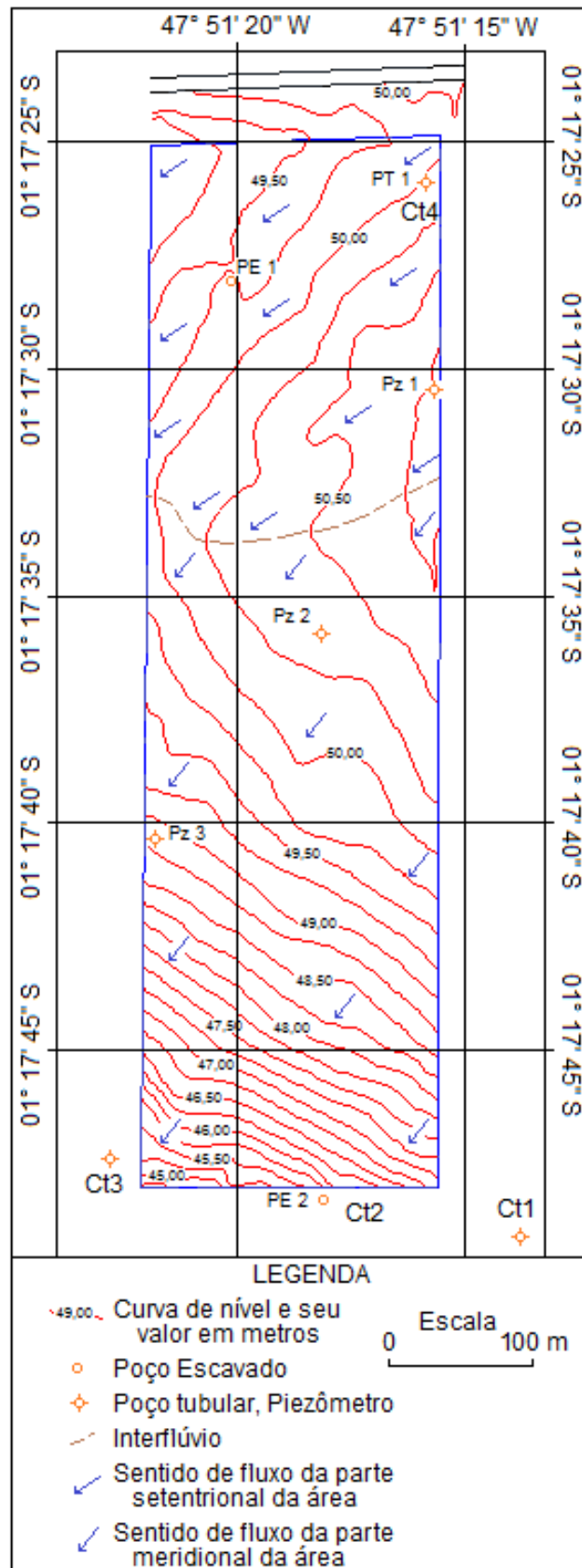


Figura 4.5 – Mapa hidrogeológico da área de pesquisa.

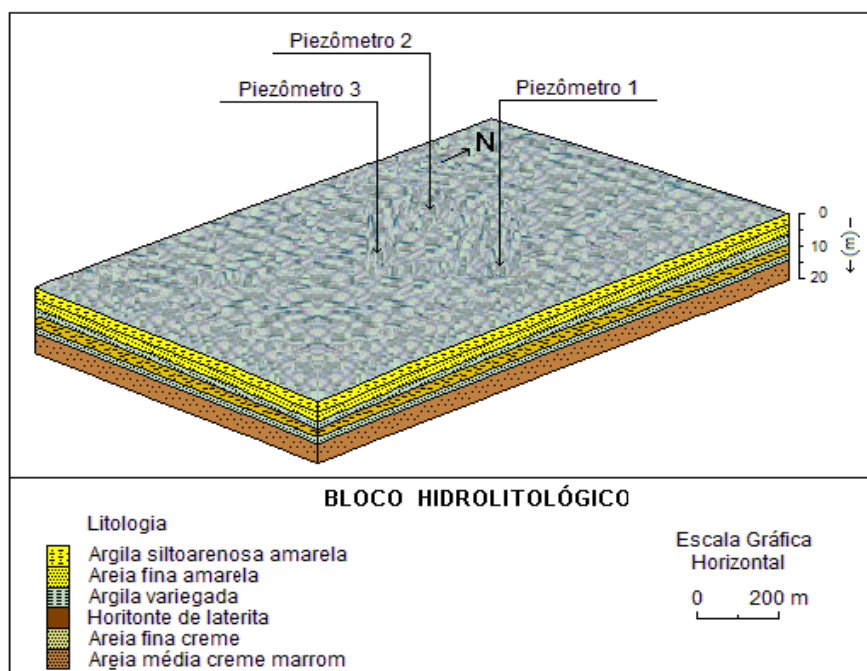


Figura 4.5 – Bloco hidrolitológico da área de pesquisa.

O sistema hidrogeológico apresenta as seguintes características:

- espessura da zona não saturada: 6,85 m a 11,82 m
- tipo de aquífero: confinado
- profundidade do topo do aquífero: a partir de 11,82 m
- nível hidrostático: 11,82 m, 7,95 m e 11,12 m, nos Piezômetros 1, 2 e 3, respectivamente (medidos no dia 06/10/2015)
- sentido de fluxo da parte setentrional da área: 55° SW
- sentido de fluxo da parte meridional da área: 37° SW
- gradiente hidráulico: na parte setentrional da área: 0,0072 ou 7,2 m/km na parte meridional da área: 0,025 ou 25,0 m/km.
- velocidade de fluxo: na parte setentrional da área: 0,0060 m/dia;
na parte meridional da área: 0,021 m/dia
- velocidade linear média: na parte setentrional da área: 0,029 m/dia;
na parte meridional da área: 0,100 m/dia
- porosidade total: 0,30 ou 30,0
- porosidade específica: 0,21 ou 21,0 %
- coeficiente de armazenamento: $S = 0,21$
- condutividade hidráulica: $K = 0,84$ m/dia.

4.4 – Vulnerabilidade da Água Subterrânea

A vulnerabilidade da água subterrânea é função das características hidrogeológicas que propiciam maior ou menor grau de proteção. Os materiais geológicos podem atuar como filtros naturais, devido principalmente à suas permeabilidades.

A vulnerabilidade do aquífero subjacente à zona não saturada na área da pesquisa está relacionada à inacessibilidade hidráulica para a penetração de contaminantes e à capacidade de atenuação dos estratos acima do aquífero.

As camadas de argila silticoarenosa amarela e a camada da areia amarela situada na parte superior do terreno faz parte da zona não saturada, a qual tem grande capacidade de atenuação de compostos químicos, biodegradação da matéria orgânica e eliminação de micro-organismos. A camada da argila variegada subjacente apresenta permeabilidade baixa atuando como barreira impermeável para o deslocamento de contaminantes, como o necro-chorume.

Subjacente há a presença de camadas de areias. Essas camadas arenosas constituem um aquífero, do tipo confinado.

A vulnerabilidade desse aquífero apresenta índice de 0,28 correspondendo ao grau de vulnerabilidade baixo no Sistema de Avaliação do Índice de Vulnerabilidade de Foster e Hirata (FOSTER & HIRATA, 1988), o qual tem variação de 0 a 1, com graus de vulnerabilidade negligenciável, baixo, moderado, alto e extremo.

5 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÍ, M.; TRUCKENBRODT, W.; NOGUEIRA, C., R.; GÓES, A, M.; ROSSETTI, D., F.; 1992. *Novos Dados sobre a Estratigrafia e Ambiente Depositional dos Sedimentos Barreira, NE do Pará*. Anais do IV Simp. de Geol. da Amazônia, SBG, Belém, 3 p.
- FOSTER, S. & HIRATA, R. 1988. *Groundwater pollution risk evaluation: the methodology using available data*. Lima. CEPIS-OPIS-OMM. 81 p.
- GEIPOT; 1978. *Acesso Viário ao Novo Porto do Pará – Sondagens das Travessias*. GEIPOT, Belém, 36 p.
- HVORSLEV, M. J. 1951. Time lag and soil permeability in groundwater observations. U. S. Army Corps Engrs. Waterways Exp.Sta. Bull36, Vicksburg, Miss.

- OLIVEIRA, A., M., dos S.; CORRÊA FILHO, D.; 1996. *Ensaio de Permeabilidade em Solos Orientação para sua Execução no Campo*. Boletim 04 ABGE, 34p.
- SILVA, O., F.; LOWENSTEIN, P.; 1968. *Contribuição à Geologia da Folha de São Luiz (SA-23) no Estado do Pará*. MPEG, Bol. n. 13, Belém, p 1-17.
- SUDAM; 1984. *Atlas Climatológico da Amazônia Brasileira*. SUDAM, PHCA, Belém, 125 p.
- VASQUEZ, M., L. 2008. *Mapa Geológico do Pará ao Milionésimo, SIG Prog Geol do Brasil*, CPRM, CD-ROM, Brasília.