



Universidade Federal do Pará
Centro de Geociências
Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica

**AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS DA OCUPAÇÃO URBANA SOBRE AS
ÁGUAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO IGARAPÉ MATA FOME,
BELÉM-PA**

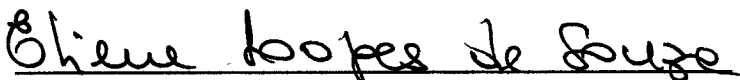
TESE APRESENTADA POR

MÁRCIA TEREZA PANTOJA GASPAR

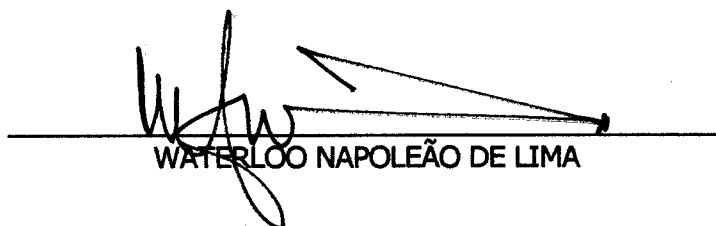
Como requisito parcial à obtenção do Grau de Mestre em
Ciências na Área de GEOLOGIA.

Data de Aprovação: **17 / 05 / 2001**

Comitê de Tese:


ELIENE LOPES DE SOUZA (Orientadora)


ANTONIO CARLOS FELICE NICOLA SAVERIO TANCREDI


WATERLOO NAPOLEÃO DE LIMA

Belém

*Dedico este trabalho com muito
amor a minha família, aos meus
amigos e a comunidade do Mata
Fome.*

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a todos que foram essenciais para a realização deste trabalho, em especial:

A CAPES pela concessão da bolsa e ao CEARAH PERIFERIA pelo apoio financeiro.

A minha orientadora, Eliene Lopes de Souza, que de forma sábia e amigável repassou seus valiosos conhecimentos científicos e humanitários, aliado à sua inabalável ética profissional, proporcionando a meu ver, o que de mais valioso pode-se cativar, a amizade.

Ao geólogo Edilson Brabo que nos proporcionou um elo com o Instituto Evandro Chagas e à Dra. Elisabeth que nos permitiu, de forma solidária, a realização de todas as análises químicas e bacteriológicas desenvolvidas neste estudo. Agradeço ainda aos profissionais do laboratório de toxicologia do Instituto: Góes, Márcia e Gregório e aos estagiários pelo auxílio durante a realização das análises químicas.

A Lúcia e ao Lico pelas incansáveis leituras diárias das réguas instaladas no igarapé, pelo acompanhamento nos trabalhos de campo, e ao Sr. Maranhão por ceder seu poço e terreno para a realização de testes e ao Sr. Branco pelo "auxílio logístico".

Aos professores Rômulo e Ana Góes pelos esclarecimentos referentes à geologia, ao professor Carvalho e à turma de meteorologia, Maurício, Marcos, Alan Pantoja e Edimir pela importante ajuda nos estudos da bacia. Ao Luís Cláudio e a Gisele pela ajuda nos ensaios granulométricos e em alguns trabalhos de campo.

Ao professor Matos pelo apoio e incentivo em todos os momentos, frutos de uma amizade por mim muito prezada.

A bibliotecária Lúcia pelos esclarecimentos e ajuda nas pesquisas bibliográficas.

Ao André pelo amor, companheirismo, incentivo e inspiração na finalização deste trabalho.

As minhas amigas Luciana e Natalina pela amizade e companheirismo nos planos profissional e espiritual e aos meus amigos do curso: Joedy, Maria, Homero, Paulo, Kátia, Davis, Marcelo, Ivanilce, Helenice, Marcos, Helena, Alan, Carmem, Zilma e Albano.

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA	i
AGRADECIMENTOS.....	ii
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	vi
RESUMO	1
ABSTRACT	3
1-INTRODUÇÃO.....	5
1.1- APRESENTAÇÃO.....	5
1.2- LOCALIZAÇÃO E ACESSO.....	6
1.3- OBJETIVOS.....	8
1.4- ASPECTOS HISTÓRICOS E RELEVÂNCIA	9
2- CARACTERÍSTICAS DA ÁREA.....	11
2.1- CLIMA.....	11
2.2- VEGETAÇÃO.....	14
2.3- ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS	17
2.4- GEOLOGIA E HIDROGEOLOGIA	17
2.4.1- Geologia Regional.....	17
2.4.1.1- Formação Pirabas.....	17
2.4.1.2- Grupo Barreiras.....	19
2.4.1.3- Sedimentos Pós- Barreiras	20
2.4.1.4- Sedimentos Holocênicos.....	21
2.4.2 – Geologia Local.....	22
2.4.3- Hidrogeologia Regional.....	26
3- QUADRO AMBIENTAL.....	30
4- METODOLOGIA.....	34

5- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	36
5.1- IMPACTOS DA URBANIZAÇÃO SOBRE O REGIME DE BACIAS HIDROGRÁFICAS	36
5.2- COMPORTAMENTO DOS CONTAMINANTES.....	40
5.3- PADRÕES DE QUALIDADE DE ÁGUA.....	44
6- RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	47
6.1- HIDROLOGIA	47
6.1.1- Escoamento superficial.....	47
6.1.2- Taxas de infiltração.....	51
6.2- HIDROGEOLOGIA.....	59
6.2.1- Parâmetros Hidrodinâmicos	60
6.2.2- Padrão de fluxo	61
6.2.3- Reserva reguladora.....	65
6.3- QUALIDADE DAS ÁGUAS.....	68
6.3.1- Água Superficial.....	71
6.3.1.1- pH	74
6.3.1.2- Condutividade elétrica.....	76
6.3.1.3- Sólidos totais dissolvidos	78
6.3.1.4- Oxigênio dissolvido	79
6.3.1.5- Componentes nitrogenados	80
6.3.1.6- Microorganismos coliformes.....	84
6.3.1.7- Carga transportada em solução.....	86
6.3.1.8-Balanço iônico.....	89
6.3.2- Água Subterrânea	91
6.3.2.1- pH	93
6.3.2.2- Condutividade elétrica.....	94
6.3.2.3- Componentes nitrogenados	95
6.4- CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS E POTABILIDADE	99
7- GESTÃO DAS ÁGUAS.....	101

8- CONCLUSÕES.....	103
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	107
ANEXOS	113
ANEXO 01- Mapa da bacia hidrográfica do igarapé Mata Fome.	113
ANEXO 02- Modelo da ficha de cadastro dos poços.	113
ANEXO 03- Planilha de cadastro dos poços.....	113

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURAS

Figura 1- Mapa de localização da bacia hidrográfica do igarapé Mata Fome, Belém (PA).	7
Figura 2- Temperatura média mensal (°C), referente ao período de 1961-1990. Fonte: DNMet (1992).	11
Figura 3- Umidade relativa do ar (%) em Belém. Média mensal do período de 1961-1990. Fonte: DNMet (1992).	11
Figura 4- Precipitação total anual (mm), referente ao período de 1966-1995. Fonte: INMet (2000).	12
Figura 5- Precipitação média mensal (mm), referente ao período de 1961-1990. Fonte: DNMet (1992).	12
Figura 6- Evaporação mensal (mm), referente ao período de 1961-1990. Fonte: DNMet (1992).	13
Figura 7- Representação gráfica do balanço hídrico de Belém, referente ao período de 1961-1997, segundo o método de Thornthwaite & Mather (1955). Modificado de Moraes (1999).	13
Figura 8- Ortofoto da bacia do igarapé Mata Fome tomada em 1986 mostrando a presença marcante da vegetação natural nas margens do igarapé e a presença incipiente de residências na área.	15
Figura 9- Ortofoto da bacia do igarapé Mata Fome tomada em 1998 mostrando grandes clareiras, decorrentes do desmatamento da vegetação natural para extração de minério Classe II e da instalação de uma grande quantidade de residências.	16
Figura 10- Afloramento de arenitos em forma de lajedos, às margens do lago Preto no sudoeste da bacia do igarapé Mata Fome.	23
Figura 11- Afloramento de arenitos apresentando formas erosivas expressivas, formando cacimbas naturais, que ficam a maior do ano preenchida por água da chuva.	24
Figura 12- Aspecto do afloramento de arenitos, que fica exposto na época mais seca do ano.	24
Figura 13- Sedimentos argilo-arenosos do Pós-Barreiras, em barrancos, de onde é extraído material para a construção civil.	25
Figura 14- Sedimentos arenosos aluvionares, às margens do lago Preto, ao sudoeste da bacia do igarapé Mata Fome.	26
Figura 15- Destino final dos resíduos domésticos na bacia do igarapé Mata Fome. Fonte: Souza et al. (1999).	30
Figura 16- Fontes de abastecimento de água da população residente na bacia do igarapé Mata Fome. Fonte: Souza et al. (1999).	31
Figura 17- Tipo de tratamento utilizado pelos moradores da bacia do igarapé Mata Fome na água consumida dos poços de abastecimento. Fonte: Souza et al. (1999).	32
Figura 18- Modificações no regime de escoamento em bacias após o processo de urbanização. Fonte: Rebouças et al. (1999).	38
Figura 19- Mudanças ocorridas no ciclo hidrológico após a urbanização. Fonte: Rebouças et al. (1999).	39
Figura 20- Características das inundações em bacias urbanas, ocasionadas pela ocupação das planícies de inundação dos rios. Fonte: Rebouças et al. (1999).	40
Figura 21- Variação da altura da régua limnimétrica na estação 1, do igarapé Mata Fome durante um ciclo completo de maré (13 horas). Medidas obtidas no período chuvoso de 2000 e no período seco.	48
Figura 22- Leitura diária do nível do igarapé Mata Fome (estação 1), durante o período de janeiro a junho de 2000.	49
Figura 23- Leitura diária do nível do igarapé Mata Fome (estação 1), durante o período de julho a dezembro de 2000.	49

Figura 24- Valores de descarga líquida (m^3/seg), obtidas na estação 1 do igarapé Mata Fome, para o do período seco.....	51
Figura 25- Ensaio de infiltração com cilindros concêntricos.....	52
Figura 26- Classificação da amostra MF-01 (área ocupada) pela frequência simples (%).	54
Figura 27- Classificação da amostra MF-02 (área preservada) pela frequência simples (%). ..	54
Figura 28- Velocidade de infiltração ($V_i - mm/h$) versus tempo (hora), referente ao ensaio de infiltração 1, realizado na área ocupada da bacia do igarapé Mata Fome.....	57
Figura 29- Velocidade de infiltração ($V_i - mm/h$) versus tempo (hora), referente ao ensaio de infiltração 2, realizado na área relativamente preservada da bacia do igarapé Mata Fome.....	57
Figura 30- Mapa de fluxo subterrâneo (aquífero livre) para o período chuvoso, na bacia do igarapé Mata Fome.....	63
Figura 31- Mapa de fluxo subterrâneo (aquífero livre) para o período seco, na bacia do igarapé Mata Fome.....	64
Figura 32- Valores de pH em amostras da água do igarapé Mata Fome, observadas num ciclo de maré completo (estação 1) e única observação (estação 2), obtidos nos períodos seco e chuvoso.....	74
Figura 33- Valores de condutividade elétrica (CE), em $\mu S/cm$, medidos em amostras da água do igarapé Mata Fome, coletadas num ciclo de maré completo (estação 1), e única observação (estação 2). Dados obtidos nos períodos seco e chuvoso de 2000. Erro! Indicador não definido.	
Figura 34- Valores de sólidos totais dissolvidos (STD), em mg/L, medidos no igarapé Mata Fome coletadas em um ciclo de maré completo (estação 1) e coleta única (estação 2), nos períodos seco e chuvoso.....	78
Figura 35- Valores de oxigênio dissolvido (OD), em mg/L, medidos no igarapé Mata Fome em um ciclo de maré completo (estação 1) e coleta única (estação 2), nos períodos seco e chuvoso.....	79
Figura 36- Valores de amônio, em mg/L, medidos no igarapé Mata Fome em um ciclo de maré completo (estação 1) e coleta única (estação 2), nos períodos seco e chuvoso.....	81
Figura 37- Valores de nitrito, em mg/L, medidos no igarapé Mata Fome em um ciclo de maré completo (estação 1) e coleta única (estação 2), nos períodos seco e chuvoso.....	82
Figura 38- Valores de nitrato, em mg/L, medidos no igarapé Mata Fome em um ciclo de maré completo (estação 1) e coleta única (estação 2), nos períodos seco e chuvoso.....	84
Figura 39- Valores de coliformes fecais (CF/100 mL), medidos no igarapé Mata Fome na maré vazante e enchente (estação 1), nos períodos seco e chuvoso.....	85
Figura 40- Valores de coliformes totais (CT/100 mL), medidos no igarapé Mata Fome na maré vazante e enchente (estação 1), nos períodos seco e chuvoso.....	85
Figura 41- Valores de carga dos sólidos totais dissolvidos, em $\mu g/seg$, medidos no igarapé Mata Fome (estação 1), no período seco.....	87
Figura 42- Valores de carga de oxigênio dissolvido, em $\mu g/seg$, medidos no igarapé Mata Fome (estação 1), no período seco.....	87
Figura 43- Valores de carga de amônio, em $\mu g/seg$, medidos no igarapé Mata Fome (estação 1), no período seco.....	88
Figura 44- Valores de carga de nitrato, em $\mu g/seg$, medidos no igarapé Mata Fome (estação 1), no período seco.....	89
Figura 45- Valores do pH obtidos em alguns poços de abastecimento na bacia do igarapé Mata Fome, nos períodos seco e chuvoso.....	94
Figura 46- Valores de condutividade elétrica (CE), em $\mu S/cm$ obtidos em alguns poços de abastecimento na bacia do igarapé Mata Fome, nos períodos seco e chuvoso.....	95
Figura 47- Valores do amônio obtidos em alguns poços de abastecimento na bacia do igarapé Mata Fome, nos períodos seco e chuvoso.....	96

Figura 48- Valores do nitrito obtidos em alguns poços de abastecimento na bacia do igarapé Mata Fome, nos períodos seco e chuvoso.....	97
Figura 49- Valores do nitrato obtidos em alguns poços de abastecimento na bacia do igarapé Mata Fome, nos períodos seco e chuvoso.....	98

TABELAS

Tabela 1- Valores máximos e mínimos dos parâmetros físico-químicos das análises de água subterrânea na região de Belém e padrão de potabilidade estabelecido pela Portaria N.º 36 (SEICOM 1995).....	29
Tabela 2- Tempo de sobrevivência de microorganismos no lixo. Fonte: Subercropp & Klug <i>apud</i> Lima (1995).....	44
Tabela 3- Limites de potabilidade estabelecidos pela Portaria N.º 36 e pela OMS.....	45
Tabela 4- Valores de descarga do igarapé Mata Fome, obtidos no período seco, durante um ciclo completo de marés.....	50
Tabela 5- Valores obtidos no ensaio de infiltração 1, realizado na área ocupada da bacia do igarapé Mata Fome.....	55
Tabela 6- Valores obtidos no ensaio de infiltração 2, realizado na área relativamente preservada da bacia do igarapé Mata Fome.....	56
Tabela 7- Variação do balanço hídrico com a urbanização num clima temperado em % da precipitação total (OECD <i>apud</i> Tucci 1998).....	59
Tabela 8- Principais características do aquífero livre da bacia do igarapé Mata Fome.....	61
Tabela 9- Valores representativos da porosidade efetiva para alguns materiais geológicos. Fonte: Driscoll (1987).....	66
Tabela 10- Volumes da reserva reguladora, precipitação pluviométrica e restituição do aquífero para o igarapé Mata Fome.....	68
Tabela 11- Resumo das campanhas de coleta de água do igarapé Mata Fome, exibindo períodos e regime da amostragem, locais de coleta e número de amostras...	69
Tabela 12- Campanhas de amostragens de água do aquífero livre.....	70
Tabela 13- Resultados das análises físico-químicas, químicas e bacteriológicas das amostras coletadas nas estações fluviométricas 1 e 2 no igarapé Mata Fome, durante o período chuvoso (abril de 2000). NH_4^+ , NO_2^- , e NO_3^- ; oxigênio dissolvido (OD), sólidos	

totais dissolvidos (STD) em mg/L; coliformes totais (CT) e fecais (CF) expressos em número mais provável (NMP) de organismos / 100 mL.....	72
Tabela 14- Resultados das análises físico-químicas, químicas e bacteriológicas das amostras coletadas nas estações fluviométricas 1 e 2, no igarapé Mata Fome, durante o período seco (novembro de 2000). NH_4^+ , NO_2^- e NO_3^- , oxigênio dissolvido (OD) e sólidos totais dissolvidos (STD) em mg/L; coliformes totais (CT) e fecais (CF) expressos em número mais provável (NMP) de organismos/100 mL.....	73
Tabela 15- Distribuição dos valores de carga, em $\mu\text{g}/\text{seg}$, medidos em amostras da estação 1, em um ciclo completo de maré, do igarapé Mata Fome, referente ao período seco.....	86
Tabela 16- Valores de entrada (maré enchente), saída (maré vazante) e balanço iônico ($\cdot 10^{-5} \text{ t} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{ano}^{-1}$) calculado para STD, OD, NH_4^+ e NO_3^- , em amostras coletadas na estação fluviométrica 1 (período seco), no igarapé Mata Fome.....	90
Tabela 17- Valores de pH, T ($^{\circ}\text{C}$), CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$), STD (mg/L), NH_4^+ (mg/L), NO_2^- (mg/L), NO_3^- (mg/L), obtidos em água de alguns poços de abastecimento da população residente na bacia do igarapé Mata Fome e em uma residência (R), no período chuvoso.....	92
Tabela 18- Valores de pH, T ($^{\circ}\text{C}$), CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$), STD (mg/L), NH_4^+ (mg/L), NO_2^- (mg/L), NO_3^- (mg/L), coliformes fecais e totais em NMP/100 mL, obtidos em água de alguns poços de abastecimento da população residente na bacia do igarapé Mata Fome e em uma residência (R), no período seco.....	92

RESUMO

A bacia hidrográfica do igarapé Mata Fome, com 6 km², situa-se ao norte da Região Metropolitana de Belém. Constitui a área piloto para a implementação do Programa de Gestão Urbana (PGU), da ONU, que tem entre os seus objetivos a recuperação ambiental dessa área.

O presente estudo, inserido no programa supra citado procurou avaliar alterações relacionadas com a ocupação antrópica da bacia, através de dados hidrogeológicos e de qualidade das águas do igarapé e do aquífero livre. Nas análises das águas realizadas nos períodos seco (novembro) e chuvoso (abril) de 2000, foram determinados os componentes nitrogenados (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^-), oxigênio dissolvido (OD), sólidos totais dissolvidos (STD), coliformes fecais e totais, o pH e a condutividade elétrica (CE).

O regime hidrológico do igarapé, foi avaliado através de medições de descarga e leituras de réguas limnimétricas, sendo estas instaladas em área intensamente ocupada, na foz do igarapé, sob influência de marés (estação 1), e na sua nascente, relativamente preservada e sem influência das marés (estação 2). O igarapé mostrou um regime caracterizado por 9 horas de maré vazante e 4 horas de maré enchente, atingindo alturas do nível d'água maiores no período chuvoso (janeiro-junho), na maré enchente, com uma altura máxima de cerca de 3 metros, e mínima de 0,4 metros, na maré vazante. No período seco (julho-dezembro) a altura máxima, de 1,99 m, também ocorreu na preamar, enquanto que a altura mínima, de 0,40 metros, se deu na baixa-mar. A descarga líquida do igarapé foi medida apenas no período seco e apresentou valores mínimo e máximo de 0,03 e 0,201 m³/s, respectivamente, com o valor mínimo ocorrendo na transição do regime de maré vazante para enchente. Testes de infiltração com duplo cilindro, realizados na área ocupada e na nascente, revelaram uma rápida estabilização da infiltração na primeira área, em relação à área mais preservada.

A água do igarapé revelou valores de pH próximos ou superiores a 7, sendo os mais elevados obtidos no período seco. A condutividade elétrica também se mostrou mais elevada nesse período, com média de 260 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Os teores de OD, bastante baixos, variaram entre 1,0 e 3,5 mg/L, com os valores mais elevados obtidos no período

chuvoso, possivelmente decorrentes de uma maior oxigenação da água nesse período. A presença de resíduos domésticos e esgotos no igarapé é retratada principalmente pela elevada quantidade de coliformes fecais que, na estação 1, durante o período chuvoso, atingem um máximo de 92.000 CF/100 mL, na maré enchente. Na área da nascente, embora relativamente preservada, os valores de CF também foram elevados, atingindo um máximo de 65.000 CF/100 mL no período seco. Dentre os componentes nitrogenados analisados, destacam-se os teores de NH_4^+ , atingindo valores superiores a 3 mg/L, chegando a 12mg/L na estação 2, durante o período seco, refletindo uma pequena "invasão" que começava a se instalar naquela área. A carga transportada pelo igarapé avaliada na estação 1, apenas para o período seco, apresentou valores maiores na maré vazante, devido às descargas mais elevadas nesse regime de maré. A descarga de nitrato foi a que se revelou mais elevada, atingindo um máximo de 0,44 $\mu\text{g}/\text{seg}$ no regime de maré vazante. O balanço iônico ($\text{t}\cdot\text{km}^{-2}\cdot\text{ano}^{-1}$), apresentou valores positivos para todos os parâmetros analisados, indicando uma maior saída de substâncias para a baía de Guajará, em relação aos solutos trazidos dessa baía, durante a maré enchente.

De acordo com a resolução CONAMA N. ° 20/86, a água do igarapé apresenta-se IMPRÓPRIA quanto à balneabilidade (recreação de contato primário). O aquífero livre estudado, principal fonte de abastecimento dos moradores da área, apresenta nível estático com profundidade média variando de 2,26 m a 1,21 m, entre os períodos seco e chuvoso, respectivamente. Mapas de potencial hidráulico, elaborados a partir de medidas de nível estático realizadas em 30 poços escavados, nesses dois períodos, indicam que o fluxo subterrâneo converge para o igarapé. A reserva reguladora, calculada a partir da vazão de escoamento natural (VEN), apresentou um valor de 1.050.000 m^3 , com uma restituição para o igarapé de 175.000 m^3/Km^2 . Dentre os indicadores de qualidade da água avaliados, merecem destaque os teores de amônio, atingindo 3,54 mg/L, muito acima do limite de potabilidade (0,06 mg/L) estabelecido pela USEPA. O teor de nitrato chegou a 30 mg/L, ainda abaixo do limite de potabilidade (45 mg/L), porém já merecendo atenção, pelo seu caráter conservativo. A presença de coliformes fecais na água de alguns poços analisados, também indica que a água destes encontra-se imprópria para consumo humano.

ABSTRACT

The hydrographic basin of Mata Fome stream, has 6 km² and is located on northward of Belem Metropolitan Region. It's the pilot area for the implantation of Urban Rivers Management for Latin America and Caribbean (UMP-LAC), of UNO, which intends the environmental recuperation of urban basins.

The present study included in the upcited program tried to realize an evaluation of alterations related to antropic occupation of basin, with hydrogeologic data and waters quality analyses. In these analyses realized on dry (November) and rainy (April) periods of 2000, were determinated the nitrogen components (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^-), dissolved oxygen (DO), total dissolved solids (TDS), fecal and total coliforms, pH and electric conductivity (EC).

The hydrologic stream regime that is influenced by tides on the downstream part was evaluated with discharge measurements and limnometric rulers reading. The rulers were installed in an intensively occupied area, on downstream part of drainage where occurs the influence of tides (station 1); on source area, or in an upstream part, that is still relatively preserved and has no influence of tides (station 2). The stream showed a behavior characterized by 9 (nine) hours of low tide and 4 (four) with high tide, reaching the highest levels in the rainy period (January-June), on high tide, with highest height reaching 3,0 meters; and the minimum height, 0,4 meters, on low tide. In the dry period (July-December) the maximum high (1,99 meters), also occurred on high tide, while the minimum high (0,4 meters) occurred on low tide. The liquid drainage discharge measured in the wet period, presented the lowest and the highest values of 0,03 and 0,201 m³/s, respectively; and the smallest value corresponding to the transition from low to high tide. The infiltration tests with the double cylinders were realized in the occupied and in the source area of the basin, revealed a fast stabilization of infiltration in the occupied area, according to more preserved area.

The stream water presented pH values ui near or higher than 7, and the highest values were obtained in the dry period. The electric conductivity also presented highest values in the dry period, with average of 260 $\mu\text{S}/\text{cm}$. The obtained DO contents were very low, varying between 1,0 and 3,5 mg/L, with the highest values reached in the rainy

period, possibly due to the highest water oxygenation in this period. The domestic effluents and sewers presence in the drainage is reflected by the high quantity of fecal coliforms (FC) that, at the station 1, during the rainy period, reached a maximum value of 92.000 FC/100 mL, on the high tide. In the source area (upstream part), although relatively preserved, the FC values were also high, reaching a maximum value of 65.000 FC/100 mL in the dry period. Among the nitrogen compounds analyzed, the NH_4^+ contents emphasize itself, reaching values bigger than 3 mg/L, with the biggest value of a sample reaching 12 mg/L at the station 2 during the dry period, reflecting a small occupation that began to be installed in that area. The transported charge by the drainage evaluated at the station 1, only in the dry period, showed the high values on high tide, due to the high discharges on this tidal regime. The nitrate charge showed the highest values, reaching a maximum value of 0,44 $\mu\text{g}/\text{seg}$ in the low tide regime. The ionic balance ($\text{t} \cdot \text{km}^2 \cdot \text{ano}^{-1}$), presented positive values for all the analyzed parameters, indicating large substance quantities at the considered system exit (the Guajara bay), comparatively to the compounds carried by the bay during the high tide.

According to the CONAMA Resolution N.º 20/86, the stream water showed itself INADEQUATE for bath. The freatic aquifer studied, the main source of supply in the residence area, shows a static level with the average depth of 2,26 and 1,21 meters, between the rainy and dry periods. The hydraulic potential maps drawn up with the measurements of static level carried out on 30 wells, in both periods, indicate that the groundwater flux converges to the drainage. The regulated store, calculated and based on the natural discharge, presented a value of 1.050.000 m^3 with 175.000 m^3/km^2 of restitution for the stream. Among the evaluated water quality indicators, emphasize the ammonium contents, reaching 3,54 mg/L, bigger than the drinking water limit (0,06 mg/L) established by the United States Environmental Protection Agency (USEPA). The nitrate contents reached 30 mg/L, lower than the drinking water limit (45 mg/L), however, it already deserves attention, due to its conservative character. The presence of fecal and total coliforms in some wells analyzed, also indicates that water is inappropriate for the human consumption.

1-INTRODUÇÃO

1.1- APRESENTAÇÃO

O presente trabalho foi desenvolvido na bacia hidrográfica do igarapé Mata Fome, ao norte da Região Metropolitana de Belém, na área de expansão da cidade, contando com o apoio o Programa de Gestão Urbana para a América Latina e Caribe (PGU-ALC) da Organização das Nações Unidas (ONU) e com o Instituto Evandro Chagas.

Em Belém, o programa supra referido é desenvolvido em parceria com a Prefeitura Municipal de Belém (PMB), o Centro de Articulação e Referências Sobre Assentamentos Urbanos (CEARAH PERIFERIA), a Associação Paraense de Apoio às Comunidades Carentes (APACC), o Movimento Nacional de Luta pela Moradia (MNLPM) e a Universidade Federal do Pará (UFPA). O PGU-ALC tem como áreas temáticas a melhoria das condições de vida da população de baixa de renda, a gestão do meio ambiente e a governabilidade participativa. Possui ainda, uma área de trabalho que tem entre os seus princípios básicos a revitalização e/ou preservação dos rios nas cidades, mantendo-os ou restituindo-lhes às suas funções primárias de equilíbrio paisagístico e ambiental, produção de alimento, lazer, geração de renda e via de transporte. Esta área de trabalho do PGU-ALC é denominada "Gestão de Rios Urbanos". Essa temática foi implantada em Belém, tendo a bacia do igarapé Mata Fome como área piloto.

A bacia do igarapé Mata Fome começou a ser ocupada na década de 80 principalmente pela população de baixa renda, sendo essa ocupação feita sem qualquer planejamento. Segundo Souza *et al.* (1999) a bacia foi submetida a uma drástica redução da cobertura vegetal, ocasionada pelo assentamento urbano "invasões" e pela extração de material para a construção civil. Os autores ressaltam ainda a falta de infra-estrutura básica como, coleta de lixo, rede de esgoto e sistema de abastecimento de água.

No presente trabalho foram estudados os efeitos da ocupação urbana sobre as águas superficiais e subterrâneas da bacia, no que concerne às mudanças na

qualidade, sobretudo as alterações relacionadas com o lançamento de esgotos domésticos e lixo, na superfície do solo e/ou no igarapé, bem como com a disposição dos esgotos sanitários em fossas negras. Avaliou-se, ainda, o regime de fluxo do igarapé e do aquífero livre, bem como o potencial deste último para abastecimento humano e as possíveis mudanças na sua taxa de recarga, relacionadas com a forma de ocupação do solo. Foram comparados dados obtidos na área ocupada e na área da nascente do igarapé, sendo esta última ainda relativamente preservada.

Objetivando a caracterização do regime de fluxo do igarapé, foram realizadas medidas de descarga líquida e das variações do nível d'água. No que concerne ao aquífero livre, o sistema de fluxo foi avaliado a partir de mapas de potencial hidráulico elaborados para diferentes períodos sazonais. A reserva reguladora foi determinada a partir do método fundamentado na flutuação sazonal do lençol freático. As possíveis alterações na recarga subterrânea foram estimadas com base na comparação entre as taxas de infiltração do solo, obtidas nas duas zonas estudadas. O potencial do aquífero livre para os diversos usos foi avaliado com base na sua transmissividade, na reserva reguladora e na qualidade atual da água.

1.2- LOCALIZAÇÃO E ACESSO

A bacia hidrográfica do igarapé Mata Fome constitui o limite natural entre os bairros Tapanã e Pratinha, situados ao norte da Região Metropolitana de Belém, na área de expansão da cidade. A bacia referida possui uma área aproximada de 6 km², e engloba parte dos bairros São Clemente, Pratinha, Tapanã, Benguí e Parque Verde.

O igarapé Mata Fome se estende por 3 km desde as proximidades da Rodovia Augusto Montenegro, área da nascente, até a rodovia Arthur Bernardes, onde deságua na baía de Guajará (Figura 1).

Os principais acessos à área podem ser feitos pela rodovia Augusto Montenegro, nas proximidades da fábrica da Coca-Cola (passagem São José), atingindo-se a área da nascente do igarapé, ou através da rodovia Arthur Bernardes, na sua desembocadura.

1.3- OBJETIVOS

O objetivo principal deste trabalho consiste em avaliar os impactos danosos da ocupação urbana sobre a qualidade química e bacteriológica das águas superficial e subterrânea da bacia do igarapé Mata Fome, particularmente no que concerne às alterações relacionadas com a disposição inadequada de esgotos domésticos. Os objetivos específicos são:

- Determinar a concentração e a carga dos componentes nitrogenados, oxigênio dissolvido e sólidos totais dissolvidos, transportados pelo igarapé, assim como a influência da sazonalidade e das marés sobre esses parâmetros;
- Determinar o balanço iônico dos componentes nitrogenados, sólidos totais dissolvidos e oxigênio dissolvido, em relação à entrada (maré enchente) e saída (maré vazante) no sistema da bacia;
- Classificar a água superficial quanto à balneabilidade (recreação de contato primário), segundo a Resolução N.º 20/86 do CONAMA e a água do aquífero livre quanto à sua potabilidade;
- Caracterizar o regime hidrológico e hidrogeológico na bacia, bem como observar a influência da climatologia sobre os sistemas de fluxos;
- Observar o comportamento do processo de infiltração no solo na área ocupada da bacia (desembocadura do igarapé) e em área relativamente preservada (nascente do igarapé);
- Proceder a caracterização litológica da zona não-saturada, visando uma melhor caracterização dos ensaios de infiltração realizados;
- Identificar o atual quadro de degradação ambiental da bacia, decorrente do assentamento urbano desordenado;
- Fornecer dados, que possam auxiliar na implementação de ações previstas para a bacia, no âmbito do PGU-ALC, que objetiva o uso racional dos recursos naturais, bem como a revitalização ambiental da área;
- Levar a colaboração do Centro de Geociências ao PGU-ALC (Gestão de Rios Urbanos) propiciando uma maior integração da Universidade com as organizações comunitárias, administração municipal e ONG's envolvidas nesse programa de caráter social marcante.

1.4- ASPECTOS HISTÓRICOS E RELEVÂNCIA

A cidade de Belém sempre teve os rios e igarapés como elementos naturais de referência para fixação e expansão urbana. Esta relação é observada desde a sua fundação, que se deu na confluência dos rios Pará e Guamá, atual Forte do Castelo. Esse processo continua até hoje, com as margens dos pequenos igarapés sendo utilizadas como áreas de assentamentos ilegais, principalmente na periferia de Belém.

Os dois primeiros bairros de Belém mostram claramente essa influência. O bairro da Cidade Velha surgiu no campo de influência do rio Guamá, enquanto que o bairro da Campina desenvolveu-se na área de influência da baía de Guajará. Havia ainda, dois acidentes hidrográficos, que dividiam a cidade em duas partes, o igapó e o igarapé do Piri. Este último foi aterrado em 1803, aparecendo no local a praça Felipe Patroni, o edifício da prefeitura, parte da rua Ângelo Custódio, da travessa Padre Eutíquio e da atual 16 de novembro (SEICOM 1995).

O desenvolvimento urbano da Região Metropolitana de Belém até meados da década de 50, já havia ocupado quase a totalidade das terras altas (acima da cota de 4,0 metros), não-alagáveis, dentro da primeira légua patrimonial¹. Na década de 60, portanto, iniciou-se uma ocupação desordenada das áreas alagáveis, sem qualquer infra-estrutura de saneamento (Souza *et al.*, 1999), caracterizando as ocupações ilegais de terra, sobretudo pela população de baixa renda.

As áreas alagáveis ocupadas nas últimas décadas são, principalmente, planícies de inundação de pequenos afluentes do rio Guamá e da baía de Guajará, como é o caso do igarapé do Tucunduba, nas proximidades da UFPA, e alguns afluentes da baía de Guajará, como o igarapé Mata Fome, situado na área de expansão da cidade, na segunda légua patrimonial². Esses corpos d'água são utilizados pela população residente, sobretudo, como receptores de lixo e esgotos domésticos, ocasionando, na maioria das vezes, a sua degradação. Diante dessa situação, as intervenções

¹ A primeira légua patrimonial da cidade de Belém foi doada em Carta Sesmaria à Câmara, em 1627, mas a demarcação ocorreria só em 1703. Seus pontos extremos se fixam na Baía de Guajará (foz do Igarapé Val de Cães) e no Guamá, próximo à foz do Igarapé do Tucunduba, segundo a linha imaginária que atualmente acompanha, grosso modo, o traçado das avenidas Perimetral e Dr. Freitas SEICOM (1995).

² A segunda légua patrimonial, contada a partir da primeira, seus limites foram levados ao Tapaná, entre os igarapés da Fome e Gagé, no litoral Guajarino, e a foz do Igarapé do Aurá, na margem guamaense SEICOM (1995).

governamentais limitavam-se à implantação de projetos de drenagem, que incluem dragagem, retificação e impermeabilização dos igarapés e pequenos rios, transformando-os em canais receptores de esgotos, ao invés de tentar conciliar os elementos naturais da paisagem com o desenvolvimento urbano. No entanto, desde a implantação do PGU-ALC em Belém, iniciou-se uma mudança neste tipo de intervenção no âmbito da administração municipal.

Na área de expansão da cidade, ainda existem rios e igarapés, que apesar de já terem suas margens ocupadas, ainda poderiam ser recuperados e/ou preservados, para que a população pudesse utilizá-los racionalmente, de forma a garantir a manutenção da qualidade das águas, bem como a harmonia paisagística da área. Com base nessas considerações, compreende-se a importância da preservação e recuperação desses recursos tão presentes no dia-a-dia da população.

Com esta concepção, o PGU-ALC implantou em Belém, o programa de "Gestão de Rios Urbanos", selecionando a bacia do igarapé Mata Fome como área piloto de intervenção, visto que a mesma detinha características favoráveis à implantação do programa, como quadro de degradação ambiental reversível e área relativamente pequena. Além disso, a semelhança da bacia do Mata Fome com outras bacias da Região Metropolitana de Belém, possibilitaria que se estabelecesse uma metodologia de intervenção, que poderia ser expandida para outras áreas.

A opção de intervenção em uma bacia hidrográfica harmoniza-se com a lei federal 9.433/97, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH). Essa lei reconhece, entre os seus fundamentos, a bacia hidrográfica como a unidade territorial ideal para a implementação da PNRH.

Este estudo destaca-se por sua importância no cunho de desenvolvimento de pesquisas sobre recursos hídricos da Região Metropolitana de Belém, sobretudo em áreas de "invasões" que são desenvolvidas de forma inadequada, ocasionando a degradação dos recursos naturais.

2- CARACTERÍSTICAS DA ÁREA

2.1- CLIMA

O clima de Belém pertence à categoria climática "tropical úmido", do tipo Af, segundo a classificação de Köppen³ (Nascimento 1995), cujas características principais são: altas temperaturas, com média mensal sempre acima de 18°C (Figura 2), altos índices de umidade relativa do ar, chegando a 91 % nos meses mais chuvosos (Figura 3) e precipitações abundantes, com totais oscilando entre 2200 e 3300 mm anuais (Figura 4).

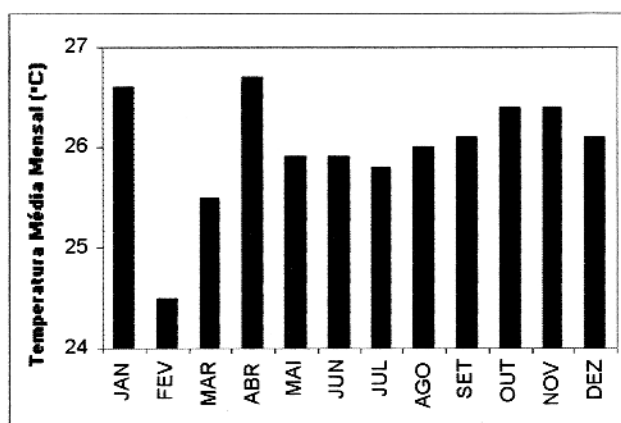


Figura 2- Temperatura média mensal (°C), referente ao período de 1961-1990. Fonte: DNMet (1992).

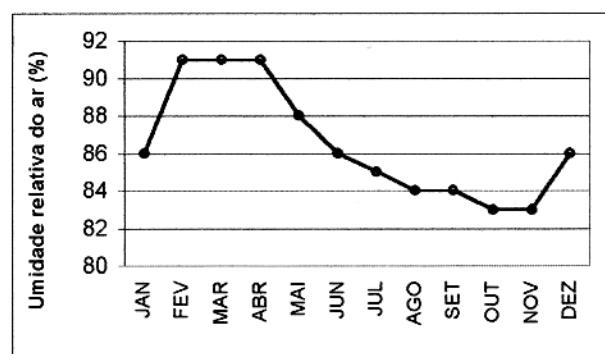


Figura 3- Umidade relativa do ar (%) em Belém. Média mensal do período de 1961-1990. Fonte: DNMet (1992).

³ A classificação de Köppen é baseada primeiramente na quantidade e distribuição de precipitação anual e na temperatura anual e mensal. O tipo climático Af, caracteriza-se por um clima tropical úmido, com temperatura média mensal sempre acima de 18°C, e precipitação média mensal ≥ 60 mm.

Os altos índices pluviométricos são distribuídos em duas estações. Sendo o período menos chuvoso, compreendido entre junho e novembro, com precipitação média de 120 mm, e o período mais chuvoso, entre dezembro e maio, com precipitação média de 300 mm (Figura 5). A evaporação mais intensa ocorre nos meses de julho a novembro (Figura 6).

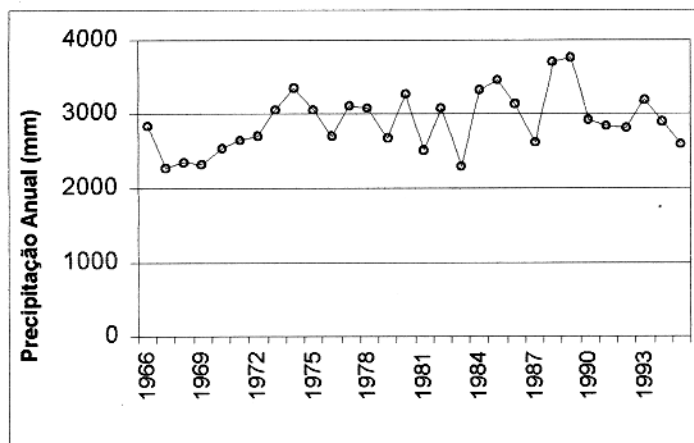


Figura 4- Precipitação total anual (mm), referente ao período de 1966-1995. Fonte: INMet (2000).

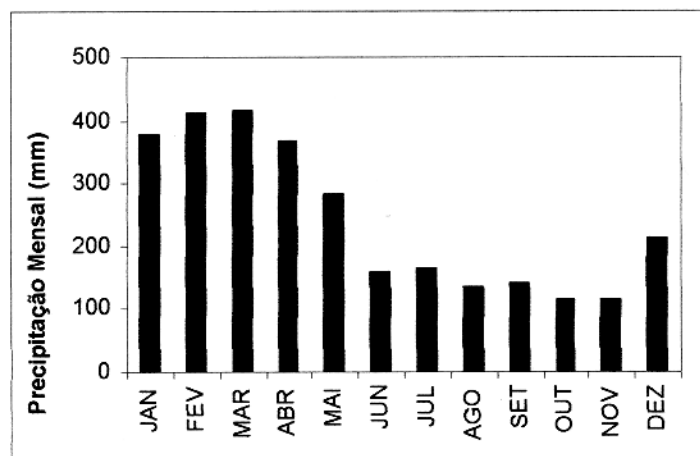


Figura 5- Precipitação média mensal (mm), referente ao período de 1961-1990. Fonte: DNMet (1992).

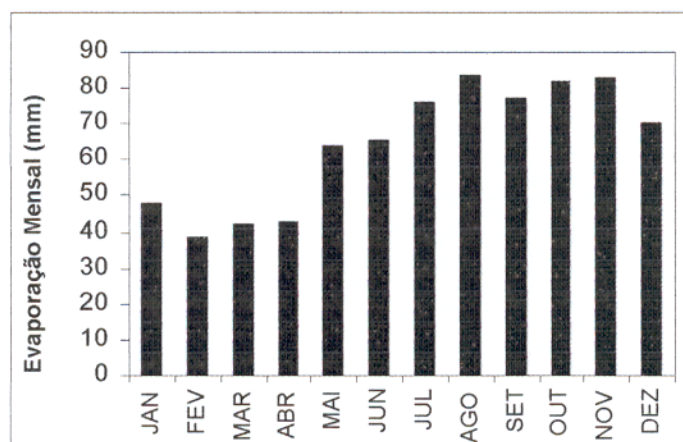


Figura 6- Evaporação mensal (mm), referente ao período de 1961-1990. Fonte: DNMet (1992).

O comportamento climático da região, sem uniformidade, ocasiona períodos de excesso e deficiência de água. Estudos climáticos desenvolvidos por Moraes (1999) em Belém, apontaram através de um balanço hídrico, para o período de 1961 a 1997, um excedente hídrico (vermelho) no período compreendido entre os meses de dezembro e julho. Por outro lado, no período de setembro a novembro, o estudo revelou uma deficiência de água (azul), como mostra o gráfico da figura 7.

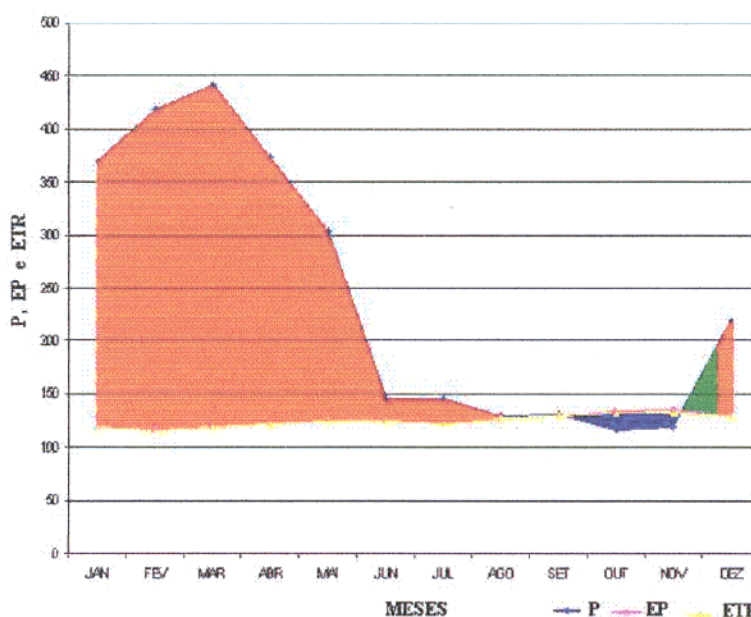


Figura 7- Representação gráfica do balanço hídrico de Belém, referente ao período de 1961-1997, segundo o método de Thornthwaite & Mather (1955). Modificado de Moraes (1999).

2.2- VEGETAÇÃO

A cobertura vegetal da área da bacia do igarapé Mata Fome, enquadra-se na descrição da vegetação das margens estuarinas de Guajará-Belém, feitas por Pinheiro (1987). Consiste em uma vegetação fortemente condicionada aos fatores geomorfológicos, em que o autor distinguiu, predominantemente, três tipos: 1) vegetação de várzea, típica de área inundável, sob controle periódico das marés; 2) vegetação de floresta densa, associada aos terrenos mais elevados, ditos de terra firme, e 3) floresta secundária, associada às áreas desmatadas.

Segundo Pinheiro (1987), a composição florística da várzea depende, fundamentalmente, da relação entre o relevo e o regime de marés, sendo distintas as zonas inundáveis (igapós) e as regiões mais elevadas, ditas várzeas altas.

Nos terrenos mais elevados ou gradando desde a várzea até a terra firme, ocorrem florestas densas, caracterizadas, principalmente, por uma maior diversidade de espécies vegetais, destacando-se a seringueira, o ingá, a andiroba, a samaúma e outras (Lima *apud* Pinheiro 1987).

No âmbito da bacia do igarapé Mata Fome a cobertura vegetal vem sofrendo drásticas alterações desde o início da ocupação urbana, iniciada na década de 80. Pode-se observar, através da ortofoto de 1986 (Figura 8), a presença marcante da vegetação natural da bacia e a ausência quase total de residência nas margens do igarapé. Já na ortofoto aérea de 1998 (Figura 9), observa-se uma devastação acentuada da mata natural, sendo a madeira das árvores derrubadas utilizadas principalmente para a construção de casas e estivas. Outra atividade responsável pela derrubada da vegetação foi a extração de minério classe II, resultando na abertura de grandes "clareiras" na floresta. Existem ainda na área, alguns "troncos testemunhos" de samaumeiras, que registram a antiga presença dessa espécie na área.



Figura 8- Ortofoto da bacia do igarapé Mata Fome tomada em 1986 mostrando a presença marcante da vegetação natural nas margens do igarapé e a presença incipiente de residências na área.



Figura 9- Ortofoto da bacia do igarapé Mata Fome tomada em 1998 mostrando grandes clareiras, decorrentes do desmatamento da vegetação natural para extração de minério Classe II e da instalação de uma grande quantidade de residências.

2.3- ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS

Segundo Souza *et al.* (1999), as atividades econômicas desenvolvidas na área, resumem-se à prática de economia de subsistência, observada, principalmente, pelo cultivo em pequenas hortas e plantações de árvores frutíferas, particularmente bananeiras, açaizeiros, entre outras, cultivadas para sustento próprio, nos quintais de algumas residências. Existem ainda pequenos comércios, como bares e mini-mercados, que os moradores mantêm na própria casa, e ainda, pequenas vendas de peixe, verduras e mantimentos em geral.

As indústrias existentes na área da bacia incluem a BRILUX S.A, a Transalex, uma empresa de transporte de cargas, bem como um posto de gasolina, situados ao longo da rodovia Arthur Bernardes. No outro extremo da bacia, na área da nascente do Igarapé, encontra-se instalada a fábrica da Coca Cola.

2.4- GEOLOGIA E HIDROGEOLOGIA

2.4.1- Geologia Regional

A cidade de Belém e adjacências tem seu contexto geológico representado principalmente por unidades cenozóicas, estudadas em afloramentos naturais e através de perfis litoestratigráficos de poços tubulares perfurados na região.

Fazem parte desse contexto, a Formação Pirabas, de idade Oligo-Miocênica, situada em Belém a partir de uma profundidade média de 100 metros; o Grupo Barreiras, de idade Mioceno-Pliocênica, que ocorre principalmente na forma de falésias nas ilhas de Caratateua e Mosqueiro; os Sedimentos Pós-Barreiras e os Sedimentos Holocênicos.

2.4.1.1- Formação Pirabas

A Formação Pirabas é constituída predominantemente por rochas carbonáticas, de idade Oligo-Miocênica. Trata-se de uma unidade litoestratigráfica com um rico

conteúdo fossilífero, que tem sido estudada por diversos pesquisadores, como Maury (1925), Petri (1957), Ackermann (1969); Almaraz & Formoso (1971), Ferreira (1982), Fernandes (1984), entre vários outros. Essa unidade aflora, principalmente, no litoral do estado do Pará, em especial na ilha de Fortaleza, município de Pirabas, Salinópolis, Capanema, entre outras localidades. Em Belém pode ser encontrada a aproximadamente 100 metros de profundidade, observada através da perfuração de poços profundos.

Essa Formação foi dividida inicialmente por Petri (1957) *apud* Farias *et al.* 1992, o qual estabeleceu três fácies: Castelo, Canecos e Baunilha Grande. Entretanto, atualmente, a divisão mais aceita e citada na literatura é a proposta por Ferreira (1982), que dividiu a Formação Pirabas em três fácies: Castelo, Capanema e Baunilha Grande.

O fácies Castelo caracteriza-se pela presença de calcários duros diversificados, muito comuns na forma de coquinas, biohermitos, micritos e dolmicritos. Depositado nitidamente em ambiente de mar aberto, com águas agitadas e quentes (Ferreira 1982). Segundo esse mesmo autor, essa biozona só é encontrada em afloramentos naturais do atual litoral de Salinópolis, baía de Pirabas e capeando os sedimentos cretácicos da bacia de Barreirinhas, no Maranhão.

O fácies Capanema é composto por calcários argilosos (margas), micritos e bioclastitos, folhelhos rítmicos e arenitos calcíferos (*beach rocks*). Sua paleoecologia caracteriza-se por ambientes lagunares e de borda de bacia ou estuarino, águas calmas e salinidade um pouco abaixo do normal. Está sobreposto sem continuidade, ao fácies Castelo (Ferreira 1982). Ocorre principalmente em Capanema, município do Pará (a que deve a sua denominação), em jazidas da empresa Cimento do Brasil S/A (CIBRASA).

O fácies Baunilha Grande compreende argilas negras com vegetais piritizados e nódulos de calcários escuros contendo no seu interior crustáceos branquimes (carcinólitos), gerados em ambiente redutor tipicamente de mangues. Esse fácies é intermediário, ou seja, tem seu posicionamento estratigráfico de forma descontínua entre os fácies Castelo e Capanema (Ferreira 1982).

Segundo esse último autor, a idade da Formação Pirabas é atribuída à transição Oligo-Miocênica, pela evidência de excelentes fósseis índices.

2.4.1.2- Grupo Barreiras

O termo "Barreiras" tem sido utilizado para designar rochas sedimentares que variam desde argilitos a conglomerados pouco ou mal selecionados, ocorrentes na costa brasileira, desde o estado do Rio de Janeiro até o estado do Pará.

Como primeira tentativa de definir litologicamente esses sedimentos na região Bragantina, nordeste do Pará, Góes & Truckenbrodt (1980) definiram três litofácies: argilo-arenosa, arenosa e conglomerática, sendo:

- fácies argilo-arenosa: litologicamente heterogênea, representada por camadas argilosas, argilo-arenosas, areno-argilosas e, restritamente arenosas limpas. Apresenta colorações variadas, sendo comum a mosqueada. Mostra altas porcentagens de finos, má seleção, angulosidade dos grãos de quartzos da fração areia e, relativamente maior compactação.
- fácies arenosa: caracterizada por uma grande homogeneidade litológica e porcentagens de argila inferiores à da fácies anterior. É constituída de arenitos amarelados, de granulação média, mal selecionados, com grânulos e seixos subangulosos disseminados. Ocorrem lentes de microconglomerados em suas partes mais basais e medianas. Estes são pouco espessos constituídos por seixos quartzosos, moderadamente selecionados, alongados e achatados.
- fácies conglomerática: encontrada no nordeste do Pará, ocorre discordante sobre o embasamento, sendo constituída por conglomerados polimíticos, com matriz de areia grossa, seixos mal selecionados e pouco retrabalhados, sem estruturas sedimentares visíveis.

Góes & Truckenbrodt (1980) sugerem ainda, evidências de relações de contato concordantes entre as unidades Pirabas e Barreiras, considerando uma afinidade litológica das argilas cinza esverdeadas da base da fácies argilo-arenosa, com os

sedimentos pelíticos do topo da Formação Pirabas. Esses mesmos autores admitem uma idade, pelo menos em parte, miocênica para os sedimentos Barreiras.

Estudos realizados por Arai *et al.* (1988) confirmam a proposta defendida por Góes & Truckenbrodt (1980) no que diz respeito ao caráter concordante entre a Formação Pirabas e o Grupo Barreiras. Através do desenvolvimento de estudos palinológicos em amostras da fácies argila laminada acinzentada, posicionada tanto na porção basal do Grupo Barreiras, como intercalada aos calcários da Formação Pirabas, atestaram a presença do esporo *Crassoretitriletes vanraadshooveni*, considerando como o melhor fóssil guia da associação palinológica, apresentada até o presente, em camadas exclusivamente miocênicas.

Nas considerações paleoambientais dos sedimentos Barreiras, Arai *et al.* (1988) consideraram a possibilidade de influência marinha na porção mais distal e a influência de águas continentais, através da presença de restos de algas de água doce, confirmando o modelo proposto por Rossetti (1988), que considerou um modelo de deposição em leques aluviais - planície de areia - planície de lama, tendo provável influência de marés na porção mais distal do sistema.

Em estudos realizados nos sedimentos Barreiras e Pós-Barreiras no nordeste do Pará, Rossetti *et al.* (1989) descreveram treze litofácies, agrupando-as em quatro associações, em função das relações de contato vertical e lateral. Ainda em estudos mais detalhados no Pará e Maranhão, Rossetti *et al.* (1990), defendem a atuação significativa de processos marinhos na porção mais distal do sistema deposicional Barreiras, considerando depósitos cíclicos de planície de maré.

2.4.1.3- Sedimentos Pós- Barreiras

Consistem em sedimentos areno-argilosos, inconsolidados, facilmente desagregados, compostos, sobretudo de grãos de quartzo, com leitos pouco espessos de seixos e blocos rolados ou pouco movimentados de arenitos ferruginosos (Sá *apud* Farias *et al.* 1992).

Rossetti *et al.* (1989) descreveram os sedimentos Pós-Barreiras como uma fácies areno-argilosa, maciça, separados dos sedimentos Barreiras por superfície erosiva,

acompanhada ou não por níveis detríticos. Os autores constataram que as características deposicionais dos sedimentos Pós-Barreiras são sugestivas da atuação de movimentos gravitacionais, além da contribuição de processos dissipativos de dunas eólicas.

Na Região Metropolitana de Belém e na ilha de Caratateua esses sedimentos foram mapeados por Farias *et al.* (1992), que caracterizaram duas fácies sedimentares. A fácies arenito ferruginizado constituída de blocos ferruginosos, de tamanhos variados, envolvidos por uma matriz areno-argilosa. A fácies arenitos diversos que compreende arenitos creme-amarelados, incoesos, e aparentemente desprovidos de estruturas sedimentares; arenitos de cor amarela a alaranjada, de granulometria predominantemente fina, bem selecionados e sem estruturação e areias, predominantemente brancas, com porções de cor amarelo-alaranjada, de granulometria fina, moderada a bem selecionadas. Ainda nesta fácies, descreveram estruturas de bioturbação e feições, que caracterizaram como estruturas de dissipação de dunas.

2.4.1.4- Sedimentos Holocênicos

Os sedimentos holocênicos são representados por sedimentos aluvionares, situados nos vales dos rios e igarapés que drenam a área. São constituídos de areias, siltes e argilas. As areias são finas a médias, de coloração marrom, com siltes e argilas intercaladas. As argilas são geralmente cinza-escuro a cinza-claro, apresentando restos de vegetais (galhos e folhas), comumente bioturbadas, o que as torna sem estruturas. Tais sedimentos são observados no período de maré baixa, nas bordas dos canais estuarinos, braços de rios, " furos", igarapés e " praias" que drenam a área (Farias *et al.* 1992).

2.4.2 – Geologia Local

A geologia da bacia do Mata Fome foi avaliada com base nos afloramentos durante as campanhas de trabalho de campo, e através dos perfis de poços escavados existentes na área.

Na bacia ocorrem três unidades litológicas; o Grupo Barreiras, os Sedimentos Pós-Barreiras e os Sedimentos Aluvionares.

O Grupo Barreiras foi observado em perfis de poços escavados, sendo representado por três camadas litológicas. A camada inferior do perfil é argilosa, de caráter mosqueado, com predominância de manchas colunares no primeiro metro e manchas circulares em toda a camada. Tem em média 2 metros de espessura e constitui a última camada dos perfis dos poços analisados, podendo, portanto, ser mais espessa. A camada intermediária é composta por sedimentos arenosos, pouco argilosos, de coloração esbranquiçada e apresenta-se bastante friável, tendo em média 2,5 metros de espessura. A camada superior, com espessura média de 1 metro, é composta por uma matriz areno-argilosa, de coloração amarela, apresentando concreções ferruginosas de forma circular e, mais raramente, colunar. Tendo como base a descrição de perfis de poços de abastecimento de água da Região Metropolitana de Belém (Pereira *et al.* 1994), estima-se que na bacia do Mata Fome o Grupo Barreiras ocorra até uma profundidade de cerca de 100 m, com os níveis arenosos ocorrendo intercalados a camadas argilosas.

No sudoeste da área foram encontrados afloramentos naturais na forma de lajedos às margens do lago Preto, provavelmente pertencente aos Sedimentos Pós Barreiras (Figura 10). Os afloramentos apresentam formas erosivas expressivas, formando cacimbas naturais, que ficam a maior parte do ano preenchidas por água da chuva (Figura 11). Na margem esquerda do lago esses lajedos são constituídos por arenitos amarelados, com granulação média a grossa, mal selecionados, maciços, com superfícies argilosas de forma arredondadas. Observou ainda nessa porção blocos de diâmetro centimétricos retrabalhados em meio ao arenito maciço. Na margem direita os arenito são de coloração amarelada a esbranquiçada, com granulação média a fina, sendo algumas porções mais argilosas. Notou-se a presença grãos de quartzo

angulosos e algumas porções com níveis de seixos ferruginosos angulosos e achatados, alguns na forma de bolsões. Em algumas partes do afloramento, o arenito apresenta superfícies ressaltadas, evidenciando uma pseudo estratificação, mas que não se prolonga em profundidade.

O afloramento apresenta-se bastante erodido, ficando, principalmente, exposto na época mais seca do ano (Figura 12).



Figura 10- Afloramento de arenitos em forma de lajedos, às margens do lago Preto no sudoeste da bacia do igarapé Mata Fome.



Figura 11- Afloramento de arenitos apresentando formas erosivas expressivas, formando cacimbas naturais, que ficam a maior do ano preenchida por água da chuva.



Figura 12- Aspecto do afloramento de arenitos, que fica exposto na época mais seca do ano.

Os Sedimentos Pós Barreiras são representados ainda, por arenito, de granulação média, coloração amarelada, maciço, constituindo barrancos com cerca de 1,5 m de altura (Figura 13), nas mais altas cotas topográficas da bacia.

Os sedimentos aluvionares são representados por argilas e siltes que constituem uma pequena planície de inundação do igarapé Mata Fome, próximo à sua desembocadura, e também por areias médias e grossas, de coloração esbranquiçada. Estas últimas estão presentes nas margens do lago Preto (Figura 14) no sudoeste da bacia, consistindo em material erodido dos arenitos em forma de lajedos do Grupo Barreiras descritos anteriormente. Esses sedimentos ficam expostos, principalmente, no período de maior estiagem, quando o lago apresenta seu nível d'água mais baixo.



Figura 13- Sedimentos argilo-arenosos do Pós-Barreiras, em barrancos, de onde é extraído material para a construção civil.



Figura 14- Sedimentos arenosos aluvionares, às margens do lago Preto, ao sudoeste da bacia do igarapé Mata Fome.

2.4.3- Hidrogeologia Regional

Em Belém são explorados os aquíferos das unidades Pirabas, Barreiras e Pós-Barreiras (item 2.4.1), com poços que variam de 12m a 280m de profundidade. Os poços com menos de 20m de profundidade apresentam baixas vazões e captam normalmente o aquífero Pós-Barreiras (Leal 1999).

Os aquíferos do Quaternário são explorados apenas em residências, através de perfurações rasas (média de 20 metros de profundidade), a maioria escavada manualmente, sem técnicas construtivas adequadas (Sauma Filho 1996). São constituídos por areias finas a médias, quartzosas, de origem continental, em geral de planícies aluviais. Sua espessura é bastante variável, podendo atingir até 20 metros. Esses aquíferos têm pequena distribuição espacial na área e apresentam grande vulnerabilidade à poluição ou à contaminação, principalmente por fossas e esgotos,

devido à sua proximidade da superfície (SEICOM 1995). Segundo Oliveira *et al.* (1998) são aquíferos com fraco potencial hidrogeológico, atestado pelas vazões da ordem de 1 a 3 m³/h.

Os aquíferos do Grupo Barreiras são os mais explorados da Região Metropolitana de Belém. São constituídos de areias finas a médias, as vezes grosseiras, conglomeráticas, quartzosas. Os horizontes lateríticos podem apresentar em alguns locais, cavidades intercomunicantes, constituindo-se em aquíferos de relativa elevada transmissão de água (Pereira *et al.* 1994). Esses aquíferos têm distribuição espacial irregular, sendo muito variáveis em profundidade, espessura, continuidade lateral e características hidrodinâmicas. Estão intercalados com camadas argilosas e atingem a profundidade máxima em torno de 100 m (Pereira *et al.* 1994). Apresentam vazões em torno de 80 m³/h (Sauma Filho 1996).

Os aquíferos da Formação Pirabas são constituídos por areias e arenitos, de granulação fina, média e grossa e por seixos arredondados a subarredondados de quartzo. Estão intercalados com argilas, margas, calcários e argilitos. Sua profundidade situa-se em geral a partir de 100 metros (Pereira *et al.* 1994). Têm grande extensão lateral e boas espessuras, o que propicia acúmulos de grande volume de água e grande transmissividade (Sauma Filho 1996). O aquífero Pirabas apresenta elevada produtividade, com vazões que podem ultrapassar 250m³/h (Leal 1999).

Existe ainda um aquífero anterior ao Pirabas, ainda pouco conhecido e que ocorre a partir dos 200m de profundidade, apresenta perspectivas de excelentes vazões e água de boa qualidade e constitui uma boa opção para projetos que requeiram grandes volumes de água.

Em termos de qualidade e potabilidade, as águas subterrâneas da Região Metropolitana de Belém apresentam problemas principalmente em locais de exploração de aquíferos livres. Em muitos casos a falta de saneamento básico ocasiona a contaminação dos aquíferos mais rasos por fossas e resíduos domésticos, atestada pela presença de componentes nitrogenados com teores acima dos padrões de potabilidade. Lima (2001) atribui a contaminação dos aquíferos livres em Belém aos vazamentos da rede de esgoto, e também ao processo de saneamento *in situ*. Os

teores de amônio obtidos por Lima *op cit.* em poços de bairros centrais de Belém se mostraram acima do limite de potabilidade para esse parâmetro.

A problemática relacionada com altos teores de ferro nas águas subterrâneas de Belém está relacionada, principalmente, às unidades do Grupo Barreiras, pois essas são litologicamente mais favoráveis à produção de água com teores elevados em ferro e, não raro, essas águas apresentam valores de Fe acima do limite de potabilidade da Portaria N.º 36 (0,3 mg/L) (Picanço 1999). Segundo o autor, esse fato deve-se à composição litológica dessas unidades, que possuem minerais ricos nesse elemento, bem como devido a diversos fatores que controlam a presença do ferro na água, como o pH-Eh, CO₂ dissolvido.

São apresentados na tabela 1 os valores máximos e mínimos, obtidos de análises físico-químicas das águas subterrâneas da região de Belém. Atenta-se para o fato de que esses valores foram obtidos para as águas dos diversos sistemas de aquíferos da região metropolitana de Belém. De acordo com essa tabela, a maioria dos parâmetros analisados encontra-se dentro dos limites de potabilidade estabelecidos pela Portaria N.º 36 do Ministério da Saúde, de 1990, com exceção do teor de ferro e do pH.

Tabela 1- Valores máximos e mínimos dos parâmetros físico-químicos das análises de água subterrânea na região de Belém e padrão de potabilidade estabelecido pela Portaria N.º 36 de 19 de janeiro de 1990, do Ministério da Saúde. Fonte: SEICOM 1995. Obs.: A tabela não diferencia os aquíferos aos quais as águas estão associadas.

Parâmetro	Unidade	Mínimo	Máximo	Portaria N.º 36
Condutividade elétrica	$\mu\text{S/cm}$	12	480	-
Resíduo seco	mg/L	6,0	312	-
pH	-	4,0	7,4	6,5-8,5
Dureza total	mg/L CaCO_3	1,39	968	500
Alcalinidade total	mg/L CaCO_3	0,49	168	-
Na^+	mg/L	0,46	25,3	-
K^+	mg/L	0,06	20,4	-
Ca^{2+}	mg/L	0,36	36,7	-
Mg^{2+}	mg/L	0,12	60,1	-
Fe total	mg/L	0,00	6,0	0,3
Cl^-	mg/L	2,78	71,0	250
SO_4^{2-}	mg/L	0,00	12,0	400
HCO_3^-	mg/L	0,61	248,0	-
SiO_2	mg/L	2,03	21,4	-

3- QUADRO AMBIENTAL

O quadro ambiental e socioeconômico da bacia hidrográfica do igarapé Mata Fome foi avaliado por uma equipe multidisciplinar do PGU-ALC em Belém, durante o processo de consulta urbana. Esta avaliação revelou um quadro de degradação dos recursos naturais bastante acentuado, principalmente no que se refere à qualidade das águas superficiais e subterrâneas.

Segundo Souza *et al.* (1999) durante os trabalhos de campo, observou-se o lançamento de água servida e lixo, no solo e no próprio igarapé (Figura 15). Parte da água servida e da água da chuva que lixivia os resíduos domésticos dispostos no solo, infiltra-se no terreno, atingindo facilmente o aquífero livre captado pelos poços escavados. Na maioria das vezes, os excrementos humanos são lançados diretamente no igarapé. Uma vez que a área é sujeita à influência de marés, com enchentes periódicas, os dejetos assim dispostos, tendem a ser carreados pelo igarapé, causando a contaminação da rede de drenagem.

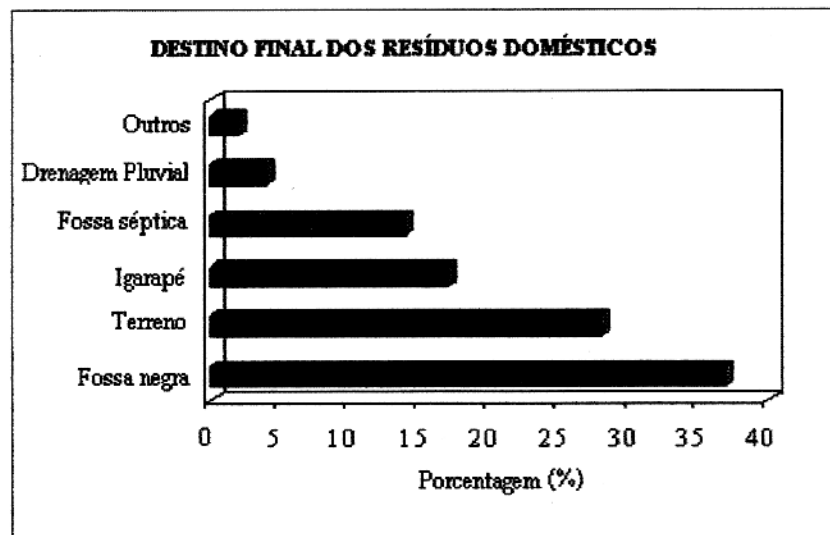


Figura 15- Destino final dos resíduos domésticos na bacia do igarapé Mata Fome. Fonte: Souza et al. (1999).

Outro fator agravante observado na área refere-se ao abastecimento de água da população da área (Figura 16). A maioria dos moradores utiliza poços rasos escavados, captando o aquífero livre, evidenciando assim, um elevado risco de contaminação,

devido à pequena profundidade do nível estático, às vezes inferior a 1 metro, associada à elevada carga poluidora lançada no terreno. Os poços de abastecimento são construídos sem revestimento, têm em média 5 metros de profundidade e alguns estão próximos de fossas e chiqueiros, ou em cota mais baixa que os sanitários. Trata-se, portanto, de condições bastante propícias à contaminação da água utilizada para abastecimento doméstico. Soma-se a isso, o fato de muitas famílias, aproximadamente 10% da população da área não possuem poço em suas residências, o que as leva a utilizar água de poços de outros proprietários. Para tanto, utilizam uma precária "rede de distribuição", no nível do solo, não raro apresentando vazamentos. Comumente essa tubulação encontra-se alagada, fato que propicia a penetração de água contaminada na rede, sobretudo devido ao fato da distribuição de água ocorrer apenas durante algumas horas do dia. Apenas uma minoria (aproximadamente 30% da população) utiliza água de poço construído pelo Serviço Autônomo de Águas e Esgotos de Belém (SAAEB). Porém, essa água apresenta elevado teor de ferro, sendo este elemento tratado por uma estação eu, no entanto, não recebe manutenção sistemática, comprometendo a eficácia da remoção desse elemento da água.

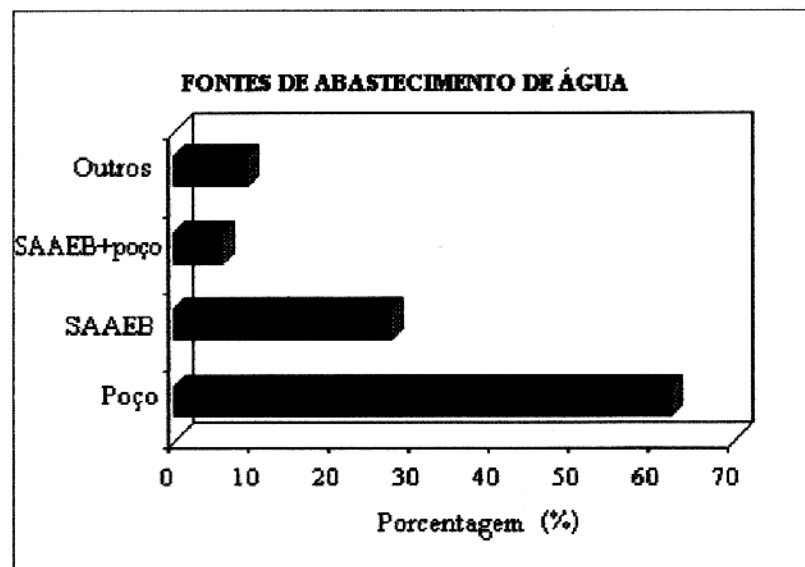


Figura 16- Fontes de abastecimento de água da população residente na bacia do Igarapé Mata Fome. Fonte: Souza et al. (1999).

Apesar das precárias condições sanitárias da área, a maior parte da população não adota nenhum sistema de tratamento da água visando minimizar os riscos de transmissão de doenças de veiculação hídrica. No levantamento realizado por Souza *et al.* (1999), apenas 12% dos entrevistados filtra a água, e a maioria apenas cõa (Figura 17). Dessa forma, os moradores são expostos a diversas doenças tais como cólera, hepatite, verminoses, entre várias outras.

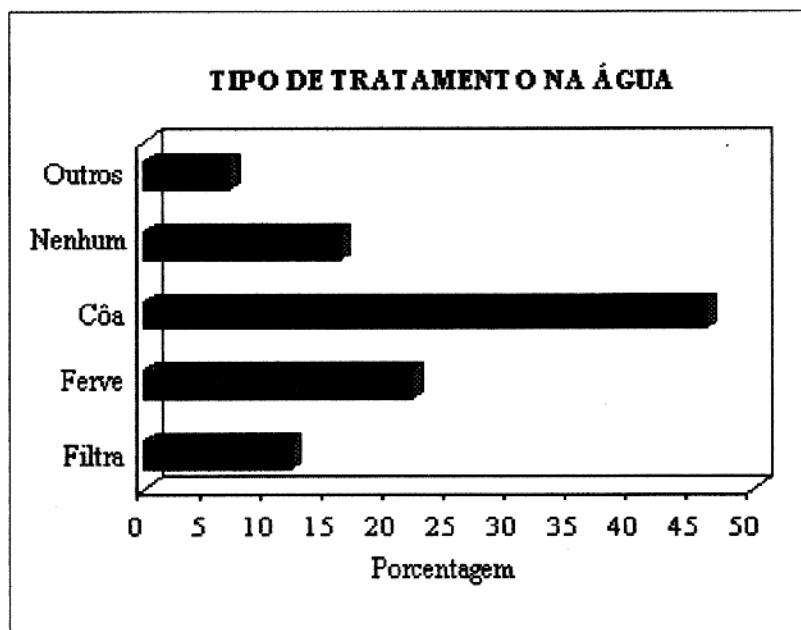


Figura 17- Tipo de tratamento utilizado pelos moradores da bacia do igarapé Mata Fome na água consumida dos poços de abastecimento. Fonte: Souza *et al.* (1999).

Visando uma avaliação preliminar da qualidade das águas da bacia do Mata Fome, foram feitas análises químicas e bacteriológica da água do igarapé e da água do aquífero livre. As análises foram realizadas no laboratório da Secretaria Executiva de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente (SECTAM) e os valores comparados com os máximos permitidos pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) pela Organização Mundial de Saúde (OMS) e, pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA).

Segundo Gaspar & Souza (2000), as análises das águas de poços revelaram teores de amônio (NH_4^+) de até 0,4 mg/L (limite 0,06 mg/L), enquanto que o nitrato (NO_3^-) alcançaram cerca de 17 mg/L (limite 45 mg/L). Os coliformes fecais chegam a 70/100 mL (limite 0:100 mL). Nessa avaliação preliminar tanto o teor de amônio como a presença de coliformes fecal indica que, nos poços estudados, a água consumida pela população encontra-se imprópria para consumo. Na água do igarapé, a baixa concentração de oxigênio dissolvido (1 mg/L), bem como o alto conteúdo de organismos coliformes fecais 11.000/100 mL caracterizam a influência de esgotos domésticos. Outro aspecto que merece destaque diz respeito à extração de minério Classe II, causando a degradação do solo (perda de fertilidade devido à remoção do horizonte mais rico em matéria orgânica, entre outros efeitos negativos) e a formação de lagoas nas áreas de remoção desses materiais. Essas lagoas representam locais de exposição do lençol freático, fato que contribui para elevar, sobremaneira, a vulnerabilidade do aquífero freático à contaminação. Além disso, as lagoas referidas constituem locais favoráveis à proliferação dos mosquitos transmissores da dengue, da malária e da febre amarela.

4- METODOLOGIA

O presente trabalho baseou-se na fundamentação metodológica do trabalho experimental de McCulloch & Robinson *apud* Tucci & Clarke (1997), denominado "**Estudos de uma única bacia**" no qual os autores estabelecem relações entre as características de bacias hidrográficas (escoamento superficial, taxas de infiltração, vazões mínimas, médias e máximas) antes e após mudanças na cobertura vegetal, uso e ocupação do solo.

No caso da bacia do igarapé Mata Fome o método supracitado foi adaptado, sendo empregado para duas áreas, na mesma bacia. Trata-se de áreas com características geológicas similares, porém com forma de ocupação distinta. Uma delas situada na nascente do igarapé, onde a bacia ainda preserva as suas características naturais, com pouca interferência antrópica, e a outra situada próximo da desembocadura do igarapé, onde ao longo dos últimos anos ocorreu uma redução drástica da cobertura vegetal, associada à ocupação urbana desordenada. Para a avaliação dessas duas áreas foram instaladas duas estações fluviométricas no igarapé, uma próximo à foz do mesmo (estação 1) e outra na área da nascente (estação 2). Essas estações foram instaladas, sobretudo para a realização de coletas de água para análise da qualidade e para a realização das medições de descarga líquida do igarapé.

As principais características estudadas nessas duas áreas, para termos de comparação, foram a taxa de infiltração do solo e a qualidade das águas. Outros estudos, igualmente importantes, mas não direcionados para essa comparação, tiveram como objetivo definir características hidrológicas do igarapé, bem como as características do aquífero livre.

A metodologia compreendeu primeiramente uma pesquisa bibliográfica a respeito da geologia e hidrogeologia da bacia, bem como o desenvolvimento do diagnóstico ambiental e socioeconômico da mesma, desenvolvido para avaliar as condições de degradação dos recursos naturais, decorrentes do processo de urbanização da área. Posteriormente, foram desenvolvidas investigações a respeito das características locais, incluindo hidrogeologia, geologia, qualidade das águas e comportamento hidrológico da bacia.

A avaliação do contexto geológico local baseou-se nas análises de afloramentos presentes na área, bem como nos perfis dos poços escavados da área. Os dados hidrogeológicos e hidrológicos da bacia do igarapé Mata Fome foram obtidos primeiramente através do cadastramento dos poços (anexo 03), utilizando-se uma ficha cadastral (anexo 02), levando-se em consideração as características da área e os critérios (proximidades de banheiros, fossas negras, depósitos de lixo, entre outros) recomendados por Batalha & Costa (1994) para o reconhecimento de poços com riscos de contaminação. Acrescentou-se ainda na ficha algumas informações importantes para os objetivos do estudo, como a profundidade do nível estático, número de famílias abastecidas, tipo de revestimento do poço, frequência de limpeza, entre outras características.

Foram realizadas ainda, análises físico-químicas e bacteriológicas da água do igarapé nas duas estações ali instaladas, e da água de alguns poços de abastecimento que exploram o aquífero livre da bacia. As águas foram analisadas nos períodos seco e chuvoso, sendo os parâmetros analisados referentes à contaminação por efluentes domésticos, incluindo, componentes nitrogenados e oxigênio dissolvido, analisados no espectrofotômetro – HACH/2000 e ainda, pH, sólidos totais dissolvidos, condutividade elétrica, medidos em pHmetro, condutímetro e os coliformes fecais e totais analisados através da técnica da membrana filtrante. A avaliação da carga transportada em solução e do balanço iônico realizada na água do igarapé (estação 1), foi feita apenas para o período chuvoso, utilizando os valores de descarga líquida medidos no instante da coleta de água para a realização das análises químicas. As medições de descarga líquida do igarapé foram realizadas apenas na estação 1. Já a leitura da régua limnimétrica instalada foram realizadas nas estações fluviométricas 1 e 2.

Realizou-se ainda, ensaios de infiltração na área ocupada (próximo à foz) e na área relativamente preservada (próximo à nascente) e a coleta de sedimentos da zona não-saturada, para a realização de análises granulométricas. Foram elaborados mapas de fluxo subterrâneo do aquífero livre e foi feito ainda, o cálculo da reserva reguladora do aquífero livre, avaliação da potabilidade da água dos poços de abastecimento e classificação da água do igarapé de acordo com a Resolução CONAMA Nº 20/86.

5- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O desenvolvimento urbano tem causado significativas mudanças sobre os recursos hídricos, particularmente no que concerne à qualidade das águas e ao regime hidrológico das bacias urbanas. Diversos estudos relacionados aos impactos das atividades antrópicas e ao comportamento dos contaminantes sobre a qualidade das águas superficiais e subterrâneas, bem como sobre o regime hidrológico de bacias, têm sido desenvolvidos em todo o mundo. Entre esses trabalhos podem ser citados Beek & Puffelen (1987), Smith *et al.* (1991), Danelon & Nordemann (1991), Hantzsche & Finnemore (1992), Ford & Tellam (1994), Melo (1995), Tucci & Clarke (1997), Castro *et al.* (2000), entre vários outros.

No âmbito da região amazônica, especialmente no que se refere à baía de Guajará, onde o igarapé Mata Fome deságua, existem inúmeros estudos com diversos enfoques como, salinização, hidrodinâmica, hidroquímica, batimetria e outros de caráter ambiental, enfocando a influência antrópica nesse sistema. Entre eles incluem-se Sioli (1960), Pinheiro (1987), entre outros estudos desenvolvidos na região pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM) e pelo extinto Instituto de Desenvolvimento Econômico e Social do Pará (IDESP).

5.1- IMPACTOS DA URBANIZAÇÃO SOBRE O REGIME DE BACIAS HIDROGRÁFICAS

A problemática dos impactos do avanço da urbanização sobre os recursos naturais constitui-se atualmente num dos maiores desafios sobretudo para as grandes cidades. As conseqüências da degradação ambiental pelo processo de desenvolvimento urbano sobretudo sem planejamento, recorre na poluição do ar, que causa sérios problemas respiratórios na população atingida, na contaminação de rios, ocasionando a restrição ou até a inutilização de suas águas, com comprometimento da paisagem, recreação e muitas vezes até o abastecimento urbano.

A contaminação de rios urbanos é bastante comum nas cidades desprovidas de sistemas de tratamento de esgotos sanitários, principalmente naquelas que possuem bacias hidrográficas em áreas com maior densidade urbana e industrial. A Agência Nacional de Águas – ANA, fundamentada na Política Nacional de Recursos Hídricos – PNRH, atualmente, propõe o Programa Nacional de Despoluição de Bacias Hidrográficas, que visa reduzir os níveis críticos de poluição hídrica observados nas bacias hidrográficas drenantes das áreas com maior densidade urbana e industrial do país e induzir a implantação de sistemas de gerenciamento de recursos hídricos nestas áreas, mediante a constituição de Comitês de Bacia Hidrográfica e respectivas Agências e da implementação de mecanismos para a cobrança pelo direito de uso de recursos hídricos, conforme previsto pela Lei n.º 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Trata-se de um importante projeto que avançará na implementação da PNRH e subsidiará estudos científicos realizados em diversas bacias no Brasil

Outra problemática decorrente da urbanização no que tange aos recursos hídricos refere-se à alteração do ciclo hidrológico nas bacias ocupadas. Segundo estudos desenvolvidos por Tucci (1998), Rebouças *et al.* 1999, entre outros pesquisadores, os impactos da urbanização de uma bacia sobre o ciclo hidrológico se traduzem pelo aumento do escoamento médio e superficial, tendo como consequência o aumento das enchentes; pela redução da evaporação e do escoamento subterrâneo; pelo aumento da produção de sedimentos e material sólido; bem como pela degradação da qualidade das águas superficiais e subterrâneas, devido ao lançamento de esgotos industriais e domésticos.

Um dos impactos mais observados nas cidades é o aumento das vazões máximas, tanto em frequência quanto em magnitude. As modificações observadas no hidrograma dos rios antes e depois da urbanização (Figura 18), apresenta picos de cheias mais acentuados, caracterizando um aumento no volume de enchente e uma diminuição do escoamento de base (fluxo de base) (Rebouças *et al.* 1999). Entretanto, segundo Tucci & Clarke (1997) o comportamento (aumento ou diminuição) das vazões mínimas após o desmatamento depende das características do solo, após esse processo. Segundo esses últimos autores, as vazões mínimas são diminuídas se as condições de infiltração após a derrubada da vegetação ficam deterioradas,

aumentando o escoamento superficial e reduzindo a alimentação (recarga) do aquífero. Caso contrário, se as condições de infiltração não forem deterioradas pelo desmatamento e usos do solo, a água da chuva que não é retida pelas árvores, atinge o solo e infiltra-se, submetendo o aquífero a uma maior recarga, aumentando, conseqüentemente, as vazões mínimas.

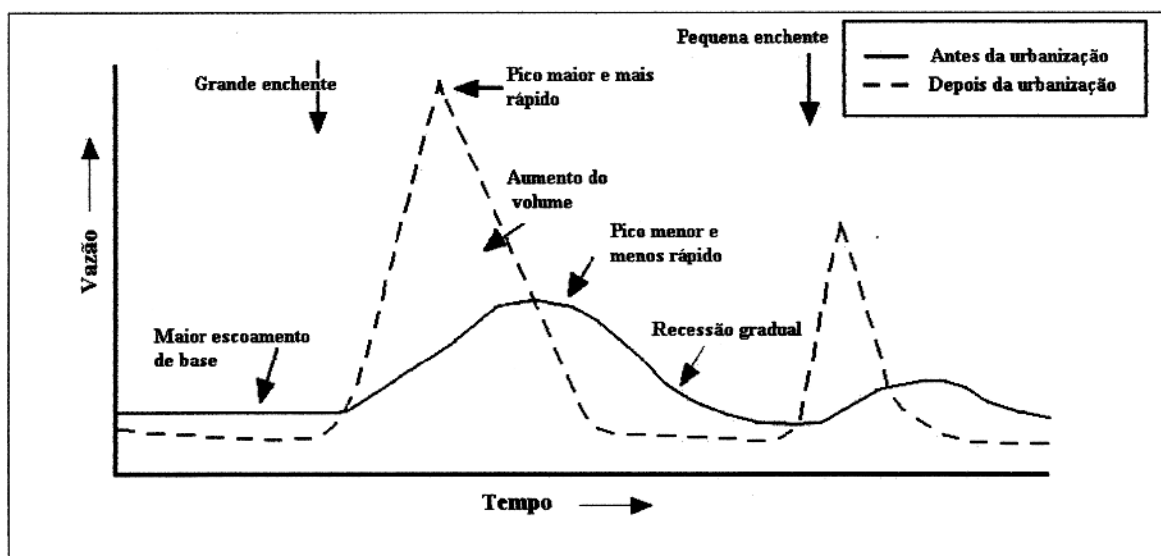


Figura 18- Modificações no regime de escoamento em bacias após o processo de urbanização. Fonte: Rebouças et al. (1999).

A canalização tem sido a intervenção mais amplamente utilizada pelos órgãos governamentais para solucionar problemas relacionados às inundações. No entanto, segundo Rebouças *et al.* (1999) essas obras só transferem as inundações de um ponto para outro na bacia, além de serem de alto custo. Segundo esses autores, o impacto no ciclo hidrológico é claramente observado pelo aumento do escoamento superficial, diminuição da infiltração no solo e a conseqüente diminuição do escoamento subterrâneo, como mostra a figura 19.

Na Região Metropolitana de Belém pode-se exemplificar um projeto de canalização, o projeto da Macrodrenagem da bacia do rio Una, com um custo altíssimo, totalizando U\$ 250 milhões.

O projeto é denominado pelo governo como uma obra de "saneamento total", significando água potável, esgoto sanitário, pavimentação asfáltica, novas vias para o trânsito de veículos e o fim das estivas. O projeto da Macrodrenagem atingiu as áreas

de baixadas de Belém, que ficavam permanentemente dentro d'água. Entenda-se áreas de baixadas como planície de inundação do rio, que é ocupada ao longo de todo o seu curso. Esse projeto atinge 60% da área territorial de Belém, incluindo 16 bairros. O projeto dragou e revestiu de concreto mais de 20 km de canais, construiu 85 km de ruas e abriu novas vias asfaltadas, incluindo as marginais do "canal São Joaquim", com quase 6 km de extensão. Na verdade o igarapé São Joaquim já transformado em canal receptor de esgotos. Esse projeto é recente e ainda em fase de conclusão, de modo que os impactos no ciclo hidrológico local (regime hidrológico da bacia) ainda não se fazem sentir. Apenas futuramente, com o acompanhamento do seu comportamento, as modificações poderão ser observadas.

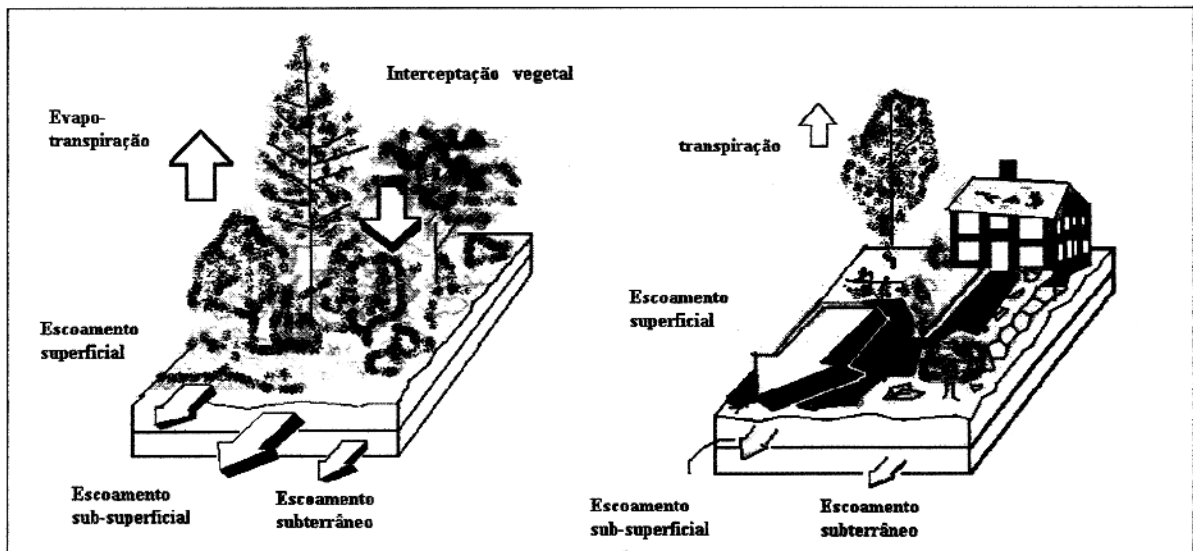


Figura 19- Mudanças ocorridas no ciclo hidrológico após a urbanização. Fonte: Rebouças et al. (1999).

As modificações anteriormente referidas são ocasionadas pela redução na cobertura vegetal, sendo a magnitude dos impactos dependente do tipo de técnica utilizada para o desmatamento e do tipo de uso do solo após o desmatamento (Tucci & Clarke 1997). Segundo esses autores, a utilização de máquinas pesadas, como tratores, é mais prejudicial à compactação da camada do solo do que o desmatamento manual.

As respostas à urbanização são mais freqüentemente sentidas pela população que ocupa a planície de inundação de rios urbanos (Figura 20). Muitas vezes as casas são instaladas no leito maior do rio, que durante os períodos de cheias fica inundado (Rebouças *et al.* 1999).

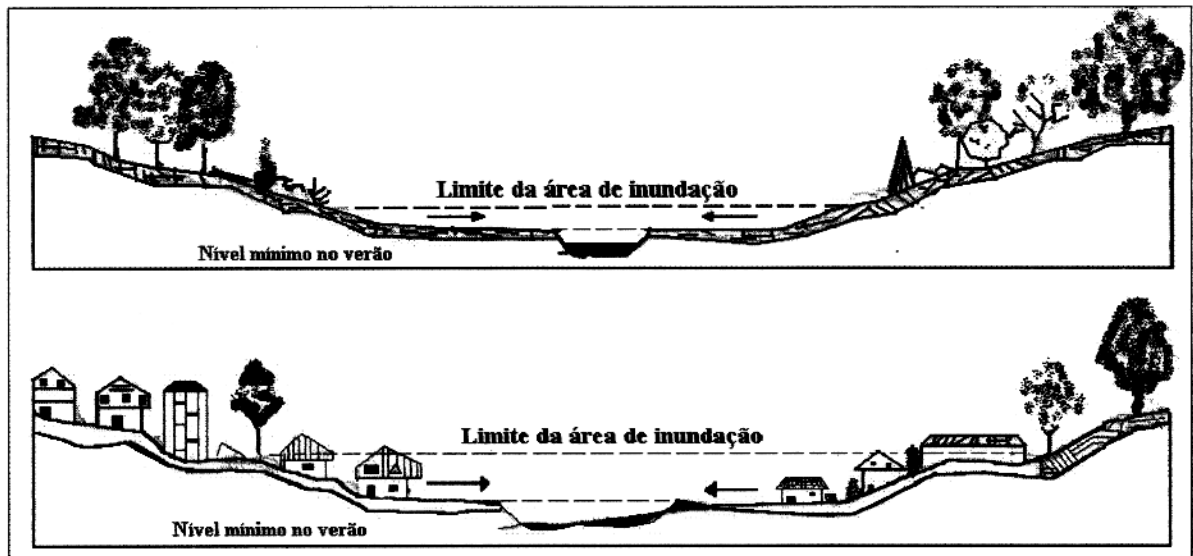


Figura 20- Características das inundações em bacias urbanas, ocasionadas pela ocupação das planícies de inundação dos rios. Fonte: Rebouças *et al.* (1999).

Segundo Rebouças *et al.* (1999), os impactos da urbanização dependem sobretudo da cobertura vegetal, geologia, clima e dimensão da bacia em questão. Segundo os autores, muitas vezes o nível de urbanização é considerado desprezível, se comparado à dimensão da bacia. Nesses casos, os impactos sobre o regime da bacia são menores ou desprezíveis.

5.2- COMPORTAMENTO DOS CONTAMINANTES

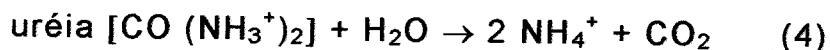
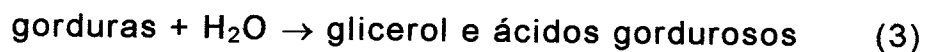
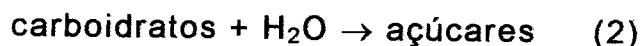
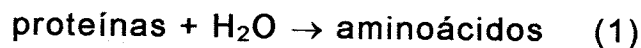
A contaminação das águas por efluentes domésticos é ocasionada pelo lançamento de esgotos sem tratamento nos rios, assim como por vazamentos em redes de esgotos e/ou pela utilização de fossas sépticas e negras por parte da população dos centros urbanos.

Os efluentes domésticos são compostos principalmente por excrementos humanos e água servida. Contêm aproximadamente 0,2 g/L a 0,6 g/L de matéria orgânica por peso, sendo esta constituída, principalmente, de proteínas e carboidratos, enquanto que os lipídios ocorrem em menor quantidade. Esses efluentes têm altas concentrações de carbono e nitrogênio na forma reduzida, apresentando também duas classes de contaminantes: substâncias orgânicas antropogênicas e microorganismos patogênicos (Tchobanoglous *apud* Wilhelm *et al.* 1994).

Nos efluentes, o nitrogênio ocorre em concentrações que variam de 20 a 70 mg/L e, destes, as proteínas e a uréia contribuem com mais de 97% (Laak; Tchobanoglous *apud* Wilhelm *et al.* 1994). Nas fossas sépticas, o nitrogênio está presente em altas concentrações, principalmente como $\text{NH}_3\text{-N}$ (75-80%), com o nitrogênio orgânico perfazendo o restante (Otis *et al.* *apud* Hantzsche & Finnemore 1992).

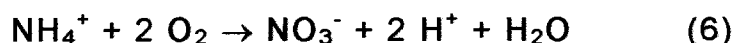
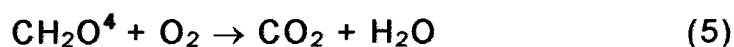
De acordo com o modelo de evolução geoquímica teórica de efluentes domésticos propostos por Wilhelm *et al.* (1994), essa evolução ocorre em três ambientes ou zonas geoquímicas: a zona anaeróbia, situada no tanque séptico ou fossa (se existir), a zona aeróbica, situada na zona insaturada ou zona saturada, e a segunda zona anaeróbia, situada na zona saturada ou próxima desta. A diferença entre essas zonas se refere às características físico-químicas (pH, alcalinidade), à presença de oxigênio dissolvido nas reações químicas e, principalmente, aos produtos das reações.

Na primeira zona anaeróbica, ainda no tanque séptico, ocorre a hidrólise das moléculas orgânicas e a liberação do amônio (NH_4^+), segundo as reações 1, 2, 3 e 4:



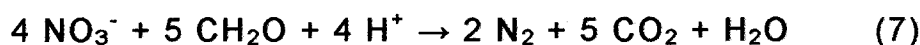
As primeiras reações de decomposição utilizam uma grande quantidade de O₂, tornando a concentração de oxigênio dissolvido (OD) muito baixa. Os microorganismos utilizam receptores de elétrons, tais como C orgânico, H⁺, CO₂ e SO₄²⁻, para oxidar a matéria orgânica.

A segunda zona aeróbica ocorre na zona insaturada, às vezes se estendendo até a zona saturada. Nesta zona os microorganismos utilizam o O₂ na oxidação do carbono orgânico para CO₂, e do NH₄⁺ para o NO₃⁻, sendo esta última transformação denominada nitrificação. A oxidação do carbono orgânico e a nitrificação são representadas, respectivamente, pelas reações 5 e 6.



Com base nas equações apresentadas constata-se que a oxidação do NH₄⁺ afeta tanto o pH como a alcalinidade, pela liberação de 2 moles de H⁺ para cada mol de N oxidado. Por sua vez, a oxidação do C orgânico produz CO₂, que diminui o pH do efluente, se o CO₂ permanecer em solução.

O processo de desnitrificação ocorre sob condições redutoras, na denominada segunda zona anaeróbica, com o nitrato sendo convertido em N₂ (Fetter 1993). Segundo Wilhelm *et al.* (1994), durante esse processo os microorganismos utilizam NO₃⁻ como receptor de elétrons na oxidação do C orgânico. Esta reação (7) remove o NO₃⁻ da água residuária e produz N₂, CO₂ e alcalinidade. No entanto, na prática, muitas vezes essa zona é inexistente.



⁴ A matéria orgânica está simplificada sob a forma CH₂O, entretanto, a mesma contém C em vários estados de oxidação, e outros elementos como o N, P e S, podendo então seus produtos das reações variar bastante, como SO₄²⁻ e PO₄³⁻.

Antes de atingir a zona saturada, muitos compostos são modificados e/ou retidos nos sedimentos. Segundo Nommik & Vahtras *apud* Wilhelm *et al.* (1994), o NH_4^+ , por exemplo, é retido nos sedimentos por reações de troca de cátions e junto com o K, pode ser fortemente fixado por vermiculita ou argilominerais similares. Essa fixação ou troca catiônica pode reter uma grande quantidade de NH_4^+ quando a água residuária infiltra-se primeiro nos sedimentos, causando um retardamento na transferência de N como NH_4^+ ou NO_3^- para o lençol freático. No que diz respeito ao NO_3^- , a sua retenção pelas plantas ou pela atividade microbiológica pode ocorrer, mas geralmente é considerada insignificante (Alexandre, Lance *apud* Hantzsche & Finnemore 1992). Segundo Hantzsche & Finnemore (1992) isso se deve ao fato do nitrato ser a espécie química mais estável e o principal produto final das transformações da série nitrogenada.

A maioria do PO_4^{3-} é adsorvido nos sedimentos. Esse íon interage em meio aeróbico e é retido por óxidos e hidróxidos de Fe e Al em ambientes ácidos (Bohn *apud* Wilhelm *et al.*, 1994) e pelo CaCO_3 em ambientes ácidos (Doner & Lynn *apud* Wilhelm *et al.* 1994).

No que se refere aos microorganismos patogênicos, o potencial destes causarem doenças, uma vez introduzidos em subsuperfície, é influenciado pela capacidade de sobrevivência e pela mobilidade dos mesmos. As bactérias e vírus sobrevivem em subsuperfície na ordem de uma semana a vários meses, dependendo das condições climáticas. Sua resistência decresce com o aumento da temperatura e com a diminuição da umidade do solo. Segundo Chapelle (1992), diversos estudos demonstram a presença de vírus e bactérias patogênicos na água subterrânea. Em um desses trabalhos, Keswich *et al.* (*apud* Chapelle 1992) mostraram que o poliovírus e o rotavírus sobrevivem no meio subterrâneo de semanas a meses. Observa-se na tabela 2 o tempo de sobrevivência dos microorganismos no lixo.

Cabe ressaltar que na bacia do Mata Fome, onde o lixo e os esgotos domésticos são em grande parte lançados na superfície do solo, deve-se considerar não só a possibilidade de contração de doenças através da ingestão de água contaminada, mas também os riscos associados com o contato direto como os resíduos sólidos dispostos inadequadamente. Esses riscos ficam claros quando se considera que o lixo representa

um meio favorável à sobrevivência de muitos microorganismos patogênicos, como ilustra a tabela 6 na qual são mostrados os tempos de sobrevivência, no lixo, de alguns microorganismos transmissores de doenças.

Tabela 2: Tempo de sobrevivência de microorganismos no lixo.

Fonte: Subercropp & Klug *apud* Lima (1995).

Microorganismo	Dias
<i>Salmonella tyhi</i>	29-70
<i>Endamoeba histolytica</i>	8-10
<i>Ascaris humbricoides</i>	2000-2500
<i>Leptospira icterohemorragiae</i>	15-43
Polio vírus	20-170
<i>Bacilo tuberculose</i>	150-180
Larvas de vermes	25-40

5.3- PADRÕES DE QUALIDADE DE ÁGUA

A qualidade das águas é uma consequência natural do seu estado físico e químico, bem como de quaisquer alterações que possam ocorrer em consequência das atividades antrópicas (Fetter 1994). O seu estado natural depende das condições geofisiográficas do meio, como tipo de rocha/solo, interações água-rocha, clima (taxa de evaporação/pluviosidade), natureza da cobertura vegetal, entre outros. Os fatores antrópicos estão relacionados principalmente às condições sanitárias da área, onde se incluem a urbanização e a industrialização.

Os componentes químicos e microbiológicos que afetam adversamente a qualidade das águas são provenientes de uma grande variedade de atividades. Entre estas se tem a aplicação de fertilizantes na agricultura, a disposição de excrementos

animais, a utilização de tanques sépticos e lagoas de tratamento de resíduos, a disposição de resíduos industriais, a estocagem de combustível, entre outras.

Os estudos de qualidade das águas objetivam comumente determinar a sua viabilidade de exploração para fins de abastecimento doméstico, industrial, atividades agropecuárias, ou seja, de acordo com o uso a que a mesma será destinada. Para tanto, as diversas regulamentações vigentes, estabelecem limitações específicas quanto às substâncias dissolvidas na água. Entre elas podem ser citados, a nível internacional, a United States Environmental Protection Agency (USEPA) e a Organização Mundial de Saúde (OMS). No Brasil, a Portaria N.º 36, de 10/01/1990, do Ministério da Saúde e a Resolução N.º 20 do CONAMA, de 18/06/1986.

No âmbito deste estudo, na classificação da água do igarapé utilizou-se a Resolução CONAMA N.º 20, mais especificamente o Art.26 dessa resolução, que enquadra as águas destinadas à balneabilidade (recreação de contato primário), estabelecendo as categorias: EXCELENTE, MUITO BOA, SATISFATÓRIA e IMPRÓPRIA.

No que se refere às águas do aquífero livre, destinadas ao consumo humano, utilizou-se os padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria N.º 36 e pela OMS. Estes padrões, excetuando-se os componentes orgânicos e radioativos, estão resumidos na tabela 3.

Tabela 3- Limites de potabilidade estabelecidos pela Portaria N° 36 e pela OMS.

PARÂMETROS	UNIDADE	Portaria N.º 36	OMS
I – FÍSICOS E ORGANOLÉPTICOS			
Cor	Pt/L	5 (3)	15
Odor	-	N.O*	Inofensivo
Sabor	-	N.O*	Inofensivo
Turbidez	UNT	1	5
Temperatura	°C	-	-
pH	-	6,5 – 8,5	6,5 - 8,5
Condutividade	m S/cm à 25°C	-	-
Aspecto	-	-	-

*N.O. – Não Objetável

II - a) Componentes Inorgânicos			
Antimônio	mg/L Sb	-	-
Arsênio	mg/L As	0,05	0,05
Bário	mg/L Ba	1,0	-
Boro	mg/L B	-	-
Cádmio	mg/L Cd	0,005	0,005
Chumbo	mg/L Pb	0,05	0,05
Cianetos	mg/L CN	0,1	0,1
Cromo Hexavalente	mg/L Cr	-	-
Cromo Total	mg/L Cr	0,05	0,05
Cloro Residual	mg/L Cl ₂	-	0,2 - 0,5
Fluoretos	mg/L F	0,6 - 1,7	1,5
Mercúrio	mg/L Hg	0,001	0,001
Nitratos	mg/L N	10	10
Nitrito	mg/L N	-	-
Níquel	mg/L Ni	-	-
Oxigênio Consumido	mg/L O ₂	-	-
Potássio	mg/L K	-	-
Prata	mg/L Ag	0,05	-
Selênio	mg/L Se	0,01	0,01
II - b) Afetam a Qualidade Organoléptica			
Alumínio	mg/L Al	0,2 (6)	0,2
Surfactantes	mg/L LAS	0,2	-
Cloretos	mg/L Cl	250	250
Cobre	mg/L Cu	1,0	1,0
Dureza Total	mg/L CaCO ₃	500	500
Ferro Total	mg/L Fe	0,3	0,3
Manganês	mg/L Mn	0,1	0,1
Magnésio	mg/L Mg	-	-
Sódio	mg/L Na	-	200
Sólidos Totais Dissolvidos	mg/L	1000	1000
Sólidos Totais	mg/L	-	-
Sulfatos	mg/L SO ₄	400	400
Sulfeto de Hidrogênio	u g/L S	0,025 - 0,25	ND
Zinco	mg/L Zn	5,0	5,0
III - MICROBIOLÓGICOS			
Coliformes Fecais	n°/100 mL	0	0
Coliformes Totais	n°/100 mL	0	0

6- RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1- HIDROLOGIA

6.1.1- escoamento superficial

A bacia hidrográfica do igarapé Mata Fome compõe o conjunto de igarapés e furos⁵ que se localizam na margem direita da baía de Guajará. A baía de Guajará localiza-se na parte nordeste do estado do Pará e é formada pela confluência dos rios Guamá e Acará. A bacia do igarapé Mata Fome tem uma área de drenagem aproximada de 6,0 km² e se estende por 3 km desde a sua desembocadura (na baía de Guajará) até a sua nascente, nas proximidades da avenida Augusto Montenegro. É uma bacia que tem a forma de um leque, drenada por um igarapé perene, de ordem 3, refletindo pouca ramificação (vide anexo 01).

Mostra-se uma bacia bastante dinâmica do ponto de vista hidrológico, uma vez que está sujeita, em parte à ação das marés procedentes da baía de Guajará. Essa influência foi registrada através da leitura de uma régua limnimétrica instalada na estação 1, próximo à foz do igarapé, durante um ciclo completo de maré, nos instantes das coletas dos períodos seco e chuvoso (Figura 24). A descarga líquida do igarapé foi determinada através das medidas de velocidade do fluxo do igarapé, utilizando um molinete hidrométrico, da G. O. *Environmental* e calculada a partir do produto da área da seção transversal do rio (A), pela velocidade média da corrente (v), ou seja, $Q = V \cdot A$, sendo Q expressa em m³/s. Para a medição da velocidade utilizou-se o método de dois pontos (medidas a 0,20 e 0,80 da profundidade), para medições realizadas na lâmina d'água > 1m de espessura e nos pontos em que a espessura da lâmina d'água mostrou-se < 1 metro, a velocidade foi medida em apenas um ponto (a 0,6 da profundidade).

⁵ Tipo de canal que liga um curso d'água a outro, ou a um lago, ou ainda pela montante da foz, onde deságua (Oliveira 1983 *apud* Lima 1987).

A influência das marés no igarapé é observada apenas até aproximadamente 800 m, a partir do ponto de confluência do mesmo com a baía de Guajará. Este fato ocorre, provavelmente, devido à sua morfologia inclinada, com cotas topográficas de 15 metros na área da nascente e de 4 metros próximo à desembocadura; adicionadas às diversas obstruções do curso natural do igarapé, como aterramentos e a presença de troncos de árvores no leito do rio. O regime de marés do igarapé é configurado com 9 horas de vazante e 4 de enchente, conforme se observa na figura 24.

O diagrama da figura 21 exibe a variação da altura da régua limnimétrica da estação 1, em dois ciclos completos de maré (13 horas), sendo um no período chuvoso e outro no período seco. De acordo com essa figura constatam-se alturas maiores no período chuvoso. Observa-se ainda, uma brusca diminuição da altura no início da maré vazante (1), seguindo-se uma lenta diminuição, com uma quase estabilização da mesma (2) e um aumento também brusco da altura, durante a maré enchente (3). O padrão de diminuição e aumento do nível do rio é similar para os períodos chuvoso e seco.

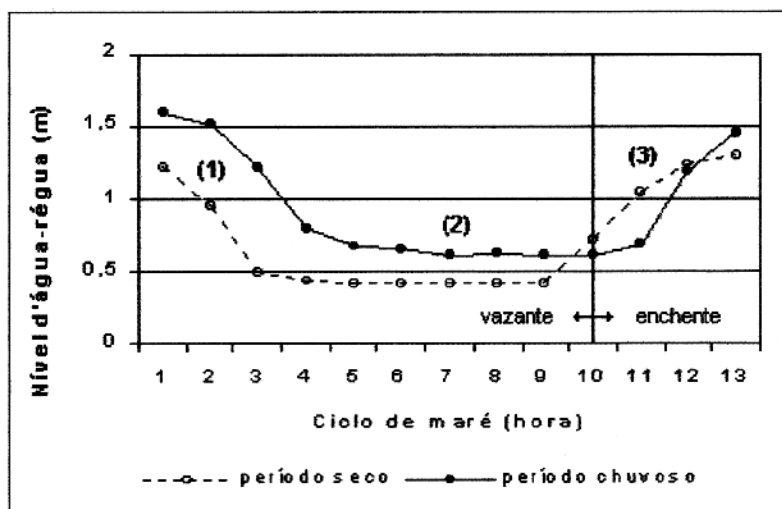


Figura 21- Variação da altura da régua limnimétrica na estação 1, do igarapé Mata Fome durante um ciclo completo de maré (13 horas). Medidas obtidas no período chuvoso de 2000 e no período seco.

Os valores da leitura diária da régua limnimétrica da estação 1, realizado durante um ano (2000) são apresentados nas figuras 22 e 23. Segundo a figura 22, as alturas obtidas durante o período chuvoso (janeiro-junho) se mostraram maiores na maré enchente, com uma altura máxima de cerca de 3 metros e mínima de 0,7 metros. No período seco (julho-dezembro) a altura máxima, de 1,99 m, na preamar, enquanto que a altura mínima, de 0,40 metros na baixa-mar (Figura 23).

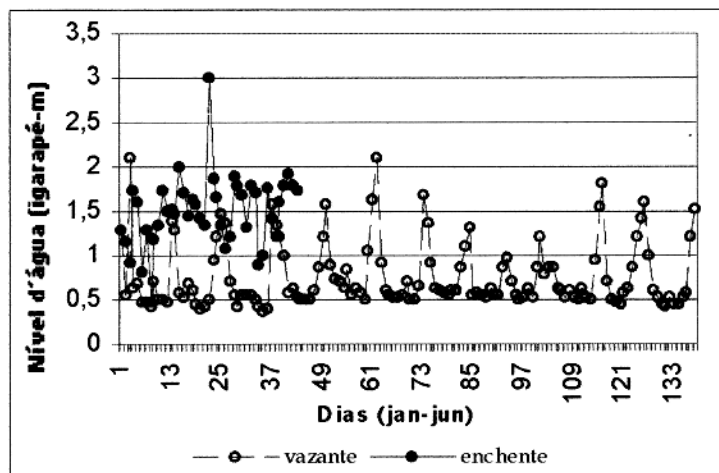


Figura 22- Leitura diária do nível do igarapé Mata Fome (estação 1), durante o período de janeiro a junho de 2000.

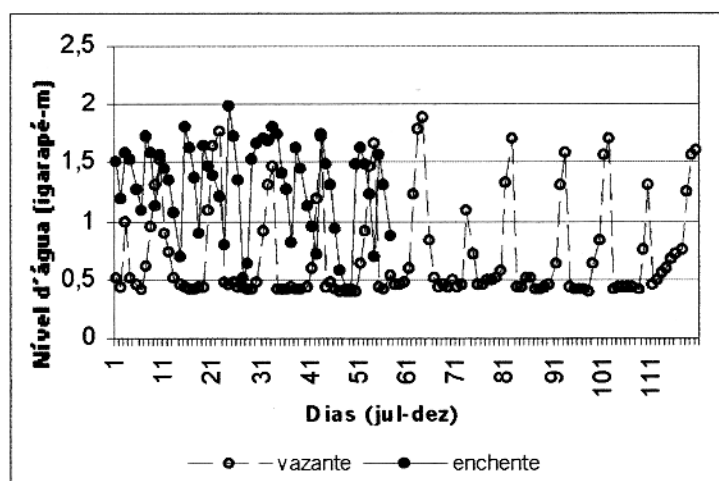


Figura 23- Leitura diária do nível do igarapé Mata Fome (estação 1), durante o período de julho a dezembro de 2000.

As medições de descarga líquida (Q) do igarapé realizadas no período seco de 2000, durante a campanha de coleta de águas são apresentadas na tabela 4. As descargas médias obtidas durante as 13 (treze) medidas realizadas, sendo 9 (nove) na maré vazante e 4 (quatro) na maré enchente, indicam valores mínimo e máximo de 0,03 m³/s e 0,201 m³/s, respectivamente. Para efeitos de alguns cálculos, a exemplo da carga transportada pelo igarapé, as descargas relativas à maré enchente (refluxo) são consideradas negativas, conforme metodologia citada por Reis *et al.* (1980).

Tabela 4- Valores de descarga do igarapé Mata Fome, obtidos no período seco, durante um ciclo completo de marés.

	Descarga líquida (Q) m ³ /seg	Regime de maré	Altura da régua (m)
1	0,049	vazante	1,22
2	0,201	vazante	0,96
3	0,144	vazante	0,50
4	0,152	vazante	0,43
5	0,071	vazante	0,42
6	0,041	vazante	0,42
7	0,107	vazante	0,42
8	0,057	vazante	0,42
9	0,041	vazante	0,42
10	0,003	enchente	0,72
11	0,011	enchente	1,04
12	0,03	enchente	1,23
13	0,015	enchente	1,3

Por sua vez, o valor médio das descargas (0,08 m³/s) obtidas na maré vazante, variaram entre 0,003 e 0,201 m³/s. Trata-se de descargas relativamente baixas, compatíveis com a dimensão da bacia e a extensão do igarapé. De acordo com a figura 27, observa-se uma progressiva diminuição dos valores da descarga, com o ciclo de maré. O valor mínimo (0,03 m³/seg) foi obtido na transição do regime de maré vazante para enchente, instante em que se observa uma quase estagnação do fluxo, como pode ser visto na figura 24. O valor médio da descarga líquida obtido nesse ciclo foi de 0,81 m³/s.

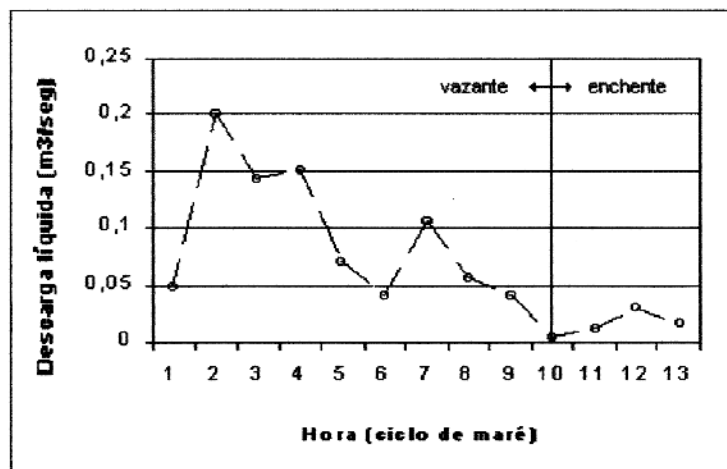


Figura 24- Valores de descarga líquida (m^3/seg), obtidas na estação 1 do igarapé Mata Fome, para o do período seco.

A dinâmica de marés provenientes da baía de Guajará a que o igarapé Mata Fome é parcialmente influenciado, é claramente sentida pelos moradores que ocupam a planície de inundação próxima da foz do igarapé. Sobretudo nos meses mais chuvosos (janeiro a março) as águas atingem o assoalho das casas, principalmente aquelas instaladas exatamente nas margens do canal. Esse fato é uma comum consequência de bacias submetidas a urbanização, atividade que altera o seu comportamento hidrológico, conforme citado no item 5.1.

Outra consequência ocorrida na bacia devido à urbanização refere-se a modificação da morfologia do canal. Pode-se observar claramente através da comparação das ortofotos das figuras 8 e 9, que o canal tinha um padrão meandrante (figura 8 - ortofoto de 1986), modificado para um padrão retilíneo após a ocupação da bacia (figura 9 – ortofoto de 1998).

6.1.2- Taxas de infiltração

Os ensaios de infiltração foram realizados em duas áreas da bacia, na área ocupada, próximo à desembocadura do igarapé e na área próximo à nascente do mesmo, ainda relativamente preservada, sendo essas duas áreas dotadas de características litológicas similares, conforme atestado pela classificação granulométrica dos sedimentos coletados durante os ensaios.

A comparação dos dados referentes a essas duas áreas, possibilitou detectar diferenças na taxa de infiltração do solo, relacionadas com a forma de ocupação. Foram ainda coletadas amostras de sedimentos do primeiro metro, para a realização de uma caracterização granulométrica dos mesmos.

Para a determinação da capacidade de infiltração do solo foi utilizado um infiltrômetro de cilindro duplo, que consiste de cilindros de chapa metálica, com 30 cm de altura e diâmetros de 200 mm e 300 mm. Estes foram cravados verticalmente no solo, de forma concêntrica, ficando 10 cm de altura livre acima da superfície (Figura 25). Durante o ensaio de infiltração, aplicou-se água no cilindro interior e no espaço anular entre o cilindro maior e menor. A leitura da variação do nível da água ao longo do tempo foi feita com o auxílio de uma régua.



Figura 25- Ensaio de infiltração com cilindros concêntricos.

O ensaio realizado na área da nascente teve uma duração de 128 minutos, enquanto que na área ocupada a duração foi de 38 minutos. As leituras do rebaixamento do nível d'água durante os ensaios foram a cada minuto, nos três minutos iniciais, posteriormente em cinco minutos e no restante dos ensaios a cada 10 minutos.

Com os dados de rebaixamento do nível d'água ao longo do tempo, determinou-se a velocidade de infiltração (V_i) e foram confeccionados dois gráficos, um para cada ensaio realizado.

As amostras de solo coletadas durante os ensaios de infiltração foram submetidas a análise granulométrica, com a realização de peneiramento e decantação por centrifugação. O procedimento analítico consistiu na secagem das amostras e pesagem inicial. Posteriormente, o material fino foi separado por lavagem. À fração mais grossa foi aplicado peneiramento, utilizando-se um conjunto de 12 peneiras, com telas de malhas padronizadas entre as frações 2,0 mm e <0,062 mm. Para o material fino, com frações inferiores a 0,062 mm, utilizou-se o método de decantação por centrifugação, visando a obtenção da fração silte. A fração argila foi determinada através de cálculo, após a obtenção das frações areia e silte. O tratamento dos resultados dos ensaios granulométricos foi feito no *software* Granls, desenvolvido pelo Departamento de Geologia Marinha, da Universidade Federal Fluminense, enquanto que a classificação granulométrica foi feita com base na classificação de Folk (1976).

Os sedimentos coletados no ensaio de infiltração realizado na área ocupada (vide anexo 1), foram classificadas pela média como areia fina e, segundo a classificação textural de Folk (1976) como areia com cascalho esparso, pobremente selecionada. A classificação pela frequência simples (%) pode ser observada na figura 26.

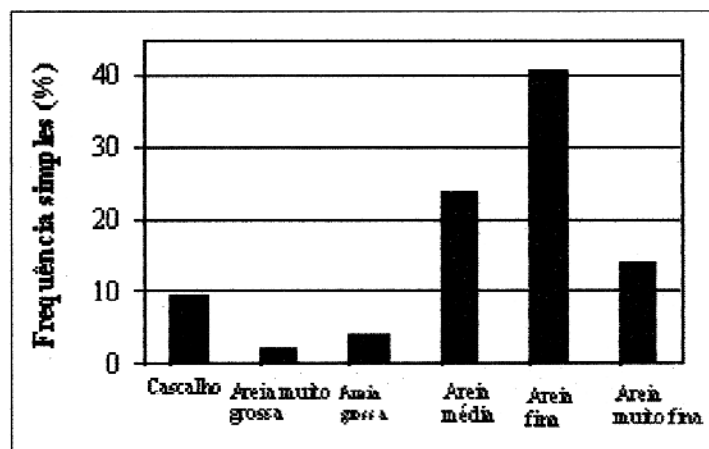


Figura 26- Classificação da amostra MF-01 (área ocupada) pela frequência simples (%).

Os sedimentos coletados no ensaio da área da nascente do igarapé, foram classificados pela média como areia muito fina e, segundo a classificação textural de Folk (1976) como areia lamosa com cascalho esparsos e muito pobremente selecionado. A classificação por frequência simples (%), é apresentada na figura 27.

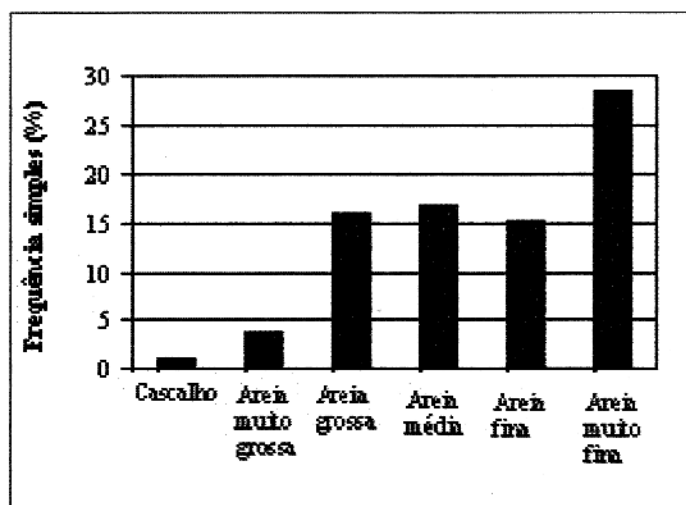


Figura 27- Classificação da amostra MF-02 (área preservada) pela frequência simples (%).

Com base nas classificações apresentadas constata-se que os sedimentos das duas áreas estudadas são similares. Assim sendo, em suas condições naturais, poder-se-ia esperar um comportamento também similar quanto ao processo de infiltração nas duas áreas.

O ensaio de infiltração 1 (área ocupada) apresentou, relativamente ao outro ensaio, uma rápida estabilização da infiltração. De acordo com o gráfico relacionando velocidade de infiltração (V_i – mm/h) com o tempo (hora), (Figura 28) a infiltração na área ocupada apresentou um lento rebaixamento do nível d'água, com paradas na infiltração, atestadas pelos valores nulos da velocidade de infiltração (V_i) em alguns instantes do ensaio, e valores altos no início do ensaio (Tabela 5).

No que se refere ao ensaio de infiltração 2 (área relativamente preservada), o gráfico da velocidade de infiltração (V_i – mm/h) *versus* tempo (hora), (Figura 29), apresentou uma lenta estabilização do processo de infiltração, com valores de V_i altos no início do teste (Tabela 6) e ainda, valores bastante oscilantes durante todo o ensaio.

Tabela 5- Valores obtidos no ensaio de infiltração 1, realizado na área ocupada (próximo à desembocadura) da bacia do igarapé Mata Fome.

T (min)	H (mm)	V_i (mm/h)
0	880	-
1	850	1800
2	840	600
3	840	0
8	840	0
18	830	60
28	830	0
38	830	0

Tabela 6- Valores obtidos no ensaio de infiltração 2, realizado na área relativamente preservada (próximo à nascente) da bacia do igarapé Mata Fome.

T (min)	H (mm)	Vi (mm/h)
0	750	-
1	740	600
2	730	600.
3	720	600
8	680	720
18	630	300
28	580	300
38	500	480
48	480	120
58	470	60
68	450	120
78	430	120
88	400	180
98	370	180
108	340	180
118	320	120
128	280	240

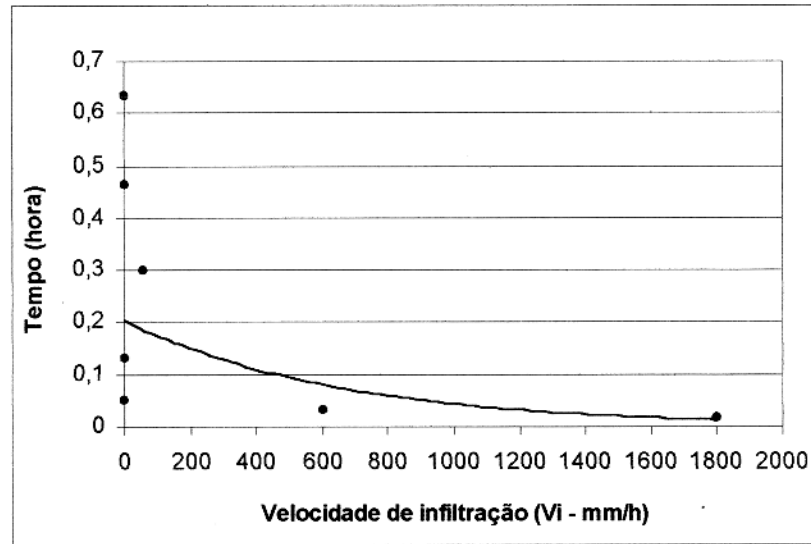


Figura 28- Velocidade de infiltração (V_i – mm/h) versus tempo (hora), referente ao ensaio de infiltração 1, realizado na área ocupada da bacia do igarapé Mata Fome.

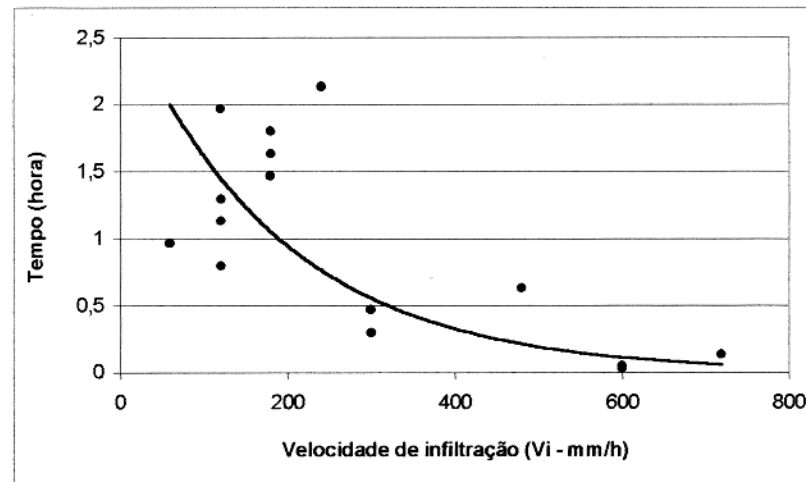


Figura 29- Velocidade de infiltração (V_i – mm/h) versus tempo (hora), referente ao ensaio de infiltração 2, realizado na área relativamente preservada da bacia do igarapé Mata Fome.

Segundo as respostas dos ensaios das duas áreas, pode-se dizer que:

- os valores nulos da velocidade de infiltração e a rápida estabilização do processo no ensaio 1 (área ocupada) deve-se à compactação dos primeiros centímetros do solo, ocasionada pelo desmatamento a que foi submetida essa parte da bacia. Essa compactação da superfície do solo é ocasionada, principalmente, pelas freqüentes chuvas torrenciais que são características desta região;
- a oscilação na velocidade de infiltração (V_i), no ensaio 2 (área relativamente preservada), é provavelmente, ocasionada pela interferência de raízes de árvores e plantas nas adjacências do local da realização do ensaio;
- a "lenta" estabilização no processo de infiltração, observada no ensaio 2, atesta as condições naturais da área da nascente, onde se observa a conservação da sua mata natural e uma pequena taxa de ocupação urbana.

Essas respostas nas mudanças das condições de infiltração, com diminuição da infiltração na área ocupada pela urbanização, é bastante comentada na literatura especializada. Segundo Tucci (1998) um dos impactos da urbanização no ciclo hidrológico é a redução da infiltração no solo, causando um aumento no escoamento superficial e uma redução do escoamento subterrâneo (fluxo de base), ou seja, uma diminuição da recarga do aquífero livre.

Tucci (1998) apresenta um exemplo quantitativo nas mudanças no ciclo hidrológico observadas em bacias urbanas de clima temperado (Tabela 7). Segundo esse autor, o aumento do escoamento superficial é mais significativo em áreas onde as precipitações são mais freqüentes. Essa observação do autor é facilmente constatada na bacia do igarapé Mata Fome, que tem o seu leito maior ocupado por inúmeras residências. No período mais chuvoso é comum a água do igarapé invadir as casas dos moradores que ocupam essa parte da bacia.

característica presença de chuvas abundantes nessas áreas. Para respostas mais precisas sobre essas mudanças em bacias tropicais, dever-se-ia intensificar estudos desta natureza, haja vista a grande importância dos rios para a região.

Tabela 7- Variação do balanço hídrico com a urbanização num clima temperado em % da precipitação total (OECD *apud* Tucci 1998).

Elementos do balanço	Pré-urbano (%)	Urbano (%)
Evapotranspiração	40	25
Escoamento superficial	10	43
Escoamento subterrâneo	50	32
Escoamento total	60	75

6.2- HIDROGEOLOGIA

O aquífero estudado no âmbito da bacia do igarapé Mata Fome é do tipo livre, sendo constituído por areia fina a média, com intercalações argilosas pouco espessas. É explotado através de poços rasos, escavados e tubulares, com profundidade de até 12 metros, sendo que, nos primeiros, predominam as profundidades inferiores a 6 metros. No cadastro realizado constam 53 poços escavados e 10 poços tubulares (anexo 3).

Na porção superior do aquífero, bem observada nos poços escavados, identificam-se três níveis litológicos distintos. O superior, de aproximadamente 1,5 metros, é constituído por uma matriz areno-argilosa, com fragmentos de laterita dispostos de forma irregular, com formas arredondadas e, mais raramente, colunares. Este horizonte transmite água no período chuvoso, quando o nível estático encontra-se mais elevado. O horizonte intermediário tem uma espessura da ordem de 2 metros (espessura média do aquífero livre na área), é constituído de areias médias, com

mais elevado. O horizonte intermediário tem uma espessura da ordem de 2 metros (espessura média do aquífero livre na área), é constituído de areias médias, com coloração esbranquiçada. Por fim, no trecho inferior, tem-se uma camada argilosa, mosqueada, com espessura média de 2 metros (até a profundidade total do poço), podendo, portanto, ser mais espessa. Essa camada apresenta "manchas" colunares no primeiro metro e formas circulares em toda a camada. Embora ocorram variações locais na seqüência descrita acima, ela é predominante na maioria dos poços estudados. Dessa forma, o conjunto de camadas que compõem o aquífero perfaz aproximadamente 5 metros de espessura.

Os poços tubulares são revestidos geralmente com tubos de PVC de 4", sendo o filtro (tubo ranhurado) situado a uma profundidade variando entre 8 e 12 metros. Esses poços captam um nível arenoso mais profundo que, segundo informações dos proprietários, estaria sobreposto a uma camada argilosa relativamente espessa, denominada popularmente de *tabatinga*. A água desses poços normalmente apresenta teor de ferro elevado, atestado pela ocorrência de incrustações de ferro nas torneiras e manchas de ferrugem nas roupas lavadas com essa água.

O nível estático do aquífero estudado apresenta um valor médio de 2,26 no período seco, enquanto que no período chuvoso atinge 1,21 metros, apresentando uma oscilação sazonal da ordem de 1 metro (anexo 03).

6.2.1- Parâmetros Hidrodinâmicos

Os parâmetros hidrodinâmicos do aquífero livre foram estimados a partir da regionalização do valor da condutividade hidráulica (K) obtida por Tancredi (comunicação verbal) no aquífero Barreiras, na localidade de Cajueiro, próximo de Belém, onde foi determinada $K = 4,83$ m/dia.

Considerando-se apenas a espessura (b) saturada, dos sedimentos nos poços de captação, que é aproximadamente 5 metros (item 6.2) a expressão $T = K \cdot b$ (Feitosa & M. Filho 1997) fornece uma transmissividade de aproximadamente $24,15$ m²/dia.

As principais características do aquífero livre estudado são apresentadas na tabela 8.

Tabela 8- Principais características do aquífero livre da bacia do igarapé Mata Fome.

Composição litológica	Areia fina a média
Espessura média	2 m
Espessura saturada	5 m
Nível estático médio (período seco)	2,26 m
Nível estático médio (período chuvoso)	1,21 m
Condutividade hidráulica (K)	4,83 m/dia
Transmissividade (T)	24,15 m ² /dia

6.2.2- Padrão de fluxo

O padrão de fluxo subterrâneo foi obtido através de medições de nível estático realizadas nos poços nos períodos seco e chuvoso. A partir desses valores e da cota topográfica conhecida, calculou-se o potencial hidráulico e elaborou-se mapas potenciométricos utilizando o *software Surfer*, da *Golden Software Incorporated*.

O aquífero livre mostrou uma descarga direcionada para o igarapé Mata Fome, tanto no período chuvoso (Figura 30) como no período seco (Figura 31), sem significativas variações no padrão de fluxo entre os dois períodos. O fluxo direciona-se das áreas de potencial hidráulico mais altos para os mais baixos, sendo o igarapé o exutório natural, fato que o caracteriza como um corpo d'água efluente

No período chuvoso, o mapa de fluxo subterrâneo apresenta valores da ordem de 7 m a 1 m para o potencial hidráulico (anexo 3), com sua descarga principal

direcionada para o igarapé, exibindo no quadrante centro-nordeste do mapa uma área de divergência na direção do fluxo, provavelmente para outra bacia.

O mapa do período seco mostra valores menores de potencial hidráulico (0,3 m a 6,87 m) (anexo 3), ocasionado pelo rebaixamento do nível estático neste período. Também exibe, como o mapa do período chuvoso, uma zona de divergência do fluxo subterrâneo no quadrante nordeste da área.

A área de divergência de fluxos, caracterizada nos mapas dos dois períodos, constitui um divisor de águas subterrâneas. Portanto, a área mais a nordeste caracteriza o regime de escoamento subterrâneo de outra bacia hidrográfica (vide anexo 1). A área considerada como "divisor de águas subterrâneo", é definido por Fetter (1994) como um limite imaginário impermeável, que coincide exatamente com o divisor de águas superficiais em sistemas simétricos. Entretanto, segundo esse autor, na prática, nos sistemas topográficos e hidrogeológicos essa simetria dificilmente é alcançada. No entanto, pode-se observar, comparando os mapas de fluxo subterrâneo com o mapa topográfico da bacia (anexo 1), que os limites do divisor de águas subterrânea e superficial (alto topográfico) estão muito próximos.

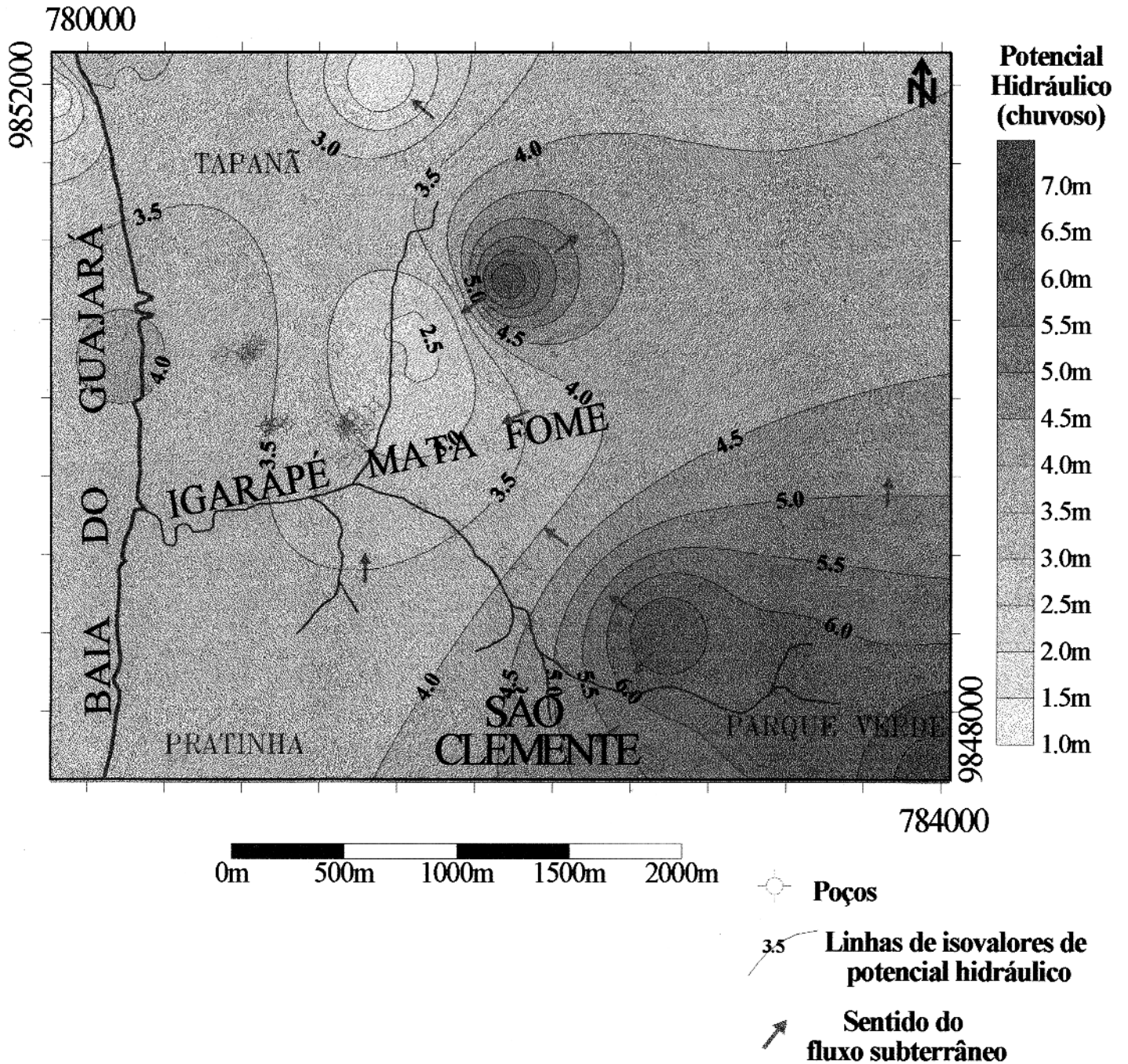


Figura 30- Mapa de fluxo subterrâneo (aqüífero livre) para o período chuvoso, na bacia do Igarapé Mata Fome.

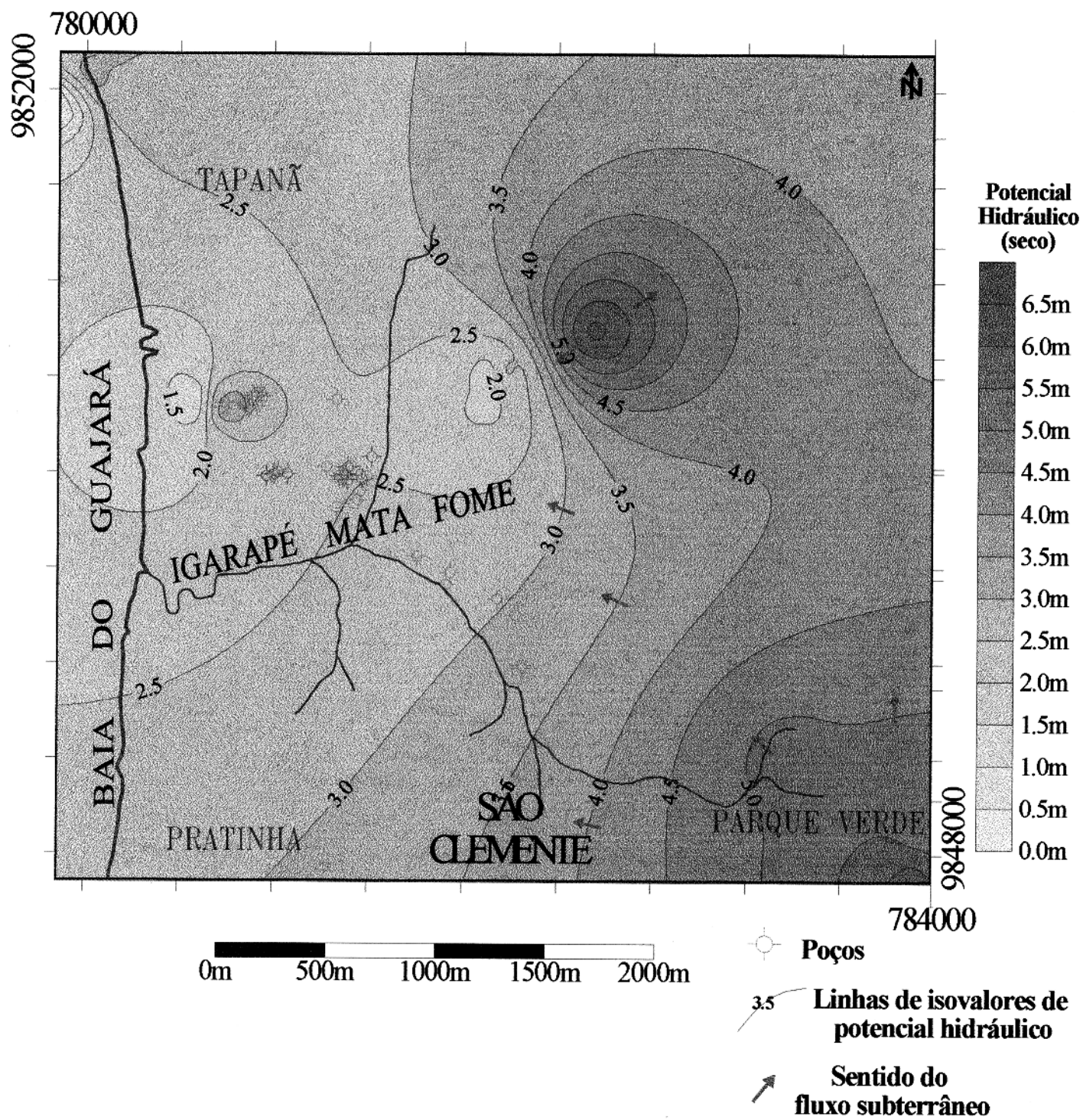


Figura 31- Mapa de fluxo subterrâneo (aquífero livre) para o período seco, na bacia do igarapé Mata Fome.

6.2.3- Reserva reguladora

A reserva reguladora foi obtida a partir do cálculo da vazão de escoamento natural (VEN) que é equivalente ao escoamento de base dos rios nos períodos de estiagem, sendo o seu valor anual dado pela equação abaixo. Em condições de equilíbrio natural, essa equação pode ser encarada como o volume de infiltração efetiva anual, ou como a recarga anual do aquífero, ou seja, sua reserva reguladora. Segundo Tancredi (1996), a reserva reguladora é função das características hidrodinâmicas do aquífero e das condições de recarga e descarga, podendo variar de um ano para outro.

$VEN = A \cdot \Delta h \cdot \eta_e$, onde: A - área de ocorrência do aquífero (m^2);

Δh - variação sazonal do nível potenciométrico do aquífero (m);

η_e ⁶- porosidade efetiva (correspondente ao *Specific Yield* dos autores americanos).

Com VEN expressa em m^3 .

Cabe ressaltar que, para a variação (Δh) do nível potenciométrico deve-se considerar o valor médio de vários anos de observação. No caso do Mata Fome, porém, utilizou-se o valor médio de apenas um ano, uma vez que não existiam estudos dessa natureza naquela área. Assim sendo, apesar das limitações da variação média utilizada, considera-se a sua aplicação válida, sobretudo porque possibilitará a comparação com resultados que possam vir a ser obtidos no futuro.

⁶ Segundo Feitosa & M. Filho (1997), a porosidade efetiva (η_e) e a produção específica (*specific yield*), na prática traduzem o mesmo conceito, isto é, refletem frações entre o volume de água que pode se mover sob a ação da força gravitacional e o volume total do solo.

O valor de Δh foi calculado com base nas medições do nível estático, realizadas nos diversos poços existentes na área. As medidas foram obtidas no período chuvoso (abril/2000) e no período seco (novembro/2000), mês mais chuvoso e mais seco do ano, respectivamente. Calculou-se a variação sofrida pela superfície potenciométrica neste período. Por sua vez, o valor de η_e foi estimado a partir das características litológicas dos sedimentos que compõem o aquífero. Para essa estimativa foram considerados os valores de η_e disponíveis na literatura especializada, para diferentes materiais geológicos, conforme apresentado na tabela 9.

Tabela 9: Valores representativos da porosidade efetiva (*Specific Yield*) para alguns materiais geológicos. Fonte: Driscoll (1987).

Litologia	Porosidade efetiva (%)
Argila	1-10
Areia	10-30
Cascalho	15-30
Areia e cascalho	15-25
Arenito	5-15
Folhelho	0,5-5
Calcário	0,5-5

Para o cálculo considerou-se, então, a área da bacia como sendo de $6.000.000\text{m}^2$, a variação média aproximada do nível potenciométrico entre os dois períodos estudados (0,7 metros) (anexo 4) e a porosidade efetiva (η_e) 25%, considerando o valor médio para sedimentos arenosos, segundo a classificação de Driscoll (1987). Assim, têm-se:

$$\text{VEN} = A \cdot \Delta h \cdot \eta_e$$

$$\text{VEN} = 6\,000\,000 \text{ (m}^2\text{)} \cdot 0,70 \text{ (m)} \cdot 0,25$$

$$\text{VEN} = 1.050.000 \text{ m}^3$$

Cabe ressaltar que o valor acima especificado refere-se apenas ao ano de 2000, uma vez que não existe uma série de dados referentes às variações anuais do nível estático, de forma que se possa ter uma média representativa da variação anual do potencial hidráulico do aquífero, possibilitando a determinação de uma VEN representativa para o mesmo.

Em estudo realizado na bacia hidrográfica do igarapé São Brás, no município de Santarém (PA), Tancredi (1996) determinou, para o ano de 1993, uma reserva reguladora de 37.000.000 m³ em uma área de drenagem de 147,78 Km². Para essa determinação, o autor utilizou o método do fluxo de base, calculado a partir do hidrograma do igarapé, obtendo um valor de 250.372 m³/km² para a restituição do aquífero livre do igarapé São Brás, por km², referente ao ano de 1993. No Mata Fome, a VEN calculada forneceu um volume de 175.000 m³/km², uma vez que a área da bacia é de 6 Km². Trata-se de um volume consideravelmente menor do que aquele obtido por Tancredi op cit. para a bacia do igarapé São Brás. A diferença entre o volume restituído por unidade de área para as bacias dos igarapés São Brás e Mata Fome pode ser atribuída a diversos fatores, destacando-se as diferenças entre as características hidrodinâmicas dos aquíferos considerados e a forma de ocupação dessas duas bacias.

Tancredi (1996) analisou ainda a relação entre a precipitação na bacia e a reserva reguladora do aquífero livre. No igarapé São Brás o valor obtido para a reserva reguladora corresponde a 12% da precipitação na bacia. Na bacia do igarapé Mata Fome a precipitação total no ano de 2000 foi de 3.352 mm, considerando a precipitação medida na estação mais próxima da área estudada. Uma vez que a área da bacia é de 6 km², obteve-se para essa área um volume de precipitação de 20.110.000 m³. Assim sendo, a reserva reguladora calculada corresponde aproximadamente a 5% da precipitação da bacia. Constata-se, portanto, que na bacia do Mata Fome a porcentagem de precipitação que atinge o aquífero livre (5%) é significativamente menor que aquela determinada por Tancredi op cit. para a bacia do igarapé São Brás (12%). Essa diferença na porcentagem de chuva infiltrada provavelmente está relacionada com a intensa ocupação da bacia do Mata Fome e a conseqüente redução na capacidade de infiltração no solo. A tabela 10 apresenta os volumes da reserva reguladora do aquífero

livre, da precipitação pluviométrica e a restituição do aquífero livre para o igarapé Mata Fome.

Tabela 10- Volumes da reserva reguladora, precipitação pluviométrica e restituição do aquífero para o igarapé Mata Fome.

Reserva reguladora	Precipitação pluviométrica	Restituição do aquífero para o igarapé Mata Fome
1.05.000.000 m ³	20.110.000 m ³	175.000 m ³ /km ²

6.3- QUALIDADE DAS ÁGUAS

A água do igarapé foi coletada de forma que se pudesse avaliar a influência dinâmica das marés e da sazonalidade sobre a qualidade das águas. A água do aquífero livre foi coletada em poços de abastecimento utilizados pela população, previamente selecionados a partir do cadastramento realizado.

No igarapé, as coletas foram realizadas nas duas estações instaladas (estações 1 e 2) em quatro campanhas (Tabela 11). A estação fluviométrica 1 situa-se próximo à foz do igarapé, a aproximadamente 450 metros no ponto em que o mesmo deságua na baía de Guajará. Essa estação encontra-se em uma área intensamente povoada, com inúmeras residências que lançam seus resíduos domésticos diretamente na drenagem. A estação 2 foi instalada na área da nascente do igarapé, onde o número de residências é consideravelmente menor. No entanto, observou-se que à montante da estação 2 existem alguns lançamentos de esgotos domésticos no curso do igarapé.

A primeira campanha de coletas foi realizada durante a fase de diagnóstico ambiental do PGU-ALC (dezembro/1998), com o objetivo de se obter dados preliminares sobre a qualidade da água. Nesta etapa foram coletadas apenas quatro (4) amostras em diferentes pontos do igarapé. A segunda campanha foi realizada em dezembro de 1999, no início do período chuvoso. Nesta amostragem, porém, devido à falta de segurança na área, não foi possível completar a amostragem para um ciclo completo de maré, tendo sido coletadas apenas 5 amostras. A terceira coleta foi realizada em abril de 2000, um dos meses de maior pluviosidade do ano (item 2.1). Por

sua vez, a última amostragem foi realizada em novembro de 2000, no final do período seco.

Os dados das duas últimas campanhas foram aqueles efetivamente avaliados no estudo de qualidade das águas da bacia enfocada. Nessas duas campanhas, as amostras foram coletadas durante um ciclo completo de maré (13 horas), com regime de coleta de 1 em 1 hora.

As amostras da estação 1 foram coletadas conforme metodologia utilizada por Tancredi & Lobato (1987), em estudos de qualidade de águas na região amazônica e conforme metodologia recomendada por Ibiapina *et al.* (1999)⁷. Na estação fluviométrica 2, coletou-se apenas uma amostra por campanha, uma vez que nesse ponto o igarapé não sofre influência de marés.

As amostras das duas seções foram acondicionadas em frascos de polietileno de 1 L e mantidas sob refrigeração até o momento das análises laboratoriais.

Tabela 11- Resumo das campanhas de coleta de água do igarapé Mata Fome, exibindo períodos e regime da amostragem, locais de coleta e número de amostras.

Campanha de coleta de água superficial	Estação fluviométrica 1	Estação fluviométrica 2
Campanha 1 Dezembro/1998 (início do período chuvoso)	4 amostras – diferentes pontos de amostragem ao longo do igarapé (Diagnóstico Ambiental)	
Campanha 2 Dezembro/1999 (início do período chuvoso)	5 amostras (2/2hs) ciclo de maré incompleto (10 horas)	Não realizada
Campanha 3 Abril/2000 (período chuvoso)	13 amostras (1/1h) ciclo de maré completo (13 horas)	1 amostra
Campanha 4 Novembro/2000 (período seco)	13 amostras (1/1h) ciclo de maré completo (13 horas)	1 amostra

⁷ Segundo Ibiapina *et al.* (1999), nas coletas realizadas devem ser utilizadas verticais com amostragem em dois pontos: a 0,2 e a 0,8 da profundidade (espessura da lâmina d'água).

A água do aquífero livre foi coletada em apenas três campanhas (campanha 1, 3 e 4-Tabela 12), realizadas nos períodos seco e chuvoso. Na primeira, foram estudados apenas 3 poços para avaliação preliminar, durante o diagnóstico ambiental. Na terceira campanha de coleta, foram amostrados 14 poços, selecionados com base no cadastro realizado. Já na última campanha, esse número foi reduzindo, selecionando-se apenas oito (8) poços para amostragem, priorizando-se aqueles que abastecem uma grande quantidade de famílias, bem como aqueles situados em locais cujas condições sanitárias se revelaram mais críticas (proximidade de chiqueiros, depósitos de lixo e/ou em áreas alagadas).

Tabela 12- Campanhas de amostragens de água do aquífero livre.

Campanhas de coleta de água subterrânea	Poços escavados
Campanha 1 Novembro/1998 - período seco	3 poços
Campanha 3 Abril/2000 - período chuvoso	14 poços
Campanha 4 Novembro/2000 - período seco	8 poços

A metodologia analítica utilizada focalizou apenas a avaliação dos níveis de contaminação das águas relacionados com resíduos domésticos. Para tanto foram determinados alguns parâmetros indicadores desse tipo de contaminação, tais como componentes nitrogenados (NH_4^+ , NO_2^- e NO_3^-), pH, condutividade elétrica (CE), sólidos totais dissolvidos (STD), oxigênio dissolvido (OD) e coliformes fecais e totais. A temperatura (T) da água também foi medida.

Alguns dos parâmetros como pH, temperatura, condutividade elétrica, STD e OD foram determinados no campo utilizando pHmetro, condutivímetro e oxímetro. Os demais foram analisados nos laboratórios da SECTAM (1º e 2º campanhas de coleta) e nos Laboratórios de Toxicologia e Bacteriologia do Instituto Evandro Chagas (3º e 4º campanhas de coleta). As análises bacteriológicas (coliformes fecais e totais) foram bastante restritas, devido ao limite estabelecido pelo laboratório, diante da programação

do mesmo. Portanto, foram realizadas apenas duas análises em cada campanha de amostragem, sendo uma para cada regime de maré (vazante e enchente).

As análises foram realizadas no espectrofotômetro – HACH/2000, da Hidrolab, que utiliza as metodologias recomendadas pelo APHA (1980). Os coliformes totais e fecais foram analisados pela técnica da membrana filtrante.

As análises da água do aquífero livre estão expressas em termos de concentração (mg/L), enquanto que para a água superficial (igarapé), além da determinação das concentrações, também foi realizado um cálculo da carga transportada (q), no que se refere aos componentes nitrogenados, OD e STD, para as amostras coletadas no período seco.

A carga transportada em solução (q) relaciona a concentração da substância (mg/L) com a descarga líquida (Q) do rio no instante da coleta. Segundo Tucci (1998), a utilização da carga para a análise da qualidade das águas nos rios corrige as variações da concentração das substâncias em razão da temperatura e da descarga do rio. Para as amostras coletadas na estação fluviométrica 1 foi realizado também um balanço iônico ($t \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{ano}^{-1}$) para os componentes nitrogenados e sólidos totais dissolvidos, objetivando-se avaliar a entrada e a saída, no igarapé, tanto das espécies nitrogenadas como do total das substâncias dissolvidas. No entanto, uma vez que a descarga do igarapé só foi medida durante a coleta realizada em um dia do período seco, só foi possível a realização do balanço para esse período.

6.3.1- Água Superficial

A avaliação da qualidade da água do igarapé Mata Fome, foi realizada nas estações fluviométricas 1 e 2, nos períodos chuvoso e seco de 2000. Na estação 1 foi acompanhada a variação das concentrações (mg/L) dos parâmetros analisados em um ciclo completo de maré, para os períodos chuvoso e seco. A variação da respectiva carga ($\mu\text{g}/\text{seg}$) foi determinada apenas no período seco. Na estação 2, em cada etapa de amostragem coletou-se apenas uma amostra, uma vez que essa parte do igarapé não é influenciada por marés da baía de Guajará.

Os resultados das análises realizadas estão apresentados nas tabelas 13 (período chuvoso) e 14 (período seco).

Tabela 13- Resultados das análises físico-químicas, químicas e bacteriológicas das amostras coletadas nas estações fluviométricas 1 e 2 no Igarapé Mata Fome, durante o período chuvoso (abril de 2000). NH₄⁺, NO₂⁻ e NO₃⁻ e oxigênio dissolvido (OD) e sólidos totais dissolvidos (STD) em mg/L; coliformes totais (CT) e fecais (CF) expressos em número mais provável (NMP) de organismos / 100 mL.

	Estação 1/Ciclo de maré													Estação 2
	Maré vazante						Maré enchente							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
pH	7.16	6.96	7.07	6.97	7.03	7.30	7.13	7.09	7.0	7.19	6.96	7.07	7.10	6.88
T (°C)	27.7	27.7	27.2	26.7	26.2	29.1	28.3	28.0	29	31.5	28.7	28.3	28.2	30.7
CE	128.1	131.6	131.1	131.4	131.8	109.6	110.7	115.1	116.3	122.8	123.7	126.2	126.1	140
μS/cm	76.9	78.9	78.6	78.7	79.1	65.8	66.4	69	70	73.8	74.2	75.7	75.6	84.4
OD	2.3	2.5	2.2	2.1	2.5	3.5	2.2	2.7	3.13	1.5	2.8	2.9	2.9	2.0
NH ₄ ⁺	2.9	3.5	3.2	1.6	2.1	2.9	2.4	2.4	2.9	2.8	3.1	3.4	3.3	3.54
NO ₂ ⁻	0.04	0.02	0.06	0.04	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.01	0.01	0.04	0.274
NO ₃ ⁻	4.84	8.36	3.08	2.64	3.96	0.88	2.20	0.92	10.12	12.76	3.96	0.88	7.92	5.28
CT	na	na	na	Na	na	78.000	na	na	na	220.000	na	na	na	181.000
CF	na	na	na	Na	na	36.000	na	na	na.	92.000	na	na	na	56.000

na - não analisado

Tabela 14- Resultados das análises físico-químicas, químicas e bacteriológicas das amostras coletadas na estações fluviométricas 1 e 2, no Igarapé Mata Fome, durante o período seco (novembro de 2000). NH_4^+ , NO_2^- e NO_3^- , oxigênio dissolvido (OD) e sólidos totais dissolvidos (STD) em mg/L; coliformes totais (CT) e fecais (CF) expressos em número mais provável (NMP) de organismos/100 mL.

	Estação 1/Ciclo de maré													Estação 2
	Maré vazante						Maré enchente							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
pH	6.88	7.74	7.91	8.71	6.87	6.84	6.89	6.9	7.15	7.15	6.93	6.25	6.10	7.27
T (°C)	24.4	26.2	26.7	36.1	28.9	29.2	28.6	29	30.1	28.8	27.9	24.9	22.8	30.6
CE	280	274	256	235	245	257	258	262	257	272	265	282	235	307
$\mu\text{S/cm}$	168	165.5	155	141.8	147.6	154.3	154.4	156.8	155.7	164	158.4	169.4	140.5	184.8
OD	1.0	1.2	1.2	2.3	1.6	1.1	1.1	1.3	1.8	1.3	1.3	1.3	1.4	2.1
NH_4^+	9.0	7.6	7.6	7.6	8.9	7.8	8.6	6.7	5.7	9.1	4.2	9.2	5.3	12.48
NO_2^-	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
NO_3^-	*	2.2	*	2.6	3.5	1.7	3.9	3.1	3.9	1.7	*	*	*	*
CT	na	na	na	na	na	na	38.000	na	Na	na	na	na	480000	1.050.000
CF	na	na	na	na	na	na	12.000	na	Na	na	na	na	70.000	65.000

* Abaixo do limite de detecção do método

na – não analisado

6.3.1.1- pH

Na estação 1 os valores de pH mais elevados foram obtidos durante a maré vazante, no período seco (Figura 14), atingindo um máximo de 8,7. Ainda nesse período os valores na maré enchente mostraram uma média de 6,42, com uma ligeira queda no final da amostragem. Para o período chuvoso, os valores se mantiveram próximos de 7, tanto na maré enchente como na maré vazante. Os valores mais elevados de pH obtidos na maré vazante, provavelmente, refletem o constante recebimento de efluentes domésticos das residências instaladas nas margens do igarapé. Nesses efluentes, a formação de amônio a partir da decomposição da matéria orgânica dos esgotos (item 5.2), tende a ocasionar o aumento do pH, através da reação $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$ (Esteves 1988). Segundo esse autor, no meio aquático, especialmente em valores de pH ácido e neutro, a amônia (NH_3) formada é instável, sendo convertida por hidratação para o íon amônio, conforme reação citada. A hidroxila formada aumenta o pH do meio. Além da formação do amônio, outras substâncias de caráter básico, presentes nos efluentes domésticos, a exemplo dos detergentes, também devem contribuir para o aumento do pH.

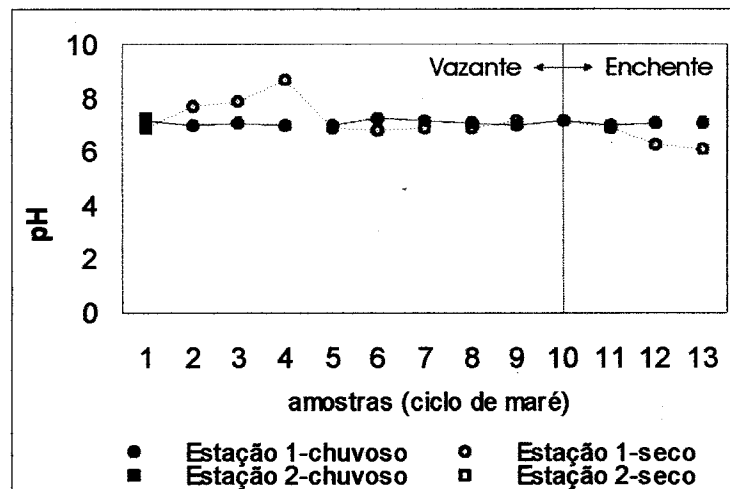


Figura 32- Valores de pH em amostras da água do igarapé Mata Fome, observadas num ciclo de maré completo (estação 1) e única observação (estação 2), obtidos nos períodos seco e chuvoso.

Na estação 2, os valores de pH obtidos para o período chuvoso e seco foram de 6,88 e 7,27, respectivamente. Esses valores de pH próximo à neutralidade, podem estar relacionados, pelo menos em parte, com os teores de amônio, relativamente elevados, particularmente no período seco (item 6.3.1.5), uma vez que a formação dessa espécie química contribui para o aumento do pH, segundo reação citada anteriormente. A origem do amônio está provavelmente relacionada com esgotos domésticos, provenientes de uma pequena área residencial, à montante da área de amostragem. O valor ligeiramente mais baixo de pH observado no período chuvoso, pode ser justificado pelo fato da área adjacente ao ponto de amostragem ainda preservar a vegetação (floresta), responsável pelo fornecimento de matéria orgânica carregada pela chuva no período de maior pluviosidade. Por sua vez, essa matéria orgânica libera ácidos orgânicos que diminuem o pH neste período. Processo similar foi sugerido por Santos (1983) para a redução do pH das águas do sistema Tocantins-Araguaia, durante o período chuvoso. Segundo esse mesmo autor, outros processos que poderiam contribuir para a redução de pH durante o período chuvoso, seria a diluição e a entrada de argila em suspensão, realizando troca de cátions.

Na estação 1 foram observados que os valores mais altos de pH ocorreram durante a maré vazante. Este último caso parece configurar a influência do lançamento direto dos esgotos das residências no rio, não se podendo deixar de considerar, também, a contribuição da água subterrânea (fluxo de base) com elevado teor de amônio (item 6.3.2.3) e possivelmente concentrações apreciáveis de espécies de caráter básico (Ca^{2+} , Mg^{2+} , HCO_3^- , entre outras) de origem antrópica, não analisadas neste estudo.

Os valores de pH das águas do igarapé Mata Fome, predominantemente próximos de 7, estão um pouco acima da média apresentada em estudos realizados em alguns rios da região amazônica, drenando terrenos similares ao encontrado na bacia do Mata Fome (item 2.4.2). Exemplos disso são os estudos desenvolvidos por Sioli (1960) em diversos igarapés e pequenos rios da Região Bragantina. Dentre os cursos d'água estudados por esse autor, aqueles que drenam terrenos geológicos constituídos por sedimentos plioceno-pleistocênicos, apontaram valores de pH oscilando entre 4,2 e 4,7.

Cabe destacar que em rios drenando terrenos cristalinos (gnaiesses, granulitos, anfibolitos, entre outros), onde as bacias foram submetidas a desmatamento intensivo e urbanização, no Estado de Rondônia, Pessenda *et al.*(1986) obtiveram um valor médio de pH de 6,42.

6.3.1.2- Condutividade elétrica

A variação dos valores de condutividade elétrica nas duas estações, para os dois períodos de amostragem, é apresentada na figura 33. De acordo com essa figura, na estação 1, as amostras coletadas no período seco, apresentaram valores de condutividade elétrica acima de 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$, com um valor médio de 260 $\mu\text{S}/\text{cm}$, significativamente mais elevados do que aqueles obtidos no período chuvoso. Neste período, os valores variaram de 109,6 a 131,8 $\mu\text{S}/\text{cm}$, com um valor médio de 123,4 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Na estação 1 quando se comparam os valores obtidos nas marés enchente e vazante, não fica clara uma tendência de aumento ou diminuição entre essas duas fases.

Nas amostras da estação 2 também foi observada uma variação significativa dos valores de CE entre os dois períodos de amostragem, sendo os valores para os períodos chuvoso e seco próximos daqueles obtidos para esses mesmos períodos, na estação 1. No período chuvoso, a CE medida foi de 140 $\mu\text{S}/\text{cm}$, enquanto que no período seco foi de 307 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

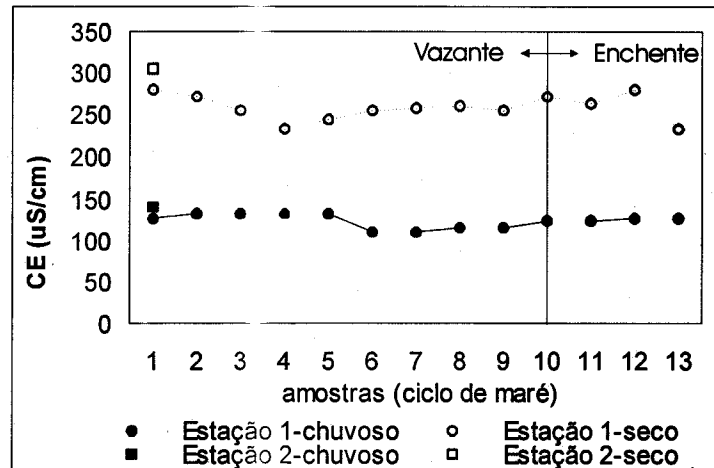


Figura 33- Valores de condutividade elétrica (CE), em $\mu\text{S}/\text{cm}$, medidos em amostras da água do igarapé Mata Fome, coletadas num ciclo de maré completo (estação 1), e única observação (estação 2). Dados obtidos nos períodos seco e chuvoso de 2000.

Quando se correlacionam os valores de CE com as medidas de nível da água do igarapé (item 6.1.1) constata-se que nos dois períodos estudados, os maiores valores da CE coincidem com os níveis mais elevados do igarapé (leitura da régua). Essa relação indica uma contribuição da baía de Guajará sobre os valores de condutividade elétrica medidos. Considerando as comprovações da influência da salinização na baía de Guajará nos meses menos chuvosos (junho a novembro) em estudos desenvolvidos por Rocha da Silva *et al.* (1991), Cordeiro (1987), o aumento dos valores de CE no período secos indicam, portanto, uma contribuição tanto da salinização proveniente da baía quanto da presença de substâncias dissolvidas de origem antrópica (presentes nos esgotos domésticos, industriais, comerciais, entre outros) lançadas na baía e que, durante a maré enchente, penetram no Mata Fome.

O aumento dos valores de CE no período seco, portanto, deve-se à elevação da concentração, nesse período, de todos os íons analisados (tabelas 13 e 14), bem como ao aumento considerável da influência salina, na baía de Guajará, na época de estiagem. Segundo Rocha da Silva *et al.* (1991), essa influência ocorre durante um

período relativamente curto, com valores de cloreto (Cl-) maiores em sua parte mais jusante.

6.3.1.3- Sólidos totais dissolvidos

Os valores dos sólidos totais dissolvidos (STD), podem ser observados na figura 34, que exibe um considerável aumento de STD no período seco, chegando a atingir 169,4 mg/L enquanto que, no período chuvoso, o valor máximo é de 79,1 mg/L. Entretanto, não foram observadas significativas variações entre as concentrações obtidas nas marés enchente e vazante.

Os valores de STD obtidos nas águas do igarapé Mata Fome evidenciam claramente a influência da contaminação da água por resíduos domésticos. Numa área sem influência antrópica, no baixo Tocantins, Santos (1983) obteve valores baixos, da ordem de 33 mg/L, no período seco e da ordem de 13 mg/L, no período chuvoso.

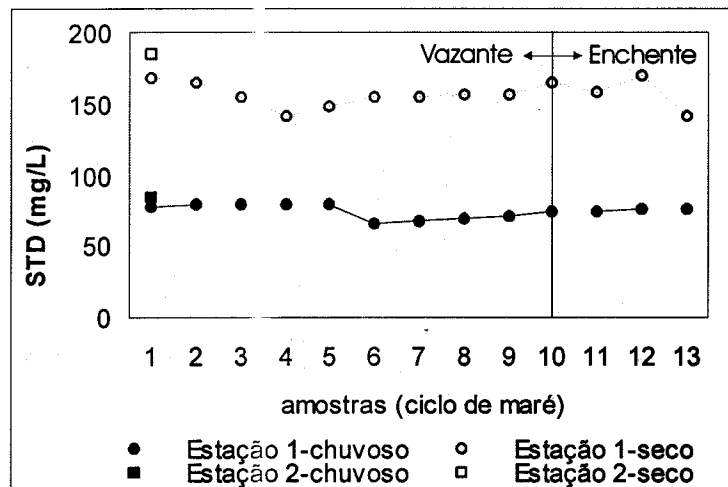


Figura 34- Valores de sólidos totais dissolvidos (STD), em mg/L, medidos no igarapé Mata Fome coletadas em um ciclo de maré completo (estação 1) e coleta única (estação 2), nos períodos seco e chuvoso.

6.3.1.4- Oxigênio dissolvido

O oxigênio dissolvido (OD) apresentou maiores valores de concentração no período chuvoso (Figura 35). Nas amostras da estação 1, obteve-se valores da ordem de 1,5 a 3,5 mg/L para o período chuvoso, enquanto que no período seco, os valores variam entre 1,0 e 2,3 mg/L. Não foi possível definir uma tendência clara de aumento ou diminuição desse parâmetro em função do regime de marés. Para o período chuvoso, os teores médios obtidos durante as marés vazante e enchente foram de 2.57mg/L e 2.52 mg/L, respectivamente. Para o período seco foram de 1.38 mg/L na maré vazante, e de 1.32 mg/L na maré enchente.

Obteve-se o valor de 2,0 mg/L para o OD nas amostras da estação 2 em ambos os períodos de amostragem.

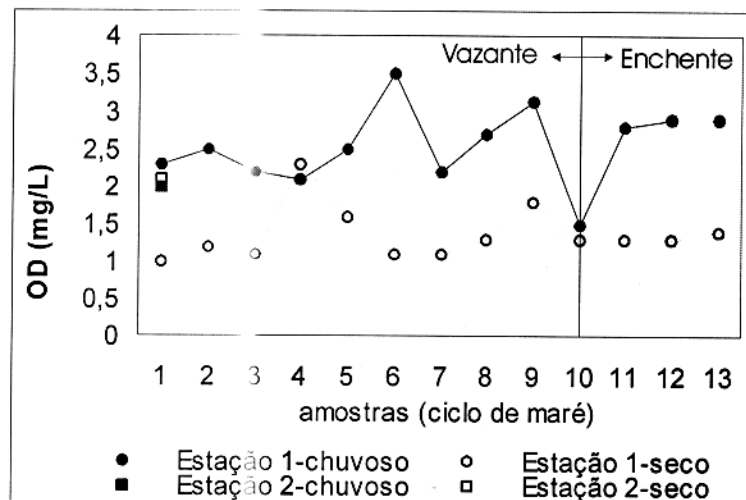


Figura 35- Valores de oxigênio dissolvido (OD), em mg/L, medidos no igarapé Mata Fome em um ciclo de maré completo (estação 1) e coleta única (estação 2), nos períodos seco e chuvoso.

Os baixos valores de oxigênio dissolvido na água do igarapé Mata Fome são atribuídos ao consumo elevado dessa substância no processo de decomposição da matéria orgânica, constatado pelos altos teores de amônio na água (item 6.3.1.5). Segundo Esteves (1988), a dinâmica do oxigênio dissolvido na água é alterada por essas reações, uma vez que para oxidar 1 mg de íon amônio (nitrificação- item 5.2), são necessários cerca de 4,3 mg de oxigênio, influenciando também, segundo esse mesmo

autor, na comunidade aquática, pois em pH básico o íon amônio se transforma em amônia (NH_3), que pode ser tóxica para esses organismos, dependendo de sua concentração.

A variação sazonal nos teores de OD, observada nas amostras da estação 1, com valores maiores no período chuvoso, pode ser explicada pela maior turbulência a que o igarapé é submetido no período de chuvas intensas, absorvendo oxigênio da atmosfera. Os movimentos turbulentos da água, segundo Santos (1983), contribuem para que o equilíbrio do oxigênio seja alcançado, considerando como fonte produtora de OD a difusão atmosférica. Outros processos responsáveis pela produção de oxigênio, como a fotossíntese, não foram avaliados no presente estudo, uma vez que, para tanto, seria necessário o acompanhamento das concentrações durante a noite, o que não seria possível, face às condições de trabalho da área.

Os estudos realizados por Santos (1983) no sistema Tocantins-Araguaia apresentaram um equilíbrio no que se refere à quantidade de oxigênio dissolvido, onde foram observados valores no período seco entre 7,0 e 8,0 mg/L, enquanto que no período chuvoso, o aumento do consumo do material orgânico carregado para o rio, ocasionou uma diminuição de OD, com valores na faixa de 5,0 a 6,0 mg/L.

6.3.1.5- Componentes nitrogenados

Amônio

A concentração de amônio no igarapé (Figura 36) revelou um aumento dos teores no período seco. Nas amostras coletadas na estação 1, durante o período chuvoso, constata-se uma ligeira tendência de aumento dos teores durante a maré enchente, atingindo valores próximos de 4 mg/L no final da coleta. Por outro lado, na maré vazante predominam os teores próximos ou inferiores a 3,0 mg/L. No período seco, constata-se uma inversão da situação caracterizada acima, ou seja, concentrações maiores na maré vazante, com valores predominantemente próximos de 8,0 mg/L, enquanto que na maré enchente, o valor médio situa-se próximo de 6,0 mg/L. Os valores de NH_4^+ predominantemente mais baixos no período chuvoso são provavelmente ocasionado pela diluição das águas nessa época do ano.

Nas amostras da estação 2, obteve-se uma concentração de 3,54 mg/L, para o período chuvoso, e 12,48 mg/L, para o período seco. Esse aumento foi provavelmente ocasionado, pelo lançamento de esgotos à montante do ponto de coleta. Cabe destacar que na data da última coleta (06/12/2000) a água encontrava-se bastante turva, não tendo sido identificada a origem dessa turbidez. No entanto, segundo informações verbais de moradores da área, uma ocupação (invasão) teria se instalado recentemente nas proximidades da área. Essa presença do íon amônio é indicativa de contaminação recente, sendo prejudicial aos organismos aquáticos.

As concentrações de amônio obtidas no Igarapé Mata Fome, indicam um considerável aumento dessa substância, ocasionado pelo lançamento de resíduos domésticos nesse curso d'água. Estudos desenvolvidos por Meybeck (1982) relacionados ao transporte de nutrientes em diversos rios, aponta valores de NH_4^+ oscilando entre 0,009 mg/L a 0,05 mg/L para rios tropicais não poluídos, tomando como exemplo na região amazônica, os rios Solimões, Negro e Amazonas.

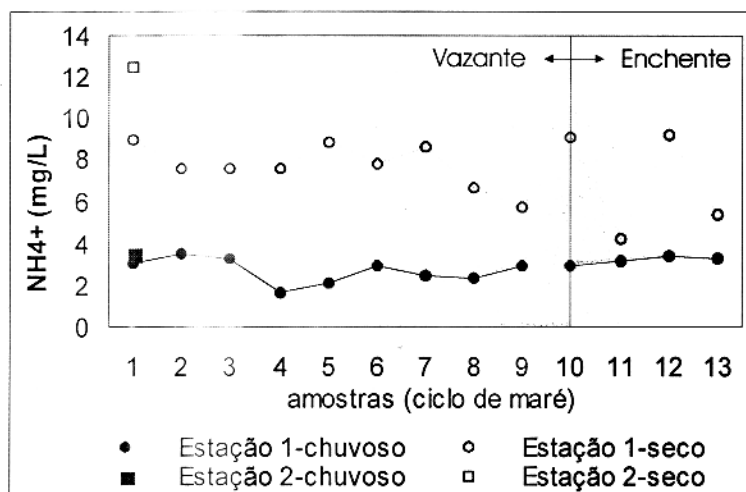


Figura 36- Valores de amônio, em mg/L, medidos no Igarapé Mata Fome em um ciclo de maré completo (estação 1) e coleta única (estação 2), nos períodos seco e chuvoso.

O aumento da concentração de amônio no período seco, é acompanhado pela elevação dos valores de pH. Este fato deve estar associado, pelo menos em parte, com a reação de formação do íon amônio que aumenta o pH da água (item 6.3.1.1). Segundo Esteves (1988), altas concentrações do íon amônio podem ter grandes

implicações ecológicas como, por exemplo, a influência na dinâmica do oxigênio dissolvido, reduzindo de forma considerável essa substância no meio e influenciando na comunidade aquática. Segundo esse autor, concentrações de 0,25 mg/L ou superiores a essa, afetam o crescimento de peixes, embora a concentração letal (que mata 50% dos indivíduos) seja consideravelmente superior (0,5 mg/L). No igarapé Mata Fome, conforme dados apresentados anteriormente, os teores chegaram a 9 mg/L na área da desembocadura e até 12 mg/L na área da nascente. Este fato explica a considerável redução de algumas espécies de peixes e camarão no Mata Fome, conforme relatam os moradores da área durante o diagnóstico ambiental e socioeconômico.

Nitrito

Nas amostras coletadas na estação 1 os teores de nitrito atingiram 0,059 mg/L, no período chuvoso, enquanto que, no período seco, todos os valores obtidos se mostraram inferiores ao limite de detecção do método analítico utilizado (0,001 mg/L de $\text{NO}_2^- - \text{N}$) estando representados na figura 37 como sendo valores nulos. Na estação 2, a amostra coletada no período chuvoso apresentou uma concentração de 0,27 mg/L, enquanto que, no período seco, o valor obtido foi inferior ao limite de detecção do método analítico.

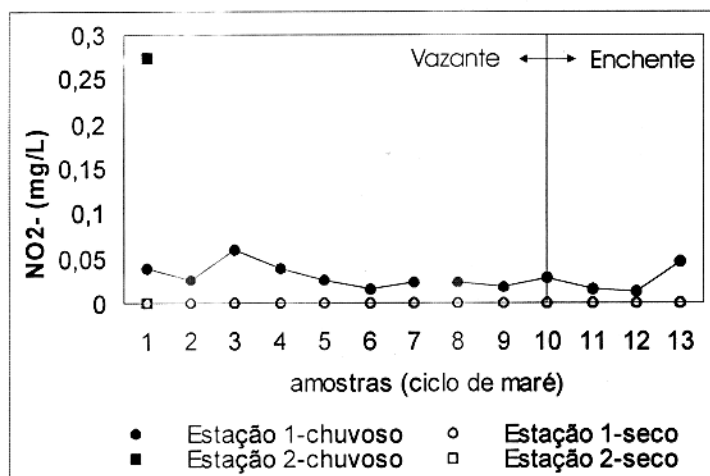


Figura 37- Valores de nitrito, em mg/L, medidos no igarapé Mata Fome em um ciclo de maré completo (estação 1) e coleta única (estação 2), nos períodos seco e chuvoso.

Os baixos valores de nitrito obtidos nas amostras da estação 1, foram provavelmente causados pela alta instabilidade desse íon no meio. Os valores considerados nulos, obtidos no período seco, podem resultar da redução para amônio ou da oxidação para nitrato, no intervalo de tempo entre a coleta e a análise das amostras. Esteves (1988) ressalta que o nitrito é encontrado em baixas concentrações, notadamente em ambientes oxigenados, podendo também ser assimilado pelo fitoplâncton ou bactérias. A baixa concentração do nitrito em águas superficiais foi registrada por Meybeck (1982) em estudos desenvolvidos em vários rios do mundo, incluindo a região amazônica (como rios tropicais). Segundo esse autor, o NO_2^- nunca está em abundância nos rios, sendo o seu valor médio de 1,5 % do nitrogênio inorgânico dissolvido (DIN - *Dissolved Inorganic Nitrogen*), que inclui $\text{NH}_4^+ + \text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$.

Nitrato

A concentração do nitrato das amostras coletadas na estação 1 exhibe um padrão diferente daquele apresentado pelos demais compostos. Os teores mais elevados foram obtidos no período chuvoso (valor médio de 12,76 mg/L), sendo a concentração média obtida na maré enchente de 6,38 mg/L, enquanto que, na maré vazante, o teor médio foi de 3,88 mg/L. Para o período seco, obteve-se concentrações menores (valor médio de 1,89 mg/L), com média de 1,43 mg/L na maré enchente e 2,10 mg/L na maré vazante (Figura 38). Na estação 2 obteve-se um valor de 5,28 mg/L no período chuvoso e valor abaixo do limite de detecção no período seco.

A maioria dos teores de nitrato obtidos para a água do igarapé Mata Fome situa-se bem acima da faixa de concentração dessa substância para rios amazônicos. Estudos desenvolvidos por Meybeck (1982) apontaram valores oscilando entre 0,07 a 1,05 mg/L de NO_3^- para os rios Solimões, Negro e Amazonas.

O aumento da concentração do nitrato no período chuvoso, nas amostras das duas estações, foi provavelmente ocasionado pela formação dessa substância através da oxidação dos íons amônio e nitrito. Nesse período, é comum a constante agitação das águas pela ação das chuvas, provocando uma maior oxigenação do meio (item

6.3.1.4), tornando o ambiente propício à nitrificação (transformação de íon amônio para nitrato), que segundo Esteves (1988) é um processo predominantemente aeróbio e, portanto, ocorre somente em meios onde há oxigênio disponível. Muito embora os valores de OD obtidos no Mata Fome durante o período chuvoso ainda sejam baixos admite-se que estes já sejam suficientes para que ocorrem os processos de nitrificação.

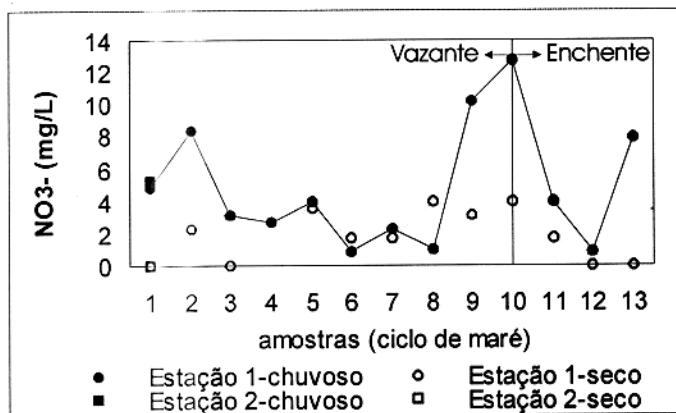


Figura 38- Valores de nitrato, em mg/L, medidos no igarapé Mata Fome em um ciclo de maré completo (estação 1) e coleta única (estação 2), nos períodos seco e chuvoso.

6.3.1.6- Microorganismos coliformes

Na estação fluviométrica 1 as análises para coliformes totais (CT) e fecais (CF) se limitaram a uma amostra na maré enchente e outra na maré vazante, nos períodos seco e chuvoso. Os coliformes fecais apresentaram valores médios de 41000/100 mL e 64000/100 mL nas amostras do período seco e chuvoso, respectivamente (Figura 39). Os valores maiores foram obtidos nas amostras coletadas na maré enchente. Nas amostras da estação fluviométrica 2 não foi observada uma significativa variação entre as amostras coletadas nos dois períodos de amostragem, obtendo-se um valor médio de 60500/100 mL.

Os altos valores de CF e CT obtidos refletem o volume de excrementos humanos que são lançados no igarapé. Embora não tenha sido calculada a carga de coliformes transportada pelo igarapé, face ao pequeno número de amostras analisadas, é possível observar uma considerável contribuição da baía de Guajará sobre as concentrações

obtidas. Isto porque os maiores valores de coliformes foram obtidos na maré enchente, muito embora nessa fase de maré o igarapé tenha mostrado as menores descargas. Os valores de coliformes totais não apresentaram variações significativas entre os dois períodos de amostragem. Obteve-se um valor médio de 149000/100 mL para o período chuvoso e 259000/100 mL para o período seco (Figura 40).

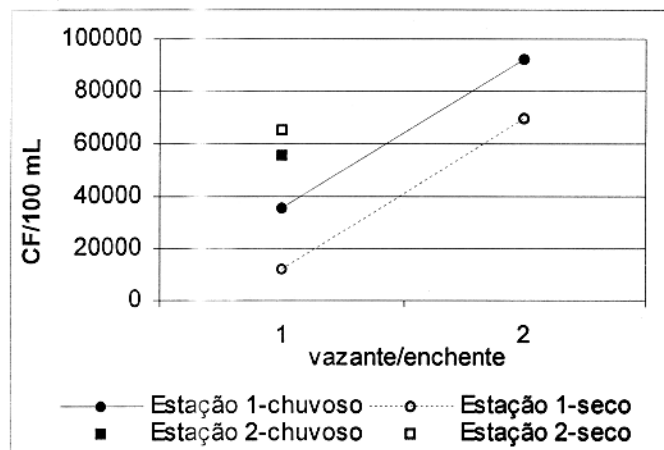


Figura 39- Valores de coliformes fecais (CF/100 mL), medidos no igarapé Mata Fome na maré vazante e enchente (estação 1), nos períodos seco e chuvoso.

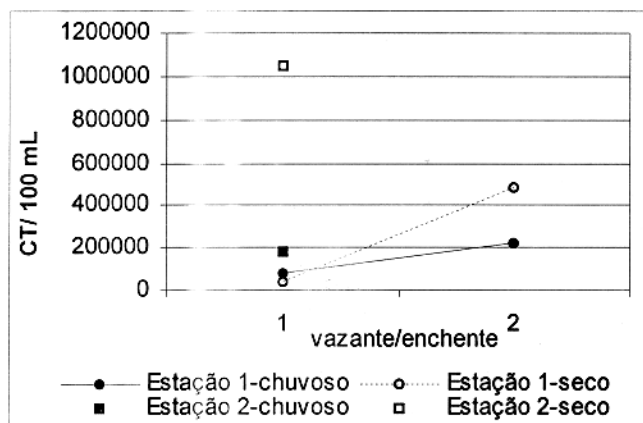


Figura 40- Valores de coliformes totais (CT/100 mL), medidos no igarapé Mata Fome na maré vazante e enchente (estação 1), nos períodos seco e chuvoso.

6.3.1.7- Carga transportada em solução

Os valores de carga foram determinados para as amostras coletas na estação 1, no período seco em um ciclo de maré (Tabela 15). Esses valores são referentes apenas aos sólidos totais dissolvidos (STD), oxigênio dissolvido (OD), amônio (NH_4^+) e nitrato (NO_3^-). O nitrito não foi considerado para este cálculo, visto que todas as amostras apresentaram teores abaixo do limite de detecção.

Tabela 15- Distribuição dos valores de carga, em $\mu\text{g}/\text{seg}$, medidos em amostras da estação 1, em um ciclo completo de maré, do igarapé Mata Fome, referente ao período seco.

Estação fluviométrica 1													
	Maré vazante									Maré enchente			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
STD	8.2	33.2	22.3	21.5	10.5	6.3	16.5	8.9	6.4	0.5	1.7	2.5	2.1
OD	0.05	0.24	0.15	0.35	0.11	0.045	0.11	0.07	0.07	0.004	0.014	0.019	0.021
NH_4^+	0.44	1.52	1.09	1.15	0.63	0.32	0.92	0.38	0.23	0.027	0.046	0.13	0.08
NO_3^-	*	*	0.44	*	0.4	0.25	0.072	0.18	0.22	0.12	0.011	0.02	*

* Teor de NO_3^- abaixo do limite de detecção

Sólidos Totais Dissolvidos

Os valores de carga de STD medidos na Estação 1, apresentaram-se maiores na maré vazante, atingindo um valor máximo de $33,2 \mu\text{g}/\text{seg}$ e com valores bastante baixos na maré enchente (mínimo de $0,5 \mu\text{g}/\text{seg}$) (Figura 41; Tabela 15). Essa diferença deve-se principalmente à variação de descarga do igarapé no instante da coleta, visto que as mudanças na concentração com o regime de marés é insignificante (item 6.3.1.3), como pode ser observado na figura 41.

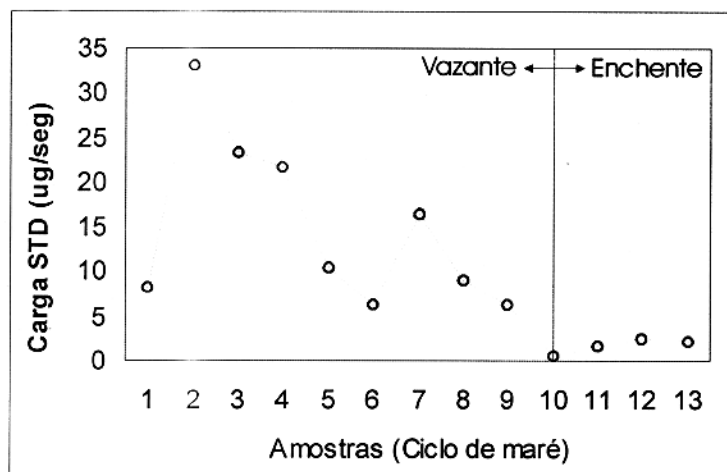


Figura 41- Valores de carga dos sólidos totais dissolvidos, em $\mu\text{g}/\text{seg}$, medidos no igarapé Mata Fome (estação 1), no período seco.

Oxigênio Dissolvido

Os valores de carga de OD obtidos para o período seco apresentam também uma ampla variação, com valores de $0,004 \mu\text{g}/\text{seg}$ (maré enchente) a $0,35 \mu\text{g}/\text{seg}$ (maré vazante) (Figura 42; Tabela 15). Os menores valores (próximos de zero) refletem os baixos valores de descarga líquida no instante da coleta.

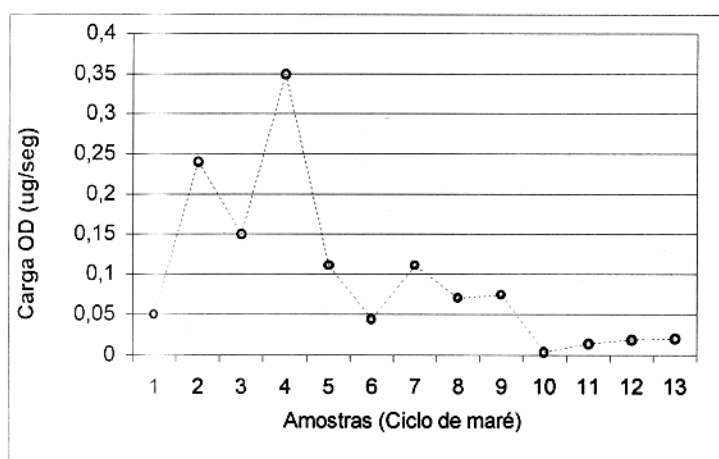


Figura 42- Valores de carga de oxigênio dissolvido, em $\mu\text{g}/\text{seg}$, medidos no igarapé Mata Fome (estação 1), no período seco.

Amônio

Os valores de cargas de NH_4^+ (Figura 43-Tabela 15), obtidos apenas para o período seco, variaram de 0,27 a 1,52 $\mu\text{g}/\text{seg}$. Observa-se que os valores maiores referem-se ao regime de maré vazante, atingindo o valor máximo de 1,52 $\mu\text{g}/\text{seg}$. No início da maré enchente, constata-se uma contínua redução na carga, ocasionada principalmente pela diminuição da descarga líquida neste regime de maré, com valores próximos de zero.

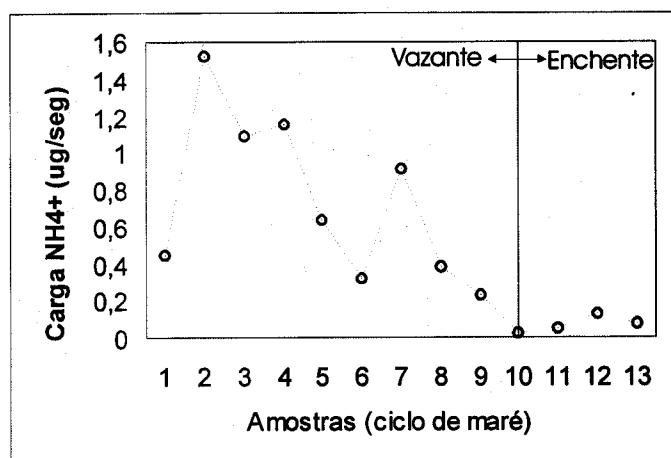


Figura 43- Valores de carga de amônio, em $\mu\text{g}/\text{seg}$, medidos no igarapé Mata Fome (estação 1), no período seco.

Nitrato

Os valores de cargas de nitrato obtidos para o período seco oscilaram entre valores nulos⁸ até 0,44 $\mu\text{g}/\text{seg}$ (Figura 44; Tabela 15). Neste período observa-se que os maiores valores de carga encontram-se no regime de maré vazante, atingindo o valor máximo de 0,44 $\mu\text{g}/\text{seg}$. No regime de maré enchente os valores aproximam-se de zero devido aos baixos valores de descarga líquida no instante da coleta, atingindo um mínimo de 0,011 $\mu\text{g}/\text{seg}$.

⁸ Os valores de carga foram considerados nulos nos instante de coleta em que o teor de NO_3^- se mostrou abaixo do limite de detecção do método analítico utilizado.

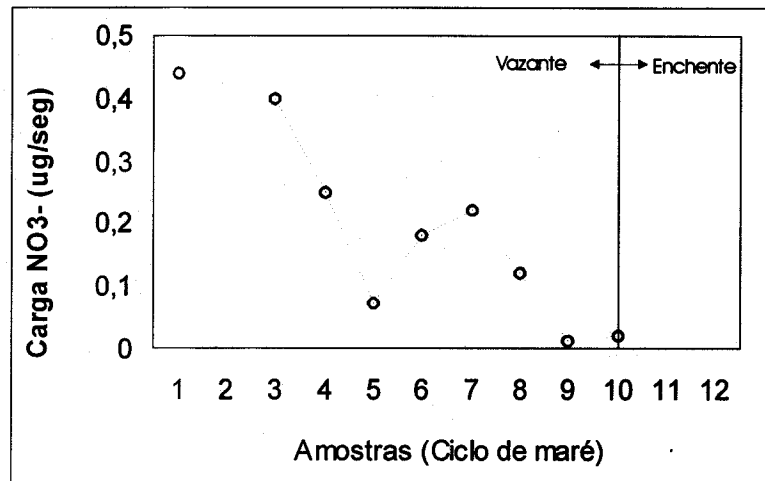


Figura 44- Valores de carga de nitrato, em $\mu\text{g}/\text{seg}$, medidos no igarapé Mata Fome (estação 1), no período seco.

6.3.1.8-Balanco iônico

Para o cálculo do balanço iônico ($\text{t} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{ano}^{-1}$) adotou-se os valores médios das cargas transportadas em solução de sólidos totais dissolvidos (STD), oxigênio dissolvido (OD), amônio (NH_4^+) e nitrato (NO_3^-) (item 6.3.1.7) obtidas para o período seco. Esses valores foram inicialmente transformados em t/ano e posteriormente divididos pela área da bacia (km^2), obtendo-se assim o balanço iônico.

Considerou-se como via de entrada das substâncias no sistema (bacia) a maré enchente (valores negativos) perfazendo a média simples de três (3) valores de carga. Por sua vez, a maré vazante foi considerada a saída de elementos (valores positivos), calculando-se a média simples de nove (9) valores de carga. Optou-se pela utilização das médias simples, uma vez que a metodologia de coleta em diferentes pontos e profundidades da seção já conduzem a concentrações representativas da seção do igarapé. Nessa avaliação considerou-se a área drenada como sendo igual a área total da bacia (6 km^2), visto que a estação considerada situa-se próximo à desembocadura do igarapé, drenando, portanto, praticamente quase a totalidade da bacia.

A tabela 16 apresenta os valores de entrada e saída de elementos e o balanço iônico obtido para o período seco.

Tabela 16- Valores de entrada (maré enchente), saída (maré vazante) e balanço iônico ($\cdot 10^{-5} \text{ t} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{ano}^{-1}$) calculado para STD, OD, NH_4^+ e NO_3^- , em amostras coletadas na estação fluviométrica 1 (período seco), no Igarapé Mata Fome.

	Entrada	Saída	Balanço iônico
STD	- 1.09	6.9	+ 5.81
OD	- 0.009	0.062	+ 0.053
NH_4^+	- 0.044	0.347	+ 0.303
NO_3^-	- 0.0103	0.108	+ 0.097

Todos os resultados obtidos no balanço iônico são positivos, o que denota valores de massa maiores na saída (vazante) do que na entrada (enchente) do sistema (bacia).

O valor de sólidos totais dissolvidos (STD) caracteriza uma descarga anual relativamente pequena de íons dissolvidos do Igarapé Mata Fome para a baía de Guajará. O OD também apresentou uma pequena contribuição (valor próximo de zero), configurando praticamente um equilíbrio dessa substância no sistema. No que se refere aos valores de amônio e nitrato, também apresentaram-se positivos, indicando uma contribuição maior do Igarapé para a baía.

Esses resultados diferem bastante daqueles obtidos nos estudos desenvolvidos por Danelon & Nodermann (1991) na bacia do rio Quilombo (Cubatão-SP). Nesse estudo, os autores obtiveram valores de amônio ($-0,09 \text{ t} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{ano}^{-1}$) e nitrato ($+2,75 \text{ t} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{ano}^{-1}$), muito maiores do que aqueles obtidos no Igarapé Mata Fome (Tabela 16). Os autores consideraram a "entrada" no sistema pela atmosfera e a "saída" o escoamento do rio. O balanço negativo obtido para o amônio, configurou, segundo os autores, uma quantidade inferior evacuada pela bacia em relação à entrada atmosférica, atribuindo este fato à provável retenção desse íon nos sedimentos de

fundo do rio estudado. Segundo Malavolta & Neptune (1983) *apud* Danelon & Nodermann (1991), o NH_4^+ "é retido temporária e superficialmente pelo complexo de troca; difunde-se depois para a solução do solo e então é nitrificado".

Estudos desenvolvidos por Bittencourt (1980) na bacia do córrego Jacutinga (PR) apresentaram valores da ordem de $0,05775 \text{ t} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{ano}^{-1}$, para o nitrato, entre outras substâncias estudadas. Trata-se também de valores muito maiores do que aqueles obtidos no presente estudo. Segundo o autor, a presença do nitrato é explicada pela larga utilização de adubos do tipo NPK, em atividades agrícolas e agropastoris, ao longo da bacia. O autor considera ainda, algumas fontes eventuais como a presença de currais de gado e criações de suínos nas proximidades dos cursos d'água.

Ressalta-se que para um estudo mais preciso seria necessário realizar medições em ambos os períodos (chuvoso e seco).

6.3.2- Água Subterrânea

Para avaliação da qualidade da água subterrânea foram selecionados alguns poços de abastecimento escavados entre aqueles presentes no cadastramento previamente realizado. Os poços selecionados são representativos para a área e são utilizados pela maioria da população da área da bacia, como única fonte de abastecimento doméstico.

Foram analisados o pH, a condutividade elétrica (CE), amônio (NH_4^+), nitrito (NO_2^-) e nitrato (NO_3^-), e ainda coliformes fecais e totais. Os resultados obtidos estão apresentados nas tabelas 17 (período chuvoso) e 18 (período seco). Esses parâmetros foram analisados com o objetivo de se investigar possíveis contaminações relacionadas com a disposição de esgotos domésticos e lixo em superfície. A possibilidade de contaminação por fossas negras também foi considerada.

Tabela 17- Valores de pH, T (°C), CE ($\mu\text{S/cm}$), STD (mg/L), NH_4^+ (mg/L), NO_2^- (mg/L), NO_3^- (mg/L), obtidos em água de alguns poços de abastecimento da população residente na bacia do igarapé Mata Fome e em uma residência (R), no período chuvoso.

	pH	T	CE	STD	NH_4^+	NO_2^-	NO_3^-
P7	3.94	27.3	108.1	na	0.18	0.006	3.08
P12	4.72	27.2	73.7	na	0.013	0.003	2.86
P17	4.96	28.9	65.3	na	0.206	0.016	3.52
P18	5.91	28.8	121.2	na	0.012	0.023	5.5
R[#]	4.51	26.7	46.6	na	*	0.019	1.76
P44	4.09	20.1	72.1	43.1	*	0.006	4.62
P45	4.73	26.0	179	107.6	0.09	0.009	15.4
P46	3.78	27.1	360	217.0	3.54	0.0016	28.6

*Abaixo do limite de detecção do método
na- não analisado

água coletada em uma residência, após passagem pela precária rede de distribuição de água utilizado na área.

Tabela 18- Valores de pH, T (°C), CE ($\mu\text{S/cm}$), STD (mg/L), NH_4^+ (mg/L), NO_2^- (mg/L), NO_3^- (mg/L), coliformes fecais e totais em NMP/100 mL, obtidos em água de alguns poços de abastecimento da população residente na bacia do igarapé Mata Fome e em uma residência (R), no período seco.

	pH	T	CE	STD	NH_4^+	NO_2^-	NO_3^-	Coliformes fecais	Coliformes totais
P7	4.4	28.1	103	61.7	0.260	0.0165	11.44	3.6	42
P12	5.0	25.1	70.7	42.4	0.116	0.009	15.40	na	na
P17	na	Na	Na	Na	na	na	na	na	na
P18	6.03	26.5	102	61.1	0.167	0.039	14.52	2.0	39.0
R[#]	4.57	28.9	71.2	42.8	*	0.016	13.64	na	na
P44	4.41	28.3	48.2	28.8	0.09	0.003	11.88	na	na
P45	4.17	29.0	173.4	104.3	0.245	0.016	27.72	na	na
P46	5.63	29.0	215	129.2	2.22	0.016	30.80	na	na

*Abaixo do limite de detecção do método
na- não analisado

água coletada em uma residência, após passagem pela precária rede de distribuição de água utilizado na área.

6.3.2.1- pH

Os valores de pH obtidos apresentaram um valor médio de 4,58, no período chuvoso, enquanto que no período seco obteve-se um valor de 4,89. Os valores de pH que ultrapassaram a média foram aqueles obtidos nos poços: P18 e P46, principalmente, com valores da ordem de 5 e até 6, sendo estes maiores no período seco (Figura 45).

Os valores obtidos refletem as condições sanitárias da área adjacente aos poços analisados. No que se refere ao poço P18, por exemplo, observou-se um chiqueiro instalado num barranco a 3 metros de distância do mesmo poço. Constatou-se no instante da coleta do período chuvoso, que a água da chuva "lixiviava" as fezes dos animais ali abrigados em direção ao poço, contribuindo assim para a formação de amônio, com o reflexo no aumento do pH da água (5.2). A presença de organismos coliformes na água analisada também é uma evidência dessas condições.

O poço P18, apresentou um valor de pH próximo de 6,0 nas duas amostragens, enquanto que o poço P46 revelou um valor de 5,5 na amostragem do período seco. Valores de pH das águas dos aquíferos Barreiras e Pós Barreiras, obtidos por Lima & Kobayashi (1988), na região de Barcarena, próxima de Belém, apresentaram um valor médio de 4,4. Além disso, o pH de algumas águas minerais explotadas de aquífero Barreiras situam na faixa de 4,10 a 4,5. Cabe ainda destacar o estudo desenvolvido por Sioli (1960), em alguns poços rasos na região, obtendo um valor de pH da ordem de 4.9, para um poço não contaminado, enquanto que dois poços aparentemente poluídos por esgotos e fossas, apresentaram pH de 6,4 e 5,7. Diante desses dados, constata-se que os valores de pH obtidos nos poços estudados na bacia do Mata Fome são sugestivos da influência de resíduos domésticos (esgotos e lixo) sobre a qualidade das águas.

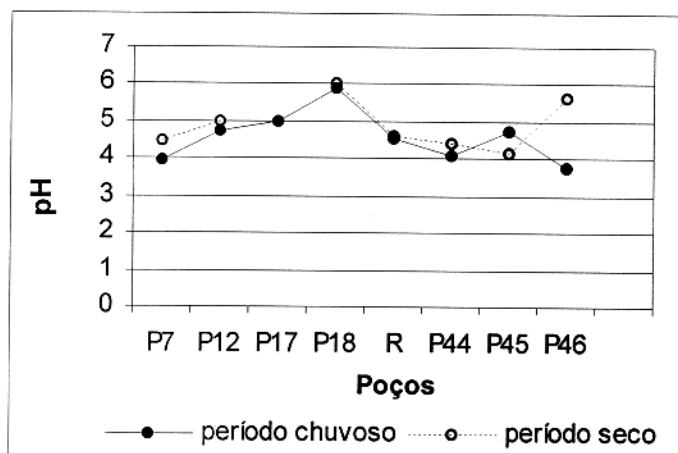


Figura 45- Valores do pH obtidos em alguns poços de abastecimento na bacia do Igarapé Mata Fome, nos períodos seco e chuvoso.

6.3.2.2- Condutividade elétrica

Os valores de condutividade elétrica (CE) apresentaram-se mais elevados no período chuvoso (Figura 46). Obteve-se um valor médio de 128,25 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para o período chuvoso e de 97,9 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para o período seco. Esse comportamento provavelmente ocorre devido à lixiviação dos resíduos lançados em superfície, com a água pluvial atingindo facilmente o lençol freático que, nesse período, encontra-se bastante próximo à superfície do terreno, predominando as profundidades ≤ 1 metro.

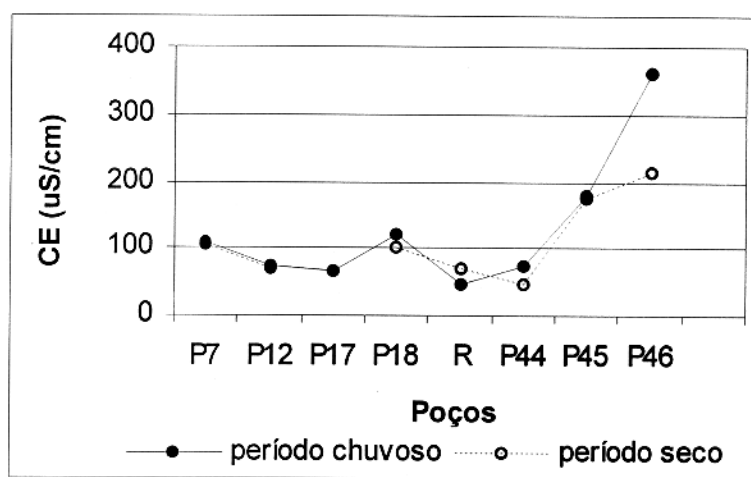


Figura 46- Valores de condutividade elétrica (CE), em $\mu\text{S/cm}$ obtidos em alguns poços de abastecimento na bacia do igarapé Mata Fome, nos períodos seco e chuvoso.

6.3.2.3- Componentes nitrogenados

Amônio

Na maioria dos poços estudados os teores de amônio apresentaram-se acima do limite de potabilidade (0,06 mg/L) estabelecido pela USEPA (1987). Esse valor foi admitido neste trabalho, visto que a Portaria N.º 36 não estabelece limite para esse parâmetro (item 5.3). A presença de amônio nas águas subterrâneas com teores acima de 0,06 mg/L constitui um forte indicador de contaminação (Custodio & Llamas, 1976). Segundo Foster (1987), em sistemas anaeróbicos, de água subterrânea com nível freático raso, a migração do amônio em detrimento do nitrato, pode ocasionar graves problemas locais quanto à disponibilidade destas águas para consumo humano. Alguns estudos relacionaram teores elevados de amônio nas águas com a predisposição ao câncer do aparelho digestivo.

As amostras coletadas no período chuvoso apresentaram valor médio de 0,5 mg/L, enquanto que no período seco a média foi de 0,44 mg/L (Figura 47). Foram

As amostras coletadas no período chuvoso apresentaram valor médio de 0,5 mg/L, enquanto que no período seco a média foi de 0,44 mg/L (Figura 47). Foram observados aumentos na concentração deste parâmetro no período seco. Uma exceção a esse comportamento foi o poço P46, que apresentou uma diminuição (de 3,54 para 2,22 mg/L) do período chuvoso para o seco. Por sua vez, essa diminuição foi acompanhada por um aumento da concentração de nitrato (Tabela 18), possivelmente sugerindo a ocorrência de reações de nitrificação. Comportamento semelhante foi observado na água coletada da residência (R) que recebe água de um poço escavado, sendo a água transmitida através de uma precária tubulação (item 3). Neste caso, os teores de amônio se mostraram abaixo do limite de detecção do método de análise, nas duas amostragens realizadas. Por outro lado, as concentrações de nitrato se mostraram relativamente altas, atingindo cerca de 13 mg/L no período seco (Tabela 18).

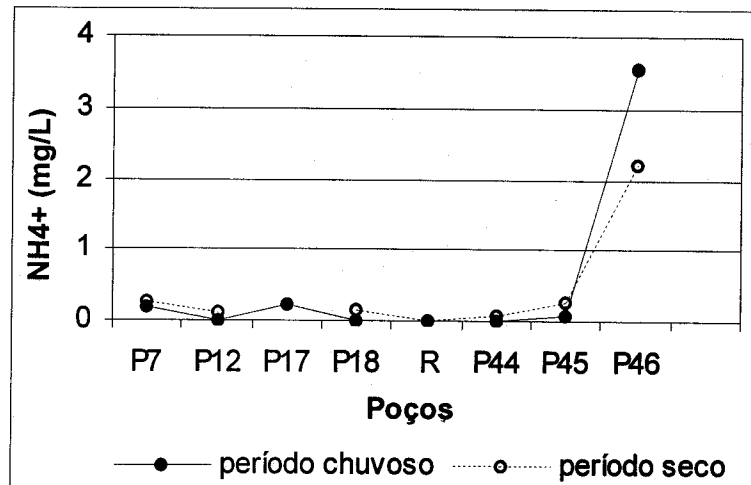


Figura 47- Valores do amônio obtidos em alguns poços de abastecimento na bacia do igarapé Mata Fome, nos períodos seco e chuvoso.

Nitrato

As concentrações de nitrato obtidas nos poços da área são baixas. Obteve-se para o período chuvoso um valor médio de 0,012 mg/L e para o período seco, 0,016 mg/L (Figura 48). Esses resultados já eram esperados, visto que esse íon é bastante

instável no meio, sofrendo constantes modificações. Segundo Melo (1998), os valores baixos de nitrito encontrados na água, mesmo com influência antrópica, são explicados pelo seu consumo por parte de algumas espécies de bactérias e pelo processo de redução ou oxidação para NH_4^+ ou NO_3^- , respectivamente.

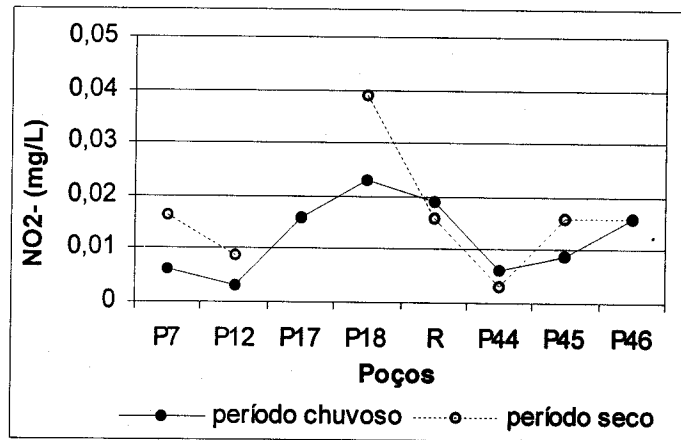


Figura 48- Valores do nitrito obtidos em alguns poços de abastecimento na bacia do igarapé Mata Fome, nos períodos seco e chuvoso.

Nitrato

As concentrações de nitrato obtidas nas análises das águas dos poços não se apresentaram acima do padrão de potabilidade estabelecido pela Portaria N.º 36 (45 mg/L) (Figura 49). Os valores médios obtidos para os períodos chuvoso e seco foram 8,16 mg/L e 15,67 mg/L, respectivamente. Com isso configurou-se um aumento considerável (quase o dobro) na concentração desse íon no período seco, atingindo valores da ordem de 30 mg/L nas amostras coletadas nos poços P45 e P46.

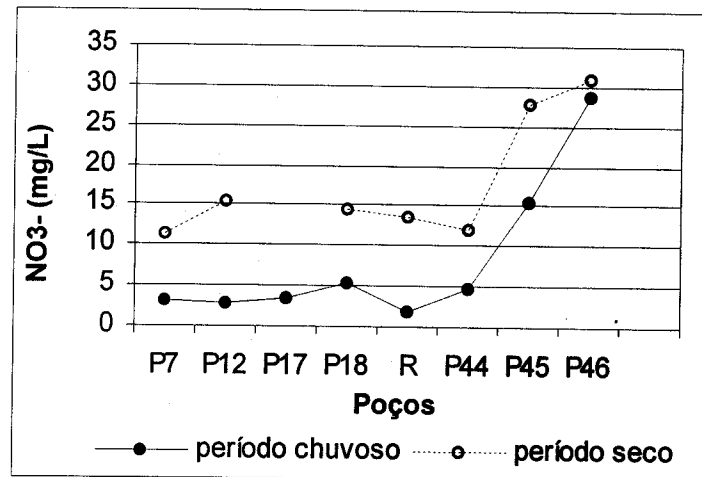


Figura 49- Valores do nitrato obtidos em alguns poços de abastecimento na bacia do igarapé Mata Fome, nos períodos seco e chuvoso.

Esses resultados parecem confirmar o processo de nitrificação, anteriormente referido (item *Amônio*), visto que a concentração de amônio diminui do período chuvoso para o seco, enquanto que a de nitrato aumenta (Tabelas 17 e 18).

O nitrato é uma substância bastante persistente na água, devido à sua alta estabilidade. Devido à sua forma aniônica, move-se na água subterrânea praticamente sem retardamento, motivo pelo qual pode ser considerado como a forma estável do nitrogênio dissolvido. Isto acontece principalmente em ambientes fortemente oxidantes, como é o caso das águas subterrâneas muito pouco profundas, em sedimentos de alta permeabilidade ou em rochas fraturadas, que possuem altos teores de oxigênio gasoso (O_2) dissolvido (Feitosa & Filho 1997). Portanto a presença de amônio e nitrito na água dos poços analisados, por si só, já é um indicativo de que pode ocorrer uma oxidação

para nitrato, aumentando assim os teores dessa substância que poderá vir a ultrapassar o limite de potabilidade estabelecido pela legislação.

É importante destacar que o consumo de água com teores de nitrato acima do padrão de potabilidade constitui um risco para as crianças com menos de 6 meses, nas quais pode causar a doença conhecida como cianose (ou metahemoglobinemia), caracterizada pela dificuldade do sangue para transportar oxigênio (Fernícola *apud* Alaburda & Nishihara 1998).

O organismos coliformes foram analisados apenas no período seco em dois poços, devido à limitação no número de análises.

Foram analisados os poços P7 e P18 (Tabela 18), que abastecem diversas famílias, as quais utilizam-se dessa água para beber e cozinhar, muitas vezes sem tratamento prévio (item 3). O poço P7 apresentou um número de coliformes fecais de 3,6 NMP/100mL e, para coliformes totais, 42 NMP/100mL. No que se refere aos coliformes fecais, no poço P18 obteve-se 2,0 NMP/100 mL, enquanto que os coliformes totais chegaram a 39 NMP/100 mL. Esses resultados refletem as condições sanitárias da área. Muitos poços, inclusive os amostrados, têm às suas proximidades, fossas negras, chiqueiros e lançamento de lixo residencial em superfície.

6.4- CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS E POTABILIDADE

De acordo com os resultados das análises físico-químicas das águas subterrânea e superficiais da bacia hidrográfica do igarapé Mata Fome, as mesmas foram classificadas segundo a Portaria N.º 36, de 10/01/1990, do Ministério da Saúde, a OMS e a Resolução N.º 20 do CONAMA, de 18/06/1986, esta última classificando as águas em classes e quanto à sua balneabilidade (item 5.3).

Água superficial

De acordo com a Resolução N.º 20/86 do CONAMA, a água do igarapé Mata Fome foi considerada como IMPROPRIA quanto à *balneabilidade* (recreação de contato primário), uma vez que:

- não se enquadra nas categorias anteriores (EXCELENTE, MUITO BOA, SATISFATÓRIA e IMPRÓPRIA);
- exibe sinais de poluição por esgotos;
- recebe intermitentemente esgotos por meios de valas ou através de lançamento direto.

Cabe ressaltar que os índices bacteriológicos admitidos mesmo para a categoria SATISFATÓRIA, situada logo acima da IMPRÓPRIA, são de no máximo 1.000 coliformes fecais/100 mL ou 5.000 coliformes totais/100 mL.

Água subterrânea

No que se refere à água do aquífero livre, destinada ao consumo humano, utilizou-se os padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria N.º 36 e pela OMS. (item 5.3).

A presença de coliformes fecais e totais em alguns poços analisados (item 7.2.4) e a presença marcante de componentes nitrogenados resultantes da contaminação por resíduos domésticos tornam a água desses poços imprópria para consumo humano. Principalmente, devido ao fato da maioria da população não utilizar tratamento prévio adequado (item 3). Ressalta-se que um tratamento simples como a fervura da água, embora não elimine os componentes nitrogenados, é eficaz na eliminação de microorganismos patogênicos.

7- GESTÃO DAS ÁGUAS

A ação pioneira do PGU-ALC em Belém, de implantação de um programa utilizando a bacia hidrográfica como unidade básica de gestão, constitui um passo importante para os próximos projetos nesse domínio. Esse tipo de intervenção, na unidade da bacia hidrográfica, está em consonância com a lei N.º 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que dispõe sobre a Política Nacional dos Recursos Hídricos (PNRH). No Mata Fome, a implantação do programa ficou facilitada frente à pequena dimensão da bacia estudada (6 km²). Entretanto, enfrentou, e ainda enfrenta, inúmeras dificuldades, devido à escassez de recursos financeiros para o seu desenvolvimento pleno

Com base na caracterização sócioeconômica e ambiental da bacia do Mata Fome (Souza *et al.* 1999), foi elaborado um projeto contemplando ações voltadas para melhoria das condições sociais e ambientais da área. Esse projeto, intitulado "Esse Rio é Minha Vida", constitui um protótipo de um Programa de Desenvolvimento Sustentável para a cidade de Belém, a partir da concepção da bacia hidrográfica como elemento de gestão urbana. Trata-se de uma gestão participativa, envolvendo a comunidade, a administração municipal, Organizações Não Governamentais, entre outros segmentos da sociedade. Nesse contexto, a gestão do rio (e da sua bacia hidrográfica) é pensada de forma a preservar e/ou recuperar as suas funções de equilíbrio paisagísticos, de lazer, de meio de transporte, de fonte de emprego e renda, entre outras. O Projeto tem como objetivo principal desenvolver ações na bacia hidrográfica do igarapé Mata Fome que conduzam à melhoria da qualidade de vida da população que ocupa esta área, com relação aos temas meio ambiente e pobreza urbana.

Segundo Silveira *et al.* (1998), mesmo em pequenas bacias, a falta de dados hidrológicos gera incertezas que comprometem o gerenciamento dos recursos hídricos, uma vez que esses dados são fundamentais para o conhecimento do escoamento e para a avaliação da qualidade da água de pequenos rios, submetidos ao lançamento tanto de cargas pontuais como difusas.

Segundo Tucci (1999) os estudos necessários ao planejamento e controle dos mananciais envolvem:

- seleção dos mananciais potenciais, considerando os custos do aproveitamento, a ocupação da bacia e a viabilidade de preservação;
- avaliação da disponibilidade dos mananciais, quantificando-os quanto ao atendimento da demanda atual e futura, verificando a necessidade de regularização e os custos envolvidos;
- identificação dos usos atuais e propostos para a bacia dos mananciais, identificando fontes potenciais de poluentes com as cargas atuais e projetadas para cenários futuros.

Nesse contexto, os resultados obtidos no âmbito do presente trabalho deverão contribuir para a implementação das propostas de recuperação ambiental da bacia do igarapé Mata Fome.

8- CONCLUSÕES

As principais conseqüências ocorridas na bacia do igarapé Mata Fome devido à urbanização são: mudança parcial da morfologia do canal, redução da cobertura vegetal, alteração da qualidade das águas superficial e subterrânea (aqüífero livre) e redução da taxa de infiltração do solo na área mais intensamente ocupada da bacia. Os estudos hidrológicos, hidrogeológicos e hidrogeoquímicos desenvolvidos na bacia do Mata Fome, permitem concluir:

- O igarapé Mata Fome na maior parte de seu curso reflete um regime de maré caracterizado por 9 horas de maré vazante e 4 horas de maré enchente, atingindo alturas do nível d'água maiores no período chuvoso (janeiro-junho) no regime de maré enchente, com uma altura máxima de cerca de 3 metros, e mínima de 0,4 metros, na maré vazante. No período seco (julho-dezembro) a altura máxima, de 1,99 m, também ocorreu na preamar, enquanto que a altura mínima, de 0,40 metros se deu na baixa-mar.
- A descarga líquida do igarapé, medida no período seco, apresentou valores mínimo e máximo de 0,03 e 0,201 m³/s, respectivamente. O valor mínimo (0,03 m³/seg) foi obtido na transição do regime de maré vazante para enchente.
- Na água do igarapé, os valores de pH medidos na estação 1 (próximo à foz), foram mais elevados no período seco, durante a maré vazante, atingindo um máximo de 8,7. Para o período chuvoso, os valores se mantiveram próximos de 7, tanto na maré enchente como na maré vazante, superiores aos obtidos em alguns estudos realizados em diversos igarapés e pequenos rios da Região Amazônica. Os valores obtidos no Mata Fome devem-se, pelo menos em parte, ao processo de amonificação, resultante da decomposição da matéria orgânica presente nos efluentes domésticos nele lançados. Os sólidos totais dissolvidos (STD), apresentaram um considerável aumento no período seco, chegando a atingir 169,4 mg/L. A condutividade elétrica também se mostrou mais elevada nesse período, sobretudo na maré enchente. Esses dados indicam uma contribuição da baía de Guajará sobre esses dois últimos parâmetros, provavelmente relacionada com a

presença de substâncias de origem antrópica, lançadas na baía e que, durante a maré enchente, penetram no Mata Fome. Devem refletir também a salinização durante a estação seca.

- Os baixos valores de OD na água do igarapé Mata Fome, entre 1,0 e 3,5 mg/L são atribuídos ao consumo elevado dessa substância no processo de decomposição da matéria orgânica proveniente de esgotos e lixo doméstico nele lançados. A variação sazonal nos teores de OD, observada nas amostras da estação 1, com valores maiores no período chuvoso, pode ser explicada pela maior oxigenação da água nesse período de chuvas intensas.
- No igarapé, os teores de NH_4^+ se revelaram acima dos regionalmente observados. Na estação 1, atingiu valores próximos de 8,0 mg/L no período seco e próximos de 4 mg/L no período chuvoso. Na estação 2, no alto curso do igarapé, o teor chegou a 12,48 mg/L no período seco. Os valores de NH_4^+ predominantemente mais baixos no período chuvoso são provavelmente ocasionado pela diluição das águas nessa época do ano. As baixas concentrações de nitrito obtidas (0,059 mg/L) na estação 1 e na estação 2 (0,27 mg/L) foram provavelmente causados pela alta instabilidade desse íon no meio. Na estação 1, os teores médios de nitrato, obtidos para os períodos chuvoso e seco foram 12,76 mg/L e 6,38 mg/L, respectivamente. Na estação 2 obteve-se um valor de 5,28 mg/L no período chuvoso e valores abaixo do limite de detecção no período seco. O aumento da concentração do nitrato no período chuvoso, nas duas estações, foi possivelmente ocasionado pela formação dessa substância através da oxidação dos íons amônio e nitrito.
- De acordo com os indicadores de qualidade considerados, a água do igarapé Mata Fome, encontra-se IMPRÓPRIA quanto a balneabilidade (recreação de contato primário); sobretudo por apresentar coliformes fecais associados com a presença de esgotos e lixo doméstico.

- Os valores de cargas transportadas em solução, calculadas apenas para o período seco, para a estação 1, indicaram para todos os parâmetros analisados, valores maiores na maré vazante, devido aos altos valores de descarga líquida nesse regime de maré. Dentre os parâmetros considerados, o nitrato foi o que apresentou os maiores valores de carga (0,44 µg/seg – vazante; 0,011 µg/seg – enchente).
- O balanço iônico ($t \cdot km^{-2} \cdot ano^{-1}$) relacionado à área da bacia, apresentou valores positivos para todos os parâmetros analisados, indicando uma contribuição maior da bacia para a baía de Guajará.
- Os ensaios de infiltração realizados na área ocupada e na nascente do igarapé, relativamente preservada, mostraram para a primeira área uma rápida estabilização do processo de infiltração, contrariamente ao comportamento observado na outra área. Essa diferença deve-se à provável compactação dos primeiros centímetros do solo, ocasionada pelo desmatamento a que foi submetida a área ocupada da bacia.
- O aquífero estudado é do tipo livre, constituído predominantemente por areia fina a média, com intercalações argilosas pouco espessas, com uma condutividade hidráulica (K), estimada de 4,83 m/dia. O fluxo subterrâneo direciona-se para o igarapé, em ambos os períodos sazonais, caracterizando o igarapé como efluente.
- A reserva reguladora, obtida a partir do cálculo da vazão de escoamento natural (VEN), é de 1.050.000 m³, correspondendo a 175.000 m³/Km². Considerando o volume de precipitação na bacia para o ano de 2000 (20.110.000 m³), têm-se, portanto, que a reserva reguladora calculada corresponde aproximadamente a 5% da precipitação da bacia.
- Nos poços cujas condições sanitárias se mostraram bastante precárias, o pH mostrou-se próximo de 6, superior, portanto, ao pH das águas associadas aos aquíferos Barreiras e Pós Barreiras, na região, cujos valores situam-se entre 4,4 e 4,9. Os valores de condutividade elétrica se apresentaram mais elevados no período chuvoso, com média de 128,25 µS/cm, sendo esses valores atribuídos

principalmente à elevação do lençol freático nesse período, propiciando o acesso de substâncias lixiviadas dos resíduos lançados em superfície.

- Em alguns poços da área, o amônio apresentou valores acima do limite estabelecido pela USEPA para água destinada ao consumo humano (0,06 mg/L). Na maioria dos poços, o teor de amônio mostrou-se maior no período seco. O nitrito, apresentou teores baixos, com um valor médio de 0,012 mg/L no período chuvoso e 0,016 de no período seco, provavelmente devido à sua instabilidade, transformando-se para nitrato. O nitrato mostrou valores médios de 8,16 mg/L e 15,67 mg/L para os períodos chuvoso e seco, respectivamente, chegando a atingir cerca de 30 mg/L nos poços, P45 e P46, durante o período seco. Cabe destacar que a presença de amônio e nitrito na água dos poços analisados, por si só, já é um indicativo de que pode ocorrer uma oxidação para nitrato, aumentando assim os teores dessa substância que poderá vir a ultrapassar o limite de potabilidade estabelecido pela legislação (45 mg/L).
- A presença de amônio e de coliformes fecais em alguns dos poços da área estudada indica que a água atualmente utilizadas pelos moradores da bacia do Mata Fome encontra-se imprópria para o consumo humano.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACKERMANN, F. L. 1969. *Esboço para a geologia entre as cidades de Belém – Rio Gurupi e Atlântico – Rio Guamá*. Belém, Imprensa Universitária – UFPA, 90p.
- ALABURDA, J. & NISHIHARA, L. 1998. Presença de compostos de nitrogênio em águas de poços. *Revista Saúde Pública*. (2): 32p.
- ALMARAZ, J. S. & FORMOSO, M. L. 1971. Contribuição ao Ambiente da Formação Pirabas – Mineralogia de argilas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 25. São Paulo. *Anais...* SBG. v. 2, p. 247-265.
- APHA. *Standard methods for examination of water and wastewater*. 1980. 15 ed., New York, 1045p.
- ARAI, M. ; UESUGUI, N.; ROSSETTI, D. F.; GÓES, A. M. 1988. Considerações sobre a idade do Grupo Barreiras no nordeste do Estado do Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 35. Belém. *Anais...* SBG. V. 2, p. 738-752.
- BATALHA, B.H.L. & COSTA da, T.C.R. 1994. *Água, Saúde e Desinfecção*. São Paulo. CETESB. (Manuais, 13) 59p.
- BEEK, C. G. M. V. & PUFFELEN, J. V. 1987. Changes in the chemical composition of drinking water after well infiltration in a unconsolidated sandy aquifer. *Water Resources Research*. 23, (1): 69-76.
- BITTENCOURT, A. V. L. 1980. Aspectos Hidrogeoquímicos da alteração intempérica de basaltos da bacia do Paraná: bacia hidrográfica do Jacutinga (PR). *Revista Brasileira de Geociências*. 10: 202-212.
- CASTRO, V. L. L. de; DUARTE, M. A. C. & PACHECO, A. 2001. Desenvolvimento urbano e industrial no curso inferior da bacia do Rio Doce e os efeitos impactantes no sistema aquífero Lacustre-Extremoz – RN: Análise preliminar. In: JOINT WORLD CONGRESS ON GROUNDWATER, 1. CD-ROOM. Fortaleza (CE).
- CHAPELLE, F. H. 1992. *Ground-Water Microbiology and Geochemistry*. Ed. John Wiley & Sons. 424p.
- CORDEIRO, C. A. 1987. Estudo da salinização no estuário do rio Pará – No trecho Belém – Mosqueiro. Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências. 109p. (Tese de Mestrado).

- CUSTÓDIO, E. & LLAMAS, M. R. 1976. *Hidrologia Subterránea*. Barcelona, Ed. Omega. v. 2.
- DANELON, O. M. & NORDEMANN, L. M. M. 1991. Ocorrência natural e antropogênica de Cl^- , Na^+ , NO_3^- , NH_4^+ e SO_4^{2-} na bacia do Rio Quilombo – (Cubatão – SP). *Revista Brasileira de Geociências* 21 (1): 96-101.
- DNMET. 1992. *Normais Climatológicas (1961-1990)*. Brasília, 1992. 84p.
- DRISCOLL, G. 1987. *Groundwater and Wells*. 2 Ed. St. Paul: Johnson Division. 1088p.
- ESTEVES, F. de A. 1988. *Fundamentos de Limnologia*. Editora Interciência Ltda/FINEP. Rio de Janeiro. 575p.
- FARIAS, E dos S.; NASCIMENTO, F. S. do; FERREIRA, M. A. A. 1992. *Estágio de Campo III*. Relatório Final, área Belém/Outeiro. Belém/UFPA: Centro de Geociências. Departamento de geologia, 247p.
- FEITOSA, F. A. C. & M. FILHO, J. (Coord). 1997. *Hidrogeologia: conceitos e aplicações*. Fortaleza: CPRM, UFPE, LABHID, 412p.
- FERNANDES, J. M. G. 1984. Paleocologia da Formação Pirabas, Estado do Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33. Rio de Janeiro. *Anais...SBG*. v. 3, p. 330-340.
- FERREIRA, C. S. 1982. Notas estratigráficas sobre o Cenozóico Marinho do estado do Pará. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 1. Belém. *Anais...SBG*. v. 1, p. 84-88.
- FETTER, C. W. 1993. *Contaminant Hydrogeology*. Upper Soddler River. New Jersey: Prentice-Hall, 458p.
- FETTER, C. W. 1994. *Applied Hydrogeology*. 3 Ed. New Jersey: Prentice-Hall, 691p.
- FOLK, R. L. 1976. *Petrology of sedimentary rocks*. Austin: Texas HempHill Publishing Company. 182p.
- FORD, M, & TELLAM, J. H. 1994. Source, type and extent of inorganic contamination within the Birmingham urban aquifer system, UK. *Journal of Hydrology* 156: 101-135.
- FOSTER, S. S. D., 1987. Fundamental concepts in aquifer vulnerability pollution risk and protection strategy. In: CONF. VULNERABILITY OF SOIL AND GRONUDWATER TO POLLUTANTS, *Proc...* Noordwijk, the Netherlands.

- GASPAR, M. T. P. & SOUZA, E. L. 2000. Avaliação Preliminar dos fatores que Controlam a Qualidade das Águas da Bacia Hidrográfica do Igarapé Mata Fome/ Belém (PA). In: JOINT WORLD CONGRESS ON GROUNDWATER, 1. Fortaleza (CE). CD-ROOM. Windows 95/98.
- GÓES, A. M. & TRUCKENBRODT, W. 1980. Caracterização faciológica e interpretação ambiental dos sedimentos Barreiras na Região Bragantina, nordeste do Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31. Camboriú. *Anais...SBG*, v. 2, p. 766-771.
- HANTZSCHE, N. N. & FINNEMORE, E. J. 1992. Predicting Ground-Water Nitrate-Nitrogen Impacts. *Ground Water*. 30 (4): 490-499.
- IBIAPINA, A. V.; FERNANDES, D.; CARVALHO, D. DO C.; OLIVEIRA, E. DE; SILVA, M. C. A. M.; GUIMARÃES, V. S. 1999. Evolução da hidrometria no Brasil – ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica: *O Estado das Águas no Brasil*. CD-ROOM. Windows 95/98.
- INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em <http://www.inmet.gov.br>. Acesso em: 11 de maio de 2000.
- LEAL, A. de S. 1999. Águas subterrâneas no Brasil – Ocorrências, Disponibilidades e Usos. ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica: *O Estado das Águas no Brasil*. CD-ROOM.
- LIMA, L. M. 1995. *Lixo: tratamento e biorremediação*. 3 Ed. Ed. Hemus. 265p.
- LIMA, L. M. 2001. *Estudo do comportamento subsuperficial dos componentes nitrogenados em bairros densamente povoados de Belém*. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geologia). 60p.
- LIMA, W. N & KOBAYASHI, C. N. 1988. Sobre o quimismo predominante nas águas do sistema flúvio-estuário de Barcarena, PA. *Geoquímica Brasiliensis*, 2 (1): 53-71.
- MAURY, C. J. 1925. *Fósseis terciários do Brasil, com descrição de novas formas cretáceas*, Serv. Geol. Miner. Do Brasil, 431p. (Monog., 4).
- MELO, J. G. de. 1995. *Impactos do desenvolvimento urbano nas águas subterrâneas de Natal/RN*. Universidade de São Paulo, 197p. (Tese de Doutorado).

- MELO, O. T. de. 1998. *Comportamento Biogeoquímico de Nutrientes no Estuário do Rio Bacanga, Ilha de São Luís-MA*. Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências, Belém. 115p (Dissertação de Mestrado).
- MEYBECK, M. 1982. Carbon, Nitrogen and Phosphorous Transport by world rivers. *American Journal of Science*, 282: 401-450.
- MORAES, M. C. da S. 1999. *Avaliação do regime de precipitação na região de Belém (RMB) e sua relação com a hidrologia subterrânea*. Belém: Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências. Departamento de Meteorologia, 54p /Trabalho de Conclusão de Curso-TCC. (Graduação em Meteorologia).
- NASCIMENTO, C. C. 1995. *Clima e morfologia urbana em Belém*. Universidade Federal do Pará. Núcleo de Meio Ambiente. 160p.
- OLIVEIRA, J. R. de ; CONCEIÇÃO, A . L. da; TANCREDI, A . C. F. N. S. 1998. Estudos das potencialidades hídricas subterrâneas da região metropolitana de Belém. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 10. CD-ROOM.
- OMS. *Guidelines for drinking – Water Quality*. 1984. WHO, v.1, 128p.
- PEREIRA, E.R.; OLIVEIRA, W.; TANCREDI, A. C. F. N. S. 1994. Águas Subterrâneas da Região Metropolitana de Belém. SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZONIA, 4. *Boletim de Resumos Expandidos*. Belém. P. 120-123.
- PESSENDA, L. C. R.; FERREIRA, J. R.; TANCREDI, A. C. F. N. S.; MARTINELLI, L. A.; HIRATA, R.; MORTATTI, J. 1986. Caracterização química das águas de alguns rios do Estado de Rondônia. *Acta Limnol. Brasil*. 1: 179-199.
- PETRI, S. 1957. Foraminíferos miocênicos da Formação Pirabas. *Bol. Fac. Fil. Cien. Letr.*, 216 (16): 1-79.
- PICANÇO, F. E. L. 1999. Fatores responsáveis pelos elevados teores de ferro em águas subterrâneas na Região Metropolitana de Belém. Universidade Federal do Pará. 61p. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC). (Graduação em Geologia).
- PINHEIRO, R V. L. 1987. Estudo hidrodinâmico e sedimentológico do estuário Guajará-Belém (PA). Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências. 164p. (Tese de Mestrado).
- REBOUÇAS, A . da C. ; BRAGA, B. & TUNDISI, J. G. (coord). 1999. *Águas doces do Brasil – Capital Ecológica, Uso e Conservação*. Escrituras Editora. São Paulo, 688p.

- REIS, C. M. dos; SILVA, H. F.; BENITO, H. O. 1980. Método de medição de descargas em rios com influência de marés. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE HIDROLOGIA, 3. Brasília - DF. 12p.
- ROCHA DA SILVA, M. S.; SANTOS, A. dos; TANCREDI, A. C. F. N. S.. 1991. Limnologia da Amazônia Oriental III – Hidrogeoquímica da baía de Guajará (Pará – Brasil). ENCONTRO DOS PROFISSIONAIS DE QUÍMICA DA AMAZÔNIA, 7. Belém. 16p.
- ROSSETTI, D. F. 1988. *Reconstituição paleoambiental do Grupo Barreiras no nordeste do Pará – CNPq – Aperfeiçoamento Científico: Relatório Final*. 84p.
- ROSSETTI, D. F.; TRUCKENBRODT, W.; GÓES, A. M. 1989. Estudo paleoambiental e estratigráfico dos sedimentos Barreiras e Pós-Barreiras na Região Bragantina, nordeste do Pará. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi*, 1 (1): 25-74.
- ROSSETTI, D. F.; GÓES, A. M.; TRUCKENBRODT, W. 1990. A influência marinha nos sedimentos Barreiras. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Série Ciências da Terra*, 2: 17-29.
- SANTOS, A. dos 1983. Limnologia do sistema Tocantins-Araguaia: Aspectos físicos e biogeoquímicos. Universidade Federal de São Carlos (Tese de Doutorado). 257p.
- SAUMA FILHO, M. 1996. *As águas subterrâneas de Belém e adjacências: influência da Formação Pirabas e parâmetros físico-químicos para medidas de qualidade*. Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências. 128p. (Tese de Mestrado).
- SECRETARIA DE INDÚSTRIA COMÉRCIO E MINERAÇÃO (SEICOM-PA). 1995. *Plano diretor de mineração em áreas urbanas: região metropolitana de Belém e adjacências*. 211p.
- SILVEIRA, G. L. da; TUCCI, C. E. M.; SILVEIRA, A. L. L. da. 1998. Quantificação de Vazão de Bacias Sem Dados. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*. 3. (3): 111-131.
- SIOLI, H. 1960. *Pesquisas limnológicas na região da Estrada de ferro de Bragança, Estado do Pará, Brasil*. (Boletim Técnico do Instituto Agrônomo do Norte, 37). 91p.
- SMITH, R. L.; HOWES, B. L.; DUFF, J. H. 1991. Denitrification in nitrate-contaminants groundwater: Occurrence in steep vertical geochemical gradients. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 5: 1815-1825.

- SOUZA, E. L.; GASPAR, M. T. G. & RAVENA, V. C. 1999. *Diagnóstico Socioeconômico e Ambiental da Bacia do Igarapé Mata Fome/Base para Implementação do Projeto "Esse Rio é Minha Vida" - Programa de Gestão Urbana para a América Latina e Caribe (PGU – ALC), Gestão de Rios Urbanos, 47p.*
- TANCREDI, A. C. F. N. S. 1996. *Recursos Hídricos Subterrâneos de Santarém - Fundamentos para uso e proteção.* Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências. 154p. (Tese de Doutorado).
- TANCREDI, A. C. F. N. S. & LOBATO, J. R. B. 1987. *Curso de qualidade de água natural.* Programa de estudos e pesquisas nos vales amazônicos, 67p.
- TUCCI, C. E. M. 1998. *Modelos Hidrológicos.* Editora da Universidade/UFRGS. ABRH. 669P.
- TUCCI, C. E. M. 1999. Água no meio urbano, p. 475-508. In: . REBOUÇAS, A. da C. ; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. (coord.). *Águas doces do Brasil – Capital Ecológica, Uso e Conservação.* Escrituras Editora. São Paulo, 688p.
- TUCCI, C. E. M. & CLARKE, R. T. 1997. Impacto das Mudanças da Cobertura Vegetal no Escoamento: Revisão. *Revista brasileira de Recursos Hídricos.* 2 (1): 135-152.
- USEPA. 1987. *Guidelines for Delineation of Wellhead Protection Areas.* Office of Groundwater Protection. Washington. 185p.
- WILHELM, S. R.; SCHIFF, S. L.; CHERRY, J. A. 1994. Biogeochemical Evolution of Domestic Waste Water in Septic Systems: 1. Conceptual Model. *Groundwater,* 32 (6): 905 – 916.

ANEXOS

ANEXO 01- Mapa da bacia hidrográfica do igarapé Mata Fome.

ANEXO 02- Modelo da ficha de cadastro dos poços.

ANEXO 03- Planilha de cadastro dos poços.

ANEXO 02

FORMULÁRIO PARA CADASTRAMENTO DOS POÇOS TUBULARES E ESCAVADOS

1- LOCALIZAÇÃO

2- PROPRIETÁRIO

3- CARACTERÍSTICAS DO POÇO

NE (m) =

Escavado () tubular ()

Profundidade do poço (m):

N.º de pessoas que abastece:

Revestido: sim () não ()

Profundidade do revestimento (m):

Tipo de revestimento: tijolo/cimento () tubo PVC ()

Proteção do poço: tampa () laje () terra batida () inexistente ()

Boca do poço está acima do nível do solo: sim () não ()

Meio elevatório da água: bomba () balde ()

Limpeza e desinfecção periódica do poço: sim () não ()

Frequência da limpeza e desinfecção do poço:

4- CARACTERÍSTICA DO LOCAL

Sujeito a inundação: sim () não ()

Distância do igarapé (m):

Distância de sanitários (m):

Distância de currais, chiqueiros ou plantações (m):

Distância de depósitos de lixo (m):

Existem valetas divisoras de águas pluviais: sim () não ()

Existe cercado para impedir o acesso de animais: sim () não ()

Área densamente povoada e sem sistema de esgoto sanitário: sim () não ()

5- CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA

Aspecto:

pH:

Condutividade elétrica:

ANEXO 03

Poço	Leste	Norte	Tipo	Endereço	NE-chuvoso	NE-seco	Cota topogr.	Pot-chuva	Pot-seco
P1	780955	9849959	ESCAVADO	RUA SANTO ANTÔNIO,60	1,24	*	5,75	4,51	*
P2	780958	9849957	TUBULAR	RUA SANTO ANTÔNIO,60	*	*	5,62	*	*
P3	780960	9849961	TUBULAR	RUA SANTO ANTÔNIO,60	*	*	5,67	*	*
P4	780985	9849961	TUBULAR	RUA SANTO ANTÔNIO,72	*	*	4,8	*	*
P5	780989	9849967	ESCAVADO	RUA SANTO ANTÔNIO,72	1,1	3	5	3,9	2
P6	780995	9849969	ESCAVADO	RUA SANTO ANTÔNIO,72	0,48	3,5	4,75	4,27	1,25
P7	781010	9849973	ESCAVADO	RUA SANTO ANTÔNIO, 78	0,93	3,77	4,55	3,62	0,78
P8	781011	9849977	TUBULAR	RUA SANTO ANTÔNIO, 78	*	*	4,88	*	*
P9	781050	9849969	ESCAVADO	RUA SANTO ANTÔNIO,90	0,67	1,15	4,6	3,93	3,45
P10	781054	9849968	ESCAVADO	RUA SANTO ANTÔNIO,98	0,74	*	4,6	3,86	*
P11	781231	9850002	TUBULAR	RUA SANTO ANTÔNIO,148	*	*	3	*	*
P12	781331	9850000	ESCAVADO	RUA DA CASTANHEIRA,14	0,8	1,65	3,2	2,4	1,55
P13	781328	9849996	ESCAVADO	RUA DA CASTANHEIRA,14	*	*	2,7	*	*
P14	781288	9849960	TUBULAR	RUA NALZIRA DE SOUZA,05	*	*	2,75	*	*
P15	781330	9850000	ESCAVADO		*	*	3	*	*
P16	781344	9850004	ESCAVADO	RUA CASTANHEIRA, 18	0	0,3	2,8	2,8	2,5
P17	781437	9850045	ESCAVADO	RUA DA CASTANHEIRA, 33	0,38	0,9	7	6,62	6,1
P18	781440	9850047	ESCAVADO	RUA DA CASTANHEIRA, 35/657(FNS)	0,63	0,93	7,8	7,17	6,87
P19	780871	9850282	ESCAVADO	RUA NOVA, 29	1,25	2,8	3,1	1,85	0,3
P20	780874	9850261	TUBULAR	RUA NOVA, 22	*	*	2,7	*	*
P21	780878	9850269	TUBULAR	RUA NOVA,24	*	*	2,5	*	*
P22	780887	9850279	ESCAVADO	RUA NOVA, 28	*	*	2,9	*	*
P23	780910	9850335	ESCAVADO	RUA DRA. ALEIA/IMPERADOR	0,6	1,46	4,3	3,7	2,84
P24	780937	9850320	ESCAVADO	RUA DRA. ALEIA,113/06	0,75	1,34	4	3,25	2,66
P25	780930	9850337	ESCAVADO	TRAVESSA IMPERATRIZ, 9	0,5	1,28	4,8	4,3	3,52
P26	780910	9850320	ESCAVADO	RUA DRA. ALEIA (ESQ C/IMPERADOR)	0,4	1,1	4,5	4,1	3,4
P27	781291	9849941	ESCAVADO	RUA NALZIRA DE SOUZA, 6	*	*	1,9	*	*
P28	781327	9849942	ESCAVADO	RUA NALZIRA DE SOUZA,14	0,7	0,6	3	2,3	2,4
P29	781323	9849962	ESCAVADO	RUA NALZIRA DE SOUZA,13	0,44	0,7	2,4	1,96	1,7
P30	781386	9849966	ESCAVADO	RUA NALZIRA DE SOUZA, 23	*	*	5	*	*
P31	781397	9849943	ESCAVADO	RUA NALZIRA DE SOUZA, 26	*	*	4,8	*	*
P32	781315	9849969	ESCAVADO	RUA NALZIRA DE SOUZA, 11	1	*	2	1	*
P33	781314	9849963	ESCAVADO		1	*	5	4	*
P34	781328	9849930	ESCAVADO	RUA NALZIRA DE SOUZA,12	0,5	*	3	2,5	*

P35	780856	9850276	TUBULAR	RUA NOVA,21	*	*	3	*	*
P36	781305	9849942	ESCAVADO	RUA NALZIRA DE SOUZA,10	*	*	2,6	*	*
P37	780899	9850323	ESCAVADO	RUA DRA. ALEIA,121	0,5	1,4	2,5	2	1,1
P38	780854	9850287	ESCAVADO	RUA NOVA,28	1,2	*	2,5	1,3	*
P39	780914	9850274	ESCAVADO	RUA NOVA,43	*	*	2,5	*	*
P40	781416	9849959	ESCAVADO	RUA NALZIRA DE SOUZA,29	*	*	4,6	*	*
P41	781393	9849945	ESCAVADO	RUA NALZIRA DE SOUZA,25	*	*	5	*	*
P42	781279	9849820	ESCAVADO	RUA VICENTE DE PAULA,03	*	*	2,9	*	*
P43	781319	9849814	ESCAVADO	RUA VICENTE DE PAULA,09	*	*	4	*	*
P44	781374	9849853	ESCAVADO	RUA BANDEIRANTES,20	*	*	7,5	*	*
P45	780918	9849620	ESCAVADO	RUA VICENTE DE PAULA-FBR.VIDR	*	*	9,8	*	*
P46	781278	9850306	ESCAVADO	RUA DRA. ALEIA,15	1,5	*	3	1,5	*
P47	781385	9849892	ESCAVADO		*	3,02	7	*	3,98
P48	780760	9850266	ESCAVADO	PASSAGEM SÃO JORGE	*	0,92	3,5	*	2,58
P49	780765	9850291	ESCAVADO	PASSAGEM SÃO JORGE	*	1,1	4	*	2,9
P50	781646	9849600	ESCAVADO	TRAVESSA SAMAUMA	5	6,8	11,9	6,9	5,1
P51	781797	9849526	ESCAVADO	TRAVESSA SAMAUMA,18	5,4	6,7	11,9	6,5	5,2
P52	781779	9849471	ESCAVADO	TRAVESSA SAMAUMA,11-B	*	6,5	12,7	*	6,2
P53	782011	9849405	ESCAVADO	RUA TRÊS	2,7	*	10,2	7,5	*
P54	782094	9849333	ESCAVADO	ESTR.SÃO CLEMENTE-PROX.LAGO	*	*	9,7	*	*
P55	782125	9849105	ESCAVADO	ESTRADA SÃO CLEMENTE	*	*	11,3	*	*
P56	782125	9849090	ESCAVADO	ESTRADA SÃO CLEMENTE	*	*	10,9	*	*
P57	780910	9850335	ESCAVADO	RUA DRA. ALEIA, 35	*	*	*	*	*
P58	780937	9850320	ESCAVADO	RUA DRA. ALEIA, 113/06	*	*	*	*	*
P59			ESCAVADO	RUA DRA. ALEIA, 25	*	*	*	*	*
P60			ESCAVADO	RUA NALZIRA DE SOUZA, 58	*	*	*	*	*
P61			ESCAVADO	RUA NALZIRA DE SOUZA, 57	*	*	*	*	*
P62	780878	9850269	TUBULAR	RUA NOVA, 24	*	*	*	*	*
P63	780887	9850279	ESCAVADO		*	*	*	*	*

780000

781000

9852000

9851000

50000

O G U A J A R Ã

Bernardes

Arthur

TAPANÃ

Estação 1

MATA

FOME

02.0

02.5

013.0

015.5

011.8

011.6

06.3

013.5

017.0

013.5

10

5

10

5

P23 P25
P20 P24
E19 P22
P30 P39
P26 P21

P46

P18

P17

P11 P13 P12 P15

98

B A I A D

9849000

9848000

780000

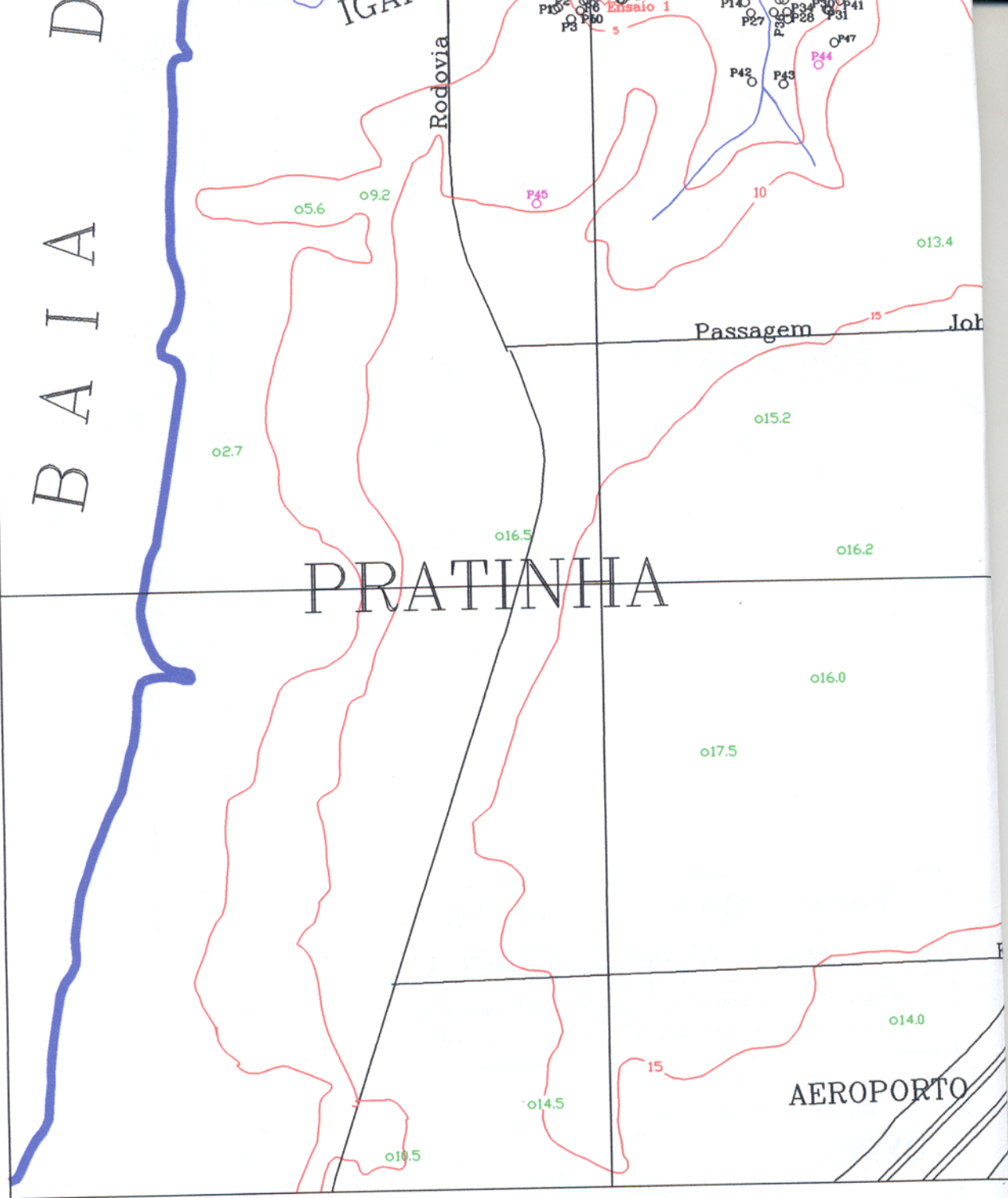
PRATINHIA

Rodovia

Passagem

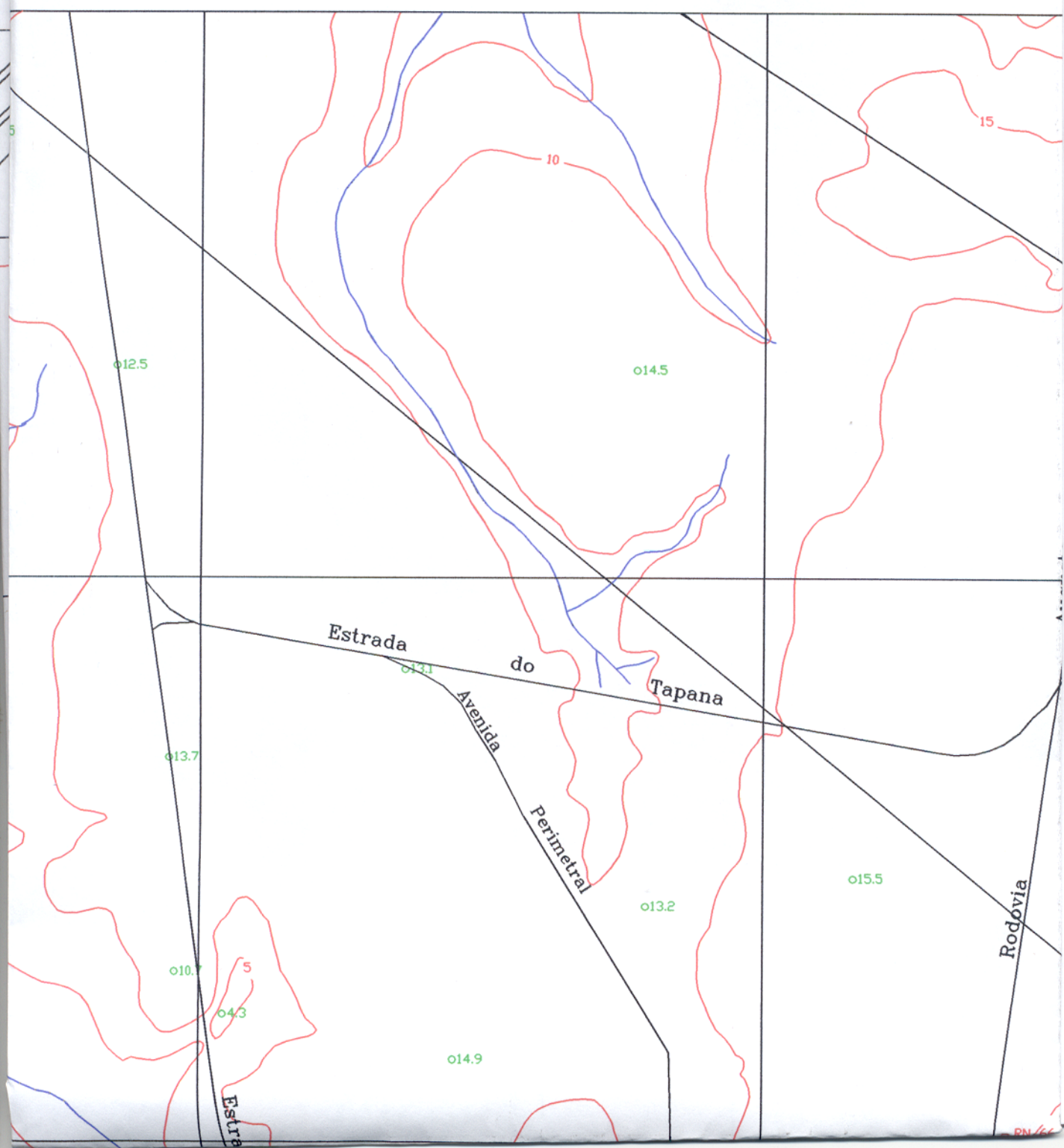
Job

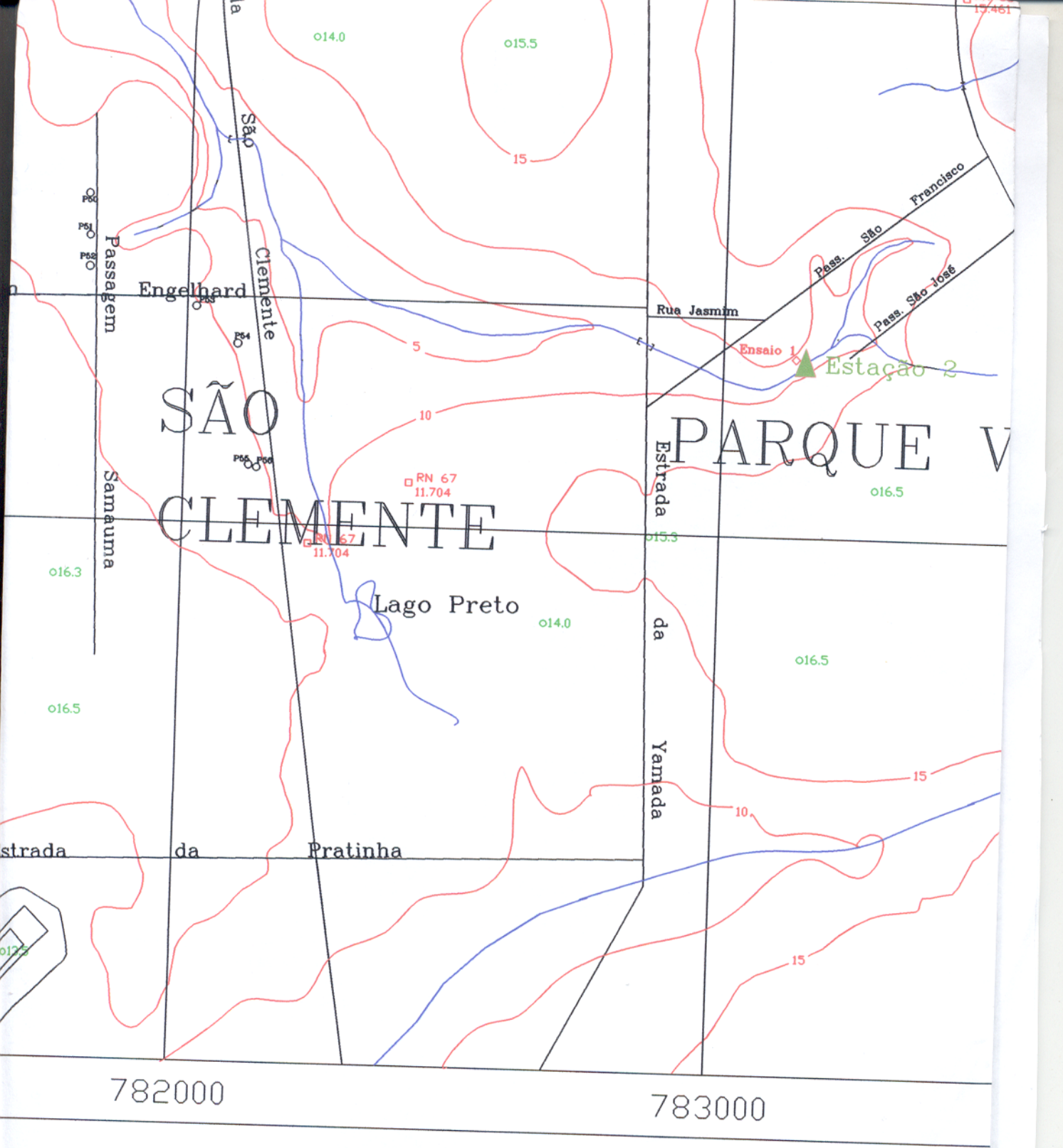
AEROPORTO

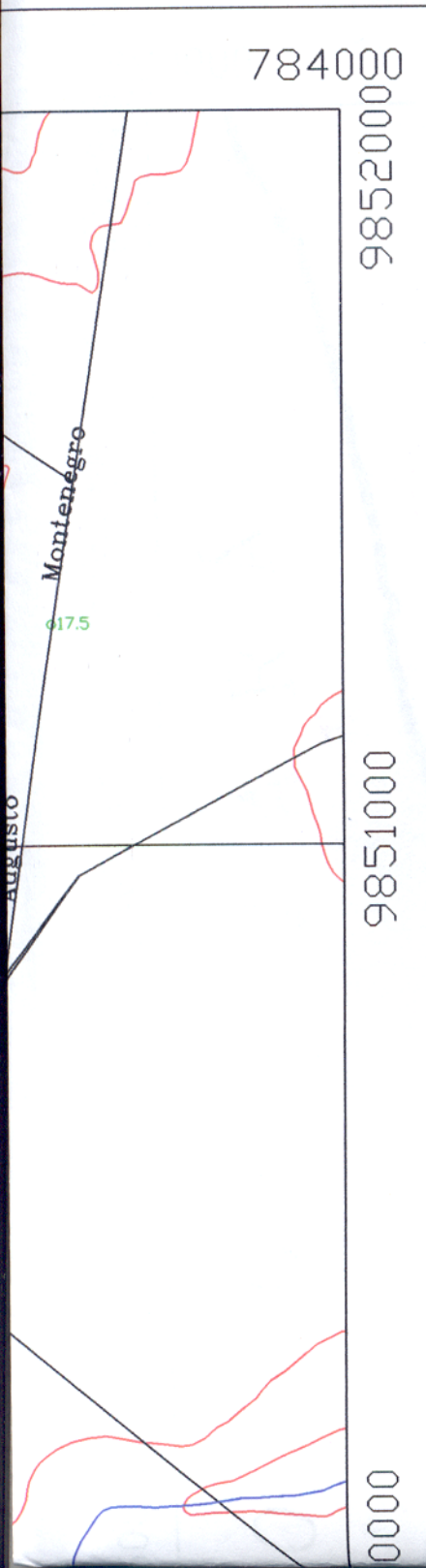


782000

783000







LEGENDA








ERDE

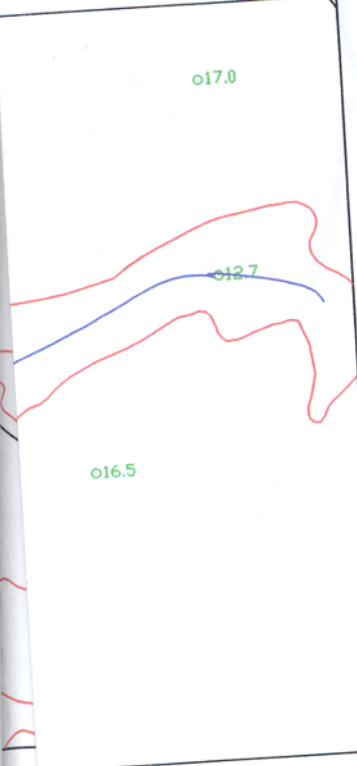
98

9849000

9848000

784000

-  Estação Hidrométrica
-  Poço amostrado
-  Poço
-  Curva de nível topográfico
-  Ensaio de infiltração
-  Cota topográfica
-  Lago



MAPA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO IGARAPÉ MATA FOME

TESE: Avaliação dos Impactos da Ocupação Urbana sobre as Águas da Bacia Hidrográfica do Igarapé Mata Fome, Belém (PA).

AUTOR (A): Márcia Tereza Pantoja Gaspar ORIENTADOR (A): Eliene Lopes de Souza

BASE: CODEM (1999)	ESCALA: 1: 10 000	ANEXO 01
DATA: Julho/2001	SOFTWARE: AutoCAD R.14	