



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
FACULDADE DE OCEANOGRAFIA

MARILIA DO Ó TEIXEIRA SANTOS

OS RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO IGARAPÉ
MATA-FOME (BHIMF), BELÉM-PA: CARACTERÍSTICAS E PROPOSTAS
PARA USO E PROTEÇÃO.

BELÉM -PA
2010

MARILIA DO Ó TEIXEIRA SANTOS

OS RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO IGARAPÉ
MATA-FOME (BHIMF), BELÉM-PA: CARACTERÍSTICAS E PROPOSTAS
PARA USO E PROTEÇÃO.

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado a Faculdade de
Oceanografia da Universidade Federal
do Pará para obtenção do grau de
Bacharel em Oceanografia.
Orientador: Prof. Dr. Milton Antônio da
Silva Matta

BELÉM -PA
2010

ficha

MARILIA DO Ó TEIXEIRA SANTOS

OS RECURSOS HÍDRICOS BACIA HIDROGRÁFICA DO IGARAPÉ MATA-
FOME (BHIMF), BELÉM-PA: CARACTERÍSTICAS E PROPOSTAS PARA
USO E PROTEÇÃO.

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Faculdade de
Oceanografia da Universidade
Federal do Pará para obtenção do
grau de Bacharel em Oceanografia.

Aprovado em: ____/____/____
Conceito: _____

Banca Examinadora:

Prof. Milton Antonio da Silva Matta - Orientador
Doutor em Hidrogeologia
Universidade Federal do Pará

Prof. Francisco de Assis Oliveira - Membro
Doutor em Ciências
Universidade Federal Rural da Amazônia

Prof. Tiago Pereira Brito - Membro
Mestre em Oceanografia Biológica
Universidade Federal do Rio Grande

“Caminhar apesar da
distância;
Vencer apesar dos obstáculos;
sonhar apesar das decepções;
sorrir apesar das angústias;
acreditar acima de tudo.”

Daniel Silveira

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus pela força interior que recebi, nos momentos em que pensei desistir;

À Universidade Federal do Pará, através da Faculdade de Oceanografia do Centro de Geociências por terem possibilitado a realização de meu curso de graduação e por fim desse trabalho.

Ao Professor Dr. Milton Antonio da Silva Matta, pela orientação, dedicação e amizade acima de tudo! E que com certeza é o MELHOR PROFESSOR DO MUNDO!!! (risos)

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

Nossos agradecimentos à comunidade da bacia do Mata Fome, que sempre nos recebeu de braços abertos, principalmente através de seus líderes comunitários que nunca mediram esforços para ajudar no projeto e especialmente a D. Francisca Sousa que acompanhou o projeto desde a fase inicial.

RESUMO

A área da bacia hidrográfica do igarapé Mata Fome (BHIMF) foi estudada quanto aos seus recursos hídricos. Foram estudadas as águas superficiais e subterrâneas da bacia quanto a seus aspectos físico-químicos. A qualidade das águas do igarapé Mata Fome está bastante deteriorada pelas ações antrópicas relacionadas a ocupação desordenada do meio físico da área da bacia. As águas subterrâneas da BHIMF se mostraram inapropriadas para o consumo humano, visto que, em todas as amostras, pelo menos um dos parâmetros mostrou resultados fora do permitido pela Portaria N° 518/04 do Ministério da Saúde, indicando fontes de contaminação. O comportamento geométrico dos fluxos hídricos subterrâneos mostra que existem duas áreas de descarga hidráulica do aquífero superior. Uma delas localizam-se no setor norte nordeste da área e a outra no setor sudoeste. Uma área de recarga do aquífero superior aparece na área no setor NW da área estudada. Pelo diagrama de Piper, as águas analisadas são predominantemente sódicas e cloretadas, com afinidades mistas e sulfetadas. Relacionado, aos valores de dureza, foram classificadas como águas de dureza branda. Por diversos critérios mostrados ao longo do estudo feito, a escolha das águas subterrâneas se justifica como o melhor caminho para solucionar os problemas de abastecimento dos moradores da BHIMF.

Palavras-chave: Águas subterrâneas Belém (PA). Impacto ambiental Belém (PA). Bacias hidrográficas Belém (PA). Água Qualidade Belém (PA).

ABSTRACT

The area of the Mata Fome basin was studied for its water resources. The surface water and groundwater in the basin have been studied in their physical-chemical aspects. The quality of the water from the stream of Mata Fome is quite damaged by human activities related to occupation of the physical environment of the basin area. Groundwater also showed inappropriate for human consumption, since in all samples, at least one of the parameters showed results outside the range permitted by Ordinance No. 518/04 of the Brazil Ministry of Health, indicating sources of contamination. The geometric pattern of behavior of the groundwater flows shows that there are two areas of the aquifer hydraulic discharge. One of them is located in the northeast of the northern area and the other in the southwest. An area of aquifer recharge then appears on the NW sector of the studied area. For the Piper diagram, the groundwater samples are predominantly sodium and chloride, with affinity mixed and sulfides. These samples were also classified as soft water hardness. For several criteria shown throughout the study, the choice of groundwater is justified as the best way to solve the problems of supplying the residents of the Mata Fome basin.

Key words: Groundwater Belém (PA). Environmental Belém(PA). Catchment Belém (PA). Water Quality Belém (PA).

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Localização da Bacia hidrográfica do Igarapé do Mata Fome, ao norte da cidade de Belém.....	19
Figura 2	Imagem da bacia do igarapé entre os bairros Tapanã, Parque Verde, São Clemente e Pratinha.....	20
Figura 3	Ortofoto do igarapé Mata Fome retirada em 1986, quando a presença de residências era insipiente na região, além de apresentar densa cobertura vegetal	22
Figura 4	Ortofoto do igarapé Mata Fome, 1998, destacando grandes clareiras na região pela retirada de minério classe II, além de uma grade quantidade de residências, consequência de sua intensa ocupação, nas margens ciliares	22
Figura 5	Aspecto da secção do rio Mata Fome, com o ecossistema aquático alterado pela eliminação do ecossistema ripário (remanescentes de troncos de árvores) e indícios de lançamento de carga máxima de esgoto.....	24
Figura 6	Habitações locadas sobre o ecossistema aquático do rio Mata Fome, e conequente alteração do ecossistema ripário de proteção.....	25
Figura 7	Precipitação total anual (mm), referente ao período de 1966-1995.....	26
Figura 8	Precipitação média mensal (mm), referente ao período de 1961-1990.	26
Figura 9	Margem ocupada do igarapé Mata Fome.....	28
Figura10	Ausência de saneamento básico, com matéria orgânica lançada diretamente no igarapé.....	29
Figura11	Casas construídas com madeira retirada das matas ciliares.....	29
Figura12	Moradias da população de baixa renda fixada em áreas periféricas e alagáveis da BHMF, com a retirada da vegetação nativa e interferência na qualidade de água.....	30
Figura13	Valores de OD das amostras analisadas da BHIMF.....	35
Figura14	Valores de Turbidez das amostras analisadas da BHIMF.....	36
Figura15	Valores de pH das amostras analisadas da BHIMF.....	37
Figura16	Valores de Condutividade Elétrica das amostras analisadas da BHIMF.....	38
Figura17	Valores de STD das amostras analisadas da BHIMF.....	39
Figura18	Valores da Cor Aparente das amostras analisadas da BHIMF.....	39
Figura19	Valores de DQO das amostras analisadas da BHIMF.....	40
Figura20	Valores de Nitrato das amostras analisadas da BHIMF.....	41
Figura21	Valores de Amônia das amostras analisadas da BHIMF.....	42
Figura22	Valores de Ferro das amostras analisadas da BHIMF.....	43
Figura23	Valores de Fosfato das amostras analisadas da BHIMF.....	43
Figura24	Valores de Cloreto das amostras analisadas da BHIMF.....	44

Figura25	Nascente do igarapé como um depósito de lixo.....	45
Figura26	Lixo e esgoto sendo lançados no igarapé.....	45
Figura27	Localização dos poços coletados.....	47
Figura28	Variação dos níveis estáticos na área estudada.....	49
Figura29	Valores de pH obtidos para as 20 amostras coletadas. Não consta o valor da amostra 3.....	50
Figura30	Distribuição areal do pH dentro da BHIMF.....	51
Figura31	Valores de oxigênio consumido das amostras de águas da BHIMF.....	52
Figura32	Distribuição areal dos valores de oxigênio consumido.....	53
Figura33	Valores de Sódio (Na +) em mg/L.....	54
Figura34	Distribuição das linhas de isovalores de sódio.....	55
Figura35	Valores de potássio (K+)......	56
Figura36	Distribuição das curvas de isovalores de potássio na área de estudo...	56
Figura37	Valores de cálcio (Ca ⁺²) em mg/L das amostras de água da BHIMF....	57
Figura38	Distribuição das linhas de isovalores de cálcio.....	58
Figura39	Valores de magnésio em mg/L.....	59
Figura40	Distribuição das curvas de isovalores de magnésio na BHIMF.....	59
Figura41	Valores analítico de Dureza.....	60
Figura42	Distribuição das curvas de isovalores de dureza na área de estudo....	61
Figura43	Valores de amônia em mg/L das amostras coletadas na BHIMF.....	62
Figura44	Distribuição das curvas de isovalores de amônia dentro da área estudada.....	63
Figura45	Valores analítico de Nitrato.....	64
Figura46	Distribuição areal dos valores de nitrato na Bacia do Mata Fome.....	65
Figura47	Valores de cloretos das águas da BHIMF.....	66
Figura48	Distribuição real dos valores de cloreto.....	67
Figura49	Valores de Sulfato.....	68
Figura50	Curvas de isovalores de sulfato na área estudada.....	69
Figura51	Valores de alcalinidade total.....	70
Figura52	Distribuição das curvas de isvalores de alcalinidade na bacia do Mata Fome.....	70
Figura53	Valores de cor para as vinte amostras coletadas.....	71
Figura54	Curvas de isovalores de cor.....	72
Figura55	Variação da turbidez (em UNT) nas amostras analisadas.....	73
Figura56	Curvas de isovalores de turbidez.....	73
Figura57	Variação da condutividade na Bacia.....	74
Figura58	Curvas de isovalores de condutividade elétrica.....	75
Figura59	Comportamento do fluxo hídrico subterrâneo na área da BHIMF.....	78
Figura60	Curvas equipotenciais e relevo da BHIMF.....	79

Figura61	Diagrama de Piper utilizado para a classificação iônica das águas subterrâneas da BHIMF.....	81
----------	--	----

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVOS	14
2.1	OBJETIVO GERAL.....	14
2.2	OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	14
3	MATERIAL E MÉTODOS	15
4	ÁREA DE ESTUDOS	15
4.1	CARACTERÍSTICAS DA ÁREA.....	19
4.1.1	Aspectos Hidrológicos	19
4.1.2	Ecossistemas	22
4.1.3	Clima	23
4.1.4	Socioeconomia	24
4.1.5	Formas de Ocupação Urbana	25
5	OS RECURSOS HÍDRICOS	29
5.1	QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS.....	29
5.1.1	Parâmetros Físico-químicos: Resultados Obtidos	30
5.1.2	Síntese da Qualidade das Águas Superficiais	44
5.2	QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS.....	44
5.2.1	Comportamento do Nível Estático	46
5.2.2	Resultados e Discussão	47
5.2.3	Síntese da Qualidade das Águas Subterrâneas	74
5.3	COMPORTAMENTO DO FLUXO HÍDRICO SUBTERRÂNEO.....	74
5.4	CLASIFICAÇÃO DAS ÁGUAS.....	78
5.5	ANÁLISE GERAL DAS ÁGUAS DA BHIMF.....	79
6	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	85
	REFERÊNCIAS	90

1 INTRODUÇÃO

A cidade de Belém, capital do estado do Pará, com 1,3 milhões de habitantes produz grande quantidade de resíduos sólidos e líquidos que atingem a sua rede de drenagem, parcialmente transformada em canais de esgoto sem tratamento. Esta cidade possui 14 bacias hidrográficas, as quais deságuam no rio Guamá ou na Baía de Guajará, sendo que a maioria não possui planos de intervenção para conter a contribuição de esgoto doméstico lançado in natura, propiciando retenção de detritos, assoreamento, gerando riscos ao meio ambiente e principalmente à saúde pública.

Segundo INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE (2000), a cidade de Belém possui crescimento demográfico de 2,84%, o qual reflete no equilíbrio ambiental dos rios e igarapés da cidade, que sempre foram os primeiros elementos do meio ambiente a receber os efeitos da urbanização acelerada do espaço físico.

A questão da degradação do meio ambiente, especialmente a de corpos hídricos, é agravada pelo crescimento urbano nas cidades, sobretudo nas grandes metrópoles, devido à ausência de planejamento, carência de recursos, serviços e de infra-estrutura nos espaços construídos.

O processo de produção do espaço urbano na Bacia do igarapé Mata Fome, localizada no município de Belém, foi intensificado nos anos 80 sobre o seu leito. Esse assentamento urbano informal, principalmente pela população de baixa renda, sem qualquer planejamento e isentos de infra-estrutura básica de saneamento, contribui para vários graus de transformação, ou seja, alteram substancialmente a qualidade dos recursos naturais e as condições sanitárias, produzindo insalubridade, bem como afetando a saúde e a segurança das pessoas.

O igarapé Mata Fome, incluindo as micro-bacias contribuintes desde a nascente compreende uma área de 5,3 km², situada no Distrito Administrativo do Bengui (DABEN), abrange os bairros Benguí, Parque Verde, Pratinha, São Clemente e Tapanã (PGRU, 2001).

É possível observar que, a Bacia do Mata Fome possui elevado grau de precariedade infra-estrutural e socioeconômica. A população residente é composta predominantemente por famílias de baixa renda, constituindo verdadeiros bolsões de pobreza sem nenhuma infra-estrutura urbana, sem saneamento básico, segurança pública e outros serviços básicos necessários à qualidade de vida.

A Faculdade de Geologia, através do Laboratório de Recursos Hídricos e Meio Ambiente – LARHIMA vem estudando os recursos hídricos da bacia do Mata Fome nos últimos anos, através da execução de um conjunto de planos de trabalho de Bolsas de Iniciação Científica e de Trabalhos de Conclusão de Cursos. Esses estudos têm abordado diversos aspectos dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos.

Neste trabalho é mostrada uma avaliação geral do conhecimento que hoje se tem da bacia do Mata Fome no que se refere aos recursos hídricos e apresentar propostas para seu uso e proteção mais eficientes.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O principal objetivo deste trabalho é apresentar um quadro geral da situação dos recursos hídricos da bacia do Mata Fome, com base no conjunto de estudos já realizados na área e estabelecer propostas concretas para o uso e proteção dessas águas.

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

Como objetivos específicos podem ser citados:

- Comparar as qualidades de águas superficiais com as subterrâneas, visando analisar suas relações de potabilidade e contaminações e possíveis interações existentes;
- Fornecer dados e informações relevantes aos órgãos de gestão, sobre a utilização dos recursos naturais da bacia, principalmente acerca da preservação e utilização para o consumo e abastecimento urbano das comunidades que habitam a área;
- Contribuir para que a comunidade passe a interagir de uma forma mais sustentável com os corpos hídricos, a partir do estabelecimento da qualidade de suas águas;
- Contribuir efetivamente com o planejamento urbano, bem como para o saneamento básico local e a ocupação do meio físico de forma ordenada, eficiente e com preservação da qualidade de vida.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O método utilizado para a realização deste trabalho consistiu primeiramente de uma ampla pesquisa e análise bibliográfica de trabalhos realizados anteriormente na área de estudo, dando ênfase aos trabalhos produzidos pelo LARHIMA/UFGA, nos últimos anos como resultados parciais do projeto de pesquisa *“Os recursos Hídricos e Qualidade de Vida na Bacia do Mata-Fome, Belém/PA: Doenças de Veiculação Hídrica e o Contexto Geo-Socio-Ambiental.”*.

Como segunda etapa metodológica, fez-se uma visita à área da bacia do Mata Fome, no sentido de se familiarizar com os problemas ambientais e infra-estruturais da área.

Selecionou-se, então, um conjunto de relatórios técnicos para servir de fonte de dados ao estudo aqui feito:

a)- *“Um Sistema de Informação Geográfica (SIG) como instrumento de Gestão dos Recursos Hídricos da Bacia do Mata Fome, Belém-PA”, de autoria de Gustavo Souza Craveiro, 2007.*

b)- *“A qualidade das águas subterrâneas na bacia do Mata-Fome, Belém/PA como fonte de doenças de veiculação hídrica”, de autoria de Antonia Railine da Costa Silva, 2008;*

c)- *“Qualidade das águas do Igarapé do Mata-Fome e sua relação com a ocupação urbana”, de autoria de Karen Monteiro Carmona, 2008.;*

d)- *“Estudo da Ocupação Urbana da Bacia do Mata-Fome e estabelecimento de uma proposta alternativa de abastecimento de água”, de autoria de Joana D’Arc da Silva Queiroz, 2009.*

e)- *“Programa de Educação e Conservação Hidroambiental da Bacia do Igarapé do Mata Fome/BHIMF, Belém – PA.”, de autoria de Thayana de Alencar Leite, 2007.*

O passo seguinte foi a sistematização de todas as informações, a uniformização das linguagens e a adequação dos dados aos objetivos deste trabalho.

Finalmente as interpretações foram feitas, as conclusões foram elaboradas e os resultados são mostrados no texto deste estudo.

4 ÁREA DE ESTUDOS

A área de estudos está localizada ao norte da região metropolitana de Belém, e abrange os bairros do Tapanã, Pratinha, São Clemente e Parque Verde, sendo, portanto, transfronteiriça a esses bairros. Esta bacia está compreendida na área limitada pelas coordenadas geográficas 1°19'44", 1°21'43" S e 48°28'36", 48°27'36" W, com uma área de aproximadamente 14km² (CRAVEIRO, 2007).. Ainda segundo este autor, as altitudes desta bacia apresentam variação de 3 a 15 metros (figuras 1 e 2).

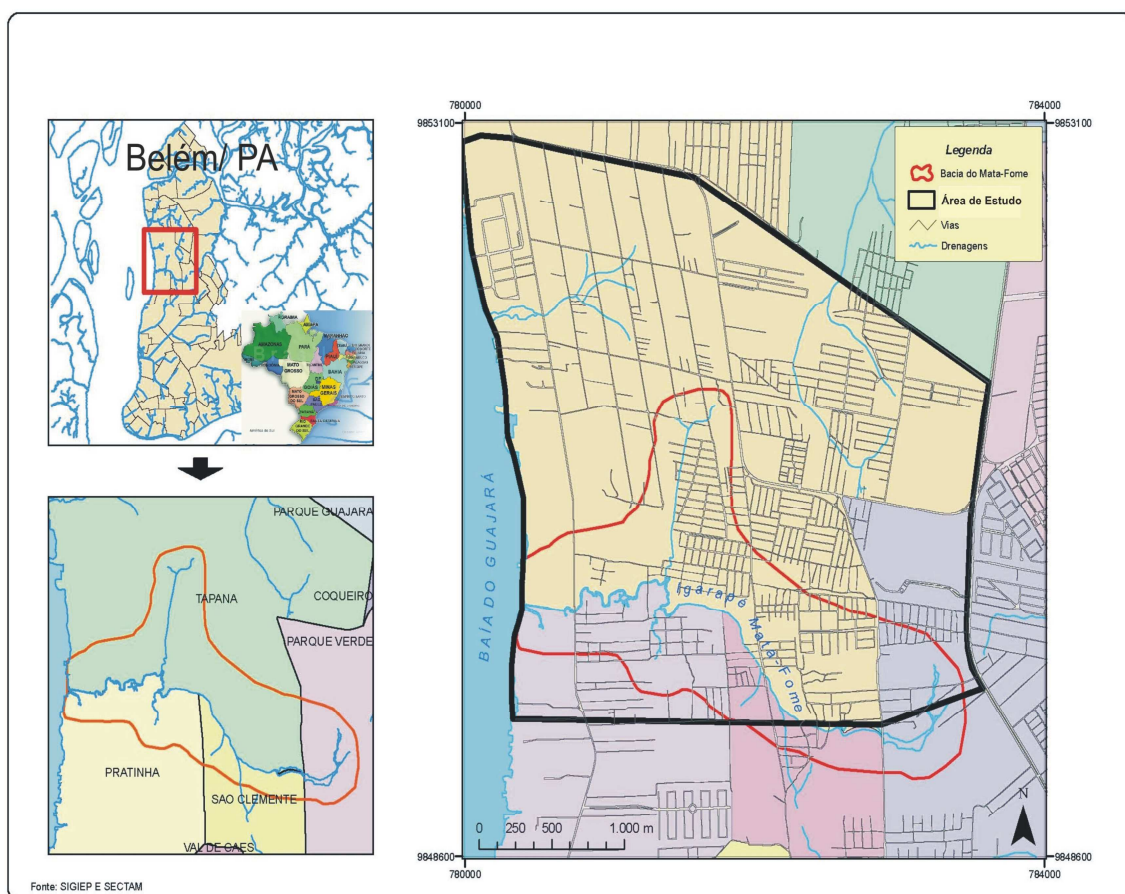


Figura 1 - Localização da Bacia hidrográfica do Igarapé do Mata Fome ao norte da cidade de Belém.
Fonte: Craveiro (2007)

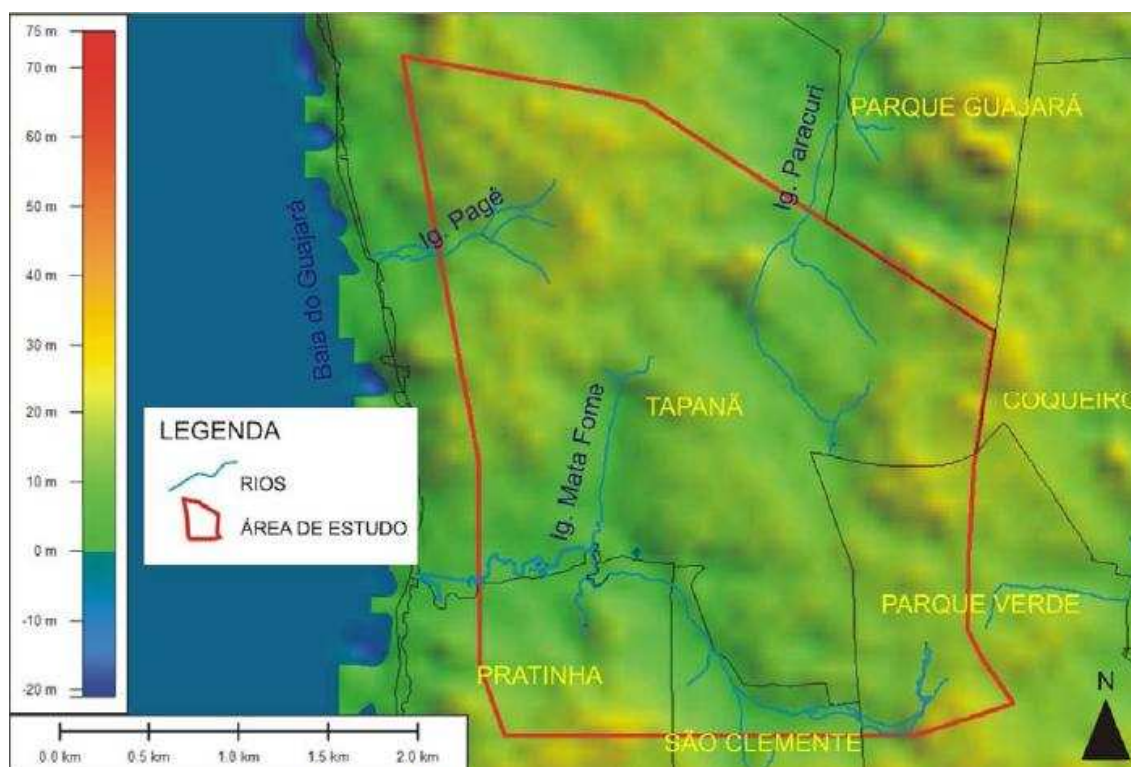


Figura 2 - Imagem da bacia do igarapé entre os bairros Tapanã, Parque Verde, São Clemente e Pratinha.
Fonte: Craveiro (2007)

Segundo Craveiro (2007), a rede hidrográfica da Área Estudada é marcada pelo Igarapé do Mata Fome e o Igarapé do Pajé. O Igarapé do Mata Fome é alvo das principais alterações feitas pelo assentamento irregular de famílias em meados da década de 80. O igarapé do Pajé ocorre na parte Norte da área estudada e sofre igualmente com a construção de casas em suas margens e parte de seu leito. Por ser menor que o Mata Fome, não apresenta área de inundação que afete tanto a população.

As entidades hídricas mais expressivas na RMB são a Baía do Guajará e o rio Guamá. Igarapés e furos que entrecortam a cidade. A baía do Guajará faz parte do estuário do Rio Amazonas e tem continuidade na baía de Marajó, sofre diretamente a influência das marés oceânicas. Suas águas são barrentas e no período de baixa pluviosidade na região, ficam salobras devido ao “avanço” das águas oceânicas (SILVA, 2008).

4.1 CARACTERÍSTICAS DA ÁREA

Diversos aspectos geoambientais têm relevância para os objetivos deste trabalho e serão aqui descritos.

4.1.1 Aspectos Hidrológicos

A cidade de Belém possui 14 bacias hidrográficas, as quais deságuam no rio Guamá ou na Baía de Guajará, sendo que a maioria não possui planos de intervenção para conter a contribuição de esgoto doméstico lançado in natura, propiciando retenção de detritos, assoreamento, gerando riscos ao meio ambiente e principalmente à saúde pública (CARMONA, 2008).

A bacia hidrográfica do Mata Fome, é composta por um conjunto de igarapés e furos, localizados à margem direita da baía do Guajará, a qual se localiza na parte nordeste do estado do Pará e é formada pela confluência dos rios Guamá e Acará.

A área de drenagem desta bacia corresponde a aproximadamente 6 km² e se estende por 3 km desde a sua desembocadura na baía do Guajará até a sua nascente, nas proximidades da rodovia Augusto Montenegro. É uma bacia que tem a forma de leque, drenada por um igarapé perene, de ordem 3, refletindo pouca ramificação (CRAVEIRO, 2007).

No aspecto hidrológico, a bacia encontra-se bastante dinâmica, devido à ação das marés procedentes da baía do Guajará, o que caracteriza um sistema estuarino. A dinâmica da maré, proveniente da baía do Guajará é claramente sentida pelos moradores que ocupam a planície de inundação próxima a foz do igarapé, principalmente nos meses mais chuvosos (janeiro a março), onde as águas atingem o assoalho das casas, principalmente daquelas localizadas exatamente nas margens do canal (GASPAR, 2001).

Esse fato é mais uma das conseqüências de um inchaço populacional e segregação da população em áreas periféricas, chamadas de bolsões de miséria, onde as bacias submetidas à urbanização alteram seu comportamento

hidrológico. Outra consequência da urbanização neste local seria a mudança da morfologia do canal, como se pode observar nas figuras 3 e 4.



Figura 3 - Ortofoto do igarapé Mata Fome retirada em 1986, quando a presença de residências era insipiente na região, além de apresentar densa cobertura vegetal
Fonte: (GASPAR, 2001).



Figura 4 - Ortofoto do igarapé Mata Fome, 1998, destacando grandes clareiras na região pela retirada de minério classe II, além de uma grade quantidade de residências, consequência de sua intensa ocupação, nas margens ciliares
Fonte: (GASPAR, 2001).

Existe ainda outro fator que intensifica o estado de poluição do igarapé Mata Fome, que é a interrupção do seu fluxo pela Rodovia Arthur Bernardes, próximo à desembocadura, onde foram instaladas duas tubulações de concreto com 100 cm de diâmetros insuficientes para o equilíbrio natural do regime de escoamento, ocasionando transbordamento em períodos de enchentes e acúmulo de lixo, além disso, foram notadas diversas obstruções por aterramento e a presença de troncos de árvores no leito do igarapé.

4.1.2 Ecossistemas

A composição florística dos ecossistemas dependem, fundamentalmente, da relação entre relevo e o regime de marés, sendo distintas as zonas inundáveis (igapós) e as regiões mais elevadas, ditas várzeas altas (PINHEIRO, 1987 e Oliveira, 2008).

De acordo com Gaspar (2001), os ecossistemas ripários da área da bacia do Igarapé Mata Fome, enquadra-se na descrição da vegetação das margens estuarinas de Guajará-Belém. Consiste em uma vegetação fortemente condicionada aos fatores geomorfológicos, que o autor distinguiu, predominantemente, três tipos:

- a) Ecossistemas de ripários, típica de área inundável, sob controle periódico das marés;
- b) Ecossistemas sucessionais de floresta dos tabuleiros costeiros da Amazônia oriental;
- c) Ecossistemas sucessionais de florestais com alteração estrutural.

A Bacia Hidrográfica do Mata Fome, desde a sua ocupação na década de 80, foi alterada drasticamente, devido a elevado densidade demográfica. Uma vez que a retirada da mata ciliar era necessária para a construção dos conjuntos habitacionais além do assentamento informal (figuras 5 e 6). A madeira dos

ecossistemas florestais locais, foram colhidas para o processo de construção da infraestrutura habitacional. Essas habitações em geral na condição de palafitas, sobre o ecossistema aquático do rio Mata Fome (figura 5 e 6).

Na microbacia do rio Mata Fome (Igarapé mata fome) ocorre uma pluviometria semelhante a Belém, com médias anuais variando de 2500 mm a 3000 mm, consideradas no clima Af2 de Koppen (MARTORANO et al.1993).



Figura 5 : Aspecto da secção do rio Mata Fome, com o ecossistema aquático alterado pela eliminação do ecossistema ripário (remanescentes de troncos de árvores) e indícios de lançamento de carga máxima de esgoto.



Figura 6 :Habitações locadas sobre o ecossistema aquático do rio Mata Fome, e consequente alteração do ecossistema ripário de proteção.

4.1.3 Clima

O clima desta área é caracterizado por altas temperaturas (sempre acima de 18°C), ventos de baixa velocidade intercaladas com freqüentes momentos de calmaria, altos índices de umidade relativa do ar e precipitação abundante com totais oscilando entre 2.200 e 3.300 mm anuais. (GASPAR, 2001).

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 Gaspar (op.cit.). Já a taxa de evaporação mais intensa ocorre nos meses de julho a novembro, como mostrado nas figuras 7 e 8, respectivamente.

O nível de água do igarapé aumenta nos meses de dezembro a maio, durante o período mais chuvoso, e isto implica na invasão da água contaminada por esgotos e lixos lançados diretamente neste corpo hídrico, nas casas

construídas nas áreas alagáveis do igarapé Mata Fome. Com isso, aumenta-se o número de casos de doenças de veiculação hídrica nessas áreas.

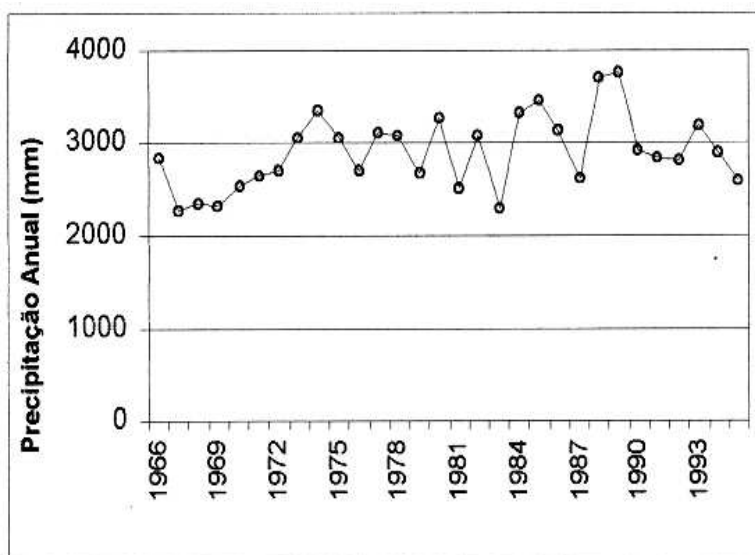


Figura 7 - Precipitação total anual (mm), referente ao período de 1966-1995.
Fonte: INMET (2000) apud Gaspar(2001).

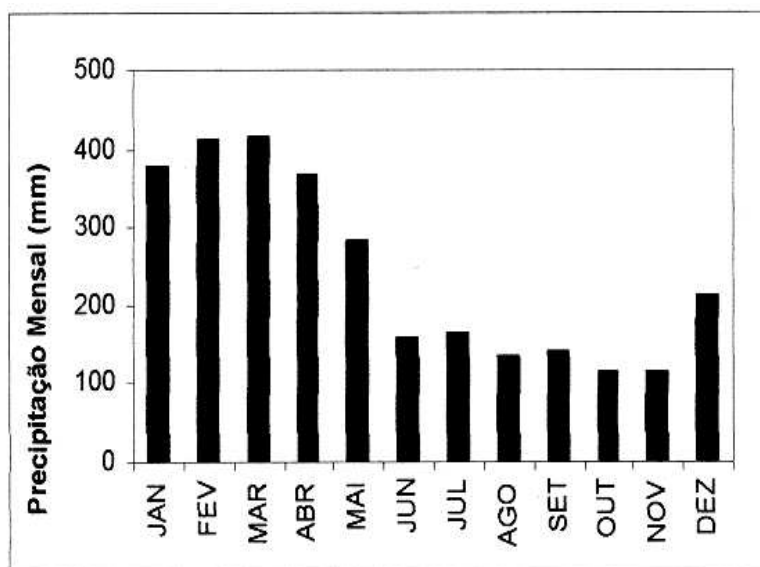


Figura 8 - Precipitação média mensal (mm), referente ao período de 1961-1990.
Fonte: DNMET(1992) apud Gaspar (2001).

4.1.4 Socioeconomia

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 cultivadas para sustento

próprio. 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 (SOUZA et al., 1999).

As indústrias existentes na área desta 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 (GASPAR, 2001).

4.1.5 Formas de Ocupação Urbana

De acordo com Gaspar (op.cit.), as áreas ocupadas nas últimas décadas são, principalmente, planícies de inundação de pequenos afluentes do Rio Guamá e da baía do Guajará, como é o caso do igarapé Tucunduba, nas proximidades da UFPA, e alguns afluentes da baía do Guajará, como o Igarapé Mata Fome, situado na área de expansão da cidade. Esses corpos d'água são utilizados pela população residente, sobretudo como receptores de lixo e esgoto domésticos, ocasionando, na maioria das vezes, a sua degradação.

A ocupação da região que engloba a BHIMF começou na década de 80, como consequência da especulação imobiliária nos centro de Belém, o que obrigou a população de baixa renda a ocupar áreas periféricas, isentas de saneamento básico e obras de infra-estrutura. Na época, a região do Mata Fome, encontrava uma vegetação densa e um igarapé, onde foi possível nos primeiros anos sobreviver da coleta de frutos e da pesca, respectivamente.

No entanto, a população foi crescendo e com isso vieram os impactos ambientais, com a retirada da vegetação de várzea e a construção de palafitas em seu lugar. A madeira utilizada para a construção dessas moradias era extraída da própria mata ciliar. Isso provocou o assoreamento de boa parte desse igarapé, além de prejuízos à qualidade das águas do Igarapé Mata Fome, uma vez que os dejetos e matérias orgânicas e inorgânicas eram e são jogados diretamente no mesmo.

Muitos trechos desse igarapé foram aterrados, para dar lugar à ocupação humana desenfreada. Com aumento do contingente populacional dessa área começaram a surgir além de problemas ambientais, problemas urbanos, como aumento da violência, já que esta área encontra-se em pleno bolsão de miséria. Por não ter saneamento em boa parte da BHIMF, a população de baixa renda que não pode pagar agueiros, consome a própria água contaminada do igarapé que um dia era principal fonte de renda e subsistência dessa população.

Esse é um típico problema urbano a qual o governo não dá a importância necessária, mesmo com a alteração substancial da qualidade dos recursos naturais e ausência de condições sanitárias, produzindo insalubridade, bem como afetação a saúde e a segurança das pessoas. As pobres condições de sobrevivência a que a população foi submetida, devido a valorização de certas áreas da cidade, entram bruscamente em contraste com as encontradas na região da BHIMF (figura 9, 10, 11 e 12).



Figura 9 - Margem ocupada do igarapé Mata Fome.



Figura 10 - Ausência de saneamento básico, com matéria orgânica lançada diretamente no igarapé.



Figura 11 - Casas construídas com madeira retirada das matas ciliares.



Figura 12 - Moradias da população de baixa renda fixada em áreas periféricas e alagáveis da BHMF, com a retirada da vegetação nativa e interferência na qualidade de água.

5 OS RECURSOS HÍDRICOS

Vários aspectos relacionados aos recursos hídricos da BHIMF têm sido estudados ao longo dos últimos anos no âmbito da faculdade de Geologia, através, principalmente, das atividades do LARHIMA.

Serão aqui expostos e discutidos somente aqueles de maior interesse aos objetivos deste estudo.

5.1 QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS

As águas do igarapé do Mata Fome foram alvo de coletas sistemáticas no sentido de se analisar suas características físico-químicas e utilizá-las para entender tanto as condições de potabilidade como quaisquer outros usos para essas águas. Esse levantamento da qualidade das águas superficiais da BHIMF foi realizado por Karen Monteiro Carmona, 2008.

No Brasil, os padrões da potabilidade das águas superficiais destinadas ao abastecimento humano, são estabelecidos pela resolução 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), para as águas doces, de classe 2.

E, de acordo com essa resolução, as águas doces de classe 2 são aquelas destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional, além da proteção das comunidades aquáticas, à recreação de contato primário, conforme a resolução nº 274 (CONAMA, 2000), à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto e à aquicultura, além da atividade de pesca.

5.1.1 Parâmetros Físico-químicos: Resultados Obtidos

Para as análises físico-químicas das águas superficiais (CARMONA, 2008), foram utilizados, no laboratório de Hidroquímica e Cromatografia do Instituto de Geociências da UFPA, os parâmetros básicos estabelecidos pela Resolução 357 de 2005, CONAMA. As informações obtidas (tabela 1) a partir das análises foram comparadas com os valores obtidos por Queiroz (2008), a qual fez um estudo da qualidade de água subterrânea do aquífero superior da BHIMF.

Tabela 1 - Resultado das análises físico-químicas realizadas nas águas do Igarapé Mata Fome

AMOSTRAS	OD (ml)	Turbidez (NTO)	pH	CE (µS/cm).	STD (mg/l)	COR (Pt Co ALPHA)	DQO (ml)	NO ₃ (mg/l)	NO ₄ (mg/l)	Fe ⁺⁺ (mg/l)	PO ₄ - ₃ (mg/l)
BHMF 1	2,35	0,2	4,31	153,7	121	0	10,5	4,6	0,34	0,13	0,01
BHMF 2	1,3	20,2	6,76	267	212	172	10	1,2	7,75	3,86	0,86
BHMF 3	0	26,4	6,57	315	250	198	9,75	1,1	9,5	1,15	1,27
BHMF 4	0	28,2	6,32	261	206	248	9,65	0,7	6,375	6,79	0,85
BHMF 5	1,4	22,9	6,75	316	250	180	11	1,3	9	4,68	0,49
BHMF 6	1,6	28,9	6,77	318	251	179	9,9	1,2	8,25	5,09	0,45
BHMF 7	1,6	20,2	6,76	386	304	178	9,85	1,4	9,125	4,13	0,62
BHMF 8	1,2	12,2	6,34	244	193	90	10	2,9	4	1,29	0,5
BHMF 9	0	26,3	6,27	232	183	245	9,9	1	4,735	2,58	0,57
BHMF 10	0,35	35,6	7,28	723	572	297	9,5	0,9	28,5	5,82	3,75

Fonte: Carmona (2008)

Oxigênio Dissolvido (OD)

O Oxigênio Dissolvido é a quantidade em mg/L, de oxigênio dissolvido na água. Sendo o índice desse parâmetro um dos mais importantes para se avaliar a capacidade de um corpo hídrico em suportar atividade biológica de organismos aquáticos. Nas águas naturais de superfície o índice de OD varia de 0 a 19 mg/L, mas um teor de 5 a 6 mg/L já é o suficiente para suportar uma população variada de peixes (DICIONARIO LIVRE DE GEOCIENCIAS)

A Resolução 357/05(CONAMA), estabelece valores não inferiores a 5 mg/L de OD para corpos hídricos de Classe 2, isso é atribuído ao aporte pontual e difuso de matéria orgânica advindos das atividades de uso e ocupação do igarapé, principalmente o lançamento de esgoto doméstico e resíduos sólidos, afetando sensivelmente os organismos aquáticos aeróbicos.

Desta forma, todas as amostras analisadas se encontram abaixo do valor máximo estabelecido pela legislação (5 mg/L). O menor valor obtido nessas 10 amostras foi observado nas amostras BHMF3 E BHMF4, com os valores iguais a zero mg/L. Enquanto que o maior valor foi o da amostra BHMF1 (2,35mg/L), ainda assim fora do estabelecido pelo CONAMA (figura 14) . O valor médio obtido foi de 0,98 mg/L, caracterizando o quanto que essas águas são deficientes em OD.

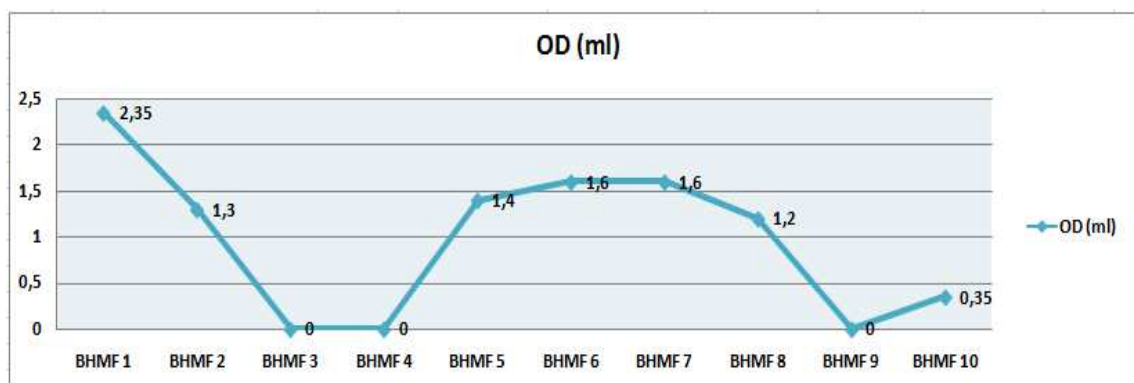


Figura 13 - Valores de OD das amostras analisadas da BHMF.
Fonte:Carmona (2008)

Turbidez

A turbidez é a medida da dificuldade de um feixe de luz atravessar certa quantidade de água, conferindo uma aparência turva à mesma, devido à presença de sólidos em suspensão que alteram a penetração da luz na água ao contrário da cor, que é causada por substâncias dissolvidas.

A resolução da CONAMA 357/05 estabelece valores de turbidez aceitáveis até 100 UNT. Todas as amostras coletadas apresentam valores de turbidez inferiores a 100 UNT estando, portanto, dentro dos limites aceitáveis. A figura 15 mostra os valores de turbidez obtidos.

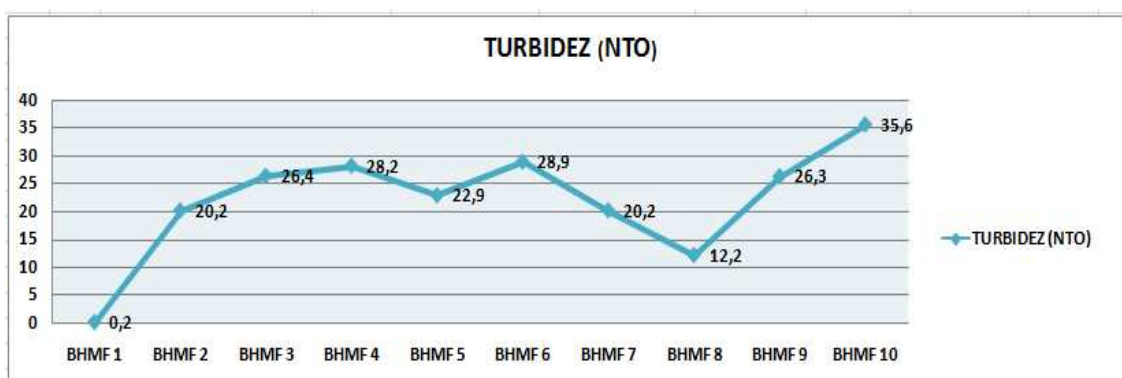


Figura 14 - Valores de Turbidez das amostras analisadas da BHMF.
Fonte Carmona (2008)

pH

O pH é uma característica da água determinada pela concentração de íons de Hidrogênio (H^+). Os valores variam de 0 a 14, sendo que valores de 0 a 7 são considerados ácidos, valores em torno de 7 são neutros e valores acima de 7 são denominados básicos ou alcalinos. Quanto menor o pH de uma substância, maior a concentração de íons H^+ e menor a concentração de íons OH^- . O pH de uma substância pode variar de acordo com sua concentração de sais, metais, ácidos, bases, substâncias orgânicas e da temperatura.

O potencial hidrogeniônico (pH) é usado universalmente para expressar o grau de acidez e basicidade de uma solução, ou seja, é o modo de expressar a

concentração de íons nessa solução. Esta variável exerce influência em processos químicos e biológicos de um corpo de água e é importante no controle de águas de abastecimento (CETESB, 2007).

De acordo com a portaria 357/05, o valor de pH aceitável deve ser na faixa de 6 a 9. Entre as 10 amostras na área da bacia, apenas uma (BHMF1) encontra-se fora dos limites estabelecidos pela resolução da CONAMA (figura 16)

O valor mínimo adquirido foi de 4,31, para a amostra BHMF1, enquanto que o máximo valor foi encontrado na amostra BHMF 10 (7,28), a qual foi retirada nas proximidades da fábrica da Coca-cola. A média dos valores de pH foi 6,4 que se encontra dentro da faixa aceitável da legislação.

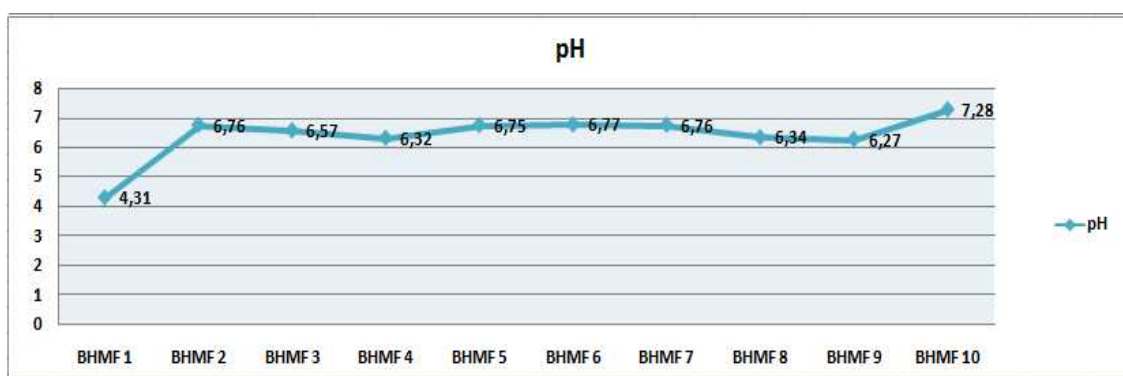


Figura 15 - Valores de pH das amostras analisadas da BHMF.
Fonte: Carmona (2008)

Condutividade Elétrica

A condutividade é uma expressão numérica da capacidade de uma água conduzir a corrente elétrica. Depende das concentrações iônicas e da temperatura e indica a quantidade de sais existentes na coluna d'água, e, portanto, representa uma medida indireta da concentração de poluentes. A condutividade também fornece uma boa indicação das modificações na composição de uma água, especialmente na sua concentração mineral, mas não fornece nenhuma indicação das quantidades relativas dos vários componentes.

À medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados, a condutividade da água aumenta. Altos valores podem indicar características corrosivas da água. Segundo os parâmetros técnicos estabelecidos pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental-CETESB, o valor máximo permitido para águas superficiais é de 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$

Todas as amostras coletadas na área de estudo apresentam padrões de condutividade elétrica acima do permitido pela CETESB, com valores que variam de 153,7 a 723 $\mu\text{S}/\text{cm}$, como mostra a figura 17. Isso demonstra que essas águas sofreram forte influência antrópica na área estudada.

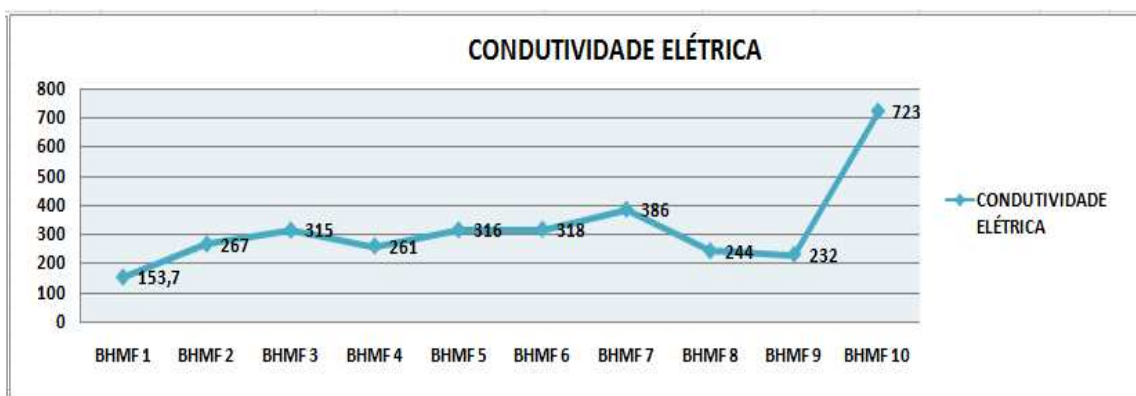


Figura 16 - Valores de Condutividade Elétrica das amostras analisadas da BHM. Fonte Carmona (2008)

STD

Sólidos Totais Dissolvidos (STD) correspondem ao peso total dos constituintes minerais presentes na água, por unidade de volume.

De acordo com a portaria CONAMA 357/05, o valor máximo da concentração de sólidos totais (STD) dissolvidos nas águas superficiais permitido é 500 mg/L. Nas amostras coletadas na bacia do Mata Fome, apenas a BHM 10 está fora dos padrões estabelecidos pela portaria por apresentar um valor de 572 STD. A amostra BHM 1 apresenta o menor valor de STD coletado na área de estudo (121mg/l), e a média dos valores 254,2mg/l, ainda dentro do padrão mínimo estabelecido pela portaria, como mostra a figura 18.

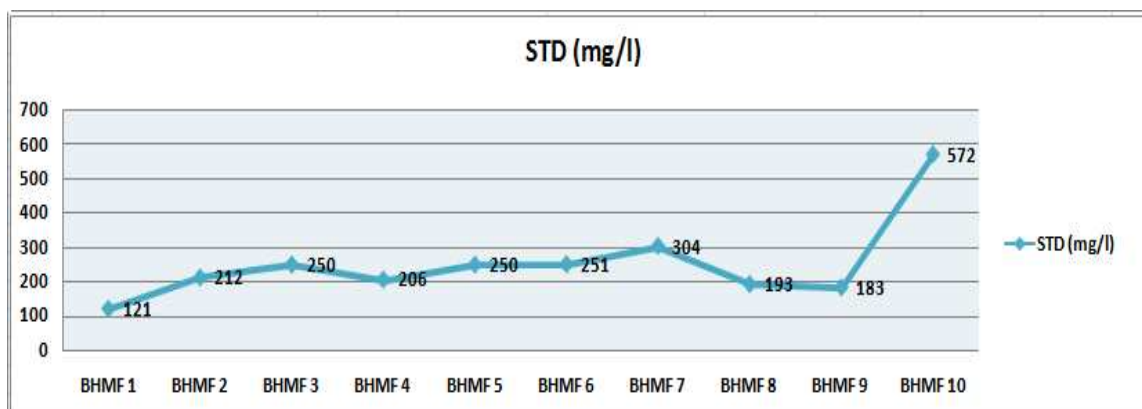


Figura 17 - Valores de STD das amostras analisadas da BHMF.
Fonte: Carmona (2008)

Cor aparente

O CONAMA 357/05 estabelece valor limite de até 75 mg Pt/L para cor verdadeira em corpos hídrico de Classe 2. Nas amostras coletadas na bacia do Mata Fome, apenas a BHMF 1 está dentro dos padrões estabelecidos pela portaria. A amostra BHMF 1 apresenta o menor valor (0 mg Pt/l), enquanto a amostra BHMF 10 apresenta o maior valor de cor (297mg Pt/l), sendo a media dos valores 178,7mg Pt/l, ainda acima dos valores estabelecidos pela portaria 357/05 da CONAMA. A variação desses valores pode ser verificado na figura 19.

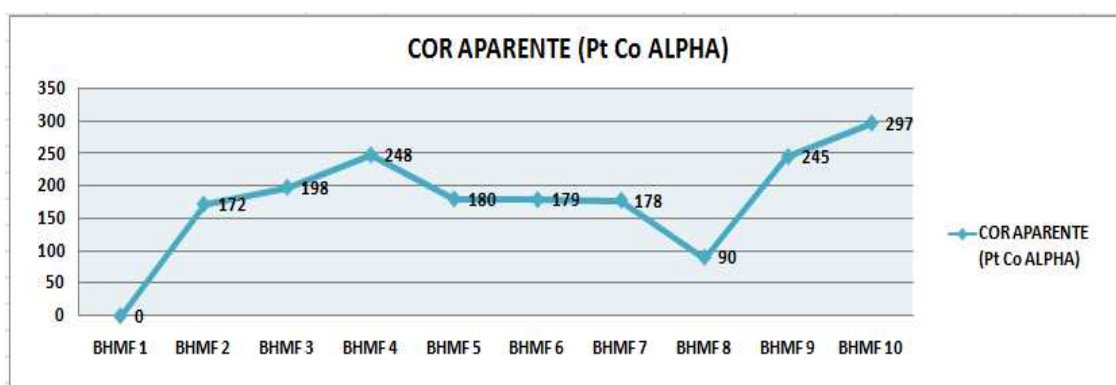


Figura 18 - Valores da Cor Aparente das amostras analisadas da BHMF.
Fonte: Carmona(2008)

DQO

Índice que dá a quantidade necessária de Oxigênio, fornecido por um agente oxidante, para oxidar totalmente a matéria orgânica presente num meio (água

ou efluente). A DQO mede indiretamente a carga de matéria orgânica contido no efluente, isto retrata o seu efeito poluidor. Por esta razão os índices DQO são dos mais utilizados na legislação que trata do lançamento de efluentes líquidos em corpos d'água.

Vale ressaltar, que não é mencionado valor limite de DQO na Resolução do CONAMA n° 357/2005, ou seja, apesar de importante esse parâmetro, o mesmo não é utilizado na classificação dos corpos d'água, quando se faz referência aos limites. Porém, segundo Cavichiolo, Braga e Fernandes (2003), na legislação vigente da Comunidade Européia o valor máximo permitido para DQO é de 30 mg/L em corpos d'água.

Logo, os resultados obtidos nas análises encontram-se dentro do que estabelece a Comunidade Européia (figura 20)

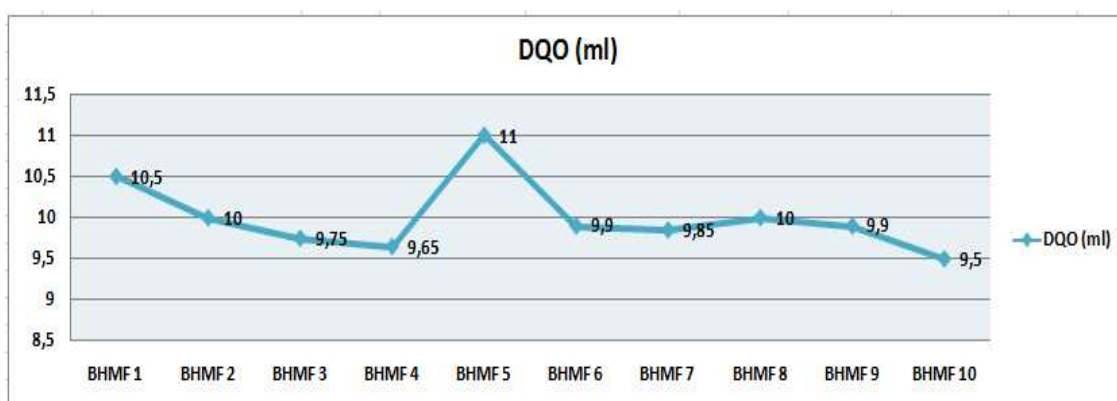


Figura 19 - Valores de DQO das amostras analisadas da BHMf.
Fonte: Carmona (2008)

Nitrato

O nitrato encontra-se presente nas águas, nos tecidos vegetais e animais. Devido a ações antrópicas, a concentração de nitrato em águas tem aumentado nas últimas décadas e valores máximos permitidos para águas potáveis foram estabelecidos por órgãos reguladores. Uma fonte comum de contaminação de aquíferos por nitrato é o uso de sistemas de saneamento *in situ* do tipo fossas e valas negras.

O valor máximo de concentração de Nitrato permitido pela CONAMA 357/05 é 10,0 mg/L. A média dos valores adquiridos na coleta é de 1,63 mg/l, sendo o menor e o maior valor observados nas amostras BHMF4 (0,7 mg/l) BHMF1 (4,6 mg/l), respectivamente (figura 21). Todos aceitáveis, de acordo com o padrão adotado para o estudo da água superficial da BHMF. Somente a amostra BHMF1 e as amostras BHMF3 estão acima de 1,5 mg/l.

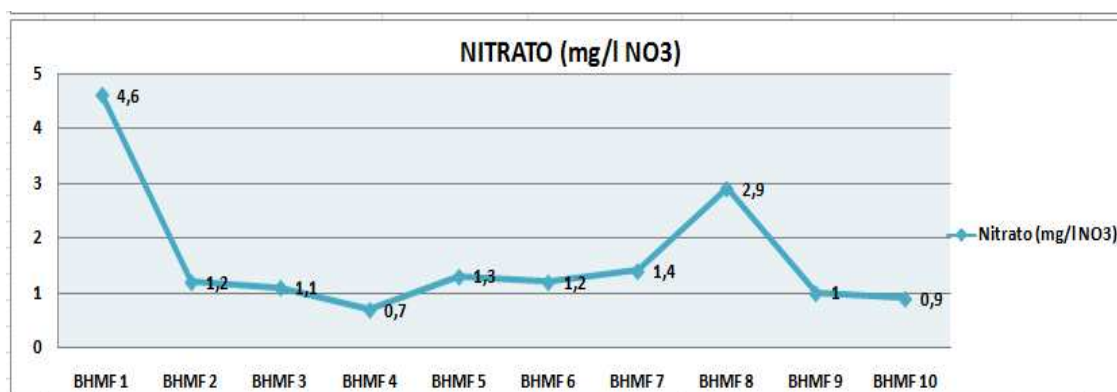


Figura 20 - Valores de Nitrato das amostras analisadas da BHMF.
Fonte: Carmona (2008)

Amônia

É uma substância tóxica não persistente e não cumulativa e sua concentração, que normalmente é baixa, não causa nenhum dano fisiológico aos seres humanos e animais. Ela é formada principalmente pela hidrólise da uréia e geralmente está presente em pequenas quantidades em águas subterrâneas porque as partículas e argilas do solo a adsorvem e não a liberam facilmente (BAUMGARTEN ; POZZA, 2001).

Considerando que a media de pH nas amostras coletadas é de 6,41 e está dentro dos padrões estabelecidos pela portaria, o valor adotado de nitrogênio amoniacal total é até 13,3 mg/L para valores de pH de ate 7,5 em corpos hídrico de Classe 2 (figura 22). Sendo assim, os valores observados nas amostras encontram-se dentro dos padrões estabelecidos pela CONAMA 357/05, exceto o observado na amostra BHMF 10 (28,5 mg/l), bem acima do recomendado pela referida portaria.

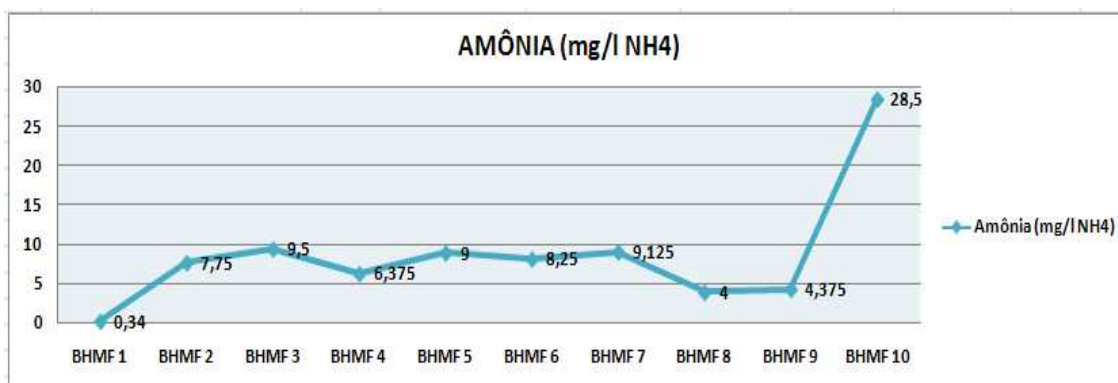


Figura 21 - Valores de Amônia das amostras analisadas da BHMf.
Fonte: Carmona(2008)

Ferro

Nas águas superficiais, o nível de ferro aumenta nas estações chuvosas devido ao carreamento de solos e a ocorrência de processos de erosão das margens. Também poderá ser importante a contribuição devida a efluentes industriais, pois muitas indústrias desenvolvem atividades de remoção da camada oxidada (ferrugem) das peças antes de seu uso, processo conhecido por decapagem, que normalmente é procedida através da passagem da peça em banho ácido. Nas águas tratadas para abastecimento público, o emprego de coagulantes a base de ferro provoca elevação em seu teor.

Apesar de o organismo humano necessitar de até 19 mg de ferro por dia, os padrões de potabilidade exigem que uma água de abastecimento público não ultrapasse os 0,3mg/L. Este limite é estabelecido em função de problemas estéticos relacionados à presença do ferro na água e do sabor ruim que o ferro lhe confere. O ferro, assim como o manganês, ao se oxidarem se precipitam sobre as louças sanitárias, azulejos, roupas e manchando-as.

Os valores estabelecidos pela CONAMA 357/05, em relação ao teor de Ferro dissolvido é de até 0,3 mg/L Fe. Dentre as amostras coletadas na área do igarapé, apenas a amostra BHMf 1 encontra-se dentro do padrão estabelecido. O Máximo valor para Ferro dissolvido pode ser observado na amostra BHMf 4 (6,79 mg/l), como mostrado na figura 23.

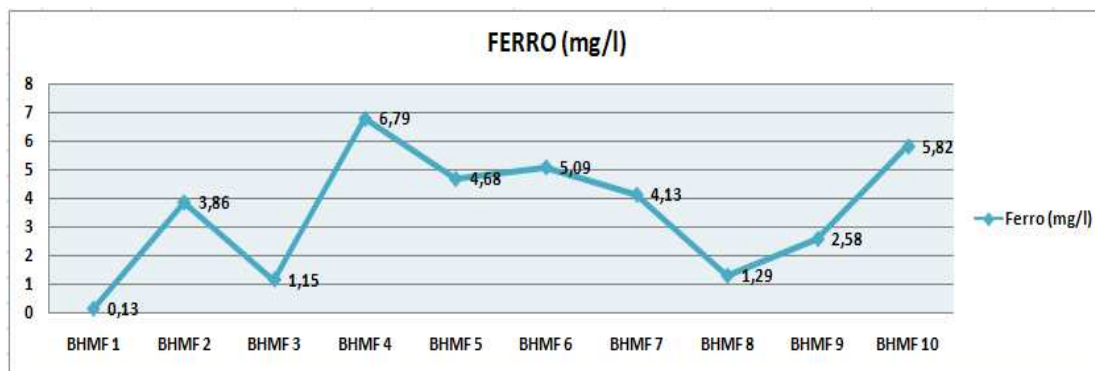


Figura 22 - Valores de Ferro das amostras analisadas da BHMF.
Fonte: Carmona (2008)

Fosfato

O fosfato também pode ser utilizado como agente de redução de dureza da água em detergentes. Esse uso é restrito devido à possibilidade de poluição de rios e mananciais.

Considerando que o valor aceitável para o fosfato total pela portaria 357/05 do CONAMA é de 0,1 mg/l, apenas a amostra BHMF 1 é considerada aceitável (figura 24). Todas as demais amostras apresentam valores acima do estabelecido, sendo o máximo valor o da amostra BHMF 10 (3,75 mg/l). A média dos valores é de, aproximadamente 0,94 mg/l, valor ainda acima do padrão de aceitabilidade adotado.

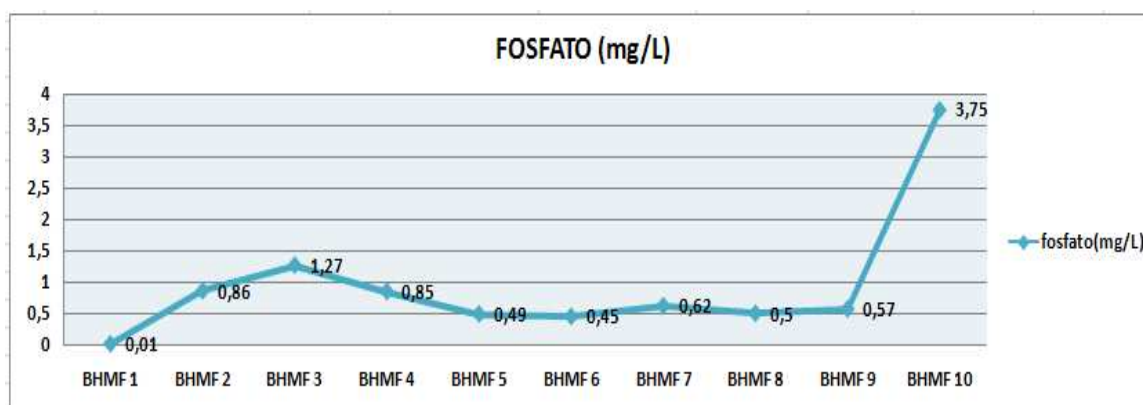


Figura 23 - Valores de Fosfato das amostras analisadas da BHMF.
Fonte: Carmona (2008)

Cloreto

O cloreto é o ânion Cl^- que se apresenta nas águas subterrâneas através de solos e rochas. Nas águas superficiais são fontes importantes as descargas de esgotos sanitários, sendo que cada pessoa expele através da urina cerca 6 mg de cloreto por dia, o que faz com que os esgotos apresentem concentrações de cloreto que ultrapassam a 15 mg/L. Para as águas de abastecimento público, a concentração de cloreto constitui-se em padrão de potabilidade, segundo a resolução CONAMA 357/05.

O valor máximo de concentração de Cloreto permitido pela CONAMA 357/05 é 250 mg/L. Nas amostras analisadas, o menor valor é de 4,04 na amostra BHMF 1, enquanto que o maior valor observado é 27,8 mg/l, na mostra BHMF 10, todos ainda aceitos pelo padrão adotado. É interessante observar que a mostra BHMF 7 apresenta um valor próximo ao máximo encontrado, uma vez que todos os demais valores estão abaixo de 17 mg/l (figura 25). Amostras 07 e 10 mostraram valores anômalos.

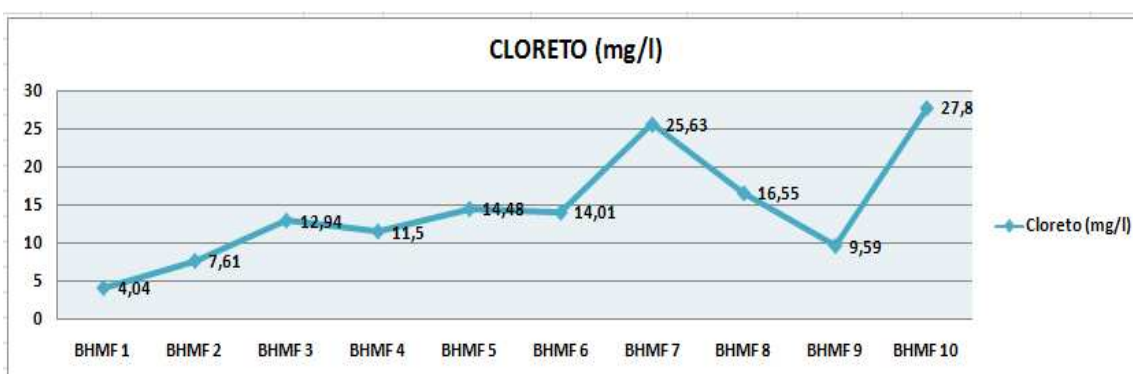


Figura 24 - Valores de Cloreto das amostras analisadas da BHMF.
Fonte: Carmona (2008)

Observou-se que a amostra BHMF 10 apresenta altos valores em diversos parâmetros físico-químico, como turbidez, pH, condutividade elétrica, STD, cor aparente, amônia, fosfato e cloreto. A localização desse ponto de coleta é próxima a nascente do igarapé e da fabrica da Coca-cola. Neste ponto, podem-se observar lançamentos diretos de esgoto e matéria orgânica (figura 26 e figura 27)



Figura 25 - Nascente do igarapé como um depósito de lixo.



Figura 26 - Lixo e esgoto sendo lançados no igarapé.

5.1.2 Síntese da Qualidade das Águas Superficiais

Segundo os parâmetros analisados (oxigênio dissolvido (OD), turbidez, pH, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos (STD), cor aparente, DQO, nitrato, amônia, ferro, fosfato e cloreto), constatou-se que alguns encontram-se fora dos padrões estabelecidos pela CONAMA.

Um exemplo disso é o resultado obtido para o teor de oxigênio dissolvido (OD), que é um dos índices mais importantes para se analisar a capacidade que um corpo hídrico possui de suportar atividade biológica de organismos aquáticos. A variação do OD em águas superficiais vai de 0 a 19mg/l. A média de OD encontrada para o igarapé do Mata Fome foi de 0,98 mg/L, enquanto a CONAMA 350/05 estabelece valores não inferiores a 5mg/l. Abaixo desse valor, o curso hídrico não tem como suportar a atividade de peixes e outros organismos aeróbicos. O lançamento de esgoto doméstico e resíduos sólidos no igarapé está diretamente relacionado com o baixo teor de OD.

O teor de ferro dissolvido também encontra-se acima do permitido pela CONAMA 357/05 de até 0,3 mg/l. Algumas amostras apresentaram valores considerados muito altos, como 5,82 mg/l e 6,79 mg/l.

Os teores de fosfato e valores de condutividade elétrica e cor também se encontram fora dos padrões recomendados pela CONAMA.

Portanto a qualidade das águas do igarapé Mata Fome está bastante deteriorada pelas ações antrópicas relacionadas a ocupação desordenada do meio físico da área da bacia.

5.2 QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

As análises das águas subterrâneas no âmbito da BHIMF foram feitas a partir de 20 amostras coletadas de poços da área por Antonia Railine da Costa Silva, 2008 como parte das atividades do Projeto “Os recursos Hídricos e Qualidade

de Vida na Bacia do Mata-Fome, Belém/PA: Doenças de Veiculação Hídrica e o Contexto Geo-Socio-Ambiental.”.

Entre as amostras, 7 (sete) foram coletadas em poços do tipo “amazonas” e 13 (treze) do tipo tubular raso. Os pontos de amostragem e a identificação dos poços mostrados na figura 28.

Como padrão de potabilidade utilizou-se a Portaria 518/04 do Ministério da Saúde do Brasil que representa o padrão aceito atualmente para análises de qualidade de águas subterrâneas.

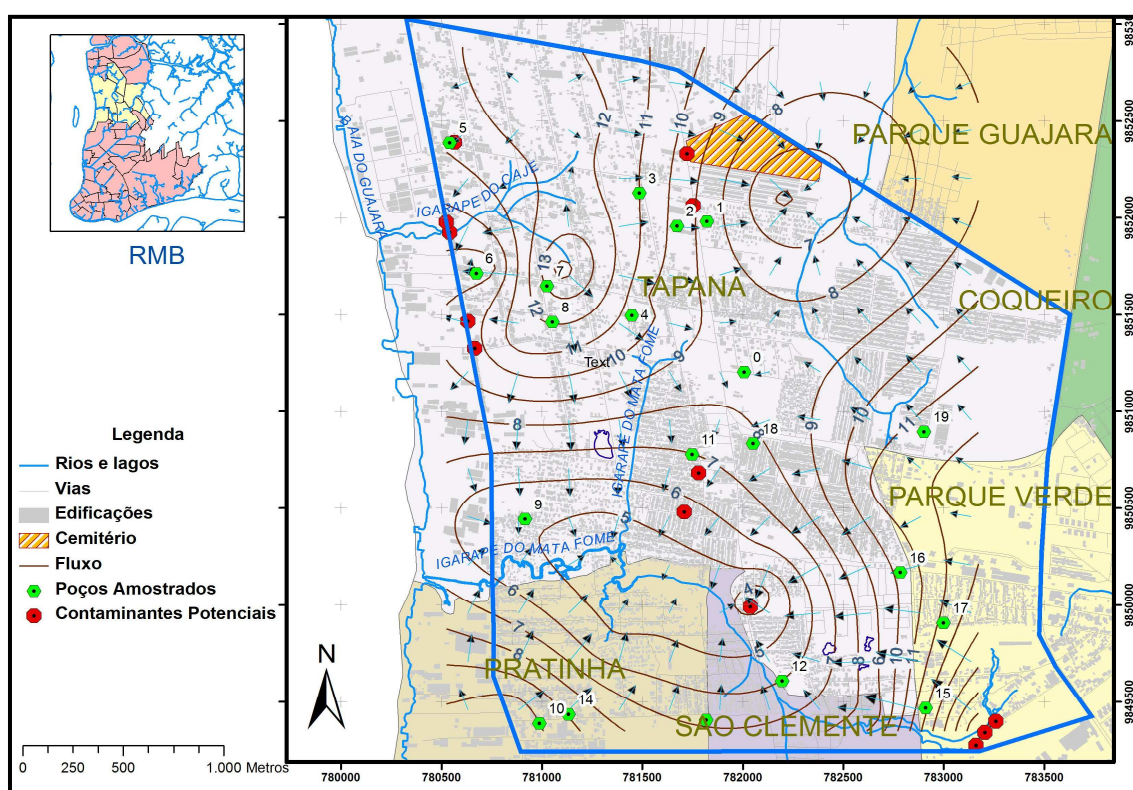


Figura 27 - Localização dos poços coletados.
Fonte: Craveiro (2007)

Para a interpretação dos dados apresentados foram considerados os gráficos individuais confeccionados para cada parâmetro; a distribuição espacial na área de cada um dos parâmetros e a posição do nível estático para o aquífero superior da área através das curvas de isovalores.

Os resultados obtidos nas análises de natureza físico-químicas realizadas são mostrados na figura 29 e figura 30.

Tabela 2: Valores obtidos para cada parâmetro. TUB: poço tubular e AMA: poço amazonas.

Poço	Sódio Na^+ (mg/L)	Potássio K^+ (mg/L)	Amônia NH_3 (mg/L)	Cálcio Ca^{+2} (Mg/L)	Magnésio Mg^{+2} (mg/L)	Cloreto Cl^- (mg/L)	Nitrato NO_3^- (mg/L)	Sulfato SO_4^{-2} (mg/L)
1 (TUB)	4,5628	0,4358	0,00	2,7004	0,1847	12,11	15,1728	6,1906
2 (AMA)	14,5909	1,1783	0,00	1,5176	0,3414	29,562	59,559	0,6754
3 (AMA)	10,5976	0,9829	0,00	0,5384	0,1979	21,785	31,1711	0,00
4 (AMA)	7,343	1,7589	0,00	1,3854	0,2201	20,172	23,9101	2,2912
5 (AMA)	10,3681	0,7956	0,00	2,2193	0,1435	24,04	25,772	0,989
6 (TUB)	21,4707	1,6978	3,3678	12,1388	0,4362	47,066	21,373	15,967
7 (TUB)	18,6008	2,4152	0,5534	2,2524	0,5762	41,019	76,0384	0,00
8 (TUB)	13,9707	0,991	0,00	1,5557	0,2833	18,46	54,3133	4,0106
9 (AMA)	6,5775	1,774	0,00	0,7162	0,2277	15,37	22,5179	0,00
10 (TUB)	10,6668	1,3214	0,00	5,3702	0,342	19,936	11,5079	8,4741
11 (TUB)	7,915	2,167	0,5565	2,4287	0,2825	14,128	44,9395	8,3761
12 (TUB)	22,9981	4,8672	10,057	10,7885	0,8565	52,079	3,0657	37,5322
13 (TUB)	8,3848	0,5824	0,1388	0,3789	0,0966	22,315	0,00	2,372
14 (TUB)	6,1606	1,35	0,00	3,2054	0,8357	8,792	71,2095	0,366
15 (TUB)	6,8858	2,1486	0,1536	1,6789	0,3596	15,911	39,9839	0,00
16 (AMA)	9,7285	2,2767	0,7187	1,9012	0,3039	18,269	47,6568	0,00
17 (TUB)	8,9092	2,0771	5,4239	7,0454	0,4845	18,263	3,2143	52,0451
18 (AMA)	13,1038	2,5171	1,6314	1,7864	0,2251	31,887	8,5348	18,3522
19 (TUB)	14,4685	1,8	1,9848	1,7032	0,4712	26,454	72,6042	0,00
20 (TUB)	12,2433	2,8911	4,4819	4,7061	0,6878	29,228	64,7064	14,2214

Poço	Temp. °C	pH	Condutividade $\mu S/cm$	Cor APHA	O. C. mg/L $CaCO_3$	Dureza mg/L $CaCO_3$	Alcalinidade mg/L $CaCO_3$	Turbidez (UNT)	Bicarbon. (mg/L)	Carbon. (mg/L)
1 (TUB)	27,4	4,96	78.4	2,0	0.25	15,621	4,5	0,2	5,49	0,00
2 (AMA)	27,2	4,03	184.0	1,0	0.15	10,416	0,00	0,1	0,0	0,00
3 (AMA)	27,9	---	118.6	0,0	0.15	8,3328	0,00	0,1	0,0	0,00
4 (AMA)	27	3,94	106.9	0,0	0.45	10,416	0,5	0,00	0,61	0,00
5 (AMA)	27,9	4,23	125.1	0,0	0.15	10,9368	0,00	0,00	0,0	0,00
6 (TUB)	29,4	5,43	300	38,0	1.35	58,3296	52,5	71,00	64,05	0,00
7 (TUB)	28,3	3,6	240	17,0	0.45	14,5824	0,00	0,3	0,0	0,00
8 (TUB)	28,7	3,73	159.4	15,0	0.25	11,4576	0,00	0,6	0,0	0,00
9 (AMA)	27,6	4,09	89.7	2,0	0.45	7,2912	0,00	0,00	0,0	0,00
10 (TUB)	28,9	4,8	132.2	4,0	0.85	23,9568	16,5	0,00	20,13	0,00
11 (TUB)	28,3	3,91	130.4	140,0	2.3	18,7488	0,00	100,1	0,0	0,00
12 (TUB)	30,5	5,42	375	48,0	0.55	54,1632	67,5	13,00	82,35	0,00
13 (TUB)	30,8	4,45	77.7	18,0	0.15	9,3744	2,5	0,9	3,05	0,00
14 (TUB)	28,4	3,85	154	3,0	1.2	48,9552	0,00	0,1	0,0	0,00
15 (TUB)	28,2	3,61	126.3	10,0	1.15	13,02	0,00	0,2	0,0	0,00
16 (AMA)	28,1	4,02	132.4	4,0	---	10,416	10,00	0,00	12,2	0,00
17 (TUB)	28,4	4,8	188.2	18,0	0.25	31,248	13,5	0,8	16,47	0,00
18 (AMA)	28,2	4,59	144.7	3,0	0.65	7,812	5,00	0,00	6,1	0,00
19 (TUB)	29,8	3,8	195.8	2,0	0.35	17,7072	0,00	0,00	0,0	0,00
20 (TUB)	29,2	4,24	204	6,0	0.85	29,1648	3,5	0,8	4,27	0,00

Fonte: Silva(2008)

5.2.1 Comportamento do Nível Estático

Os níveis estáticos das águas subterrâneas dos aquíferos mais superiores da área estudada podem ser vistos na figura 31. As profundidades variam de 0,85 a 8,8m (média de 4,033). Isso transmite muita probabilidade dessas águas serem alvos de contaminações diretas, em função da alta permeabilidade do

solo. Assim, interpretações a cerca de concentrações maiores ou menores de certos parâmetros, não podem ser feitas apenas em função do fluxo, zonas de descarga e recarga. Sendo mais apropriada uma relação com a profundidade da água no local, visto que, quanto mais raso, mais passível de contaminação estará o poço.

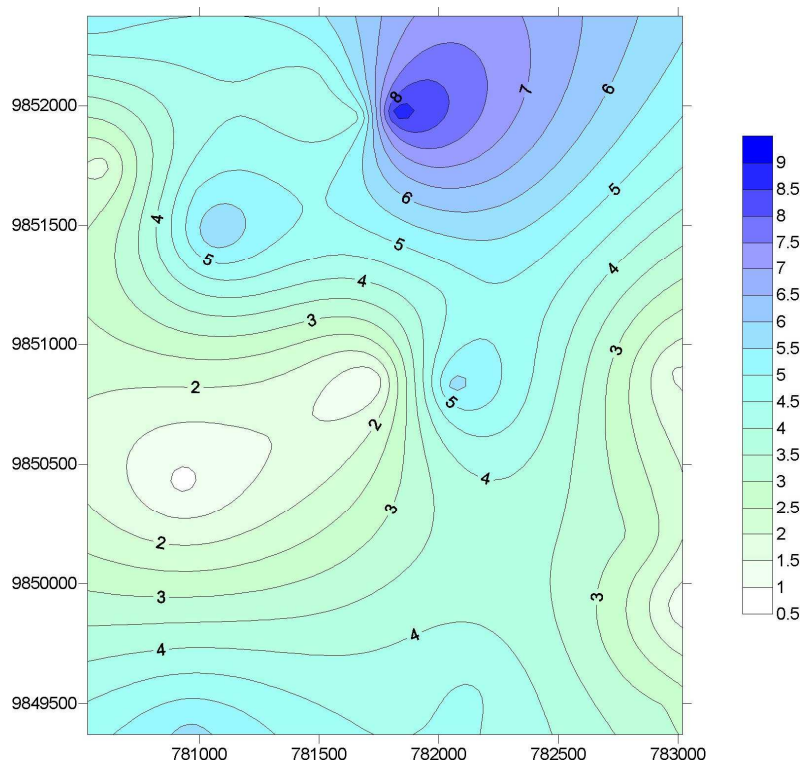


Figura 28 - Variação dos níveis estáticos na área estudada.
Fonte: Silva (2008)

Através da comparação do mapa de variação areal do nível estático, com os dos parâmetros analisados, podem-se estabelecer quais deles são mais influenciados pelas diferenças na profundidade do aquífero.

5.2.2 Resultados e Discussão.

pH

Representa a medida da concentração relativa dos íons de hidrogênio numa solução; Os valores de pH (figura 32) obtidos variam de 3,6 (Tub 7) até 5,43 (Tub 6), com uma média de 4,05.

Com base nesses valores as amostras podem ser divididas basicamente em dois grupos, um composto por 10 amostras (50%), as quais apresentam valores entre 3,5 e 4,0; e outro grupo composto por nove amostras (45%), que apresentaram valores menos ácidos, entre 4,0 e 5,5. A amostra AMA 3 não tem seu valor de pH apresentado por incerteza no valor medido..

Assim, essas águas podem ser consideradas como muito ácidas. Segundo Matta, 2002, essa acidez é típica da região amazônica, que em função da decomposição da matéria orgânica, produz ácidos orgânicos os quais apresentam grupos carboxílicos (COOH), que se dissociam liberando H^+ e diminuindo o pH das águas.

Segundo o Ministério da Saúde, o pH de águas próprias para o consumo deve estar entre 6,0 e 9,5. Sendo assim, as águas da área de estudo podem ser consideradas como impróprias para o consumo humano.

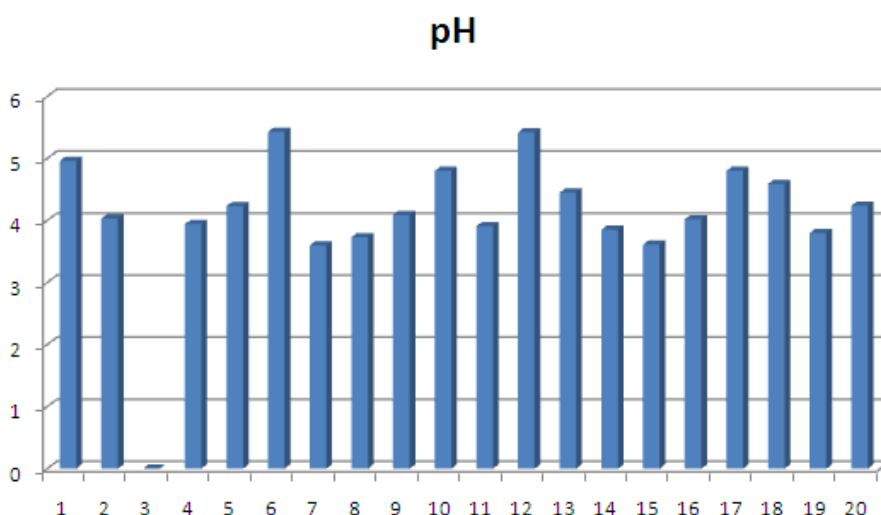


Figura 29 - Valores de pH obtidos para as 20 amostras coletadas. Não consta o valor da amostra 3.

Fonte: Silva (2008)

Os principais problemas que podem acarretar de águas com essa faixa de pH são doenças do sistema digestivo, como gastrites. Além disso, podem causar a corrosão de canos e tubulações (MATTA, 2002).

A figura 33 mostra a variação dos valores de pH dentro da área estudada. (Isso só tem sentido se for mostrado o mapa sobre a geografia da área, para que se possa analisar o que influencia os valores maiores e menores.)

Percebe-se a presença de três picos de valores (em azul claro), que não ultrapassam 5,5, e que representam os poços 6, 12 e 17. Se comparado com os mapas de cor aparente, turbidez e, principalmente, oxigênio consumido (figuras 57, 59 e 35, respectivamente), todos relacionados com quantidade de matéria orgânica, se percebe uma distribuição contrária de valores, evidenciando que os teores de matéria orgânica são os principais responsáveis pela diminuição do pH das águas.

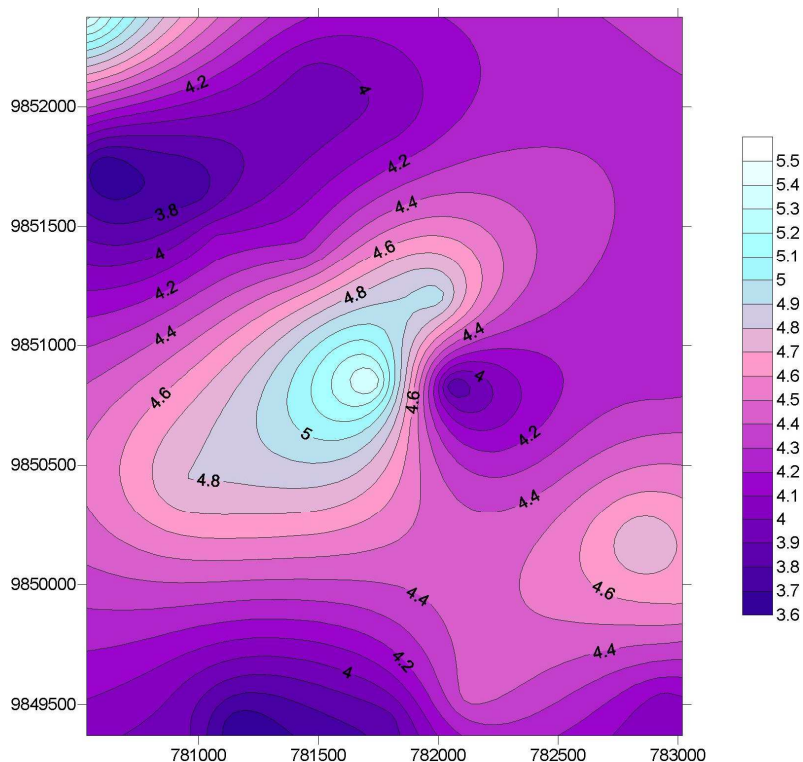


Figura 30 - Distribuição areal do pH dentro da BHIMF.
Fonte: Silva (2008)

Oxigênio Consumido (mg/L)

A determinação do Oxigênio Consumido (O.C.) fornece a quantidade de material orgânico, que é oxidável nas condições impostas durante o ensaio.

A informação sobre a quantidade do O.C. é útil para definir alterações da qualidade da água, além de indicar o desenvolvimento de microrganismo nas unidades de tratamento.



Figura 31 - Valores de oxigênio consumido das amostras de águas da BHIMF.
Fonte: Silva (2008)

Os resultados de oxigênio consumido obtidos nas análises foram todos valores baixos, como mostrados na figura 34. Sendo valores de 0,15 a 2,3 mg/L, com media de 0,63 mg/L. Dessas, 13 amostras (65%) apresentaram valores abaixo de 0,5; 4 amostras (20%) tiveram valores entre 0,5 e 1,2 mg/L; e uma amostra (5%) (Tub 11) apresentou um valor anômalo de 2,5 mg/L. Esse valor pode ser resultante de um foco de contaminação local, ou até mesmo, um erro de análise.

A distribuição dos valores de oxigênio consumido, aparentemente não mostra uma relação com a profundidade do nível estático (figura 35). Mostra uma semelhança com os mapas de cor aparente e turbidez, implicando uma relação entre esses parâmetros.

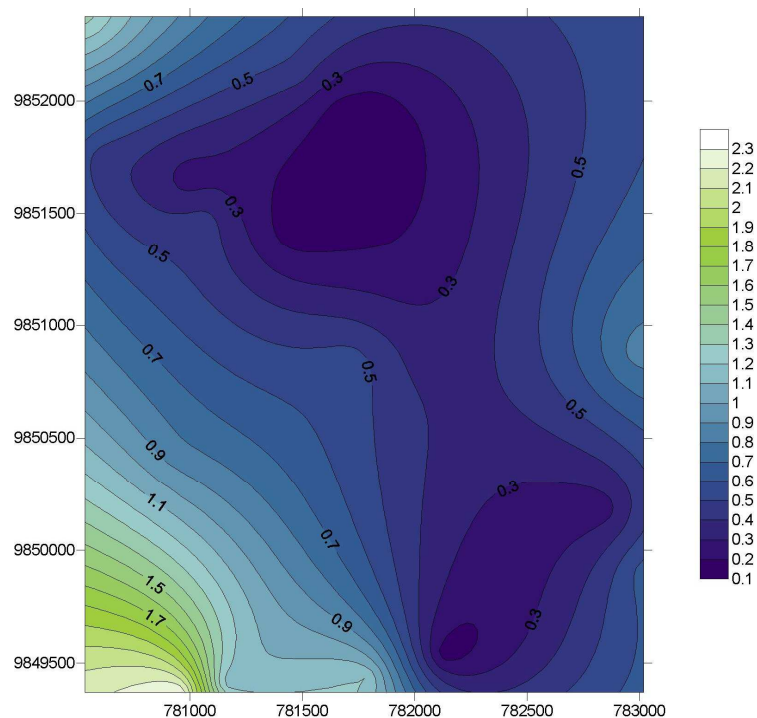


Figura 32 – Distribuição areal dos valores de oxigênio consumido.
Fonte: Silva (2008)

Sódio (Na^+)

É comum se encontrar o sódio em grandes quantidades em águas subterrâneas. É o principal responsável pelo aumento da salinidade de águas naturais (CPRM, 1997).

As concentrações de sódio (figura 36) variam de 4,5 mg/L (Tub 1) até 22,9 mg/L (Tub 12) tendo uma média de 10,8 mg/L. Portanto, os valores encontram-se bem abaixo dos valores máximos permitidos pela Portaria N° 518/04 do Ministério da Saúde, que é de 200mg/L.

O diagrama mostra que 10 amostras (50%) apresentam valores abaixo de 10 mg/L e os outros 50% estão entre 10 e 25 mg/L. Os maiores valores ficam por conta das amostras 6 e 12, que são responsáveis pelos picos de valores do mapa de distribuição areal de sódio (figura 37).

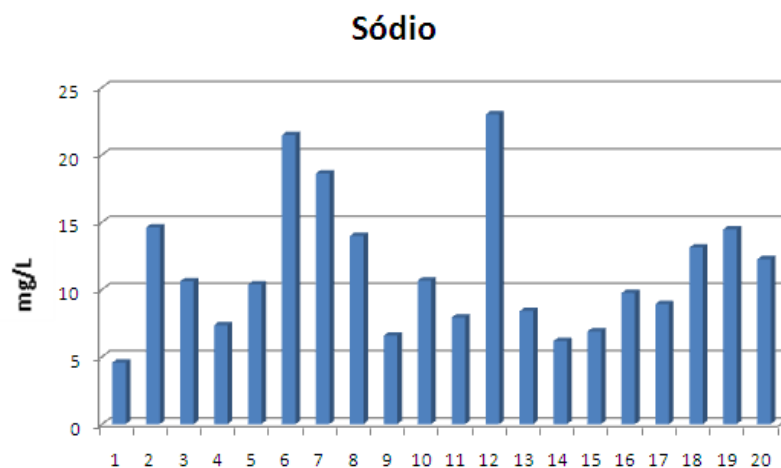


Figura 33 - Valores de Sódio (Na +) em mg/L.
Fonte: Silva (2008)

Segundo dados do CPRM, 1997, há, em geral, um aumento gradativo dos valores de sódio das águas subterrâneas a partir da zona de recarga do aquífero em direção às suas porções mais confinadas, o que não parece ocorrer na área estudada, visto que as maiores concentrações estão aparentemente relacionadas com os locais com níveis estáticos menores. Isso implica que os valores altos de cálcio não estão relacionados com o fluxo do aquífero, mas sim a focos de contaminação.

Quando comparado com o mapa de valores de cloreto, percebe-se uma grande semelhança, implicando que, a maior parte desse cátion está na forma de cloreto de sódio (NaCl).

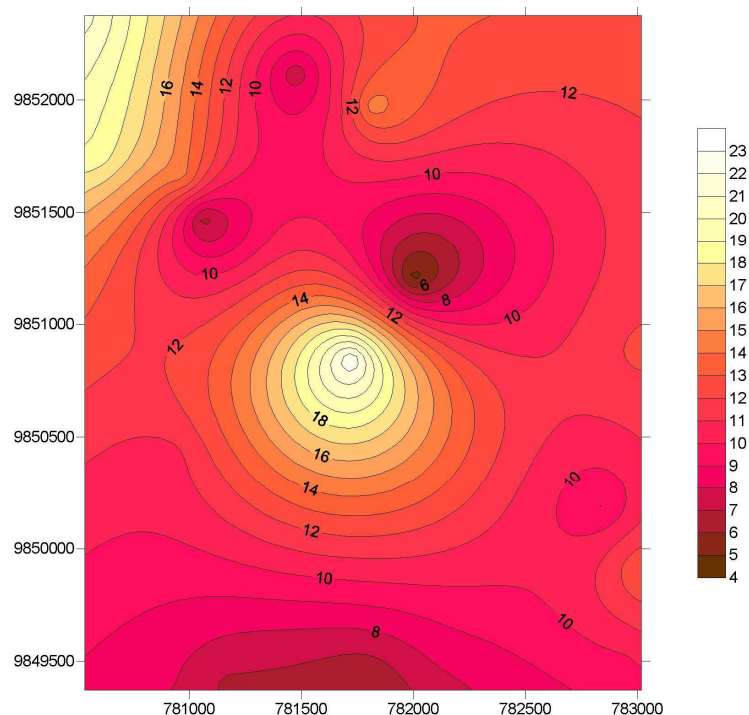


Figura 34 - Distribuição das linhas de isovalores de sódio.
Fonte: Silva(2008)

Potássio (K^+)

De modo geral, esse cátion é encontrado em pequena quantidade (frequentemente entre 1 e 5 mg/L) em águas subterrâneas, devido à sua intensa participação em processos de troca iônica, além da facilidade de serem absorvidos pelos argilominerais, e ainda, de seus sais serem utilizados pelos vegetais (MATTA, 2002)

Os valores de potássio (figura 38) variam de 0,43 (Tub 1) a 4,8 (Tub 12), e uma média de 1,79 mg/L. O gráfico mostra que 95% das amostras estão com valores abaixo de 2,8 mg/L. Uma só amostra apresenta um valor anômalo de 2,9 mg/L, aproximadamente, que pode ser atribuído a uma contaminação local ou a um erro de análise. Esse valor é responsável pelo aumento dos valores na poção central da área, como mostrado na figura 39.

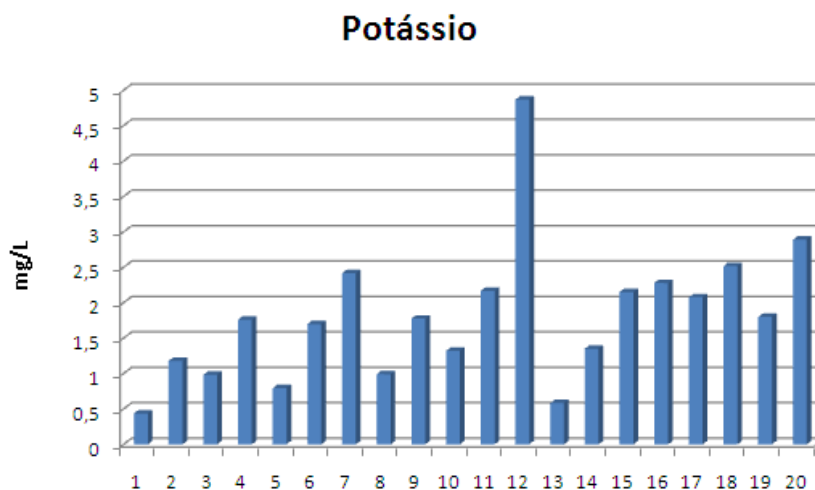


Figura 35 - Valores de potássio (K+).
Fonte: Silva (2008)

A Portaria N°. 518/04 do Ministério da Saúde não determina um valor desse parâmetro para águas potáveis, mas todas as amostras estão dentro dos valores esperados para águas subterrâneas.

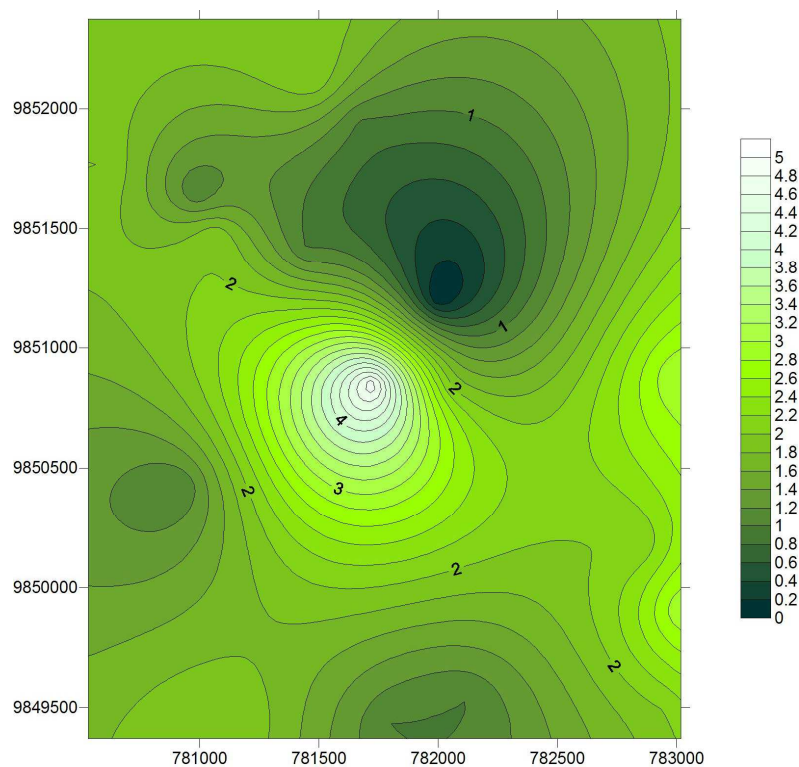


Figura 36 - Distribuição das curvas de isovalores de potássio na área de estudo.
Fonte: Silva (2008)

Cálcio (Ca^{+2})

O cálcio, em águas subterrâneas, apresenta, em geral, valores entre 10 e 100 mg/L, ocorrendo na forma de bicarbonato e raramente como carbonato. É o principal responsável pela dureza das águas (CPRM, 1997).

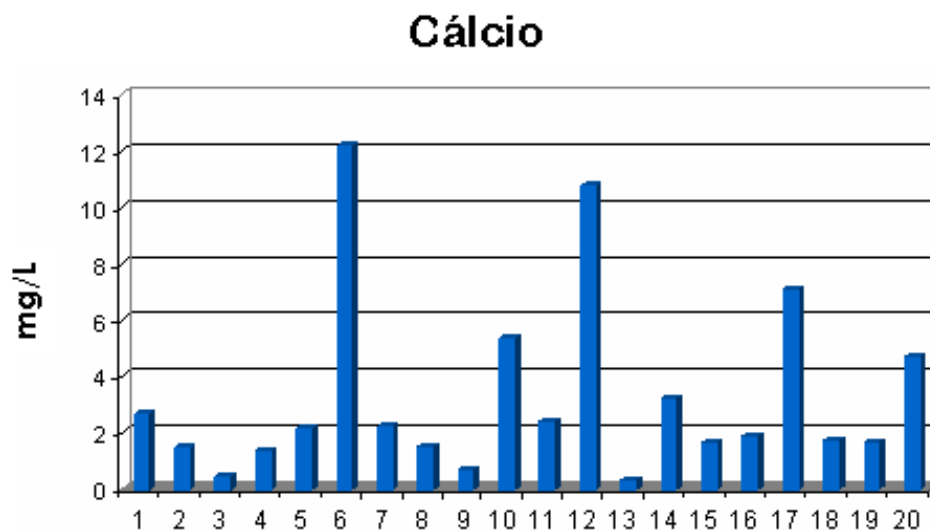


Figura 37 - Valores de cálcio (Ca^{+2}) em mg/L das amostras de água da BHIMF.
Fonte: Silva (2008)

Para as amostras analisadas os valores de cálcio variaram muito, com valores desde 0,14 (Tub 13) a 12,14 mg/L (Tub 6) e uma média de 2,75 mg/L. Como pode-se observar no gráfico 75% das amostras apresentam concentrações abaixo de 3 mg/L e os outros 25% apresentam teores maiores (figura 40). Os três maiores valores estão nos poços 6, 12 e 17, assim como o observado na interpretação de pH. .

Com relação aos padrões de potabilidade não há valores definidos a respeito desse parâmetro.

Os três poços que apresentaram as maiores concentrações formam os três picos de valores observáveis no mapa de distribuição do cálcio (figura 41). Essas concentrações estão aparentemente relacionadas às áreas com níveis estáticos mais rasos.

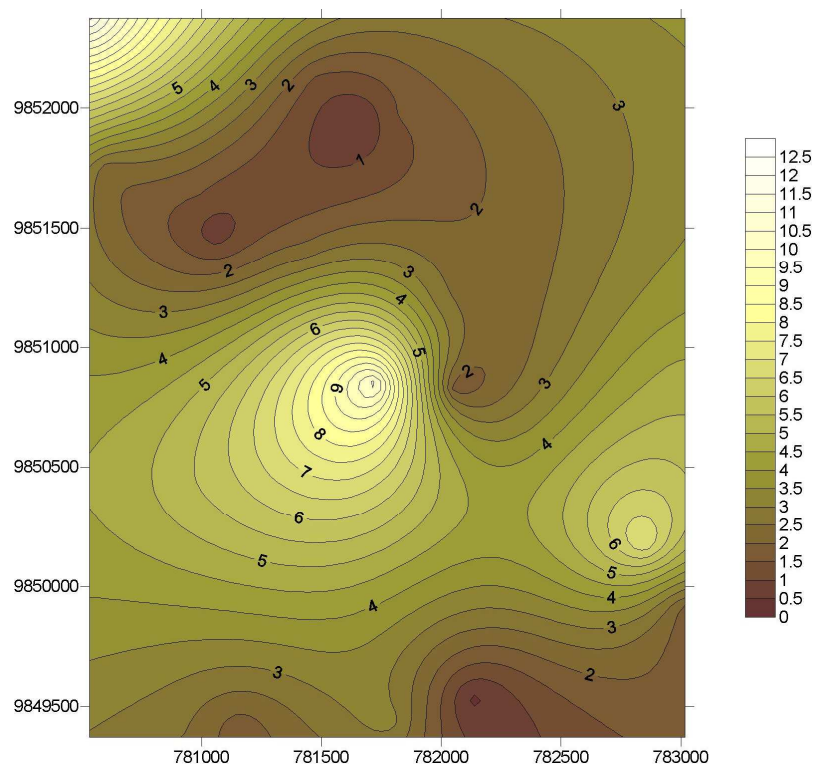


Figura 38 - Distribuição das linhas de isovalores de cálcio.
Fonte:Silva (2008)

Magnésio

Esse cátion apresenta comportamento geoquímico similar ao cálcio, acompanhando quase sempre esse elemento. É, no entanto mais solúvel que o cálcio. Junto com este, é o responsável pela dureza e produz gosto salobro nas águas (CPRM, 1997).

Os valores de magnésio (figura 42) variam de 0,09 (Tub 13) a 0,85 mg/L (Tub 12) e uma média de 0,37 mg/L. Com base no gráfico apresentado, as águas analisadas podem ser divididas em três grupos: um grupo constituído de 20% das amostras, com valores abaixo de 0,2 mg/L; outro com 60% das amostras, com valores intermediários (entre 0,2 e 0,5 mg/L); e o último com os maiores valores, representando 20% das amostras, com valores entre 0,5 e 0,9 mg/L.

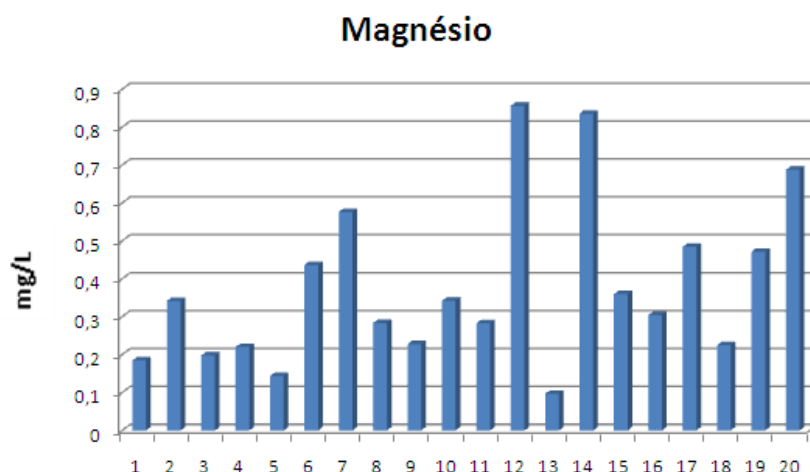


Figura 39 - Valores de magnésio em mg/L.
Fonte: Silva (2008)

Fazendo uma comparação entre os mapas de distribuição de valores de cálcio e magnésio (figura 43), se percebe que, ao contrário do esperado, esses dois cátions apresentaram comportamentos diferentes em dois de seus picos de valores, o que faz pensar que esses valores altos estão relacionados a uma contaminação local e de natureza diversa.

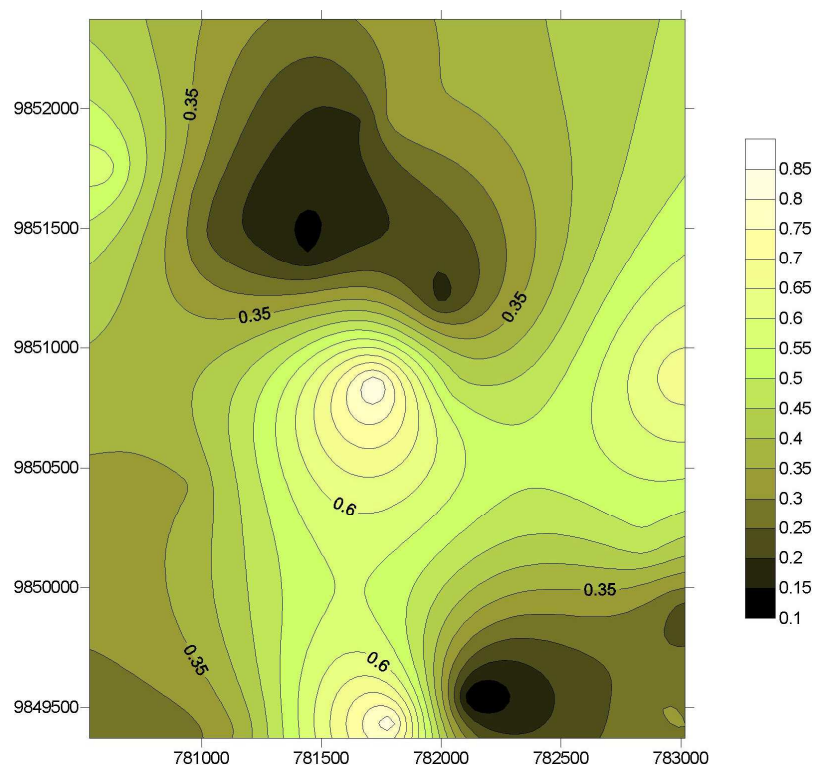


Figura 40 - Distribuição das curvas de isovalores de magnésio na BHIMF.
Fonte: Silva (2008)

Dureza

Águas duras são aquelas que exigem consideráveis quantidades de sabão para produzir espuma e é devida à presença de cátions metálicos divalentes. Os principais íons causadores de dureza são cálcio e magnésio tendo um papel secundário o zinco e o estrôncio.

Dureza é um parâmetro característico da qualidade de águas de abastecimento industrial e doméstico sendo que para águas potáveis são admitidos valores máximos relativamente altos, típicos de águas duras ou muito duras. Segundo a Portaria N° 518/04 o valor máximo permitido para águas destinadas ao consumo humano é de 500 mg CaCO₃/L.

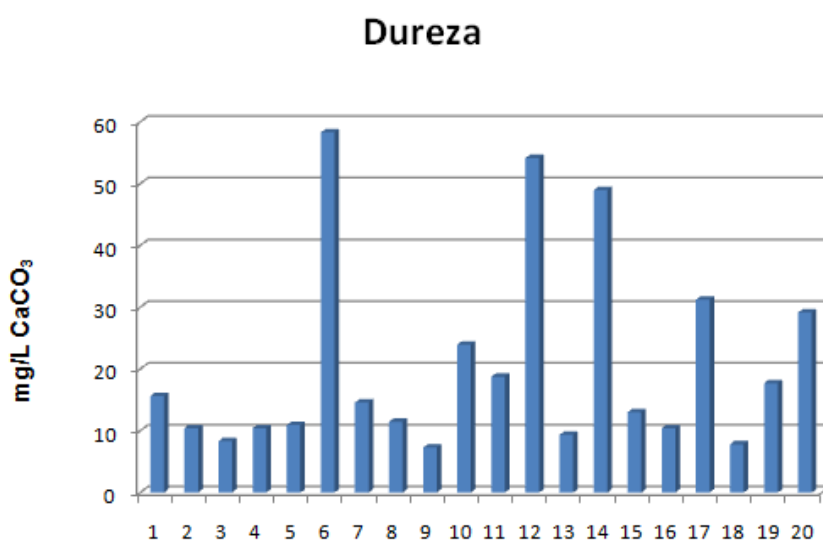


Figura 41 - Valores analíticos de Dureza.
Fonte: Silva (2008)

Segundo Boyd *apud* Baumgarten e Pozza (2001), as águas podem ser classificadas de acordo com seu grau de dureza total que apresentam como: de 0 a 75 mg/L CaCO₃ - branda; 75 a 150 mg/L CaCO₃ - moderadamente dura; 150 a 300 mg/L CaCO₃ - dura e; 300 ou mais mg/L CaCO₃ - extremamente dura.

Não há evidências que a dureza cause problemas sanitários (BAUMGARTEN POZZA, 2001).

Pelas análises das amostras coletadas, os valores de dureza (figura 44) mostram uma variação de 7,3 (AMA 9) a 58,33 mg/L CaCO₃ (TUB 6) e uma média de 19,89 mg/L CaCO₃. O gráfico mostra que há uma divisão evidente das amostras em relação a dureza, onde 70% das amostras apresentam valores abaixo de 20 mg/L e o restante (30%) apresenta valores entre 20 e 60 mg/L. apesar dessa grande variação, todas as amostras foram classificadas como águas de dureza branda.

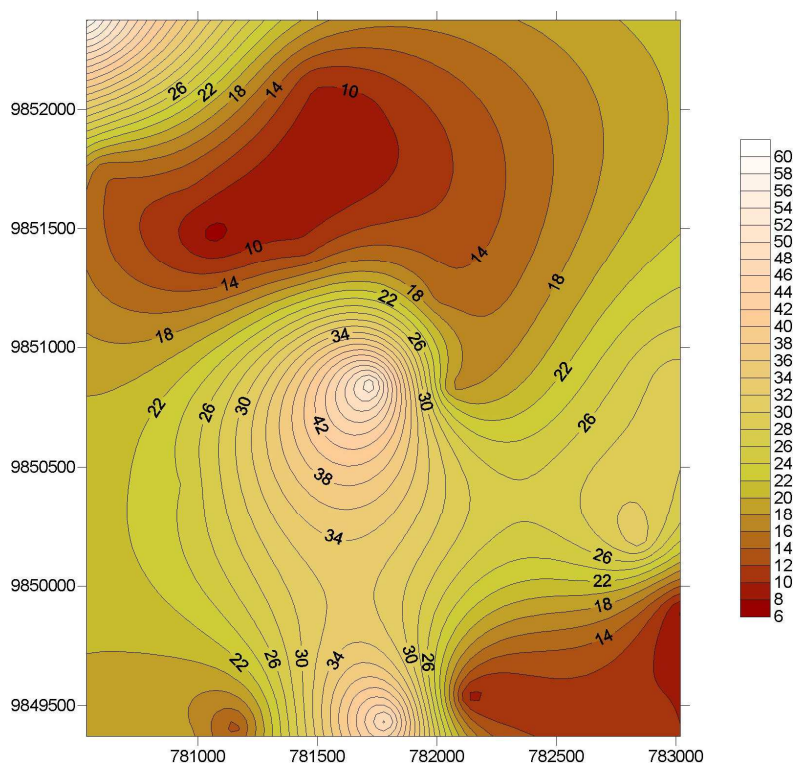


Figura 42 - Distribuição das curvas de isovalores de dureza na área de estudo.
Fonte: Silva (2008)

A figura 45 mostra a distribuição das curvas de isovalores de dureza dentro da área da Bacia do Mata Fome. Se comparado com os mapas de distribuição de cálcio e magnésio, pode-se perceber que os dois cátions influenciam de maneira diferente nos valores de dureza, de acordo com o local.

Amônia (NH_3):

É uma substância tóxica não persistente e não cumulativa e, sua concentração, que normalmente é baixa, não causa nenhum dano fisiológico aos seres humanos e animais. Ela é formada principalmente pela hidrólise da uréia (PARANHOS, 2001 *apud* BAUMGARTEN; POZZA, 2001) e geralmente está presente em pequenas quantidades em águas subterrâneas porque as partículas e argilas do solo a adsorvem e não a liberam facilmente (BAUMGARTEN ; POZZA, 2001).

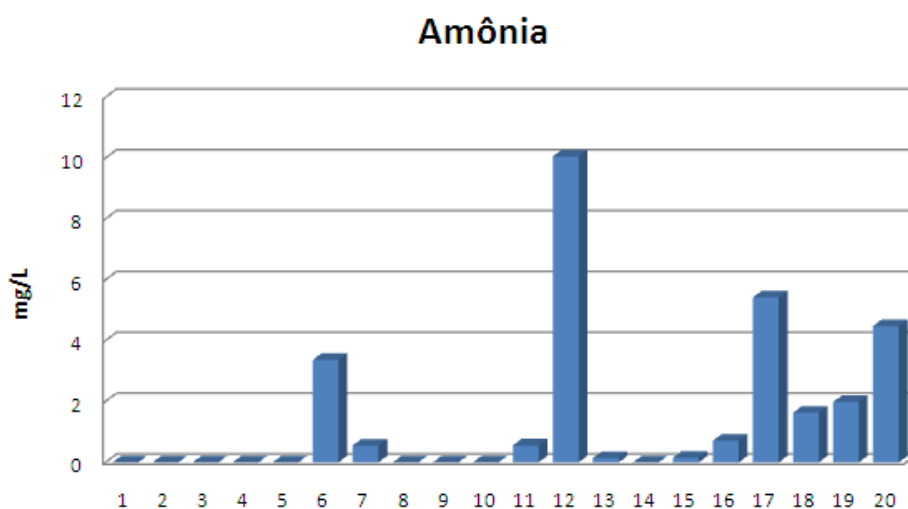


Figura 43- Valores de amônia em mg/L das amostras coletadas na BHIMF.
Fonte: Silva (2008)

Em locais poluídos, no entanto, seu teor costuma ser alto. O caminho de decomposição das substâncias orgânicas nitrogenadas é chegar ao nitrato, passando primeiro pelo estágio de amônia, por isso, a presença desta substância indica uma poluição recente.

Na área estudada, quantidades de amônia foram encontradas em onze (11) das vinte amostras analisadas. Dentre eles os valores são muito variáveis desde 0,14 até 10,06 mg/L (amostra 12). Como a Portaria estabelece um valor máximo de 1,5 mg/L de amônia para águas potáveis, 6 (seis) dos poços analisados apresentam valores maiores que esse, sendo provavelmente causados por contaminações locais. Os valores obtidos estão representados na figura 46.

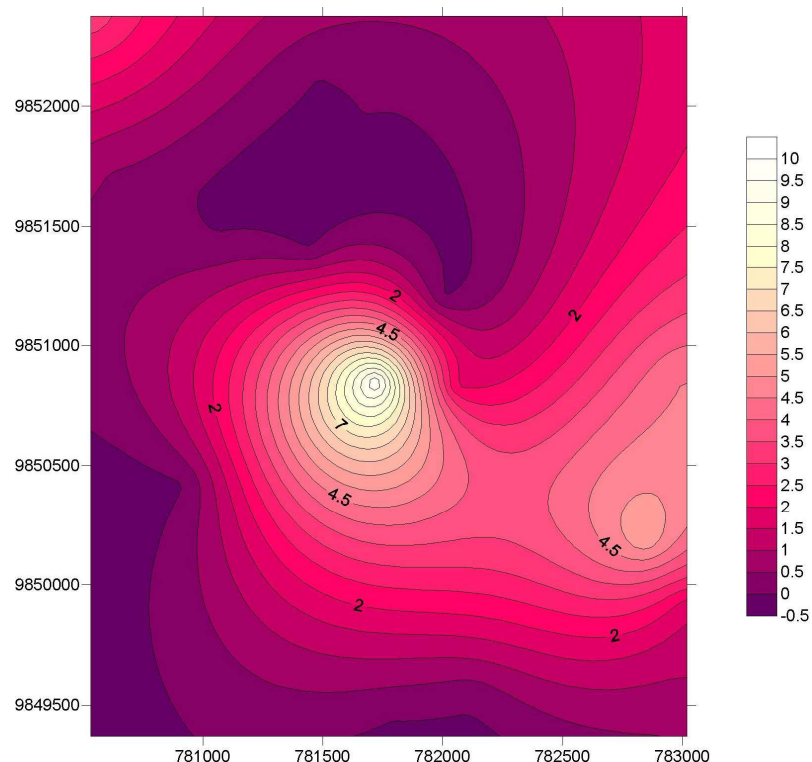


Figura 44 - Distribuição das curvas de isovalores de amônia dentro da área estudada.
Fonte: Silva (2008)

Como amônia é um indicador de contaminação recente, as áreas mais claras do mapa (figura 47), mostram os locais que hoje são mais vulneráveis à contaminação na área da Bacia do Mata Fome. Além disso, se comparado com o mapa de comportamento do nível estático, percebe-se uma tendência de maiores concentrações de amônia nas áreas onde os níveis de água estão mais rasos.

Nitrato (NO^{-3}):

É a forma mais comum de nitrogênio encontrado nas águas. É atualmente um dos maiores indicativos de contaminação em função de que representa os estágios finais de decomposição da matéria orgânica.

Segundo Matta, 2002, valores superiores a 5 mg/L em águas subterrâneas é sinal de uma possível contaminação causada por ação humana como fossas sépticas, depósito de lixo, resíduos animais, cemitérios, atividades agrícolas.

Os valores de Nitrato (figura 48) apresentaram variação de 3,06 até 76,04 mg/L e uma média de 36,68 mg/L. O padrão de potabilidade, segundo a Portaria 518, para Nitrato é de 10mg/L.

Assim, em relação aos valores de nitrato, podemos dividir as águas estudadas em três grupos: três amostras (15%) com valores inferiores a 5mg/L, são, portanto, as amostras livres de contaminação; uma amostra (5%) entre 5 e 10 mg/L, contaminada mais ainda própria para consumo; e um grupo com dezesseis amostras (80%) com valores maiores que 10 mg/L. Portanto, em termos de potabilidade, 80% das amostras encontram-se impróprias para o consumo humano.

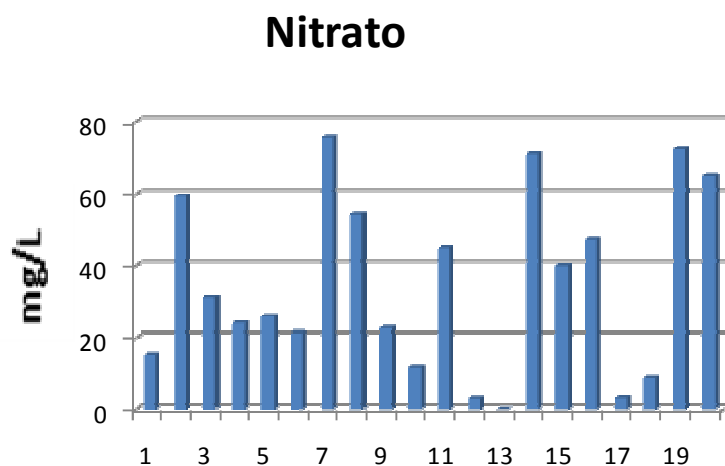


Figura 45 - Valores analíticos de Nitrato.
Fonte: Silva(2008)

Segundo Hill et al. *apud* Matta 2002, existem indícios de relação entre câncer gástrico e o consumo de águas com altos teores de nitrato. Silva *apud* Baumgarten e Pozza (2001) diz que quantidades excessivas de nitrato em águas de abastecimento podem causar o mal chamado metemoglobinemia (síndrome do bebê azul), que pode acometer crianças de até três meses de idade.

A distribuição areal das curvas de nitrato (figura 49), se comparado aos demais, apresenta os valores mais anômalos entre os parâmetros analisados. Esse parâmetro mostra um comportamento praticamente contrário ao da amônia, considerando que os teores tendem a se concentrar nas porções não tão rasas do aquífero, mostrando que o mesmo não é, na maioria dos casos

resultado de uma contaminação direta, mas sim que tende a se concentrar com o fluxo, à medida que se ocorrem os processos de decomposição da matéria orgânica.

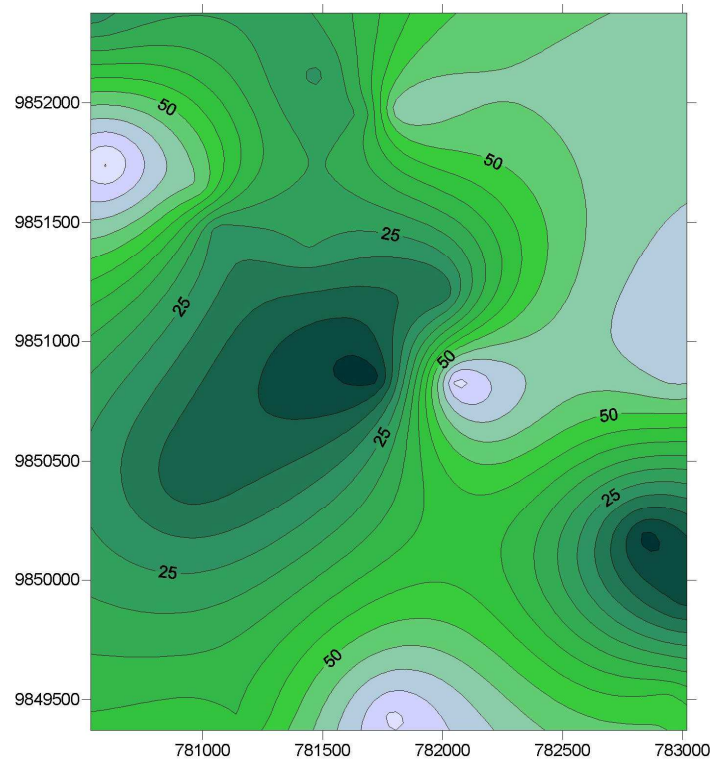


Figura 46 - Distribuição areal dos valores de nitrato na Bacia do Mata Fome.
Fonte: Silva (2008)

Aparentemente o Cemitério do Tapanã pouco influencia os valores de nitrato da área estudada.

Cloreto (Cl^-)

Altos teores de cloreto em águas subterrâneas são resultantes de ação antrópica como esgotos sanitários e resíduos industriais, uma vez que o contato que a água tem com as rochas não costuma influenciar nesse parâmetro. (MATTA, 2002)

É um importante parâmetro a ser analisado em trabalhos de qualidade de água uma vez que influencia no sabor da água, torna-a mais dura e atrapalha o metabolismo de seres orgânicos. Além disso, gera corrosão de estruturas de metal e incrustação em tubos de revestimentos. (MATTA, 2002)

Segundo Santos *apud* Matta, 2002 em águas subterrânea, os teores de cloretos dificilmente ultrapassam 100 mg/L. O valor máximo permitido pela Portaria N° 518/04, para águas potáveis é de 250 mg/L.

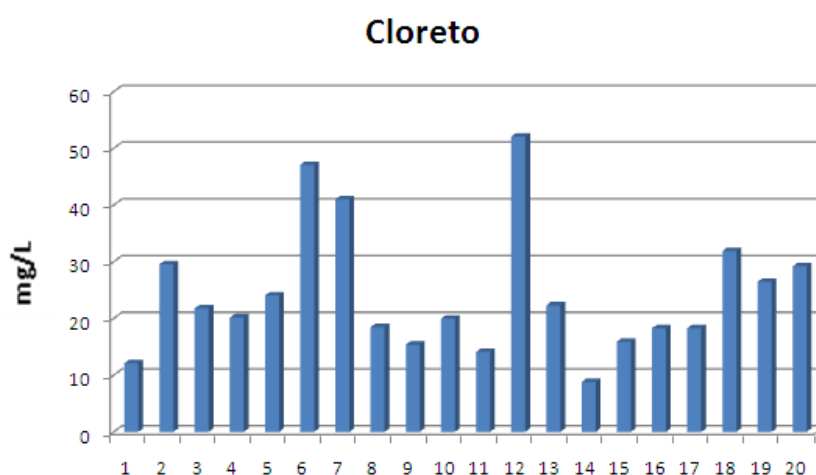


Figura 47 - Valores de cloretos das águas da BHIMF
Fonte: Silva (2008)

Os valores de cloreto (figura 50) das amostras do Mata Fome variaram de 8,79 (TUB 14) a 52,08 mg/L (TUB 12) e uma média de 27,63 mg/L, apresentando valores dentro do esperado e dos VMP nos padrões de potabilidade. O gráfico mostra que para os valores de cloreto, as águas podem ser divididas em três grupos: um constituído de 5% das amostras e representam o valores abaixo de 10 mg/L; outro, do qual fazem parte a maioria das amostras (80%), no intervalo de 10 a 32 mg/L e três amostras com o valor mais altos, entre 32 e 53 mg/L.

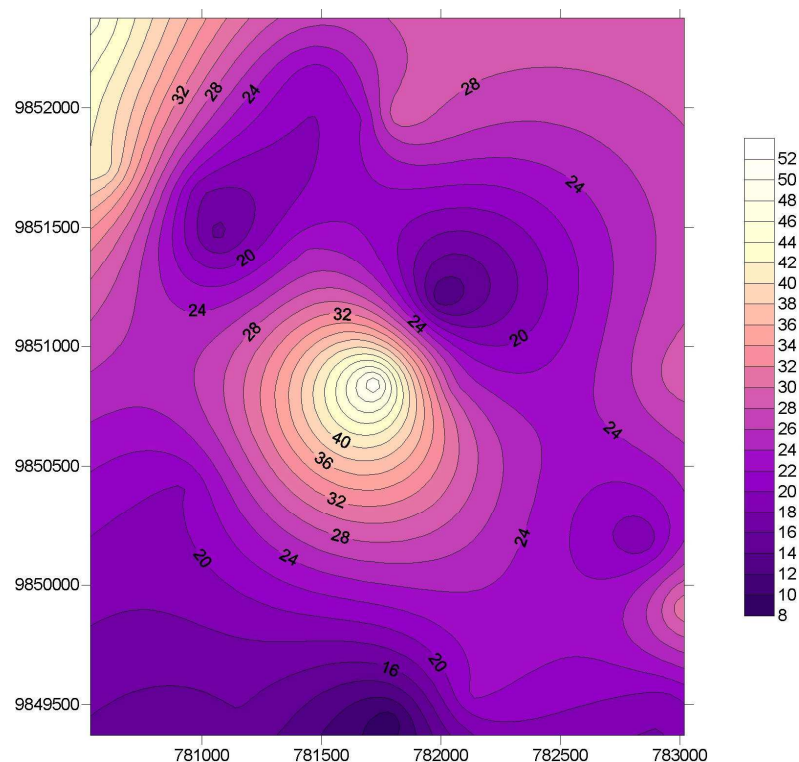


Figura 48 - Distribuição real dos valores de cloreto.
Fonte: Silva(2008)

Como na maioria dos demais parâmetros, o maior valor de cloreto ficou por conta da amostra 12, criando um pico de valor na porção central do mapa (figura 51). No geral, os valores de cloreto aumentam para o norte da área.

Assim como o sódio, as concentrações de cloreto parecem estar relacionadas com níveis estáticos pequenos. Isso, no entanto, não parece ser aplicável na porção nordeste da área, onde, apesar dos níveis de água estar mais profundos, ambos mostram valores consideráveis, tratando-se aparentemente de um possível contaminante potencializado.

Sulfato (SO_4^{-2}):

Para os valores de Sulfato (figura 52), seis amostras (30%) não apresentaram qualquer teor de sulfato. O restante mostrou valores baixos (média de 12,29 mg/L), com exceção das amostras 12 (37,53 mg/L) e 17 (52,04 mg/L). Esses teores estão dentro do esperado para águas subterrâneas (abaixo de 100mg/L

- CPRM, 1997) e dos valores estabelecidos, para padrões de potabilidade, pelo Ministério da Saúde (250 mg/L).

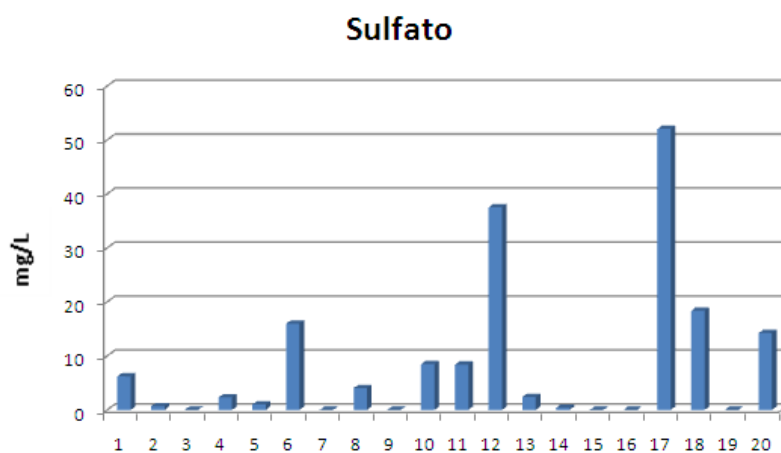


Figura 49 - Valores de Sulfato.
Fonte: Silva(2008)

Como se observa no mapa (figura 53) o parâmetro sulfato mostrou uma anomalia em relação aos outros parâmetros, mostrando um pico de valor na porção sudeste da área, significando que se trata de uma contaminação local desse ânion. Outros parâmetros que mostraram valores consideráveis nesse ponto são cálcio e amônia.

É importante observar que, como os teores de sulfato são elevados em águas marinhas, seria de se esperar uma influencia da Baía do Guajará, por se tratar de um estuário, nos valores de sulfato das amostras, o que não parece ocorrer.

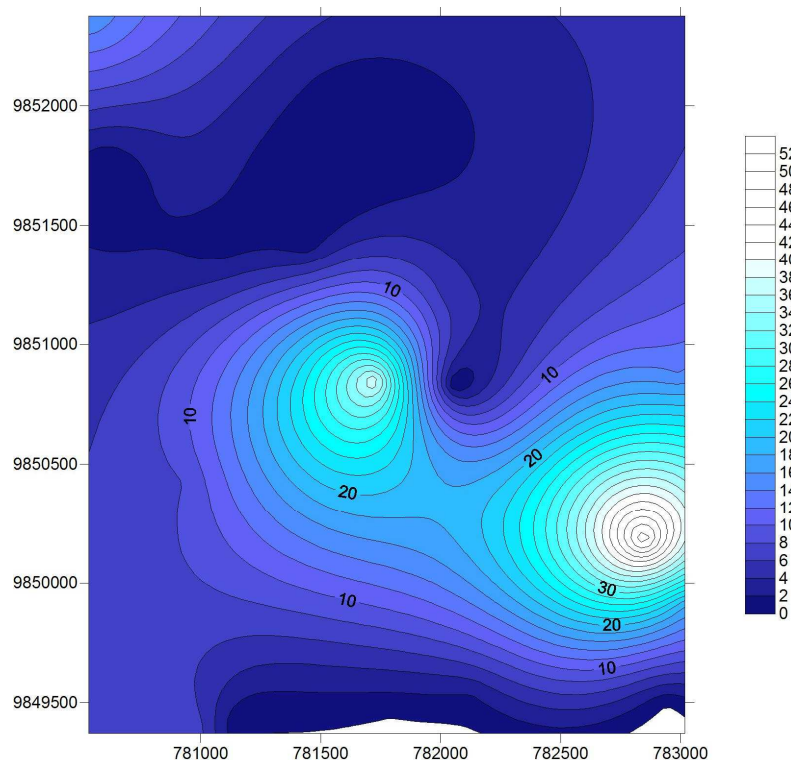


Figura 50 - Curvas de isovalores de sulfato na área estudada.
Fonte: Silva(2008)

Alcalinidade

A alcalinidade da água é definida como a capacidade de uma água neutralizar ácidos, sendo uma consequência direta da presença e/ou ausência dos íons carbonato, bicarbonatos e hidróxidos.

Os valores da alcalinidade (figura 54), de modo geral, foram baixos, sendo que dez amostras (50%) apresentaram valores nulos; 40% apresentaram valores abaixo de 20 mg/L CaCO_3 e 10%, representado pelos poços 6 e 12, mostraram valores muito altos entre 50 e 70 mg/L CaCO_3 . Esses poços são os responsáveis pelos dois picos de valores mostrados no mapa de distribuição da alcalinidade na área de estudo. Não existe, na legislação, VMP para alcalinidade.

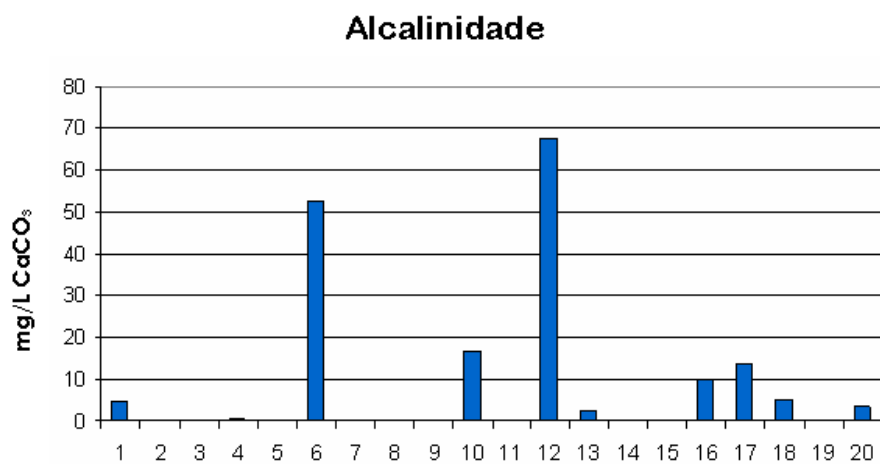


Figura 51 - Valores de alcalinidade total.
Fonte: Silva(2008)

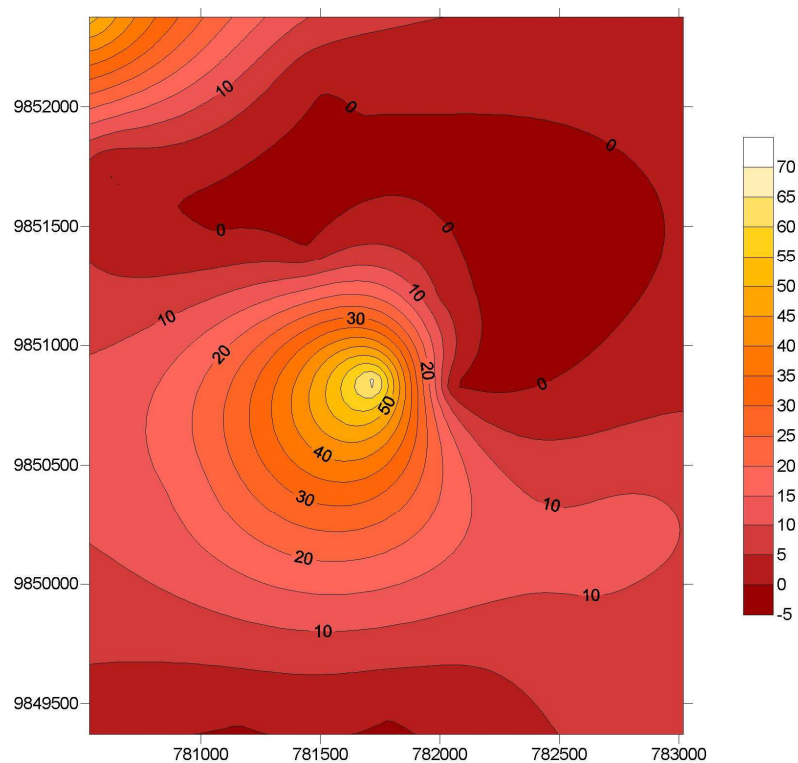


Figura 52 - Distribuição das curvas de isovalores de alcalinidade na bacia do Mata Fome.
Fonte: Silva(2008)

Nas áreas mais escuras (figura 55) os valores foram iguais a zero, o que é explicado pelos valores baixos de pH.

Cor Aparente (APHA)

Segundo Baumgarten & Pozza (2001), a coloração da água se origina através de sólidos dissolvidos, decomposição da matéria orgânica que libera compostos orgânicos complexos como ácido húmicos, ferro e manganês. A cor da água não representa riscos à saúde, mas através dela se pode questionar a confiabilidade da água.

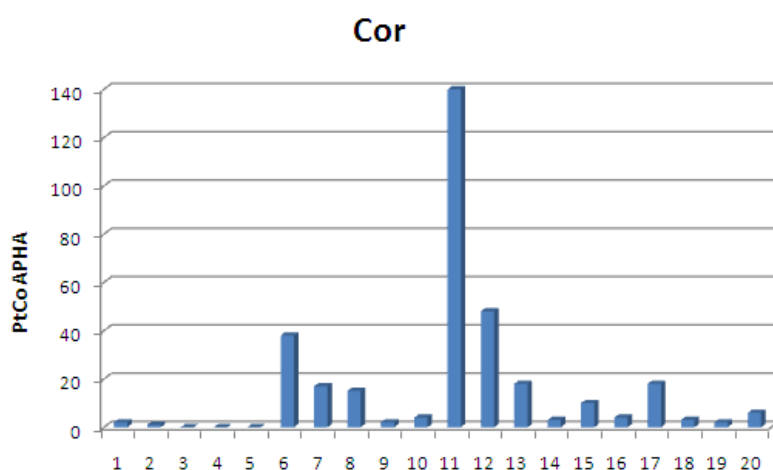


Figura 53 - Valores de cor para as vinte amostras coletadas.
Fonte: Silva(2008)

As amostras analisadas apresentaram valores de cor aparente bastante variados. A partir do gráfico (figura 56), pode-se definir dois grupos de águas, um correspondente a 15% das amostras, que não apresentaram valores de cor aparente e outro representado por 80% das amostras, com valores entre 1 e 48 APHA. Uma amostra apresentou um pico de 140 APHA, considerado anômalo em relação aos outros.

Segundo a portaria N° 518 o VMP, para os padrões de potabilidade para cor aparente é de 15 APHA. Assim, 30% das amostras estão com valores acima do permitido parecendo significar contaminações de vários tipos.

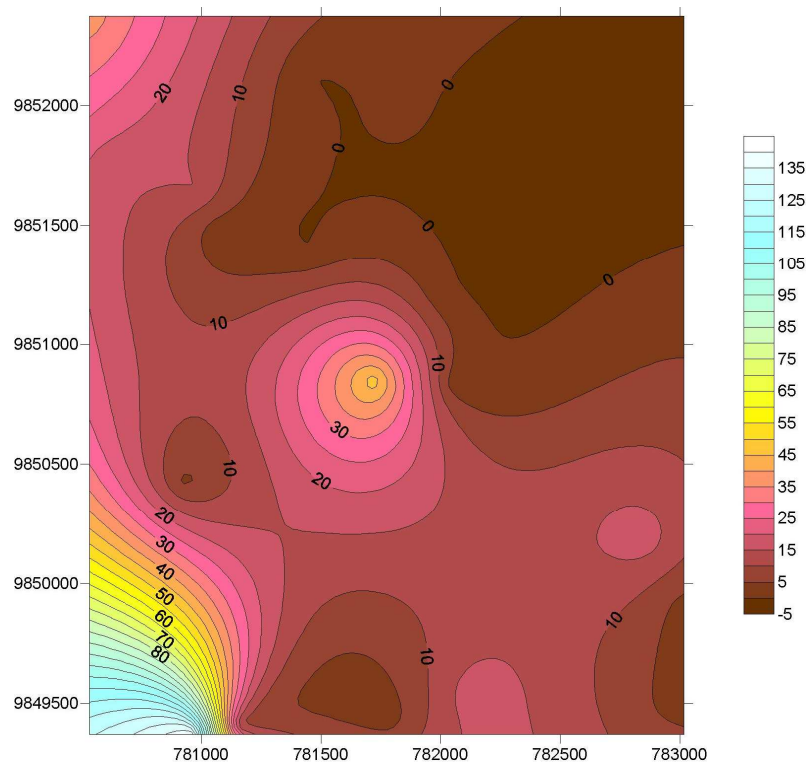


Figura 54 - Curvas de isovalores de cor.
Fonte: Silva(2008)

Quando se compara o gráfico de valores de cor aparente (figura 57) com o de oxigênio consumido, percebe-se, que ambos os parâmetros mostram seus valores máximos e anômalos na amostra 12, o que comprova a relação entre cor e matéria orgânica.

Turbidez

É a dificuldade da água para transmitir a luz, provocada pelos sólidos em suspensão (silte, argila, matéria orgânica etc.) que sujam a água dificultando a passagem da luz.

A partir da observação do gráfico de valores de turbidez (figura 58), as amostras podem ser agrupadas em três categorias: sete amostras (35%) com valor igual a zero; dez amostras (50%) com valores variando de 0,1 a 0,9 UNT; e três amostras (15%) com valores anômalos, muito mais altos que as demais.

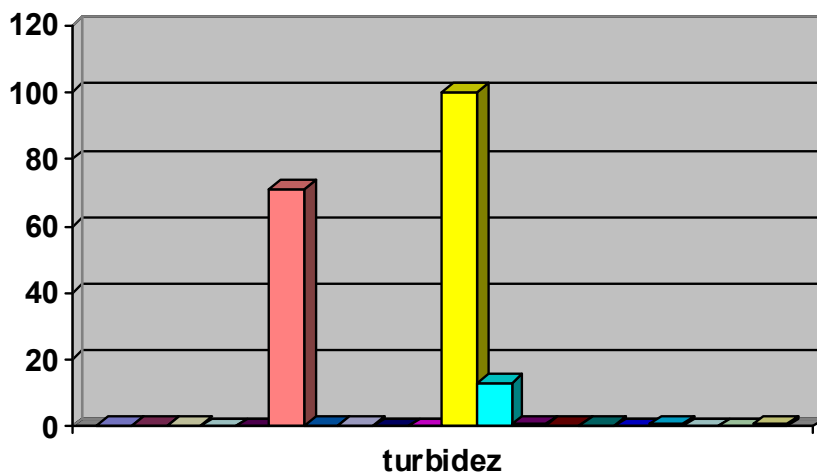


Figura 55 - Variação da turbidez (em UNT) nas amostras analisadas.
Fonte: Silva(2008)

A Portaria 518/04 estabelece como VMP de turbidez 5,0 UNT. Assim, 5% das amostras estão com os valores acima do estabelecido. As águas subterrâneas, apresentam, em geral valores baixos de turbidez. Assim, os poços que apresentaram valores muito altos, em especial o poço 12 provavelmente está sendo alvo de contaminação.

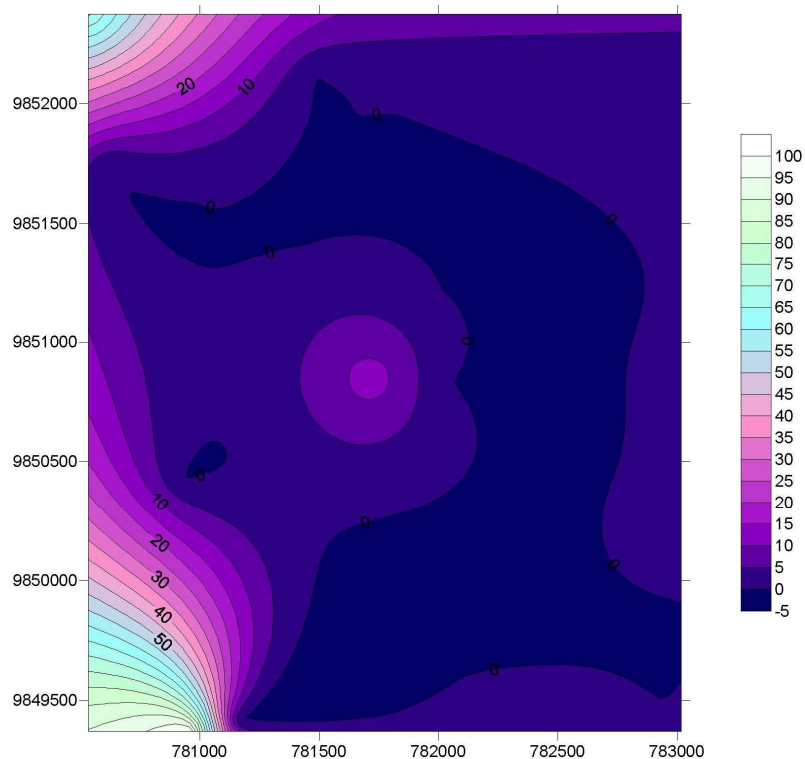


Figura 56 - Curvas de isovalores de turbidez.
Fonte: Silva(2008)

O mapa evidencia os dois picos de valores (cores claras) de turbidez (Figura 59). Apresenta certa similaridade com o mapa de distribuição de cor, o que confirma a relação entre os dois parâmetros.

Condutividade Elétrica ($\mu S/cm$)

A condutividade elétrica é a facilidade da água de conduzir corrente elétrica. Está relacionado com a presença de cátions e ânions, provindo de sais dissolvidos na água. É um parâmetro importante na análise de águas subterrâneas, pois mede o grau de mineralização das águas que, por sua vez, está diretamente associado aos padrões de potabilidade ao consumo humano (MATTA, 2002).

Esse parâmetro tem uma relação direta com a temperatura, pois quanto maior a temperatura, mais alta será os valores de condutividade elétrica. Nesse trabalho se adotou os valores de condutividade correspondentes à temperatura ambiente (25°C).

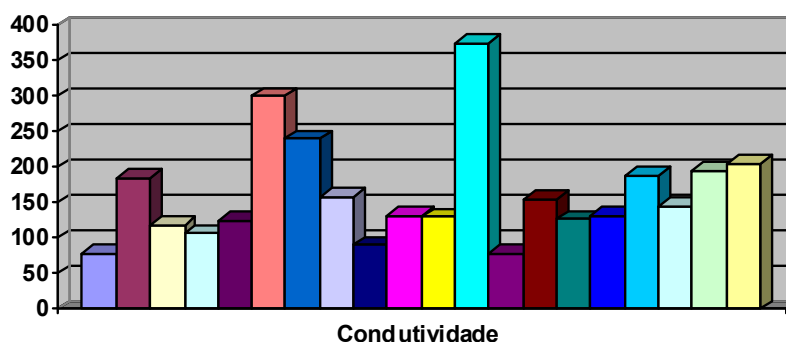


Figura 57 - Variação da condutividade na Bacia.
Fonte: Silva(2008)

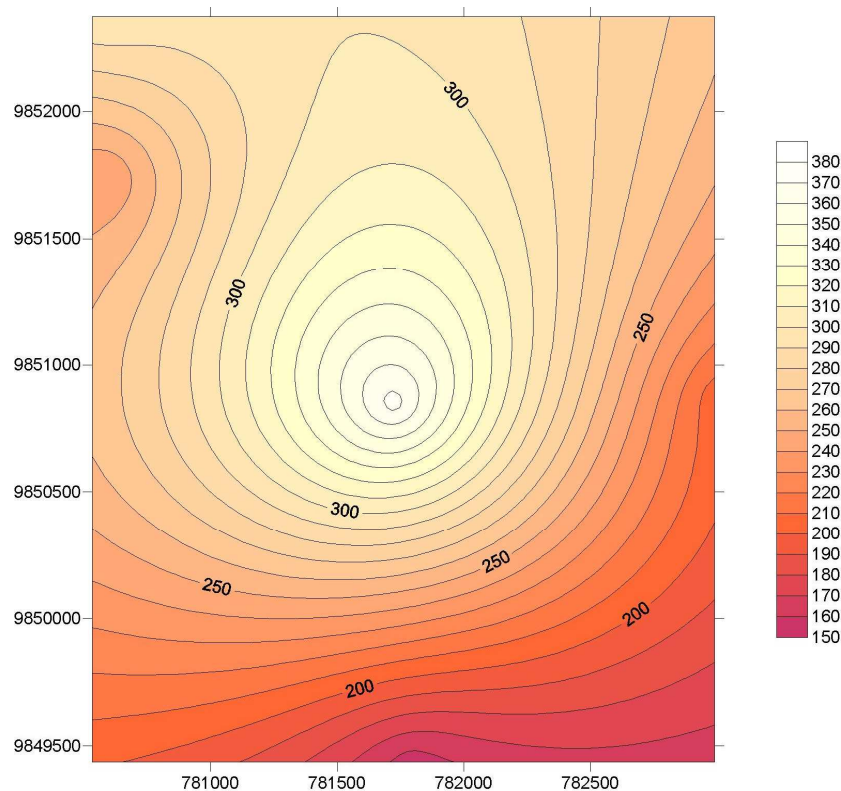


Figura 58 - Curvas de isovalores de condutividade elétrica.
Fonte: Silva (2008)

Os valores obtidos são mostrados na figura 60 e mostram uma variação de 77,7 a 375 $\mu\text{S}/\text{cm}$, com uma média de 147,14. Os valores mais altos ficam por conta dos poços 6 e 12, assim como em outros parâmetros. Por esses valores, pode-se relacionar a condutividade elétrica, na área estudada como diretamente relacionada com os íons cálcio, sódio, amônia, cloreto e bicarbonato.

No entanto, ao se analisar o mapa de distribuição areal dos valores de condutividade (figura 61), o mesmo apresenta uma certa diferença com os demais parâmetros, com apenas um pico de valor. Como, no geral, os valores de condutividade aumentam para o norte da área, pode-se considerar uma tendência semelhante a do cloreto.

5.2.3 Síntese da Qualidade das Águas Subterrâneas.

Segundo as análises realizadas, as águas subterrâneas da BHIMF, são consideradas inapropriadas para o consumo humano, visto que, em todas as amostras, pelo menos um dos parâmetros mostrou resultados fora do permitido pela Portaria N° 518/04 do Ministério da Saúde, indicando fontes de contaminação.” (SILVA 2008).

Esses resultados de alguma forma já eram esperados, uma vez que os poços da região da BHIMF são, em sua maioria, construídos fora dos padrões técnicos e sem obedecer às mínimas normas de higiene, explotando águas de aquíferos já contaminados, seja por fossas, postos de combustíveis, etc.

Uma possível saída para essa situação é a construção de um sistema de abastecimento de água a partir de poços profundos que extraíam água do aquífero Pirabas (superior e/ou inferior) que apresenta, segundo Matta 2002, água própria para o consumo humano.

5.3 COMPORTAMENTO DO FLUXO HÍDRICO SUBTERRÂNEO

O comportamento geométrico dos fluxos hídricos subterrâneos (figura 62) é um dos parâmetros mais importantes na avaliação de risco de contaminação das águas subterrâneas, pois, juntamente com outras informações hidrogeológicas é indispensável no estudo da evolução de plumas de contaminação.

O mapa de fluxo hidráulico mostrado através das linhas equipotenciais e a direção e sentido dos gradientes para a BHIMF mostra que existem duas áreas em que os vetores de fluxo são convergentes para valores de potenciais hidráulicos inferiores a 6 metros. Isso caracteriza duas áreas de descarga hidráulica do aquífero superior. Uma delas localiza-se no setor norte nordeste da área e a outra no setor sudoeste.

Uma área de recarga do aquífero superior se caracteriza pela presença de vetores de fluxo divergentes e aparece na área no setor NW. Ali aparecem valores de linhas de fluxo superiores a 12 metros.

No mapa de fluxo, onde os gradientes convergem e as cotas dos níveis estáticos são baixas, significa que fluxo migra para este sentido, configurando uma zona de descarga para o sistema hidrogeológico. O ponto de divergência mostra por onde o sistema aquífero se alimenta.

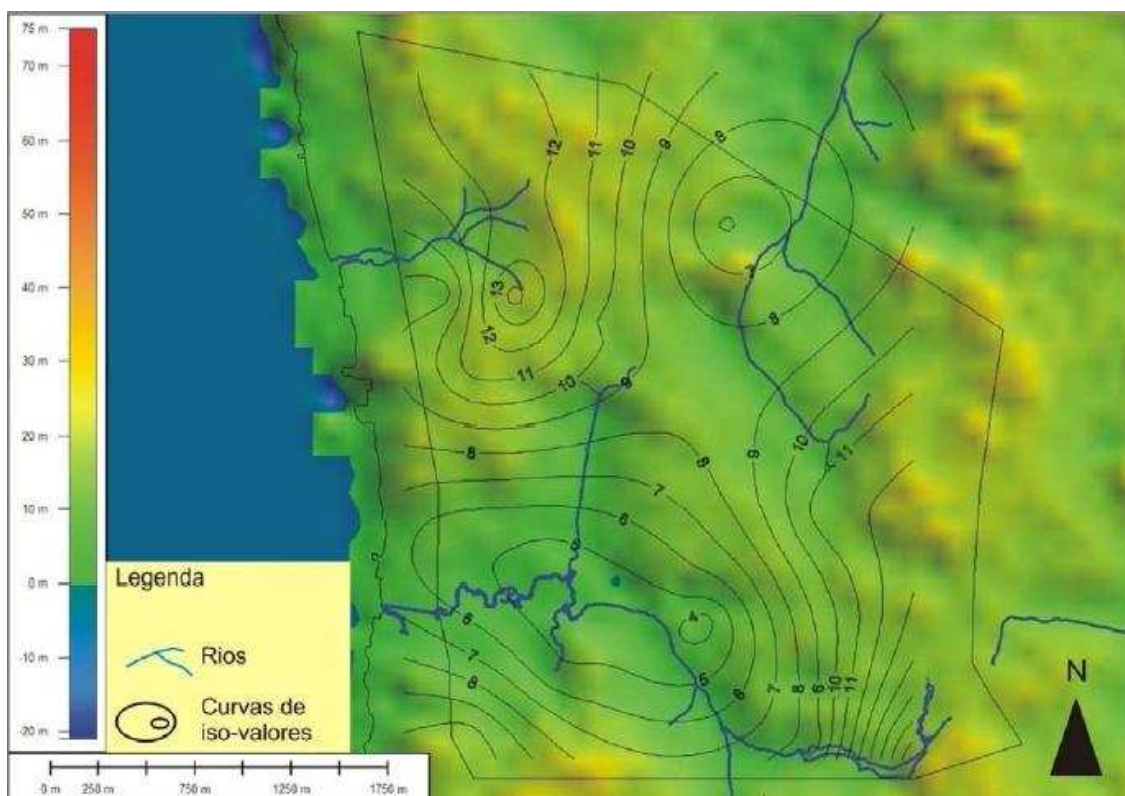


Figura 60: Curvas equipotenciais e relevo da BHIMF (CRAVEIRO 2007)

A sucessão das linhas equipotenciais (figura 63) inserida na base topográfica da BHIMF revela vários indicadores referentes à qualidade de água e fatores de contaminação. O controle fornecido dos pontos de alimentação e descarga do aquífero superior mostra que:

- Mediante um aquífero livre, a vulnerabilidade se configura pelos esgotos pluviais, cujo trajeto que a água faz segue a topografia do terreno. As zonas de descarga coincidem com as cotas mais baixas do terreno. Logo, para a população que explora água nas zonas de descarga, os níveis de contaminação são maiores, já que parte do esgoto pluvial é carreado para essas áreas;
- A relação entre o igarapé do Mata Fome e o sistema aquífero livre medido é claramente efluente, ou seja, o igarapé é alimentado pelo sistema subterrâneo. Nota-se, pois, as zonas de descarga dos aquíferos coincidem com o canal principal do igarapé;

- Os altos topográficos controlam o nível estático dos aquíferos explorados, ou seja, as zonas de recarga concordam com as maiores cotas do terreno. O fator negativo para esta análise é que, como verificados em campo, as maiores fontes de contaminação estão nesses pontos, o que facilita a dispersão dos poluentes;
- Para o inevitável uso dos sistemas hidrogeológicos Aluviões e Pós-Barreiras, as zonas de descarga são as menos indicadas. O paradoxo reflete a relação entre relevo e potencial hidráulico, que por gravidade, carrega os contaminantes químicos e os concentra nos níveis de potencial hidráulico mais baixo;
- A porção retilínea do igarapé não é devido à geologia local, mas sim a intervenção antrópica, que paralelizou o canal à disposição das vias, porém o relevo mostra que o braço do igarapé está inserido em um pequeno vale, controlado por dois divisores de águas.

5.4 CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS

Pelo diagrama de Piper (figura 64) as águas analisadas são predominantemente sódicas e cloretadas, com afinidades mistas e sulfetadas. Relacionado, aos valores de dureza, foram classificadas como águas de dureza branda.

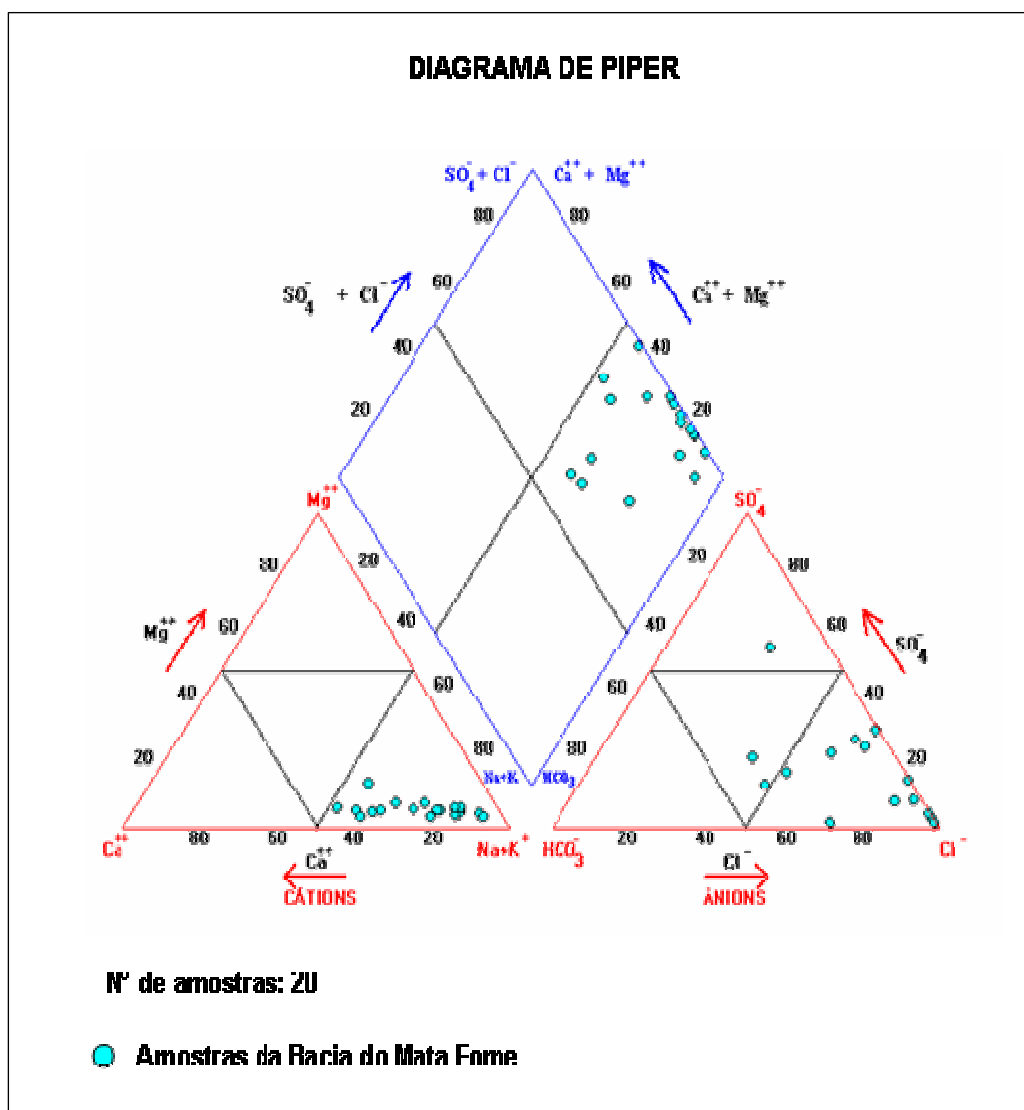


Figura 61 - Diagrama de Piper utilizado para a classificação iônica das águas subterrâneas da BHIMF.
Fonte: Silva (2008).

5.5 ANÁLISE GERAL DAS ÁGUAS DA BHIMF

As águas do igarapé Mata Fome não se encontram aptas para o consumo humano devido sua contaminação por efluentes domésticos, pelo lançamento de esgotos sem tratamento nos rios, ou então por vazamentos em redes de esgotos e/ou pela utilização de fossas sépticas e negras por parte da população. O consumo e abastecimento humano atual na área são

inapropriados uma vez que vários de seus parâmetros de potabilidade estão fora do recomendado para águas superficiais.

De acordo com a Portaria 357/08 (CONAMA), a água do igarapé Mata Fome foi considerada IMPRÓPRIA quanto à balneabilidade (recreação de contato primário), posto que:

- Não se enquadra nas categorias anteriores (Excelente, muito boa, satisfatória e imprópria);
- Exibe sinais de poluição por lançamento de efluentes domésticos e matéria orgânica devido a falta de um sistema de saneamento básico e tratamento de esgoto;
- Recebe intermitentemente esgotos por meio de valas e/ou através do lançamento direto do mesmo;

Nas amostras de água subterrânea pelo menos um dos parâmetros mostrou resultados fora do permitido pela Portaria N° 518/04 do Ministério da Saúde, indicando fontes de contaminação. Assim, com relação ao grau de potabilidade das águas e da influencia dos agentes contaminantes com os valores obtidos nas análises pode-se estabelecer algumas considerações.

Do Grau de Potabilidade:

- a) Com relação ao **pH**, todas as amostras estão fora dos valores definidos pelo padrão de potabilidade. Os valores encontrados nessas águas, que foram consideradas como extremamente ácidas, e estão relacionados à alta taxa de decomposição da matéria orgânica, típica da região amazônica.
- b) Com relação aos parâmetros **dureza, sódio, sulfatos e cloretos**, todas as amostras apresentaram valores que estão enquadrados dentro dos VMP para os padrões de potabilidade.
- c) Sobre os parâmetros **Condutividade elétrica e alcalinidade**, não existem valores definidos, segundo padrões de potabilidade, pois esses parâmetros, em

si, não são causadores de danos aos seres humanos. No entanto, são diretamente relacionados a outros parâmetros (cátions e ânions), que por sua vez, são indicadores de potabilidade.

d) Para **cálcio, potássio e magnésio** não existem valores estabelecidos para os padrões de potabilidade, mas todas as amostras mostraram os valores esperados para esses parâmetros em águas subterrâneas;

e) Com relação ao íon **nitrito**, as águas foram divididas em três grupos: amostras livres de contaminação (15% das amostras); amostras com valores referentes à contaminação, mas ainda próprias para consumo (5%) e o grupo das águas impróprias para o consumo, que representa 80% das amostras analisadas. Isso indica contaminação por influência humana, associada às fossas sépticas e falta de saneamento básico.

f) Em relação à **cor aparente** seis das amostras (30%), apresentaram valores acima do permitido pela legislação.

g) Sobre o parâmetro **amônia**, foi detectado em onze (11) das amostras analisadas. Dessas, seis (30%) amostras mostraram valores acima do estabelecido, estando, portanto, inadequadas para o consumo.

Dos Contaminantes:

A maioria dos parâmetros (alcalinidade, amônia, cálcio, cloreto, condutividade, dureza, pH, potássio, sódio e sulfato) mostrou picos de valores na porção central da área. Segundo Craveiro (2007), essa área corresponde a uma das porções com maior aglomeração de edificações, entre casas e estabelecimentos comerciais. Com a proximidade das casas e poços, menor é a distância entre os poços e as fossas negras e isso, constituindo uma fonte potencial de contaminação das águas subterrâneas das unidades aquíferas superiores. Essa contaminação é potencializada em função de que os níveis de água são muito rasos nesse ponto.

Além disso, esses valores podem estar relacionados com a proximidade a uma zona de descarga do aquífero, visto que, a maioria dos parâmetros tende a concentrar na direção do fluxo.

Os valores de **cor**, **turbidez** e **oxigênio consumido** foram pouco influenciados nessa área.

Outro foco de picos de valores são os extremos noroeste (pH, nitrato, sódio, cor, turbidez, alcalinidade, amônia, cálcio, cloreto, dureza) e sudoeste (turbidez, cor e oxigênio consumido) da área. Nesse caso, os principais responsáveis pela contaminação dos sistemas hidrogeológicos podem estar relacionados às atividades comerciais locados às margens da rodovia Artur Bernardes. Postos de combustíveis e outras empresas que despejam quaisquer tipos de rejeito nas drenagens próximas às zonas de recarga dos sistemas hidrogeológicos caracterizam mais um fonte potencial de contaminação.

O parâmetro sulfato mostrou uma anomalia em relação aos outros parâmetros, mostrando um pico de valor na porção sudeste da área, significando que trata-se de uma contaminação local desse ânion. Outros parâmetros que mostraram valores consideráveis nesse ponto são cálcio e amônia.

A porção nordeste da área não mostrou valores muito elevados na maioria dos parâmetros, o que confirma que nesse local, aparentemente, o cemitério não está contaminando as águas subterrâneas, provavelmente em função do sentido do fluxo subterrâneo.

Dos Fluxos:

De acordo com o mapa de fluxo da BHIMF, o igarapé Mata Fome corresponde a uma zona de descarga, ou seja, é aquela zona alimentada pela água do aquífero. Logo, se a qualidade da água subterrânea encontra-se imprópria para o consumo humano, esta afeta diretamente a qualidade da água superficial, já comprometida por efluentes domésticos e esgotos lançados diretamente no igarapé Mata Fome.

De uma maneira geral, a região da BHIMF é coberta por precipitações pluviais com valores médios anuais de 2.761,6 mm e 2.892,7 mm, característicos da região de Belém e adjacências (INMET 1998).

Da relação entre águas superficiais e subterrâneas:

O alto índice pluviométrico constatado em Belém, com chuvas abundantes, pequena ou nenhuma deficiência de água e percentagem de evaporação de verão inferior a 48% (MATTA 2002), associado à topografia plana (a cidade localiza-se na região morfológica dos “baixos platôs amazônicos e planícies litorâneas”.), e aos solos predominantemente arenosos intercalados com espessos pacotes argilosos, favorecem a infiltração e armazenamento de água no subsolo, contribuindo para o acúmulo de águas subterrâneas na área.

De acordo com Figueiredo (2004), um estudo hidrogeológico realizado pela UNESCO em parceria com as principais universidades brasileiras, mostra que a região que vai do município de Belém até o município de Santa Izabel, no estado do Pará, é considerada umas das regiões com maior potencial hídrico subterrâneo do Brasil.

Já se sabe todas as vantagens que as águas subterrâneas oferecem em se tratando de solucionar problemas de abastecimento. Ainda mais no caso da BHIFM, onde as águas superficiais, representadas pelo igarapé Mata Fome, encontram-se seriamente comprometidas pelo mais diversos contaminantes.

Matta (op.cit.) além de enfatizar essas vantagens faz uma comparação com as águas superficiais: *“as águas subterrâneas apresentam inúmeras vantagens em relação às águas superficiais: são mais abundantes, apresentam melhores qualidades físico-químicas e bacteriológicas, estão mais protegidas contra a contaminação, dispensam longas redes de distribuição, ao contrário das águas superficiais, e por isso são mais baratas, além de permitem investimentos gradativos com a demanda”*.

Por tudo isso, a escolha das águas subterrâneas se justifica como o melhor caminho para solucionar os problemas de abastecimento dos moradores da BHIMF.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A BHIMF sofre uma falta de política de planejamento urbano que intensifica os problemas existentes, gerando uma ocupação urbana acelerada, o que torna a área ausente de qualidade de vida para população.

O igarapé Mata Fome tem uma crescente degradação ambiental. Os resultados encontrados comprovam a grande contaminação deste por precária condições de saneamento, daí a necessidade de sensibilizar a sociedade para a importância e os benefícios do saneamento ambiental, principalmente para a população mais carente, além de visar à formulação de políticas urbanas com uma visão sistêmica.

O conhecimento desses dados permitirá às autoridades responsáveis pela Saúde Pública e pelo bem-estar da população, a elaboração de referências para o planejamento e execução de Educação em Saúde, para alertar a população sobre os riscos da propagação de doenças de veiculação hídrica nesse local, além da necessidade de uma educação sócio-ambiental, para que a população possa preservar o que ainda resta do igarapé, antes considerado principal fonte de subsistência e renda da população local.

As águas subterrâneas analisadas são predominantemente sódicas e cloretadas, com afinidades mistas e sulfetadas. Relacionado, aos valores de dureza, foram classificadas como águas de dureza branda.

A qualidade das águas do igarapé Mata Fome está bastante deteriorada pelas ações antrópicas relacionadas a ocupação desordenada do meio físico da área da bacia, com vários parâmetros mostrando valores fora dos padrões permitidos pela legislação.

Por todo o estudo realizado e associando-se com as características geo-ambientais do meio físico, a escolha das águas subterrâneas se justifica como

o melhor caminho para solucionar os problemas de abastecimento dos moradores da BHMF.

Torna-se relevante destacar que muitos dos problemas relacionados à degradação ambiental dos ecossistemas aquáticos decorrem de um modelo de desenvolvimento que é ambientalmente destrutivo e da falta de consciência e educação ambiental no que se refere a proteção dos recursos hídricos de superfície e subterrâneos. Por outro lado, a redução da poluição deste ambiente só será possível a partir da gestão ambiental dos recursos hídricos integrada às políticas socioambientais (meio ambiente, educação, saneamento e saúde pública), Lopes (2008).

Mesmo depois da implantação de dois poços profundos na área da BHMF pela PMB, a população ainda sofre com a má distribuição de água, além da péssima qualidade da água que chega às casas, decorrente de uma rede de distribuição danificada devido os inúmeros “gatos” que surgem na comunidade da bacia. Isso acaba gerando inúmeros problemas na área, como:

- A rede de distribuição de água na BHMF não atende toda a extensão da bacia, devido à ocupação desordenada da mesma continuar acontecendo, apenas algumas comunidades da área, sendo que parte desta não recebe água de boa qualidade para o consumo, uma vez que a rede encontra-se danificada.
- Grande parte da população ainda não se encontra inserida na rede de distribuição das águas dos poços *MATA FOME I* e *MATA FOME II*, construídos pela PMB, para que estes pudessem suprir a falta de água potável para o consumo humano na região. Posto que apesar da presença do igarapé, este já se encontra muito deteriorado para que a população possa consumir.
- A rede de distribuição se encontra, apesar de recém construída, muito danificada, por ligações clandestinas, vazamentos constantes e água de qualidade duvidosa, uma vez que esta rede foi construída em baixa profundidade e já se encontra muito deteriorada, comprometendo a qualidade da água que chega às residências.

- A falta de água na região torna-se tão agravante para a sobrevivência da população que esta acaba recorrendo a um “auto-abastecimento” de água através da escavação de poços rasos, construídos sem nenhum critério técnico.
- Esses poços exploram aquíferos livres, localizados nos terraços aluvionares. A maioria dos poços na região tem em média 8 metros de profundidade e são construídos próximos a fossas sépticas o que compromete a qualidade de água desse aquífero que abastece grandemente a população. Logo, resta o consumo de uma água de má qualidade, o que foi comprovado por Silva (2008), no seu estudo sobre a água subterrânea da BHMF, contaminada por coliformes fecais dentre outros.
- A falta de água na região promoveu o aparecimento de uma figura chamada “agueiro” que lucra com toda essa situação, vendendo água contaminada por uma cobrança mensal que vai de R\$15,00 a R\$60,00, dependendo da distância da residência que distribui à residência que consome.
- Além da sobretaxa afirmada pelos moradores sujeitos à distribuição particular de água, a péssima qualidade do líquido e o pouco tempo de bombeamento prejudicam os moradores e geram situações conflitantes.
- O lançamento de esgoto doméstico e efluentes diretamente no igarapé promoveu grande parte de sua degradação, somado com o assoreamento do mesmo devido a retirada da mata ciliar para que esta pudesse dar lugar à moradias. Tudo isso é decorrência do processo de ocupação desordenado na área que acabou comprometendo a qualidade de água superficial da BHMF.
- Aliado a isso o despejo de todos os tipos de resíduos nos corpos superficiais de água que cortam a área, ou mesmo nas porções alagadas, potencializam o processo de contaminação desses aquíferos, que se torna o principal responsável pela veiculação de doenças de diversas naturezas à população.

- Antes o igarapé Mata Fome tinha uma função peculiar na área como principal fonte de subsistência e isso foi se perdendo devido a contaminação do mesmo, hoje não encontrando-se apto para o consumo humano.
- A população passou então a recorrer por um outro método de abastecimento de água, o subterrâneo, por meio de poços escavados a baixas profundidades, o que agora compromete a qualidade de água do aquífero que abastece a população da área, cabendo a ela, consumir água contaminada ou com riscos de contaminação.
- O processo de ocupação urbano da BHIMF, de maneira desordenada provocou inúmeros problemas de ordem tanto social quanto ambiental, uma vez que houve a degradação da bacia e mudança na morfologia do canal. Esses problemas continuarão se agravando caso não haja a implantação de projetos ambientais para resgatar a qualidade de água do igarapé e conseqüentemente parte da qualidade de vida da população.

Uma possível saída para essa situação seria a construção de um sistema de abastecimento a partir de poços profundos que extraíssem água do aquífero Pirabas, que apresenta, segundo Matta 2002, próprio para o consumo humano e que estes possuam uma rede de distribuição adequada, por que se não, isso não seria de grande utilidade.

Estes resultados, apesar de relevantes para a área em questão, necessitam de continuidade, com um melhor monitoramento da área, com pelo menos duas coletas em um ano, para registrar possíveis diferenças que ocorrem entre o período de maior e menor índice pluviométrico, além de realizar análises de caráter bacteriológico, que dá uma caracterização mais completa da qualidade da água com relação às doenças de veiculação hídrica existente na região.

Segundo Lopes (2008), a implantação de um eficiente sistema de tratamento de esgoto sanitário, capaz de atender a demanda populacional na área do igarapé, poderia amenizar os impactos gerados pela descarga de resíduos orgânicos, que poluem e comprometem o equilíbrio ecológico e a qualidade das águas do igarapé Mata Fome.

A implementação das políticas públicas de saneamento, meio ambiente e saúde, constituem na melhor forma de melhorar a saúde e resgatar a qualidade de vida da população da Bacia do Mata Fome, além de resgatar a relação sustentável entre o homem e o ambiente do qual faz parte, visto que, a função do igarapé uma vez de vital importância para a população ainda pode ser resgatada e este utilizado como transporte, geração de renda, lazer e outros.

REFERÊNCIAS

BAUMGARTEN, M. G. Z.; POZZA, S. A. **Qualidade de águas**: descrição de parâmetros químicos referidos na legislação ambiental. Rio Grande : Ed. FURG, 2001. 166p.

CETESB **Normatização técnica NT-07, análise físico-química das águas**. Companhia de Tecnologia e Saneamento Básico (S. Paulo, SP). 1978.

CETESB **Guia de coleta e preservação de amostras de água**. São Paulo, SP Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental, 1987.

CAVICHIOLO, G. R.; FERNANDES, C.; BRAGA, C. Condutividade e demanda química de oxigênio - sua Importância para a caracterização ambiental de uma bacia hidrográfica. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 15., 2003, Curitiba. **Anais...** Curitiba: ABRH., 2003. v. 1. p. 1-10.

CARMONA, K. M. Qualidade das águas do Igarapé do Mata-Fome e sua relação com a ocupação urbana. In: PROJETO Os recursos hídricos e qualidade de vida na bacia do Mata-Fome, Belém/Pa: doenças de veiculação hídrica e o contexto geo-sócio-ambiental. Belém: Universidade Federal do Pará. Instituto de Geociências Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica – PIBIC/CNPq., 2008.

CPRM, 1997. Hidrogeologia – **Conceitos e aplicações**. Coord.: Feitosa, F. A. C. & Manoel Filho, J. Fortaleza: CPRM, LABHID – UFPE

CRAVEIRO, G. S. **Construção de um sistema de informação geográfica como ferramenta de gestão dos recursos hídricos da bacia hidrográfica do Igarapé Mata Fome, Belém, Pará**. 2007. 147p. (Trabalho de Conclusão de Curso) - Centro de Geociências, UFPA, Belém, 2007.

FARIAS, E. S.; NASCIMENTO, F. S.; FERREIRA, M. A. A. **Estágio de Campo III. Relatório Final. Área Belém/Outeiro**. Belém: Universidade Federal do Pará, Centro de Geociências, 1992. 247 p.

FEITOSA, F. A. C.; MANOEL FILHO, J. (Coord.) **Hidrogeologia** – conceitos e aplicações. Fortaleza: CPRM; LABHID – UFPE, 1997.

GASPAR, M. T. P. **Avaliação dos impactos da ocupação urbana sobre as águas da bacia hidrográfica do igarapé Mata Fome, Belém, Pará.** 2001. cap. 1 e cap. 6. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências, UFPA, Belém, 2001.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA (IBGE). **Censo Demográfico**, 2000.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Normas climatológicas (1931 a 1997)** – Brasília – DF, 1998.

LOPES, L. N. A.; MACHADO, L. C. G. T. Avaliação da degradação ambiental do igarapé Mata Fome e o reflexo na qualidade de vida da população, cidade de Belém (PA). In: SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 13., 2008, Belém, 2008. **Anais**. Belém: ABESA, 2008. vi 077.

MATTA, M. A. S. **Fundamentos hidrogeológicos para a gestão integrada dos recursos hídricos da região de Belém/Ananindeua – Pará, Brasil.** Belém, 2002. 292p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Pará, Centro de Geociências, Belém, 2009.

MARTORANO, L. G.; PEREIRA, L. C. P., E.G. M. Cesar e I. C. B. Pereira 1993 **Estudos climáticos do Estado do Pará, Classificação climática (Koppen) e deficiência hídrica (Thornthwaite & Matter).** Belém, SUDAM/EMBRAPA, 53 pp

OLIVEIRA, M. C. F. de ; SOUZA, P. F. S. Estudo das possíveis variações e mudanças climáticas em Belém. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 10., Piracicaba. **Anais**. Piracicaba-SP: 1997. p. 410-412.

PINHEIRO, R. V. L. Estudo hidrodinâmico e sedimentológico do estuário Guajará-Belém (PA). 1987. 164 p. Dissertação de (Mestrado) - Universidade Federal do Pará. Instituto de Geociências, 1987.

SOUZA, E. L.; GASPAR, M. T. P.; RAVENA, V. C. **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, 1999. 47p.**

SILVA, A. R. C. A qualidade das águas subterrâneas na bacia do Mata-Fome, Belém/PA como fonte de doenças de veiculação hídrica. In: PLANO de trabalho do Projeto: os recursos hídricos e qualidade de vida na bacia do mata-fome, belém/pa: doenças de veiculação hídrica e o contexto geo-sócio-ambiental.. Universidade Federal do Pará. Instituto de Geociências, Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica – PIBIC/CNPq, 2008.

VIEIRA, L. S. ; SANTOS, P. C. T. **Amazônia**: seus solos e recursos naturais. São Paulo: Agronômica Ceres, 1987. 52 p.