

AVALIAÇÃO PRELIMINAR DOS RISCOS POTENCIAIS DE CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS POR POSTOS DE COMBUSTÍVEIS NO MUNICÍPIO DE BELÉM

Wagner Siqueira¹; Gisele Corrêa dos Anjos² & Eliene Lopes de Souza³

Resumo – O presente trabalho avaliou, de forma preliminar, os riscos de contaminação do aquífero livre por derivados de petróleo em locais de postos revendedores de combustíveis, situados no município de Belém. Para tanto, foram considerados fatores como a idade e características construtivas, bem como os dispositivos de detecção e contingência de vazamentos dos tanques armazenadores. Também foram consideradas, as características hidrogeológicas locais, particularmente a litologia da zona não saturada e a profundidade do lençol freático. Foram avaliados os dados contidos no cadastro de 86 postos de revenda de combustível efetivado pela Secretaria Executiva de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente (SECTAM), bem como dados obtidos através de inspeções locais. Constatou-se que 34% dos tanques armazenadores encontram-se com idades acima da máxima recomendada para sua utilização, que de acordo com a literatura especializada, é de aproximadamente 15 anos. Esses dados, associados à elevada vulnerabilidade do aquífero livre à contaminação sugerem que em muitos dos postos de combustíveis do município de Belém, existem riscos de vazamentos nos tanques armazenadores subterrâneos, e por conseguinte à saúde da população ali residente.

Abstract – The present work evaluates the risks of contamination of the unconfined aquifers by oil and fuels from gasoline stations situated in the town of Belém. We considered factors such as age and the characteristics of construction of the tanks well as the devices for detection of leaks. We also paid attention to the geochemical characteristics, lithology and depth of the water table. We also evaluated the data contained in the registry of 86 stations in the Secretaria Executiva de Ciência e Tecnologia (SECTAM), and farther data were obtained from local inspections. It was established that 34% of the tanks have age above the maxim recommended age for its utilization which is of, approximately, 15 years. Those facts, associated with the elevated vulnerability of the unconfined aquifers to contamination suggest that in many of the stations of Belém, risk of leaks in the tanks is high and consequently, exist risk to the health of the resident population.

Palavras-chave – Água Subterrânea, contaminação.

¹ UFPA- Curso de Graduação em Geologia- wagnergeo@yahoo.com.br

² UFPA- Curso de Graduação em Geologia- gianjos@ufpa.br

³ UFPA- Departamento de Geologia, centro de Geociências- eliene@interconnect.com.br

INTRODUÇÃO

Em áreas urbanas, existem várias atividades de risco para os recursos naturais, particularmente os solos e as águas superficiais e subterrâneas. Dentre estas atividades, tem merecido atenção especial, o armazenamento de combustíveis derivados de petróleo em tanques subterrâneos nos postos de revenda, por serem fontes potencialmente contaminadoras das águas subterrâneas.

O município de Belém possui mais de 80 postos de revenda de gasolina, os quais estão distribuídos por toda a cidade, sendo que sua maior concentração situa-se nos bairros centrais, a exemplo de Umarizal, Nazaré e Reduto. Esses postos armazenam seus combustíveis em tanques subterrâneos, muitos deles tendo mais de 10 a 15 anos de uso já atingindo ou até mesmo ultrapassando a vida útil desses tanques, que é de aproximadamente 15 anos [1].

Nos casos de vazamentos nos tanques, a gasolina derramada, contendo mais de uma centena de componentes químicos, é pouco solúvel em água e, sendo assim, permanece inicialmente no subsolo como um líquido de fase não aquosa. Sua dissolução parcial se dá somente quando esta entra em contato com a água subterrânea [2].

Os hidrocarbonetos monoaromáticos, benzeno, tolueno, etil-benzeno e os três xilenos (orto, meta e para), chamados de compostos BTEX, são os constituintes da gasolina que têm maior solubilidade em água e, portanto, são os primeiros contaminantes que irão atingir o lençol freático [3].

Levando-se em consideração o grande número de postos revendedores de combustível localizados no município de Belém, há o eminente risco de contaminação das águas subterrâneas em alguns bairros da cidade, já havendo na SECTAM registro de casos da presença de combustível em poços de abastecimento residencial. Assim sendo, uma avaliação preliminar dos tanques armazenadores situados nos postos de revenda, bem como das suas condições de funcionamento é de fundamental importância.

No presente trabalho procurou-se associar os dados supra citados, de forma a se obter subsídios para proceder uma avaliação preliminar dos riscos potenciais que os tanques de armazenamento dos postos de revenda de Belém oferecem para os aquíferos livres.

OBJETIVO

O trabalho teve como objetivo principal proceder uma análise preliminar dos riscos de contaminação do aquífero livre por derivados de petróleo, em locais de postos revendedores de combustível situados no município de Belém.

LOCALIZAÇÃO

A cidade de Belém faz parte do estuário do rio Amazonas e localiza-se na confluência do rio Guamá com a Baía do Guajará, quadrante limitado pelas coordenadas: 1°20'S/48°30'W; 1°30'S/48°30'W; 1°20'S/48°25'W e 1°30'S/48°25'W (Figura 1).

Trata-se de uma cidade plana e baixa, com as maiores cotas atingindo em média 14 a 15 metros acima do nível do mar [4]

CONTEXTO GEOLÓGICO

Geologia Local

O conjunto de rochas que compõem o quadro litoestratigráfico da Região Metropolitana de Belém e adjacências, faz parte da Bacia Sedimentar do Amazonas, cuja área emersa é conhecida como Bacia Sedimentar do Marajó [5].

Os litotipos que compõem a moldura geológica da área acham-se representados por uma seqüência carbonática em subsuperfície, denominada Formação Pirabas, de idade miocênica. Esta última é recoberta por sedimentos clásticos da Formação Barreiras e Sedimentos Pós-Barreiras de idades terciária e quaternária, respectivamente (Figura 2). Ocorrem ainda no Quaternário, os sedimentos aluvionares inconsolidados da faixa costeira, leitos das drenagens e manguezais.

A Formação Pirabas consiste essencialmente de calcários estratificados ou não, margas e folhelhos. Encontra-se a uma profundidade variando entre 80 e 135m, com uma espessura maior que 370m [6].

A Formação Barreiras é constituída por depósitos siliciclásticos (conglomerados, arenitos, argilitos) variegados não fossilíferos [7]. Seu topo encontra-se a uma profundidade de 70m, podendo está aflorando em alguns locais. A espessura dessa formação varia entre 80 e 135m [6].

O termo Sedimentos Pós-Barreiras tem sido usado indiscriminadamente para todos os depósitos que recobrem discordantemente a Formação Barreiras [7], incluindo areias consolidadas e semi-inconsolidadas, com idade Plio-Pleistoceno até o Recente.

Caracterização hidrogeológica

Na Região Metropolitana de Belém são identificados sistemas aquíferos constituídos por sedimentos pertencentes à Formação Pirabas, Formação Barreiras e Sedimentos Pós- Barreiras. Esses sistemas vêm sendo explorados para o abastecimento público, industrial e por particulares, com poços escavados ou tubulares, estes últimos variando de 12 metros até 280 metros de profundidade.

Os sedimentos Pós-Barreiras correspondem à unidade aquífera superior formada por níveis argilo-arenosos e inconsolidados, existentes no intervalo de 0 a 25 metros. São aquíferos livres, apresentando potencial hidrogeológico fraco [5].

O segundo domínio aquífero corresponde aos sedimentos da Formação Barreiras, com litotipos de natureza heterogênea, com espessura máxima da ordem de 100 metros. São camadas arenosas de espessuras variáveis, intercaladas em camadas mais argilosas. Os poços que captam esses aquíferos apresentam vazões que variam de 20 a 300 m³/h e, freqüentemente, apresentam águas com teores de ferro fora do padrão recomendado pelo Ministério da Saúde, que é de 0,3 mg/L. São aquíferos de natureza livre, podendo, localmente, apresentarem-se confinados. Os aquíferos Barreiras e Pós-Barreiras estão hidráulicamente conectados [5].

O último domínio corresponde à unidade aquífera inferior, formado pela Formação Pirabas, no qual têm-se predominantes camadas repetitivas de arenitos de coloração cinza-esbranquiçado, cuja granulometria varia de fina a conglomerática, com intercalações mais espessas de argilas e siltitos avermelhados. O potencial desse aquífero em sua porção mais superior é moderado, contudo pode-se esperar boas vazões, principalmente nos arenitos mais grosseiros. Entretanto os níveis que ocorrem abaixo de 180m constituem excelentes aquíferos, com vazões de até 300m³/h e boa potabilidade, sendo os teores de ferro baixíssimos ou mesmo ausentes na maioria das vezes [5].

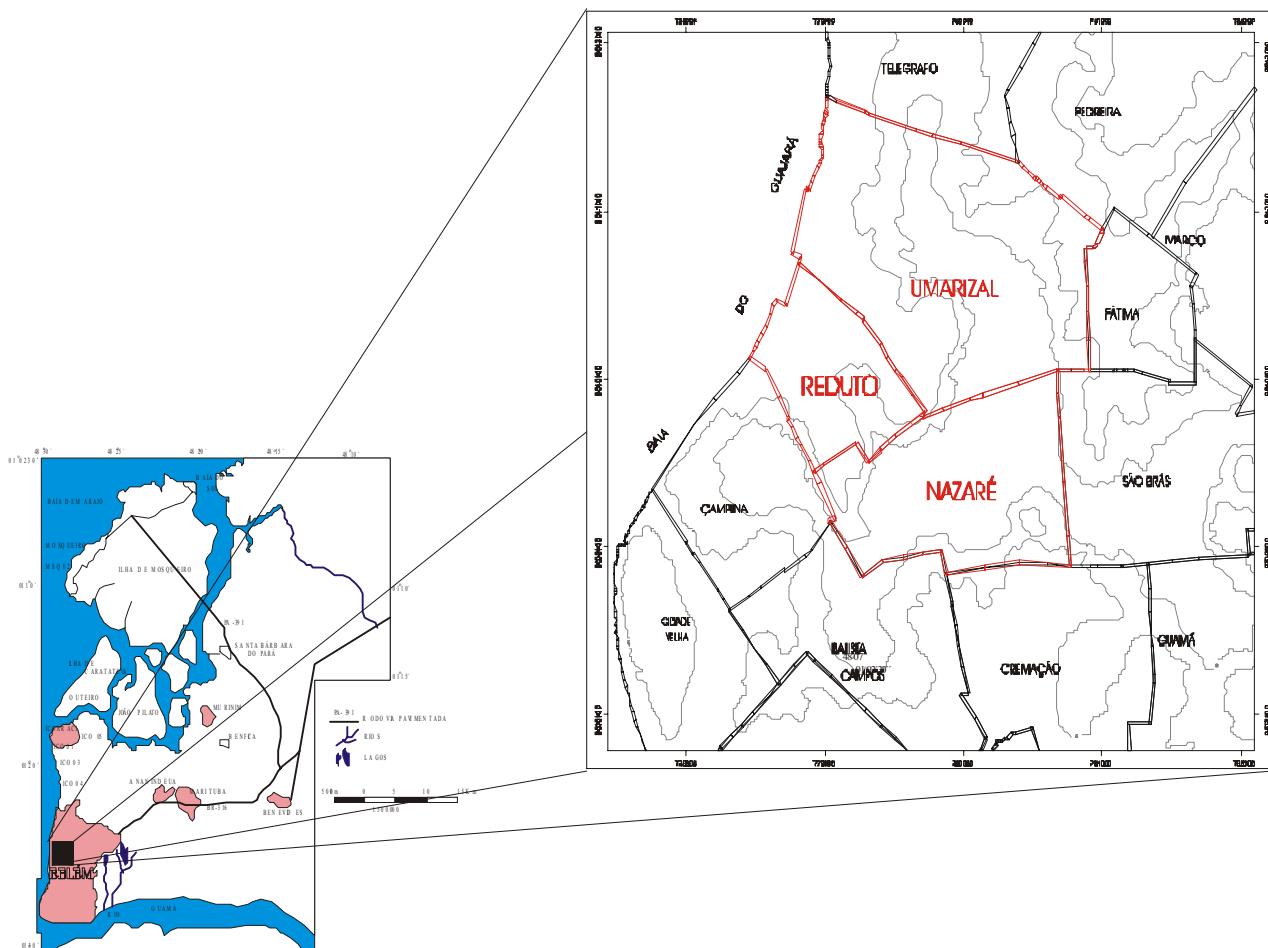
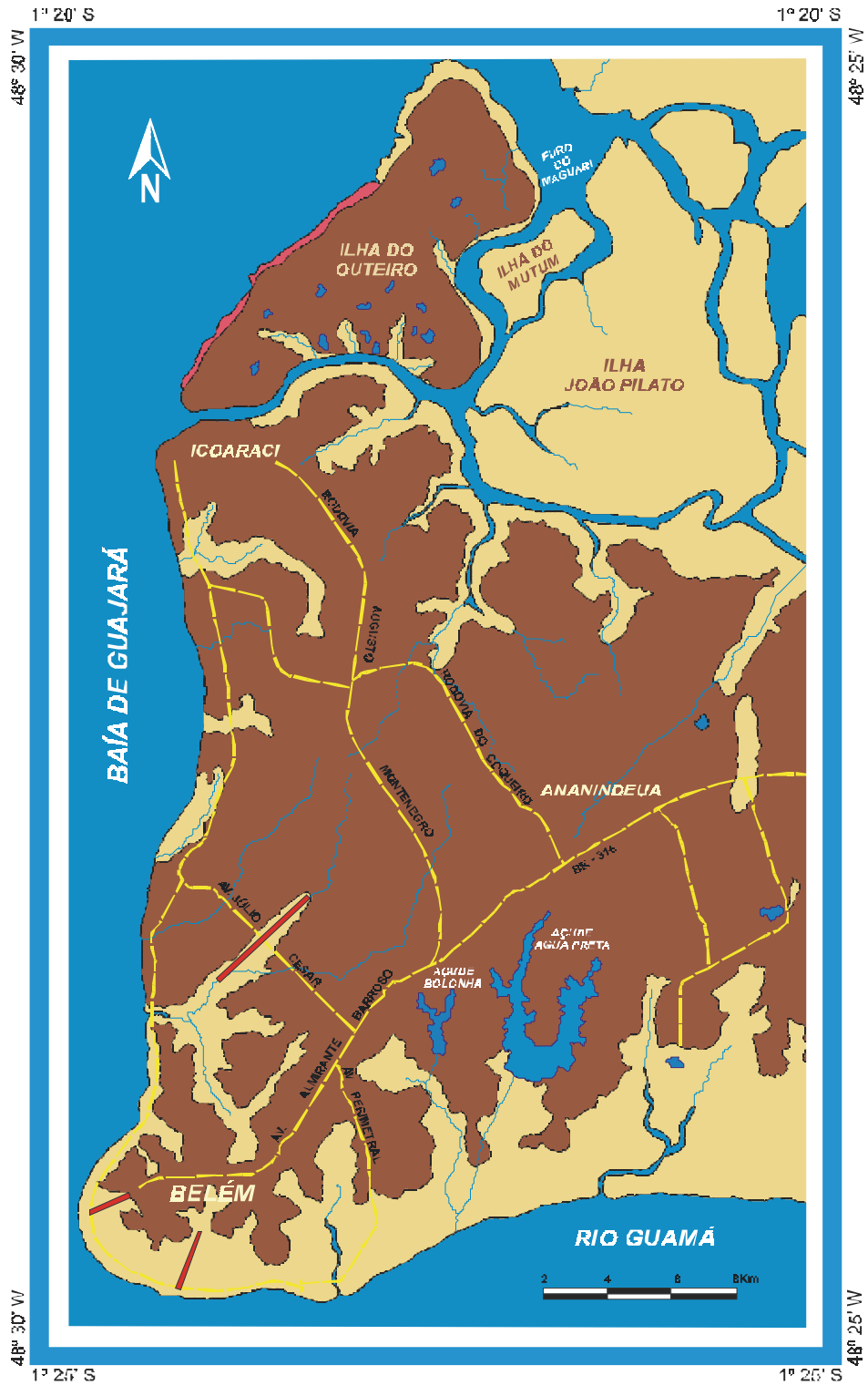


Figura 1. Mapa de localização



LEGENDA

- SEDIMENTOS HOLOCÊNICOS
SEDIMENTOS INCONSOLIDADOS
- QUATERNÁRIO PLEISTOCENO
PÓS BARREIRAS
- TERCIÁRIO MIOCENO A PLEISTOCENO
BARREIRAS

CONVENÇÕES

- CANAIS
- LAGOS
- DRENAGEM PRINCIPAL
(RIOS, IGARAPÉS, LAGOS)
- DRENAGEM SECUNDÁRIA
- CONTATOS
- ESTRADAS

Figura 2. Mapa geológico da Região Metropolitana de Belém [8] (modificado).

COMPORTAMENTO SUBSUPERFICIAL DA GASOLINA

Para efeito de um melhor entendimento do comportamento dos combustíveis derivados de petróleo no subsolo é necessário que se tenha em mente duas características fundamentais da gasolina em relação à água: sua menor densidade e sua alta solubilidade (20-80 mg/L) [9].

A partir do vazamento, dependendo das condições de permeabilidade do subsolo, o processo de migração da gasolina em direção ao lençol freático ocorre em três estágios distintos [9]: 1) a gasolina se infiltra no terreno sob influência da força gravitacional; 2) a infiltração da gasolina cessa quando essa alcança o lençol freático e; 3) ocorre uma expressiva migração lateral dos componentes dissolvidos da gasolina segundo a direção do fluxo das águas subterrâneas (Figura 3). O alcance da pluma de contaminação sob a zona de gasolina na fase livre pode alcançar distâncias consideráveis [9].

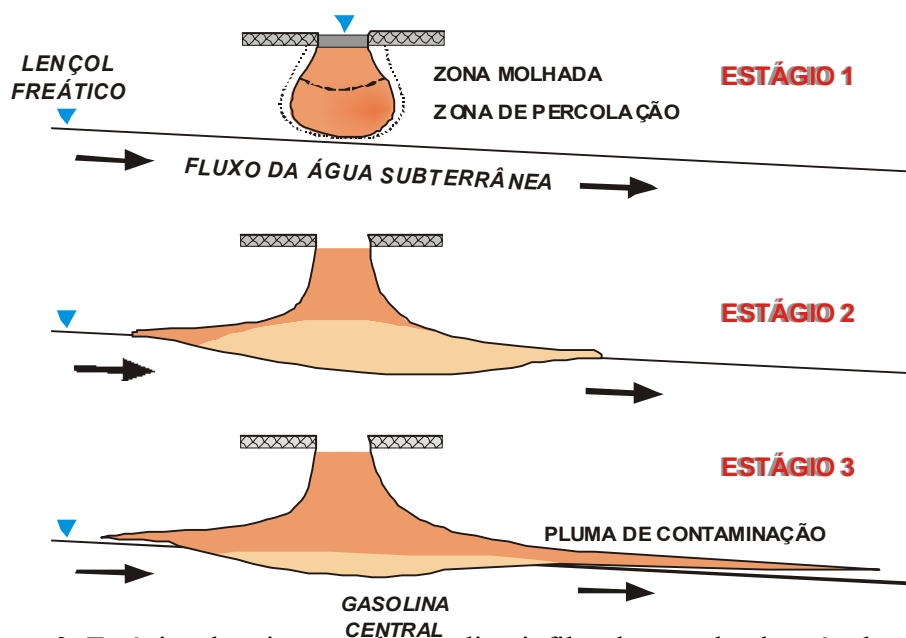


Figura 3. Estágios de migração da gasolina infiltrada no subsolo até o lençol freático [9] (modificado).

METODOLOGIA E ETAPAS DE TRABALHO

Na definição da metodologia a ser utilizada considerou-se inicialmente o conceito de análise de risco. Essa análise consiste em uma ferramenta utilizada para estimar o perigo à saúde humana e ao meio ambiente que um determinado resíduo perigoso pode causar em determinadas situações, bem como para a tomada de decisões, para a definição de ações e/ou metas de remediação e para a avaliação de áreas contaminadas[10]. Neste contexto, o processo de análise de risco, em linhas gerais, possui quatro etapas definidas [10]: a coleta e a avaliação de dados, a análise

da exposição, a análise da toxicidade e a caracterização do risco. Esta última etapa compreende a estimativa de risco para compostos carcinogênicos e não carcinogênicos, avaliação da incerteza e resumo de informação de risco.

Tendo como base as etapas de uma avaliação de risco de vazamento em tanques subterrâneos armazenadores de combustíveis [1] os trabalhos desenvolvidos compreenderam: 1) levantamentos preliminares; 2) obtenção dos dados cadastrais sobre os postos de revenda disponíveis na SECTAM; 3) obtenção de dados através de inspeção local de alguns postos revendedores e 4) tratamento estatístico dos dados obtidos. Trata-se, por tanto, de uma avaliação simplificada, não abordando aspectos como a análise de exposição e de toxicidade.

Levantamentos preliminares

Para a primeira fase da análise de risco de vazamentos em tanques subterrâneos [1], foram utilizados dados da geologia da Região Metropolitana de Belém, adotando-se um mapa geológico [8]. A obtenção e análise de informações em relação aos planos de combate e detecção de vazamentos dos postos revendedores, baseou-se em cadastros da SECTAM. Não foi possível a obtenção de dados referentes aos relatórios de registros ambientais (federais e estaduais) devido à falta dessa informação no cadastro da SECTAM.

Os demais itens referentes à segunda etapa da análise de risco foram verificados, quase que na sua totalidade, através da aplicação do cadastro de inspeção local e através dos dados disponíveis no cadastro da SECTAM.

Obtenção de dados sobre os postos de revenda

Nesta etapa foram considerados os postos de revenda situados na cidade de Belém que foram ou são acompanhados pelo Departamento Nacional de Combustível (DNC). Desses postos foram analisadas principalmente: 1) idade dos tanques subterrâneos armazenadores de combustível; 2) tipo de combustível armazenado; 3) presença de proteção contra corrosão interna e/ou externa nos tanques e 4) padrão de uso e ocupação do solo (residencial/comercial) das áreas adjacentes aos postos.

Na análise do cadastro não foi possível a obtenção de algumas informações importantes a exemplo dos projetos de construção e instalação dos tanques subterrâneos (se estão de acordo ou não com as normas da ABNT) bem como, algumas datas de fabricação de tanques.

Obtenção de dados através de inspeção local

De acordo com a metodologia de avaliação de risco adotada, a obtenção de dados através de inspeção local destinou-se ao levantamento de informações sobre:

- Tipo e permeabilidade do solo;
- Profundidade da água subterrânea;
- Distância até os poços de abastecimento de água;
- Uso da propriedade adjacente;

Neste contexto, algumas das características hidrogeológicas, a exemplo da permeabilidade do solo e da profundidade do lençol freático foram avaliadas através dos perfis de poços de abastecimento obtidos e de perfurações a trado realizadas neste estudo. Esta caracterização enfatiza, principalmente, o aquífero livre (constituído por níveis argilo-arenosos inconsolidados e arenitos grosseiros intercalados por siltitos e lateritas), visando assim uma avaliação do seu grau de vulnerabilidade à contaminação. As informações obtidas foram extrapoladas para as demais áreas.

No que concerne às distâncias dos tanques subterrâneos em relação ao lençol freático foi feita uma estimativa aproximada (já que essa informação não consta no cadastro da SECTAM). Para tanto, considerou-se a profundidade média de instalação dos tanques armazenadores que é de 4 metros (de acordo com informações obtidas através funcionários de alguns postos de revenda) e a profundidade média do lençol freático, obtidos na perfuração a trado e nos perfis de poços estudados.

A distância dos postos revendedores em relação às propriedades adjacentes foram obtidas durante as visitas realizadas e, em alguns casos, estimada.

Tratamento estatístico dos dados obtidos

Esta etapa de trabalho consistiu na elaboração de gráficos e planilhas referentes aos dados obtidos, utilizando-se para isto o software EXCEL.

Nos 86 postos de revenda foram contabilizados 204 tanques subterrâneos, dos quais foram considerados apenas 196, já que 08 encontram-se desativados. Muito embora não se tenha informação sobre motivo da desativação desses 08 tanques, considerou-se que durante suas atividades estes também constituíram fontes potenciais de contaminação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As informações obtidas através da análise estatística dos dados contidos no cadastro da SECTAM, complementadas com algumas visitas aos postos de revenda foram agrupadas da seguinte forma: 1) dados sobre os tanques subterrâneos armazenadores de combustível (TSAC); 2) dados referentes ao padrão de uso do solo nas adjacências dos postos e 3) dados sobre a zona não saturada nos locais dos postos.

Dados dos TSAC nos postos de revenda

Dos 204 TSAC distribuídos nos postos de revenda, 105 armazenam gasolina (comum/aditivada), 38 diesel, 52 álcool (comum/hidratado), 1 querosene e 8 encontram-se desativados.

A maioria dos TSAC (95%) possui uma capacidade de 15.000 litros (100 de gasolina; 50 de álcool; 37 de diesel) e apenas (5%) com capacidade de 30.000 litros (4 de gasolina; 2 de álcool; 1 de diesel). Desta forma, admitindo-se que os tanques armazenem frequentemente toda a sua capacidade, a quantidade de gasolina armazenada é de 1.620.000 litros, a de álcool 810.000 litros e a de óleo diesel 585.000 litros. Assim, se tomarmos como exemplo que 1% do volume de gasolina teoricamente armazenada nos postos vazasse dos tanques anualmente, ter-se-ia cerca de 16.200 L/ano de combustível ameaçando a qualidade das águas subterrâneas das adjacências dos postos, cujos tanques apresentassem vazamentos.

A gasolina comercializada na maioria dos estados brasileiros é uma mistura de 76% de gasolina e 24% de etanol (Decreto Lei nº 2607). Sabe-se que frações de 10% de etanol na fase aquosa aumentam a massa dos compostos BTEX encontrados na gasolina em aproximadamente 30%, ou seja, em razões de 1:3 [3]. Portanto, em termos de risco de contaminação, fica evidente os perigos que o armazenamento de álcool juntamente com a gasolina pode oferecer à qualidade das águas subterrâneas e por conseguinte à saúde da população.

Outro ponto analisado foi a presença de proteção contra corrosão interna e/ou externa. Nesse caso, dos 196 tanques considerados apenas 77 (39%) não possuem nenhum tipo de proteção, enquanto que os demais 119 (61%) apresentam algum tipo de proteção, assim especificados: 17 (aço carbono ecológico), 4 (resina termofixa reforçada), 4 (resina termofixa com fibra de vidro), 38 (aço carbono com pintura anti-corrosiva), 9 (fibra de vidro), 6 (alcatrão de hulha com epoxy), 13 (emborrachamento externo) e 28 (sem especificação).

Cabe ressaltar que, levando-se em consideração a presença de grande quantidade de água no subsolo (correspondendo às condições das altas taxas pluviométricas da região), a proteção anti-corrosiva de melhor eficácia é a catódica [1]. Entretanto, as proteções anti-corrosivas de revestimentos orgânicos também são bastante eficazes desde que aplicadas em espessuras superiores a 0,75mm. Infelizmente, os dados disponíveis não permitiram a obtenção dessa informação com relação aos tanques analisados. Assim sendo, considerou-se que dos dispositivos de proteção contra corrosão, os que menos oferecem riscos de contaminação são os que apresentam os revestimentos orgânicos, ou seja, os tanques revestidos com resina termofixa reforçada, resina termofixa com fibra de vidro e alcatrão de hulha com epoxy, os quais representam apenas 7% dos tanques. É importante ainda destacar que os tanques de fibra de vidro não têm a mesma resistência à

pressão que os de aço, podendo vir a apresentar rachaduras [11] e, conseqüentemente causar vazamentos. A Figura 4 mostra que dos 196 TSAC avaliados, 11(6%) são de fibra de vidro.

Vale ainda lembrar que 76 (39%) dos TSAC considerados não possuem nenhuma contingência contra eventuais vazamentos; os 120 restantes (61%) possuem, porém não foram especificadas.

A Figura 5 mostra, que dos dispositivos de detecção de vazamentos nos TSAC, 164(83%) apresentam somente a régua como ferramenta para este fim, enquanto que os 32(17%) restantes utilizam-se tanto da régua como de outros métodos para a detecção, assim especificados: hidropneumático (6), monitoramento de estoque através do Livro de Movimentação de Combustível — LMC (6), controle de Medição Físico-Contábil — MFC (7) e sem especificação (13). Assim, de acordo com os números, a grande maioria dos TASC (83%) oferecem o mínimo de confiabilidade possível em relação à detecção de vazamentos, uma vez que, a régua representa o dispositivo de menor precisão na detecção de vazamentos [1]. A adoção deste método por grande parte dos postos de revenda certamente deve-se ao baixo custo que o dispositivo oferece, já que o mercado dispõe de métodos bem mais precisos, porém mais onerosos.

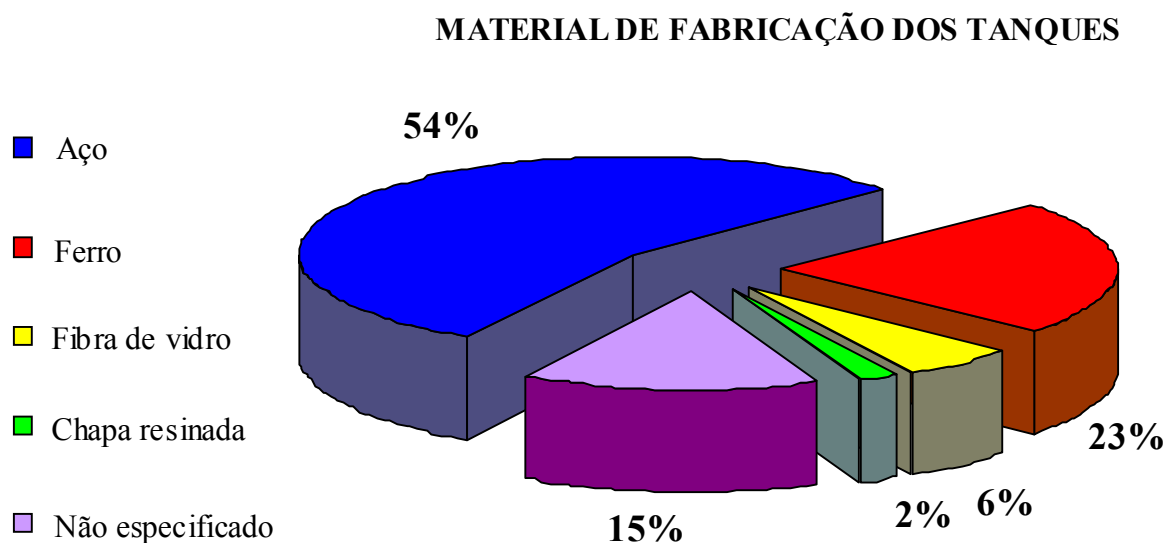


Figura 4. Material de fabricação dos tanques

No que concerne aos dispositivos analisados, o que tem mais eficácia na detecção de eventuais vazamentos é o hidropneumático, sendo que apenas 3% dos TSAC estão equipados com esse dispositivo (Figura 5). Cabe ressaltar que embora esse equipamento seja o de melhor eficácia dentre os demais, o mesmo apresenta uma baixa precisão [1]. O resultado disso é que há um

considerável risco da ocorrência de algum vazamento sem que este seja sequer detectado, colocando assim em risco as águas subterrâneas nas proximidades dos postos revendedores que o utilizam.

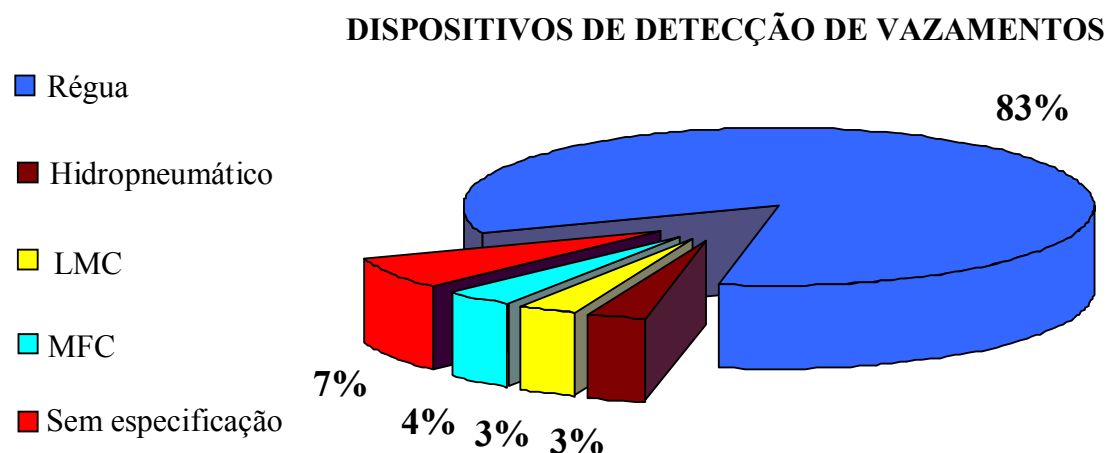


Figura 5. Tipos de dispositivos de detecção de vazamentos.

Finalmente, foi verificado que dos 196 TSAC em atividade, 13 (7%) possuem idade de instalação igual a 15 anos, 116 (59%) têm idade de instalação inferior a 15 anos e 67 (34%) possuem idade de instalação superior a 15 anos, conforme mostra a Figura 6.

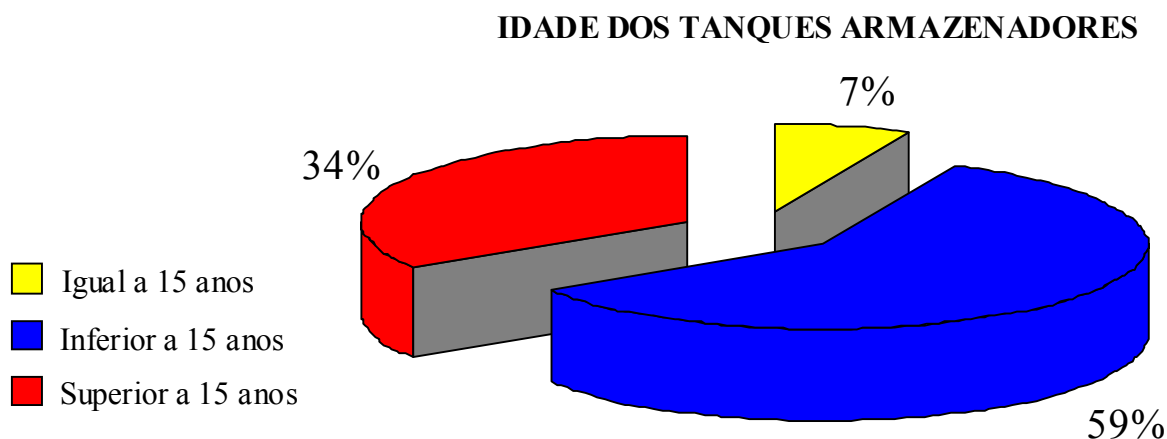


Figura 6. Idades nos 196 tanques armazenadores analisados

Os dados revelaram que uma porcentagem considerável (34%) dos TSAC situados nos postos de revenda do município de Belém encontra-se acima da idade máxima recomendada para a sua utilização que, de acordo com a literatura especializada, é de aproximadamente 15 anos[1].

Tanques com idade igual ou superior a idade máxima recomendada para seu uso estão fortemente suscetíveis à corrosão, mesmo levando-se em conta a presença nestes dos mais eficientes dispositivos anti-corrosivos [1].

Portanto, verifica-se que 34% dos tanques subterrâneos situados nos 86 postos revendedores do município de Belém já oferecem riscos de vazamentos e, por conseguinte, são considerados potenciais fontes de contaminação das águas subterrâneas. Soma-se a esse fato a inexistência de dispositivos adequados para a detecção de vazamentos na maioria dos tanques (apenas 7% dos TSAC possuem equipamento adequado). Esses dois fatores, quando associados ao tipo de proteção contra corrosão referente à maioria dos tanques (pintura anti-corrosiva - 19% dos TSAC) deixa claro a necessidade de estudos detalhados nos postos em situação mais crítica, visando a adoção de medidas preventivas e/ou corretivas de forma a minimizar os riscos para a qualidade das águas nessas áreas e saúde da população ali residente que, muitas vezes, se auto abastece por meio de poços escavados rasos, os quais captam água do aquífero livre.

Dados sobre o padrão de uso do solo no entorno dos postos

Através da análise estatística dos dados cadastrais da SECTAM referentes ao uso e ocupação do solo da área de entorno dos 86 postos, verificou-se que 84 (97%) estão circundados por escolas, hospitais ou residências, enquanto que apenas 2 (3%) encontram-se em locais onde não há nenhum tipo de ocupação urbana. É importante lembrar que esses números provavelmente não refletem a realidade atual, isto porque atualmente é pouco provável que existam áreas desocupadas em Belém.

Cabe ressaltar que a população residente na área urbana de Belém é de 1.271.615 habitantes e que cinco pessoas vivem em média por domicílio no município. Considerando-se que 43% dos postos são adjacentes à residências, estando estas na sua grande maioria a menos de 500 metros de distância em relação aos postos de revenda, constata-se que um considerável número de pessoas estão potencialmente ameaçadas em caso de vazamentos nos tanques.

Caracterização da zona não saturada

A área de estudo encontra-se inserida em terrenos sedimentares de idade Fenerozóica.

Considerando a uniformidade do terreno em toda Belém foram utilizados para a certificação e classificação da unidade geológica dos locais próximos e/ou de instalação de alguns postos de revenda, a descrição de uma perfuração a trado realizada no *Residencial Olympus* (Bairro do Umarizal) e mapa geológico [8].

O perfil referente à perfuração do residencial (Figura 7) inicia-se do topo para a base com fina camada (0,20m) de aterro de coloração amarelada, com freqüentes intercalações de laterita e nódulos de quartzo, seguida de níveis de argila rósea com aproximadamente 0,80m, na qual estão

presentes concreções ferruginosas. Seguem-se, níveis de argila (1,35m) de coloração avermelhada, com concreções ferruginosas, até a profundidade de aproximadamente 2,35 metros.

A partir dos 2,35 metros de profundidade, observam-se argilas de coloração avermelhada com concreções ferruginosas, juntamente com níveis bem mais ricos em matéria orgânica. Esta camada se estende até 3,19 metros de profundidade, tornando-se progressivamente mais siltosa com o aumento da profundidade. Finalmente, no intervalo de 3,19-4 ocorrem argilas siltosas de coloração variada, pouco friáveis, heterogêneas, de granulometria que varia de fina à média, com nítidas concreções ferruginosas. O lençol frático ocorre a 3,60m, sendo essa profundidade representativa do período seco, uma vez que a perfuração foi realizada no mês de novembro de 2000.

Para complementar a caracterização litológica da zona não saturada, analisou-se ainda perfisagens geofísicas de poços tubulares situados nos bairros do Marco, São Braz e Umarizal. Essas perfisagens mostram predominantemente camadas de argila alternadas por camadas de areia. As camadas de argila tornam-se ligeiramente enriquecidas em matéria orgânica com o aumento da profundidade. No que concerne às camadas de areia, é freqüente a presença disseminada de nódulos de laterita, os quais são normalmente encontrados nas porções mais superiores da referida camada.

De acordo com o mapa, aproximadamente 90% dos postos analisados estão localizados sobre os sedimentos clásticos quaternários Pós-Barreiras.

Neste contexto, se tomarmos como exemplo um eventual vazamento dos TSAC nas proximidades do *Residencial Olympus*, verifica-se a grande potencialidade de risco de contaminação do lençol freático pelos contaminantes liberados dos tanques. Esse risco advém do fato do aquífero ser livre, com uma zona não saturada constituída por sedimentos Pós-Barreiras, cujas características litológicas não oferecem uma proteção efetiva contra a penetração de soluções poluentes. Cabe ainda ressaltar que nos casos em que os poluentes são liberados abaixo do solo, como é o caso dos vazamentos em TSAC, a zona não saturada desempenha pouco ou nenhum papel na atenuação dos contaminantes liberados [12]. Considerando-se que os TSAC estão a uma profundidade média de 4 metros, constata-se que, em muitos pontos de Belém esses tanques se encontram bastante próximos do lençol freático já que, de acordo com os dados obtidos no *Residencial Olympus*, o lençol freático se encontra a uma profundidade média de 2,80 metros. A situação é particularmente crítica nas partes mais baixas da cidade, onde o lençol freático ocorre a uma profundidade menor. Cabe ainda ressaltar que, os dados obtidos no *Residencial Olympus* se referem ao período seco (novembro de 2000) época em que o lençol freático atinge seu nível mais baixo. No período chuvoso, a profundidade é geralmente superior àquela obtida no período seco.

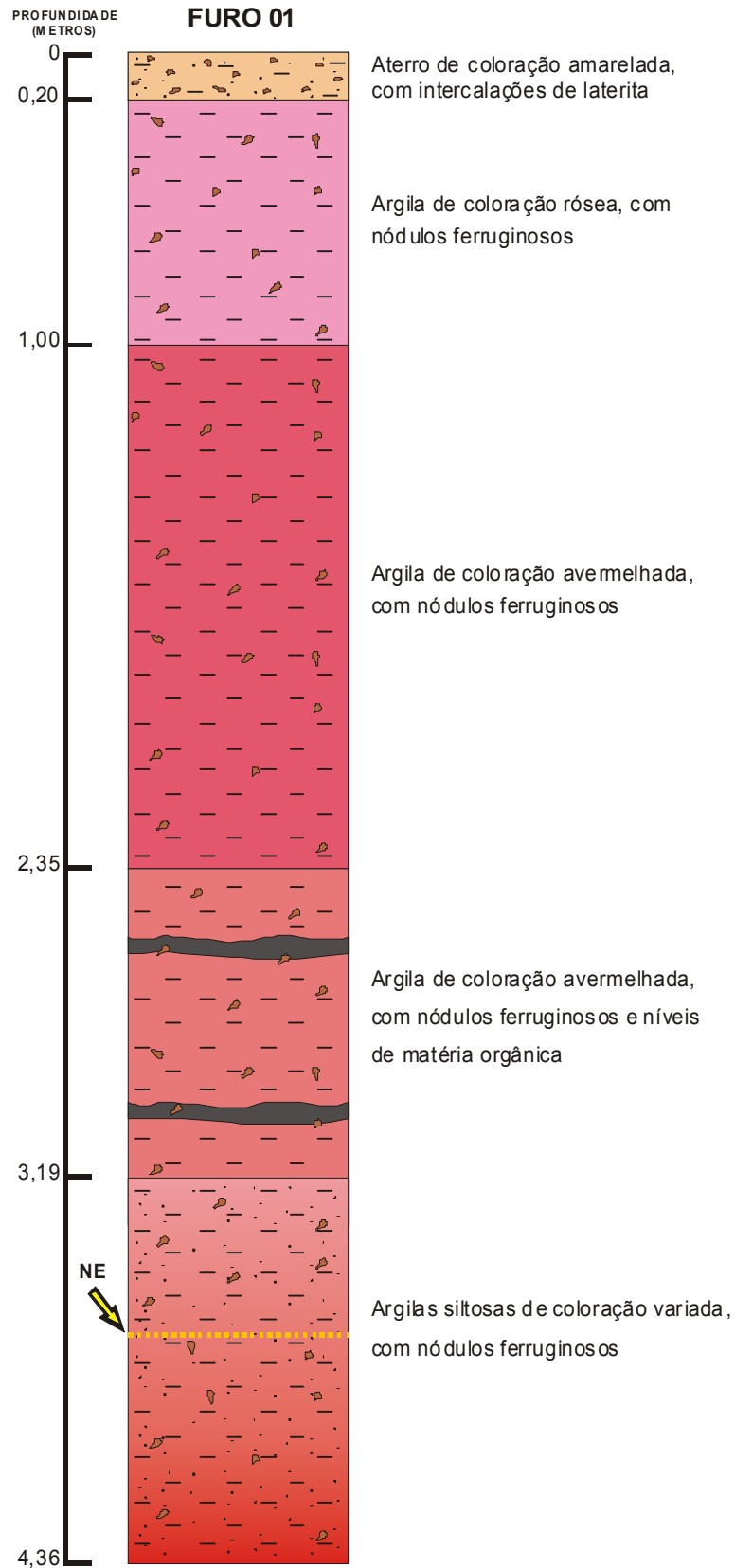


Figura 7. Perfil esquemático da perfuração a trado, realizada no Residencial Olimpus (bairro do Umarizal).

CONCLUSÕES

As informações obtidas através dos dados cadastrais e análise das condições de funcionamento dos tanques de combustível nos postos revendedores de Belém, indicam que 34% desses tanques encontram-se com idade superior à idade recomendada para a sua utilização que é de aproximadamente 15 anos. Verificou-se ainda que 83% dos tanques possuem equipamentos de detecção de baixa precisão e/ou ausência dos dispositivos de contenção de vazamentos.

Os resultados acima referidos permitem dizer que os riscos de contaminação do aquífero livre devido a eventuais vazamentos nos tanques são consideráveis. Soma-se a esses dados, o fato da profundidade média de instalação dos tanques ser de aproximadamente 4 metros. Assim sendo, em muitos pontos de Belém esses tanques encontram-se bastante próximos do lençol freático, cuja profundidade em muitos locais é inferior a 3m.

A situação é particularmente crítica quando se verifica que 90% dos postos analisados estão localizados sobre os Sedimentos Pós-Barreiras, cujas características litológicas não oferecem uma proteção efetiva à penetração de soluções poluentes. Desta forma, a zona não saturada desempenha pouco ou nenhum papel na atenuação de possíveis contaminantes, que representam, portanto, uma séria ameaça à qualidade das águas subterrâneas e por conseguinte à saúde da população residente nas proximidades dos postos, sobre tudo daqueles cujos tanques possuem idade superior a 15 metros.

O estudo constatou ainda que 43% da ocupação urbana nas áreas de entorno aos postos consiste em residências, geralmente situadas a menos de 500 metros destes. Tais dados apontam para um considerável número de pessoas que estariam potencialmente ameaçadas em caso de vazamento nos tanques uma vez que, em Belém habitam em média cinco pessoas por residência.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] GUIGUER, N. *Poluição das águas subterrâneas e do solo causada por vazamentos em postos de abastecimento*. Waterloo Hydrogeologic. 2000. 356p.
- [2] CORSEUIL, H.X. & ALVAREZ, P.J.J. *Natural bioremediation perspective for BTEX - Contaminated groundwater in Brazil: effects of ethanol*. Wat. Sci. Tech. v.34, n. 7-8, 1996. p.311-318.
- [3] CORSEUIL, H.X. & FERNANDES, M. *Efeito do etanol no aumento da solubilidade de compostos aromáticos presentes na gasolina brasileira*. Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, 1999. 8p.
- [4] SAUMA FILHO, M. *As águas subterrâneas de Belém e adjacências: influência da Formação Pirabas e parâmetros físico-químicos para medidas de qualidade*. Tese de Mestrado em Geoquímica. CG-UFPA. Belém. 1996. 128p.
- [5] CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. *Projeto: Estudos hidrogeológicos da Região Metropolitana de Belém e adjacências (PEHRMB)*. Belém. 1998. V.1.
- [6] COSTA, T. C. D. *Análise crítica das metodologias gerais de mapeamento geotécnico visando formulação de diretrizes para a Cartografia geotécnica no trópico úmido e aplicação na região metropolitana de Belém*. 2001. 2v. Tese (doutorado em Geologia)- Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém.
- [7] ROSSETTI, D. F. *Late cenozoic sedimentary evolution in northeastern Pará, Brazil, within the context of sea level changes*. Journal of south American Earth Sciences .14. 2001. 77-89p.
- [8] FARIAS, E.S; NASCIMENTO, F.S; , M.A.A. *Estágio de Campo III: Relatório Final. Área Belém - Outeiro*. UFPA. Belém. 1992. 247p.
- [9] FREEZE, R.A.; CHERRY, J.A. *Groundwater*. New Jersey: Printice-Hall. 1979. 604p.
- [10] MAXIMIANO, A.M.S.; CUNHA, R.C.A.; HASSUDA, S. *Uma proposta de Risc Based Screening Level (RBSL) para a Região Metropolitana de São Paulo utilizando procedimentos Risc Based Corrective Action (RBCA)-ASTM*. In: *I Congresso Mundial Integrado de Águas Subterrâneas. Anais. ABAS. Fortaleza - CE*. 2000.
- [11] FETTER, C.W. *Contaminant Hydrogeology*. Upper Soddler River. New Jersey: Printice-Hall. 1993. 458p.
- [12] HIRATA, R. C. A.; BASTOS, C. R. A.; ROCHA, G. A. *Mapeamento da vulnerabilidade e risco de poluição das águas subterrâneas no Estado de São Paulo*. Instituto Geológico, CETESB, DAEE, Secretaria de Estado do Meio Ambiente. 1997. VII. Título. VIII. Série.