

ASPECTOS DE VULNERABILIDADE NATURAL DOS SISTEMAS AQÜÍFEROS DA BACIA DO PARACURI, BELÉM/PA

Iris Celeste Nascimento Bandeira¹; Fabíola Magalhães de Almeida¹; Érika Regina França Dias¹;
Milton Antonio da Silva Matta¹; Andrei Batista de Figueiredo¹ & José Maria da Costa Mendes¹

Resumo - O trabalho foi realizado na área noroeste da região metropolitana de Belém, no estado do Pará. Seu objetivo principal foi determinar a vulnerabilidade natural dos Sistemas aquíferos da Bacia do Paracuri, assim como as principais fontes de contaminação de aquíferos. Nesta bacia os habitantes são abastecidos principalmente por poços tubulares, situados em áreas com risco a contaminação, como rede de esgotos, cemitérios e indústrias. Esses elementos constituem fontes potenciais de contaminação das águas subterrâneas por nitratos, sais, microrganismos patogênicos e outros. O mapa de vulnerabilidade construído, através do método GOD, mostra que os índices de vulnerabilidade dos sistemas aquíferos segundo quatro áreas distintas. O sistema Pós-barreiras apresenta vulnerabilidade que varia de Alta a Moderada. No sistema Barreiras ela varia de Moderada a Baixa e no sistema Pirabas a vulnerabilidade é Desprezível.

Abstract – This paper was produced from the investigation carried out in the Belém Metropolitan Region, at the state of Pará. The main goal was to determine the natural vulnerability of the groundwater systems that occur in the Paracuri basin and the identification of the main aquifer contamination sources. People of the basin have the water supply associated to shallow well built without any sanitation control. The vulnerability map built for the basin used GOD method and described four vulnerability fields: High, Moderate, Low and Depressible. These field are very much associated to the area aquifer systems.

Palavras-Chave – Vulnerabilidade; Paracuri; Contaminação.

INTRODUÇÃO

O presente trabalho procura mostrar os resultados preliminares obtidos na avaliação da vulnerabilidade ambiental dos Sistemas Aquíferos da bacia hidrográfica do Paracuri na porção

¹ UFPA; Universidade Federal do Pará; CG; Caixa postal 1611; 66017970; (0XX91) 31831425; matta@ufpa.br

noroeste da Região Metropolitana de Belém (RMB). Esta determinação fundamentou-se nas principais características hidrogeológicas locais, como profundidade do nível estático, litotipos ocorrentes na zona não saturada, e tipo de aquífero. Através destas informações foi produzido um mapa de vulnerabilidade para área em questão.

O estudo fez parte dos objetivos do projeto “Fundamentos Hidrogeológicos para a Gestão dos Recursos Hídricos Subterrâneos da Região de Belém, Ananindeua e Barcarena - Pará, Brasil”, financiado pelo Governo do Estado do Pará, através do Convênio SECTAM/FUNTEC/UFPA/FADESP. – Recursos Hídricos – Nº 599, que vem estudando os aspectos hidrogeológicos fundamentais para a gestão dos Recursos Hídricos de importantes segmentos da RMB. Dentro desses setores se destaca a bacia hidrográfica do Paracuri.

O principal objetivo é estudar a vulnerabilidade ambiental dos sistemas aquíferos e construir o mapa de vulnerabilidade da bacia do Paracuri, através do estudo dos poços selecionados, associando-os às fontes de poluição existentes na área da bacia, além de poder contribuir, a nível de conhecimento local, para a base técnica de planejamento de ações governamentais que atuem no controle e proteção de aquíferos. De forma mais específica, tenta-se contribuir para o cadastramento hidrogeológico da região de Belém, através do levantamento dos poços tubulares e escavados existentes no âmbito da bacia do Paracuri, relacionando as principais fontes potenciais de poluição existentes na área, no sentido de identificar os níveis de riscos e as suas vulnerabilidades naturais à poluição.

Os resultados aqui mostrados são ainda preliminares uma vez que as pesquisas na bacia do Paracuri ainda continuam.

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA ESTUDADA

A Bacia do Paracuri (Fig. 01) está inserida no distrito de Icoaracé que se localiza na zona Guajarina, como parte do setor noroeste da RMB. A bacia engloba os bairros Parque Guajará, Paracuri, Ponta Grossa, Agulha, Cruzeiro, Tapanã, Parte do parque Verde e São Clemente. A extensão areal é de 14,60 Km² e engloba os igarapés Paracuri e Livramento.

As principais vias que servem de acesso ao distrito de Icoaracé são a Rodovia Augusto Montenegro e Artur Bernardes e, a partir destas, as estradas do Tapanã, Maracacuera, etc.

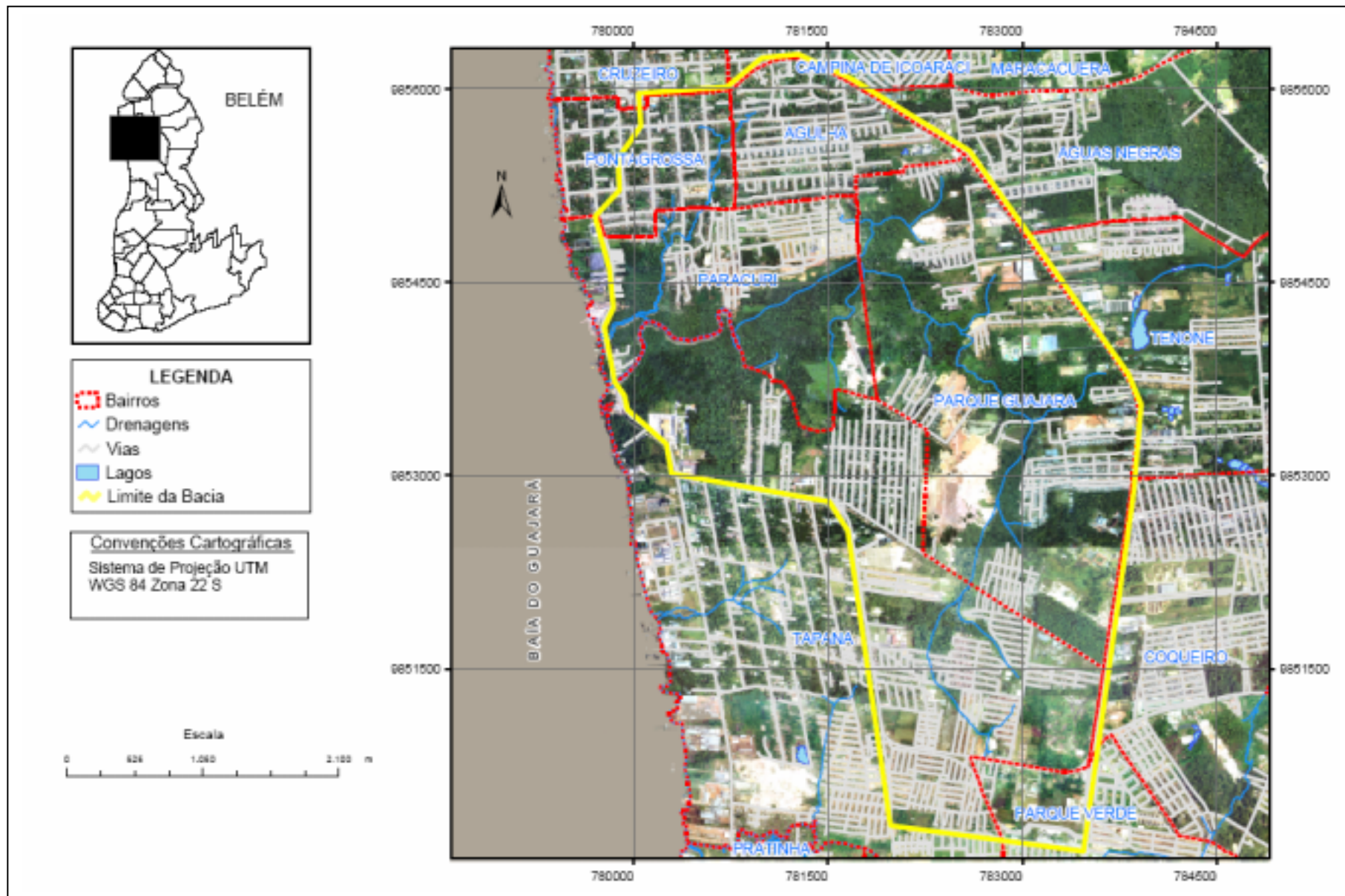


Figura 01 - Mapa de Localização da Bacia hidrográfica do Paracuri (Modificado –CODEM, 2004)

ASPECTOS FISIAGRÁFICOS

A fisiografia da Bacia do Paracuri está inserida no padrão geral da RMB, que se caracteriza por apresentar uma originalidade marcante, em decorrência de sua posição geográfica, relativamente próxima do oceano atlântico: baixas altitudes (cotas médias de 10 m) e relevo plano a suave-ondulado, envolvendo uma típica região estuarina (Guajarina), com morfologia de platôs e planícies litorâneas (CEBRO, 1976 *in* Oliveira, 2001).

O clima é quente e úmido com precipitação média anual alcançando os 2.834 mm. A temperatura média é de 25⁰ C. A zona climática é Af_i (classificação de Köppen), que coincide com o clima de floresta tropical, permanente úmido, com ausência de estação fria e temperatura do mês menos quente, acima de 20 graus Celsius.

ASPECTOS GEOLÓGICOS

Os litotipos que compõem a estrutura geológica da região de Belém e Ananindeua estão dentro dos domínios fanerozóicos e acham-se representados por sedimentos clásticos do Formação Barreiras e Pós-Barreiras de idades Terciária e quaternária, respectivamente. Ainda há, no Quaternário, os sedimentos aluvionares inconsolidados que jazem na faixa costeira, leitos das drenagens e manguezais.

➤ **Formação Barreiras:** Esta unidade apresenta, além de um sistema intercalado de areias e argilas, com geometria confusa, também conglomerados com cores variadas que estão lateritizados, sob a forma de um perfil imaturo.

➤ **Sedimentos Pós-Barreiras:** Tem grande expressão espacial na área do município de Belém, recobrando-a em mais de 60 a 70%. Trata-se de sedimentos inconsolidados, principalmente arenosos de cor variante como creme-amarelados a totalmente brancos exibindo algumas frações de argila.

➤ **Sedimentos Aluvionares Inconsolidados:** São representados por clásticos do tipo areia, silte e argila. Também compõem a unidade os solos ricos em húmus, de coloração escura a amarronzada.

SISTEMAS AQUÍFEROS LOCAIS

Segundo Matta (2002) na região de Belém e Ananindeua podem ser encontrados cinco sistemas aquíferos denominados de Aluviões, Pós Barreiras, Barreiras, Pirabas Superior e Pirabas Inferior.

Os Aluviões representam aquífero do tipo poroso, constituído pelos sedimentos da cobertura detrítico-laterítica que, por sua vez, está encimada por alúvios e colúvios.

O Sistema Pós-Barreiras é formado por níveis argilo-arenosos, inconsolidados, considerados de potencial hidrogeológico fraco, como atestam as vazões conhecidas. Entretanto, na maioria das vezes, apresentam água de boa qualidade para consumo humano, podendo, em alguns casos, não ser potável devido ao teor excessivo de ferro.

No Sistema Barreiras predominam litotipos heterogêneos, com argilitos intercalados com arenitos grosseiros e níveis de lateritos e níveis argilosos caulinizados.

A unidade Pirabas é formada por dois sistemas aquíferos do tipo multicamadas, denominados de Pirabas Superior e Inferior, respectivamente. São caracterizados por sedimentos marinhos, fossilíferos, compostos por argila calcífera cinza-esverdeada e leitos de calcário duro cinza-esbranquiçado, que se alternam sucessivamente com camadas de arenito calcífero, siltitos e areias. Quando diminuem os níveis de calcário e folhelho, aumentam as espessuras de areia (Oliveira, 2002).

CADASTRAMENTO DOS PONTOS D'ÁGUA

Para um melhor entendimento das condições aquíferas da Bacia do Paracuri, foi realizado o levantamento dos poços existentes no âmbito da área da bacia, levando em conta alguns parâmetros como coordenadas geográficas, empresa pelo qual o poço foi perfurado, proprietário e profundidade do poço, qual utilidade do uso da água e a fonte de informação (Tabela 01). A Figura 02 exibe a localização dos poços cadastrados.

Tabela 01 – Cadastro dos Pontos d'Água da Bacia do Paracuri.

Poço	Coordenadas (UTM)	Localização	Perfurador (Empresa)	Proprietário	Prof. Máxima	Uso d'água	Fonte de Informação
01	(L/E): 780325 (N/S):9856007	Icoarací/ Unidade SESPA	Ignorado	Manuel da Silva Santos	17m	Abastecimento doméstico	CPRM
02	(L/E): 781133 (N/S):9856160	Icoarací/ Agulha	Ignorado	Pedro Rocha Vasconcelos	18 m	-----	CPRM
03	(L/E): 781626 (N/S):9855908	Icoarací/ Agulha	Jose Nazareno Gomes	Jose Nazareno	14m	Abastecimento doméstico	CPRM
04	(L/E): 782368 (N/S):9855625	Icoarací/ Agulha	HIDROSOLO	White Martins Gases. Ind	36m	Abastecimento Industrial	CPRM

05	(L/E):780089 (N/S):9855512	Icoarací/ Rua 15 de agosto n° 1398	-----	-----	11m	Abastecimento doméstico	CPRM
06	(L/E): 779812 (N/S):9855325	Icoarací/ Ponta Grossa	João Cardoso	Antonio Jane Ribeiro	12m	Abastecimento doméstico	CPRM
07	(L/E): 780765 (N/S):9855439	Icoarací/ Ponta Grossa	João Cardoso	M ^a do Socorro O. Souza	13m	Abastecimento doméstico	CPRM
08	(L/E): 781343 (N/S):9855536	Icoarací /Agulha	Ignorado	Geraldo Magela M. Magno	18m	Abastecimento doméstico	CPRM
09	(L/E): 780596 (N/S):9854866	Icoarací /Paracuri	João Cardoso	Jose Coelho Reis	13m	Abastecimento doméstico	CPRM
10	(L/E):781341 (N/S):9854830	Icoarací/ Paracuri II	HIDROGEN Poços Artesianos	COHAB	280m	-----	SAAEB
11	(L/E):780326 (N/S):9854751	Icoarací/ Paracuri	João Cardoso	Jose de Barros Soares	13m	Abastecimento doméstico	CPRM
12	(L/E):780795 (N/S):9854458	Icoarací/ Paracuri	João Cardoso	Leonelson de M. Magalhães	12m	Abastecimento doméstico	CPRM
13	(L/E):783057 (N/S):9854749	Icoarací/ /Conj. E. Angelin	Femac Geosolo Engenharia	SESAN	266 m	Abastecimento doméstico	SAAEB
14	(L/E):783479 (N/S):9854226	Icoarací/ Parque Guajara	Ignorado	Tarcísio Batista Rodrigues	20m	-----	CPRM
15	(L/E):780059 (N/S):9853706	Icoarací	Ignorado	Narciso Rodrigues Filho	16m	Abastecimento doméstico	CPRM
16	(L/E):781525 (N/S):9853550	Tapanã	COSANPA	COSAMPA CEASA	50,5	Abastecimento doméstico	CPRM
17	(L/E):783980 (N/S):9853386	Icoarací/ Parque Guajara	Ignorado	RES. TENONE	60m	Abastecimento doméstico	CPRM
18	(L/E):780009 (N/S):9853026	Tapanã/ (SOCIPE)	Ignorado	-----	110m	-----	CPRM
19	(L/E):782000	Tapanã	Hidrotecnica	Conj. Rural	80m	Abastecimento	CPRM

	(N/S):9853000			Urbano		Urbano	
20	(L/E):781878 (N/S):9852663	Tapanã	Ignorado	Manuel Avelino Gonçaves	22m	Abastecimento doméstico	CPRM
21	(L/E):783240 (N/S):9852780	Parque Guajara	HIDROSOLO	NUTRISAL	42m	Abastecimento industrial	CPRM
22	(L/E):781651 (N/S):9852192	Rodovia Tapanã (DEJOBE)	-----	-----	14m	-----	CPRM
23	(L/E):783726 (N/S):9852304	Icoarací/ Parque Guajara	GEOSER	PRODEPA	80m	-----	CPRM
24	(L/E):783654 (N/S):9851974	Icoarací/ Parque Guajara	GEOSOL	CELPA	20m	Abastecimento doméstico	CPRM
25	(L/E):783589 (N/S):9851560	Icoarací/ Parque Guajara	GEOSOL	IBFAM	144m	Abastecimento Industrial	CPRM
26	(L/E):782872 (N/S):9851505	Tapanã	GEOSER	Assoc. Comunitária Resid. Tapajós	96m	-----	CPRM
27	(L/E):782440 (N/S):9851144	Tapanã	-----	Maria Alves	24m	Abastecimento doméstico	CPRM
28	(L/E):782160 (N/S):9850600	Tapanã/ Conj. Cordeiro de Farias.	COSANPA	COSANPA	101m	Abastecimento doméstico	CPRM

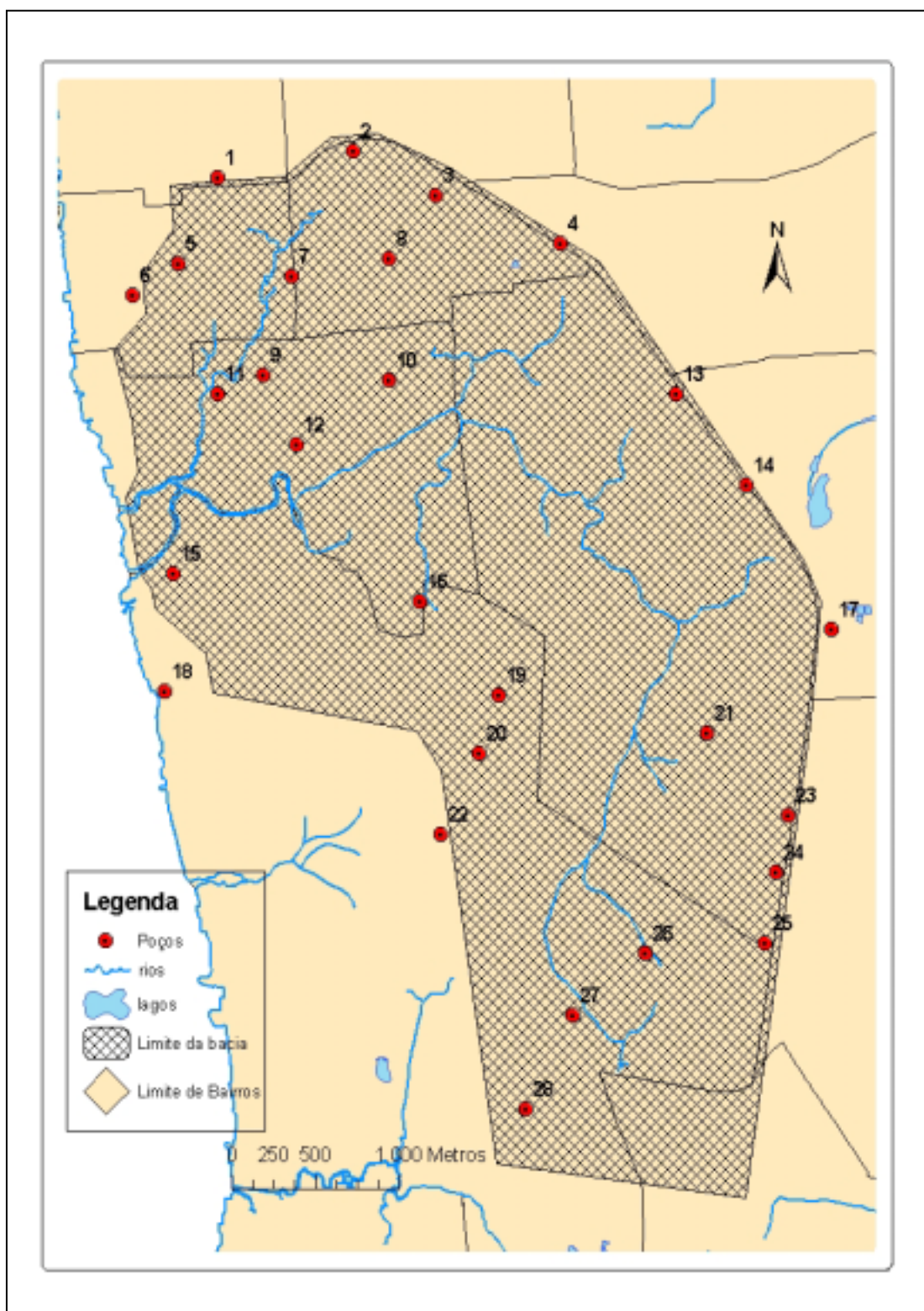


Figura 02 - Mapa de localização dos poços cadastrados para este trabalho

VULNERABILIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

O primeiro a caracterizar, em 1968, o conceito de vulnerabilidade de águas subterrâneas foi Margat *in* Hirata (1994), definindo que o grau de vulnerabilidade de um aquífero representa a maior

ou menor resistência que este oferece a penetração de contaminantes. Este termo geralmente está ligado à contaminação dos aquíferos, mas também pode estar relacionado a aspectos quantitativos.

Mas mesmo antes da apresentação deste conceito, alguns trabalhos já o traziam implícitos. Na tabela 02 podem ser observados os principais métodos para avaliação de vulnerabilidade das águas subterrâneas.

Tabela 02 – Principais métodos desenvolvidos para determinar a vulnerabilidade das águas subterrâneas, seus objetivos e fatores utilizados (Hirata, 1994).

Método	Tipo de Avaliação	Fatores	Referencia Bibliográfica
Surface Impoundment Assessment	Sistemas de deposição de águas servidas	- Zona não saturada - Importância do recurso - Qualidade das substâncias - Periculosidade do material	Le Grand (1964)
Lansfill Site Rating (Método Le Grand-Brown)	Aterros sanitários novos e em operação	- Distância aterro/poços - Profundidade d' água - Gradiente do aquífero	Le Grand (1964)
Site Ranking System	Disposição de produtos químicos novos e em operação	- Solo, características hidráulicas, sorção e tamponamento químico. - Hidrodinâmica do aquífero; -ar - população próxima	Hargerty <i>et al.</i> (1973)
Poluição dos Lençóis Aquíferos	Vulnerabilidade geral	- Geologia (litologia e estrutura)	Taltasse (1973)
Waste-Soil Interaction Matrix	Disposição de resíduos sólidos e líquido e nova industria	Efeitos na saúde; características do produto químico, comportamento do produto, capacidade de atenuação do solo; hidrogeologia e características do local.	Philips <i>et al.</i> (1977)
Site Rating Methodology	Disposição de resíduos sólido e líquido e nova industria	Receptor-população/ uso da água e local/ degradação ambiental; caminhos-nível e tipo de contaminação; profundidade da água; pluviometria; permeabilidade do solo; características dos resíduos-toxicidade; persistência prática/ manejo/ operação.	Kulfs <i>et al.</i> (1980)
TPE	Áreas de risco de contaminação	Velocidade de água subterrânea; porcentagem de argila da zona vadosa; atividade potencial/contaminantes e exploração dos aquíferos.	Silva <i>et al.</i> (1980)
Hazard Ranking System	Áreas prioritárias para ação de limpeza do aquífero	Migração características do meio e resíduo: quantidade do produto; proximidade da população; explosão e fogo; contato direto.	Caldwell <i>et al.</i> (1981)

Mapas de Vulnerabilidade	Vulnerabilidade universal	- Características litológicas - Áreas de recarga e descarga	Duarte (1980)
Brine Disposal Methodology	Águas de formação de campos de petróleo e gás	Método de disposição; volume; geologia; densidade dos poços e proximidade de poços de água.	Western Michigan University (1981)
Pesticide Index	Pesticidas de uso normal	Características físico-químicas do pesticida; Climatologia; Perfil do solo e Tipo de cultura.	Rao <i>et al.</i> (1985)
DRASTIC	Vulnerabilidade geral	D – Profundidade da água; R – recarga; A - meio aquífero; S – solo; T – topografia; I – impacto no aquífero C – condutividade hidráulica	Aller <i>et al.</i> (1987)
GOD	Vulnerabilidade geral	G – Tipo de aquífero O – Litologia da zona vadosa D – Profundidade da água	Foster & Hirata (1993)
Groundwater Vulnerability Map For Nitrate	Vulnerabilidade para nitrato da atividade agrícola	-Tipo de solo -Características hidrogeológicas -Litologia do aquífero	Palmer (1988)
Potential Waste Sites (PWDS)	Disposição de resíduos sólidos	-Vulnerabilidade -Confinamento do aquífero -Proximidades de fontes - Tipo e quantidade de poluentes	BGS (Sem data)
Risco por Sistemas de saneamento <i>in situ</i>	Avaliar áreas de maior risco por sistemas de saneamento <i>in situ</i>	-Vulnerabilidade (GOD) -Densidade da população -Análise de indicadores físico-químicos (CE)	Ferreira & Hirata (1993)

METODOLOGIA

O mapeamento da vulnerabilidade natural dos aquíferos presentes neste trabalho foi realizado através da metodologia do modelo GOD, proposto por Hirata (1993).

No método GOD, cada letra representa um parâmetro a ser avaliado; sendo “G” (Groundwater occurrence) o tipo de ocorrência da água subterrânea; “O” (Overall litology of the aquifer) o litotipo da zona não saturada e “D” (Depth of water) a profundidade do nível estático. Esses três parâmetros são multiplicados entre si, gerando um índice final de vulnerabilidade para o aquífero.

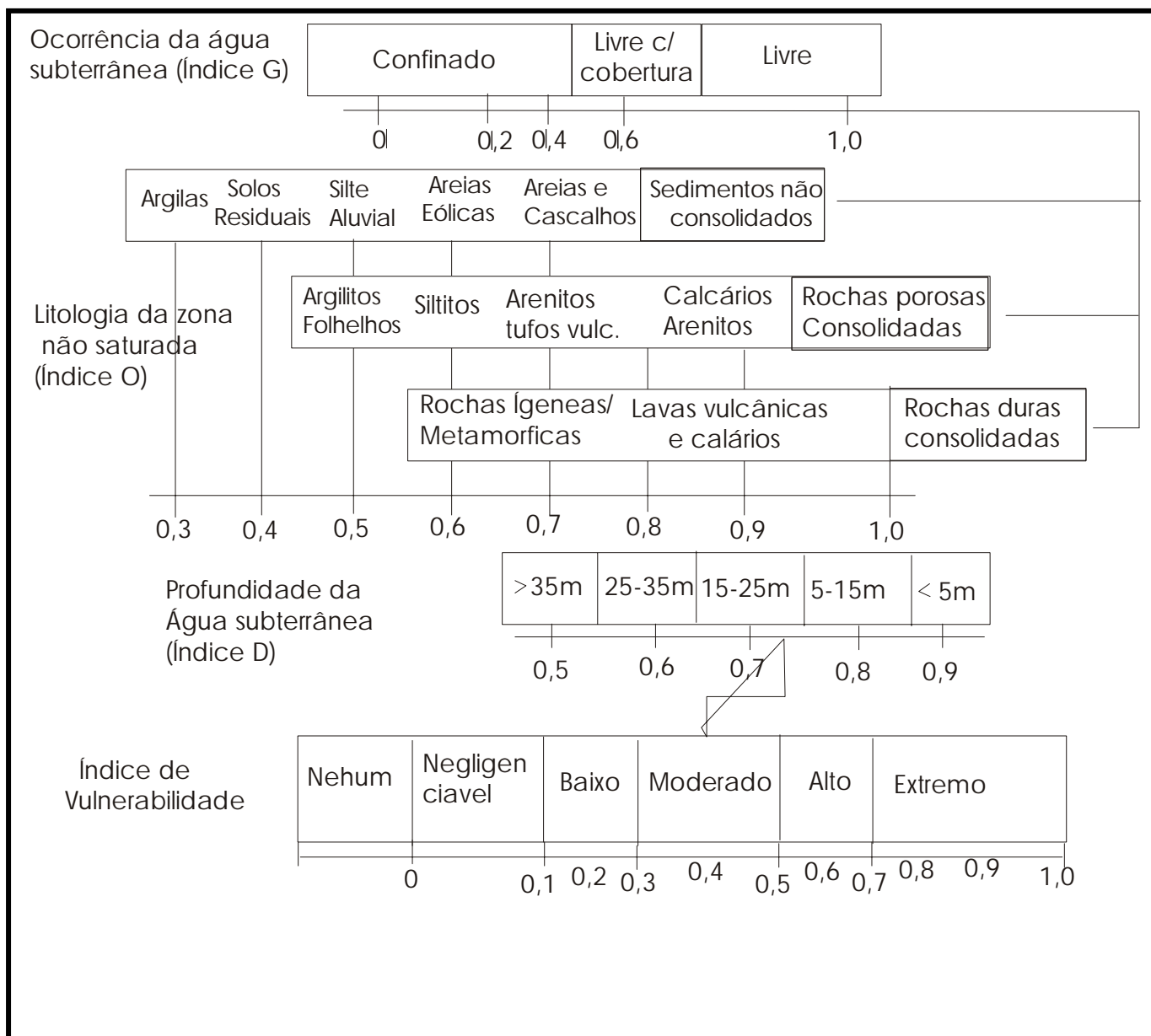


Figura 03 - Fluxograma para avaliação de vulnerabilidade à poluição de um aquífero
(Adaptado de Foster e Hirata, 1988).

MAPAS DE VULNERABILIDADE À CONTAMINAÇÃO

A partir dos índices de vulnerabilidade do aquífero de interesse, pode-se elaborar um mapa de vulnerabilidade para uma determinada área. Este tipo de mapa constitui uma ferramenta importante no qual pode indicar áreas suscetíveis à contaminação, planejar o uso do solo e selecionar locais adequados para a deposição de resíduos sólidos e outras atividades de impacto ambiental. Útil também para seleção de locais, instalação de redes de monitoramento e avaliação da contaminação das águas subterrâneas.

Porém estes mapas têm suas limitações (Tancredi, 1996). Uma delas é a ausência de dados representativos e a sua relação com a escala do mapa. Outras seriam as limitações dos métodos de avaliação de vulnerabilidade, com respeito ao tempo de atuação dos processos que afetam a vulnerabilidade do aquífero e descrição inadequada do meio físico.

Os resultados encontrados para vulnerabilidade da área estudada estão descritos abaixo e podem ser visualizados na Figura 04.

a) Vulnerabilidade Alta - Corresponde àquelas áreas onde ocorre água subterrânea explotável em aquífero livre, a profundidade inferior a 5 metros subjacente a material de alta permeabilidade por porosidade. Existe nenhum ou muito pouco atenuante de conteúdo argiloso que retarde ou impeça a infiltração de elementos poluentes dispostos na superfície ou sub-superfície do terreno. São as áreas de afloramento do sistema aquífero Pós Barreiras.

b) Vulnerabilidade Moderada - Corresponde àquelas áreas onde ocorre água subterrânea explotável a profundidade de 5 a 15 m, subjacente a um material pouco permeável ou onde ocorre material de alta permeabilidade. Corresponde ao sistema aquífero Barreiras.

c) Vulnerabilidade Baixa -. Corresponde a porções do sistema aquífero Barreiras onde é caracteristicamente confinado a semi-confinado e de mais alta profundidade.

d) Vulnerabilidade Desprezível - Corresponde à área desprovida de condições viáveis em água subterrânea explotável, em virtude da sua ausência ou da qualidade química. Corresponde aos sistemas aquíferos Pirabas.

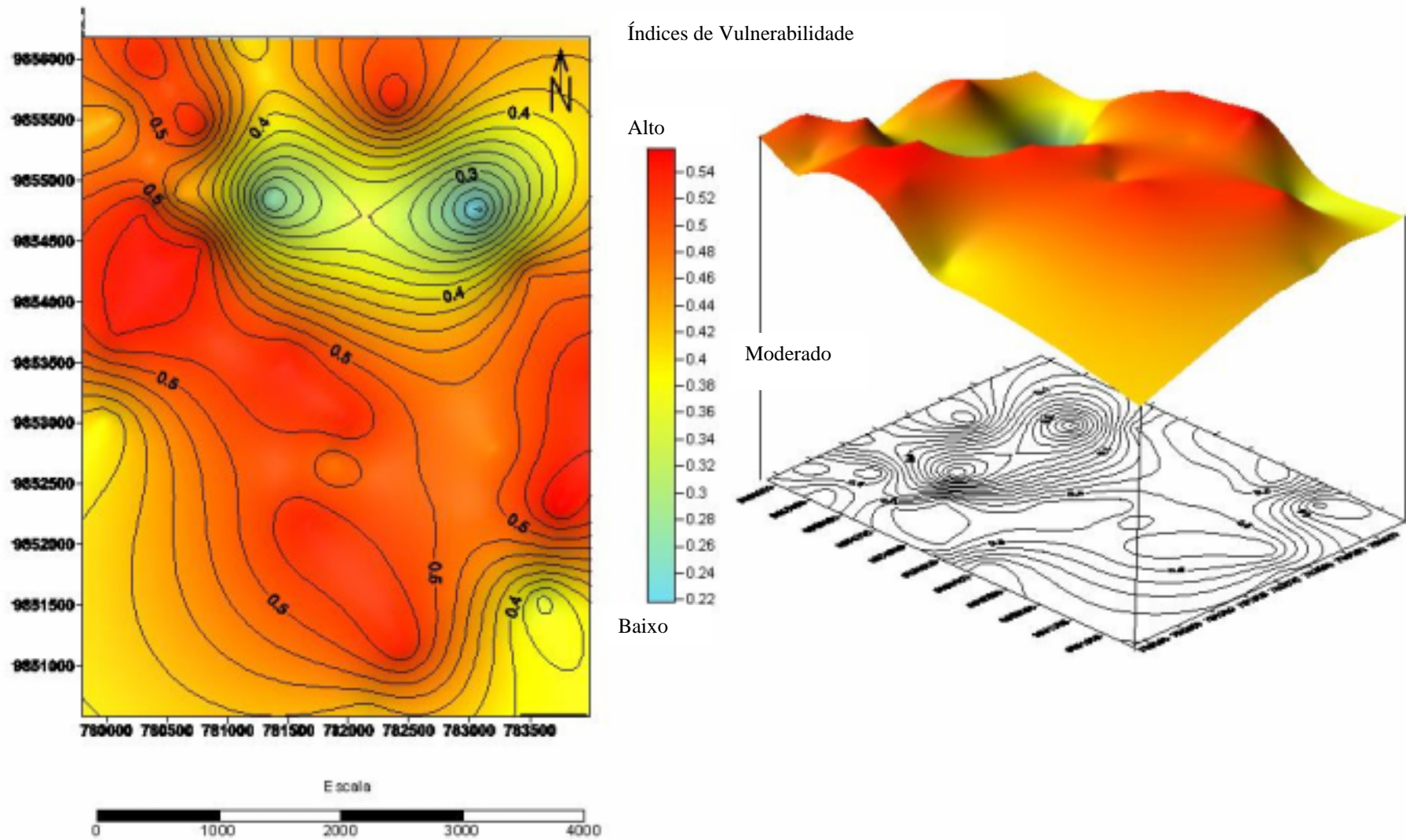


Figura 04 - Mapa de vulnerabilidade da bacia hidrográfica do Paracuri.

FONTES POTENCIAIS DE CONTAMINAÇÃO DE AQÜÍFEROS NA BACIA DO PARACURI

Várias são as fontes potencialmente capazes de fornecer substâncias poluentes para as águas da bacia hidrográfica do Paracuri, tais como:

- ✓ Ausência de saneamento básico: sem este serviço, existe um sem número de fossas sépticas e negras, que poluirão bacteriologicamente as águas subterrâneas;
- ✓ Águas superficiais poluídas: essas águas interagem com os mananciais subterrâneos, principalmente nas áreas em que o nível estático é muito raso a sub-aflorante;
- ✓ Atividades industriais: quando a indústria produz rejeitos perigosos e não os trata, ou não os dispõe de maneira correta, existe o lançamento de dejetos líquidos e sólidos para o meio, que termina por poluir os mananciais de água e poços abandonados e/ ou construídos de maneira incorreta;
- ✓ Cemitérios: são grandes geradores de impactos ambientais na área, destacando-se o risco de contaminação das águas subterrâneas por bactérias que proliferam durante os processos de decomposição dos corpos. Aumento nos teores de nitrato são indicativos dessa contaminação.
- ✓ Vazamentos em postos de combustíveis: algumas vezes estes postos possuem vazamentos de hidrocarbonetos, que resultam de derramamentos durante a operação de transferência de produto para o tanque; vazamento no sistema, devido à corrosão; falhas estruturais do tanque ou da tubulação conectada ao tanque ou instalação inadequada. Os constituintes liberados no solo podem existir em diversas fases: líquida, em fase dissolvida e em fase de vapor. Os hidrocarbonetos líquidos livres formam uma pluma de contaminação e migram a jusante em resposta a gravidade e ao fluxo da água subterrânea. A velocidade deste movimento pode variar, dependendo da velocidade do fluxo da água subterrânea, o volume do vazamento e a condutividade do sistema aquífero.
- ✓ Disposição de resíduos sólidos: na área estudada o lixo urbano e individual são lançados a céu aberto, representando uma fonte de problemas como mau cheiro e poluição das águas subterrâneas. Nos períodos de mais chuvas na bacia do Paracuri, ocorrem infiltrações de água que lixiviam o chorume, migrando em direção as águas subterrâneas

CONCLUSÕES

A bacia hidrográfica do Paracuri mostra um conjunto substancial de fontes potenciais de poluição das águas subterrâneas que é um reflexo das baixas condições sanitárias da população da área e da ausência de políticas eficazes de fiscalização pelos órgãos competentes.

A análise de qualidade das águas do sistema aquífero Barreiras realizada por DIAS, 2002 (neste evento), mostra que os pontos que se encontram fora do padrão de qualidade pela legislação vigente estão concentrados, na bacia do Paracuri, nas áreas com alto índice de vulnerabilidade. Também se verifica que os teores elevados de amônia refletem a realidade local, onde os poços possuem profundidades em torno de 9,20 a 24 metros, proteção sanitária deficiente, propiciando infiltração de águas superficiais poluídas, ou seja, isto ocorre nas áreas com índice de vulnerabilidade alta.

O mapa de vulnerabilidade construído mostra a existência, na área estudada, de quatro áreas de vulnerabilidades distintas: Alta, Moderada, Baixa e Desprezível. Essas áreas estão associadas aos diferentes sistemas aquíferos da área.

Pode-se perceber a importância de ações governamentais visando a proteção da água subterrânea e, conseqüentemente, da saúde pública, destacando-se a melhoria no sistema de abastecimento de água potável e saneamento da área em questão, bem como na disposição de resíduos domésticos.

Na continuação desta pesquisa serão discutidos os fundamentos básicos para a gestão dos recursos hídricos no âmbito da área estudada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] CODEM - COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DA ÁREA METROPOLITANA DE BELÉM. 2004(Informação verbal).
- [2] DIAS, E. R. F. 2002- Caracterização Geométrica das Camadas Aquíferas da Bacia do Paracuri. Distrito de Icoaracá e dos Aspectos Físico-Químicos de suas Águas, como Base para uma Proposta de Abastecimento de Água Subterrânea. Relatório Técnico – Científico. Universidade Federal do Pará. PIBIC/CNPq. 53p.
- [3] FOSTER S. D. Riscos de poluição de águas subterrâneas Uma proposta metodológica de avaliação regional in 5º Congresso Brasileiro de águas subterrâneas.São Paulo. ABAS. 1988.175-185p.
- [4] HIRATA R. C. A.1993.Os recursos hídricos subterrâneos e as novas exigências ambientais. Revisão do Instituto Geológico. 82p
- [5] HIRATA R. C. A.1994.Fundamentos e estratégias de proteção e controle da qualidade das águas subterrâneas.Estudo de casos no estado de São Paulo.São Paulo: Universidade de São Paulo.Instituto de Geociências. 195p.(Tese de Doutorado).
- [6] MATTA, M. A. da S. 2002, Fundamentos Hidrogeológicos para a Gestão Integrada dos Recursos Hídricos da Região de Belém/Ananindeua – Pará, Brasil. Belém, Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências. 292p. (Tese de Doutorado)

- [7] OLIVEIRA, J. R. de. et al. 2002- Projeto Estudos Hidrogeológicos da Região Metropolitana de Belém e Adjacências. Companhia de Pesquisa Mineral (CPRM). 93 p.
- [8] OLIVEIRA R. A. F. 2001 Caracterização das Bacias Hidrográficas do Distrito Administrativo de Icoaraci (Daico) – Município De Belém (Pa) - e dos. Problemas Ambientais Associados com o Auxílio de Geoprocessamento. Prefeitura Municipal de Belém /Agência Distrital de Icoaraci.
- [9] TANCREDI, A.C.F.N.S. 1996 – Recursos Hídricos Subterrâneos de Santarém – Fundamentos para Uso e Proteção. Belém, Universidade do Pará. Centro de Geociências. 153p.(Tese de Doutorado).