

**XVI CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E XVII ENCONTRO
NACIONAL DE PERFURADORES DE POÇOS**

**AS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DA BACIA DO MATA FOME, BELÉM-PA:
QUALIDADE E USO ALTERNATIVO PARA O ABASTECIMENTO
PÚBLICO**

Milton Antonio da Silva Matta¹, Antonia Railine da Costa Silva², Itabaraci Nazareno Cavalcante³,
José Fernando Pina Assis⁴; Gustavo Souza Craveiro⁵; Luiz Carlos Ferreira de Cristo²; Karen
Monteiro Carmona², Yuri Bahia de Vasconcelos⁶ & Mariana Menezes Vanzin⁷.

Resumo – Este estudo mostra uma avaliação da qualidade da água subterrânea da bacia do Mata Fome, através do cadastramento e seleção de 20 poços de água entre as obras de captação disponíveis no âmbito da bacia para a realização das investigações físico-químicas das amostras. Analisou-se um conjunto de parâmetros como indicativos da qualidade das águas subterrâneas, incluindo temperatura, cor aparente, turbidez, alcalinidade total, dureza total, oxigênio consumido, cloretos, condutividade elétrica, nitrato e amônia, sulfato, sódio, potássio, cálcio, magnésio. As águas analisadas foram coletadas do sistema hidrogeológico Barreiras e os resultados mostraram que as águas da Bacia do Mata Fome são 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, refletindo a baixa qualidade sanitária comprovadas durante os trabalhos de campo. A porção nordeste da área não mostrou valores muito elevados na maioria dos parâmetros, indicando que o cemitério não está contaminando as águas subterrâneas. Também a Baía do Guajará não parece estar influenciando a qualidade das águas, não existe aumento nos valores de cloreto, sulfatos, ou outros parâmetros em direção à mesma.

Abstract – This study provides an evaluation of groundwater quality in the Mata Fome basin, through the registration and selection of 20 water wells between the ones available within the basin for the realization of physico-chemical investigations of the samples. We analyzed a set of parameters as indicators of groundwater quality, including temperature, apparent color, turbidity, total alkalinity, total hardness, consumed oxygen, chlorides, conductivity, nitrate, ammonium, sulfate, sodium, potassium, calcium and magnesium. The water samples were collected from the hydrogeological system Barriers and the results showed that the waters of the Mata Fome basin are inappropriate for human consumption, since in all samples, at least one of the parameters showed results outside permitted by Ordinance No. 518/04 of the Ministry of Health, indicating sources of contamination, reflecting the low sanitary quality proven during the fieldwork. The northeast part of the area did not show very high values in most parameters, indicating that the cemetery is not contaminating groundwater. Also Guajará Bay does not seem to be influencing the quality of water as there is no increase in the amounts of chloride, sulfate, or other parameters in that direction.

Palavras-Chave: Mata Fome, Qualidade das Águas Subterrâneas

¹ Professor da FGEO-IG - Universidade Federal do Pará – Caixa postal 1611; 66017970; (0XX91) 32017425; matta@ufpa.br

² Graduando IG – Universidade Federal do Pará; (91) 32732939; Email: carmona.karen@hotmail.com

³ Professor da Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Dep. de Geologia.; (85) 33669869; Email: ita@fortalnet.com.br

⁴ Pós-Graduando em Geologia e Geoquímica da Universidade Federal do Pará; IG; Email: cesargdiniz@gmail.com

⁵ Geólogo - Universidade Federal do Pará – CG - Caixa postal 1611; 66017970; (0XX91) 31831425; matta@ufpa.br

⁶ Graduando ITEC - Universidade Federal do Pará; (91) 32017425; Email: yuribahia@hotmail.com

⁷ Pós-Graduando em Unidades de Conservação Universidade Federal do Pará – NAEA; (91) 32017425; Email: marianamv@ufpa.br

INTRODUÇÃO

O presente trabalho faz parte das diversas atividades de pesquisa desenvolvidas pelo Laboratório de Recursos Hídricos e Meio Ambiente – LARHIMA - através 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”, desenvolvido pela Faculdade de Geologia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará.

Neste foi avaliada a qualidade físico-química da água subterrânea consumida no âmbito da bacia do Mata Fome, município de Belém-PA. A partir das informações coletadas, das análises feitas e das conclusões estabelecidas, a partir dos dados pode-se estabelecer propostas e sugestões para a melhoria das condições de abastecimento de água da área, contribuindo assim para a redução das doenças de veiculação hídrica no âmbito da bacia e da melhoria da qualidade de vida da população daquele município.

OBJETIVOS

O principal objetivo deste trabalho é a caracterização da qualidade físico-química da água subterrânea do aquífero superior na área da bacia do Mata Fome.

Como objetivos secundários estão:

- 1) O estabelecimento de propostas para melhoria do abastecimento de água daquela área;
- 2) O relacionamento da qualidade das águas com a ocupação do meio físico local; e
- 3) O estabelecimento da relação entre qualidade das águas subterrâneas e os problemas ambientais levantados durante as etapas de campo do projeto.

ÁREA DE ESTUDO

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), como mostrado na Figura 01. Ainda segundo este autor, as altitudes desta bacia apresentam variação de 03 a 15 metros (ver Figura 02).

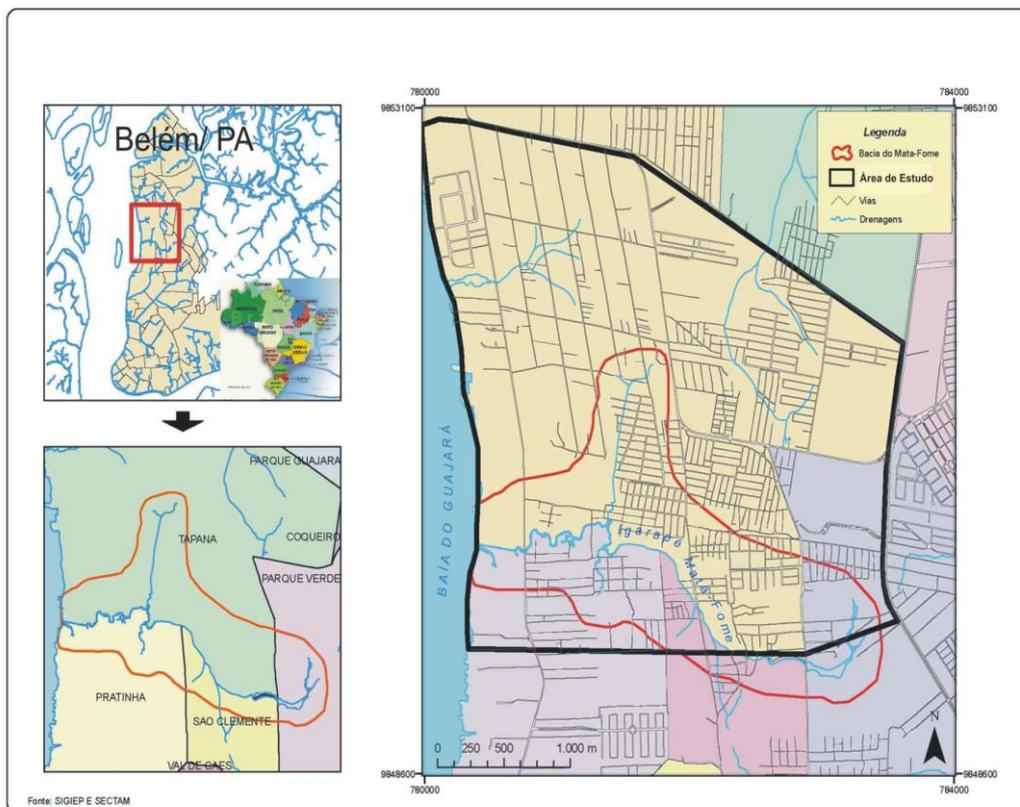


Figura 1 - Mapa de localização da Bacia hidrográfica do Igarapé do Mata Fome.
 Fonte: Craveiro (2007).

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.

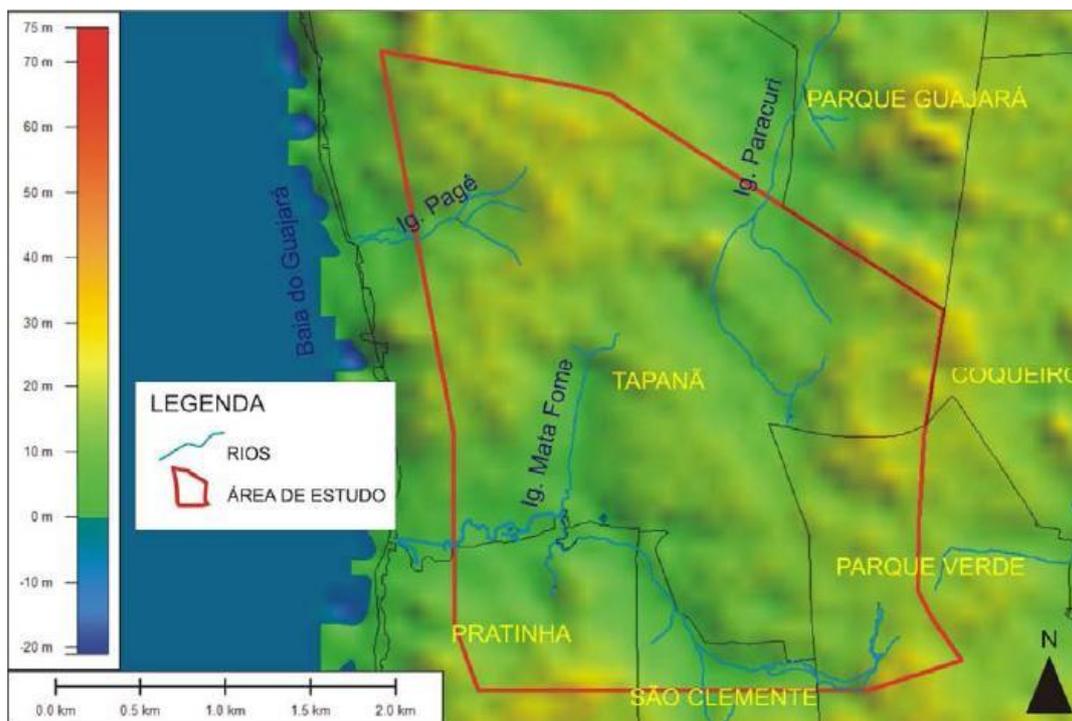


Figura 2 - Mapa topográfico dos Bairros Tapanã, Parque Verde, São Clemente e Pratinha.
Fonte: Craveiro, 2007

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).

JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA

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 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 crescente expansão urbana ocasiona diversas agressões ao meio ambiente, um exemplo típico é a

questão da água. A contaminação das águas superficiais, ou mesmo a distância dessas fontes, impulsionam a proliferação de poços rasos para captação de água subterrânea. Esse tipo de construção explora exclusivamente o aquífero superior, constituindo-se em potenciais fontes de contaminação do lençol freático pela ausência de revestimento associada à comum falta de saneamento nessas áreas.

A bacia do Mata Fome ocupa uma posição de relevância no cenário da ocupação urbana desordenada de Belém, dominada por sérios problemas ambientais. Nesse contexto as águas subterrâneas constituem importante fonte de abastecimento na área e a relevância de se caracterizar a qualidade dessas águas é muito grande principalmente para a população de baixa renda familiar envolvida no âmbito da bacia.

METODOLOGIA E ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

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/UFPA, 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”, enfatizando aos trabalhos que contemplassem os aspectos sociais, econômicos, físicos, geológicos e hidrogeológicos a fim de se construir uma síntese da situação atual da área. Além disso, buscou-se o que há de vigente na legislação atual sobre os padrões de potabilidade das águas.

Para o estudo da qualidade das águas, o critério de amostragem obedeceu aos dispositivos da Portaria nº. 518, de 25 de março de 2004 do Ministério da Saúde, que estabelece o número mínimo de amostras para controle de qualidade de água em função do manancial e da população envolvida.

A população da BHIMF está em torno de 54 000 habitantes (CRAVEIRO, 2007). Segundo a portaria referida, para populações entre 50 000 e 250 000 habitantes, e para

águas subterrâneas, o número mínimo de amostras deve ser 1 para cada 10 000 habitantes, isso resulta em um número mínimo de 5 (cinco) amostras a serem utilizadas na área para análises de cor, turbidez e pH.

Com o intuito de se obter um resultado mais representativo da situação da área, optou-se por um número de vinte (20) amostras a serem analisadas, dentre poços do tipo “amazonas” e tubulares rasos, dos quais a população local retira a água necessária para realização de suas atividades diárias.

Os principais pontos de coleta foram previamente definidos a partir dos dados de Craveiro (2007), levando em consideração os seguintes aspectos: a) poços em zonas de recarga e descarga; e

b) poços próximos e distantes de contaminantes potenciais; além de se buscar poços não muito próximos visando uma boa distribuição dentro da área estudada.

Para as coletas de amostras, visando análises físico-químicas no campo e no laboratório, os procedimentos incluíram, em primeiro lugar, a preparação dos frascos de coleta, que foram primeiramente lavados com água natural e detergente, posteriormente passados no ácido de lavagem, e, por último, lavados com água destilada.

A coleta se realizou no dia 08 de junho de 2008 e as análises se iniciaram no dia seguinte. No campo, foi feito, primeiramente, o ambiente para cada amostra e em seguida a coleta, utilizando a água vinda diretamente do poço, evitando as passagens por tubulações e/ou torneiras. No caso dos poços 4 e 16 (ambos do tipo “amazonas”), a água foi retirada por meio de um balde, visto ser esse o meio pelo qual os moradores retiram água para seu consumo. As amostras foram armazenadas em frascos de 1L (litro) e condicionadas em um isopor com gelo, onde permaneceram até o início das análises para evitar uma possível descaracterização das mesmas.

Todos os poços tiveram seus níveis estáticos medidos. Os parâmetros temperatura, pH e condutividade elétrica foram medidos no campo e o restante, analisado no laboratório. A coleta foi pontual e os pontos de amostragem foram identificados por coordenadas UTM obtidas com GPSMAP 60CSx Garmim.

Com exceção dos parâmetros medidos no campo, os parâmetros foram analisados no Laboratório de Hidroquímica (cor aparente, turbidez, alcalinidade total, dureza total, oxigênio consumido) e no Laboratório de Cromatografia (nitrato, amônia, sulfato, sódio, potássio, cálcio e magnésio), ambos do Centro de Geociências da UFPA.

Para a comparação dos resultados obtidos com os valores máximos permitidos pela legislação vigente, utilizou-se o que determina a Portaria N°. 518 de 2004 do Ministério da Saúde. Os parâmetros analisados foram: temperatura (°C), cor aparente (PtCo APHA), turbidez (UNT), alcalinidade total (mg/L CaCO₃), dureza total (mg/L CaCO₃), oxigênio consumido (mg/L CaCO₃), cloretos (mg/L), condutividade elétrica (µs/cm a 25 °C), nitrato e amônia (mg/L), sulfato (mg/L), sódio (mg/L), potássio (mg/L), cálcio (mg/L), magnésio (mg/L).

Os resultados obtidos receberam o seguinte tratamento: a) construção de gráficos individuais de cada parâmetro através do programa Excell for Windows para uma visualização e comparação de valores; b) construção do mapa dos pontos de coleta ArcGis 9.1; d) construção dos mapas com as curvas de isovalores dos principais parâmetros indicadores de potabilidade Surfer 8.0; construção

do diagrama de classificação iônica (diagrama de Piper) utilizando o programa Qualigraf (Mobus 2002).

QUALIDADE DAS ÁGUAS

As coletas foram realizadas na área da Bacia Hidrográfica do Igarapé Mata Fome, formando um total de 20 amostras, sendo dessas, 7 de poços do tipo “amazonas” (Ama) e 13 do tipo tubular raso (Tub).

Os pontos de amostragem, bem como a identificação dos poços são mostrados na figura 3. Os resultados das análises de natureza físico-químicas realizadas estão mostrados nas tabelas 1 e 2.

Interpretações

Como forma de interpretação dos dados apresentados acima, esse tópico considera: a) a análise dos gráficos individuais de cada parâmetro; b) análise espacial dos parâmetros e do nível estático através das curvas de isovalores; e c) análise do diagrama de classificação iônica (Diagrama de Piper).

Mapa de Poços Amostrados e Fluxo

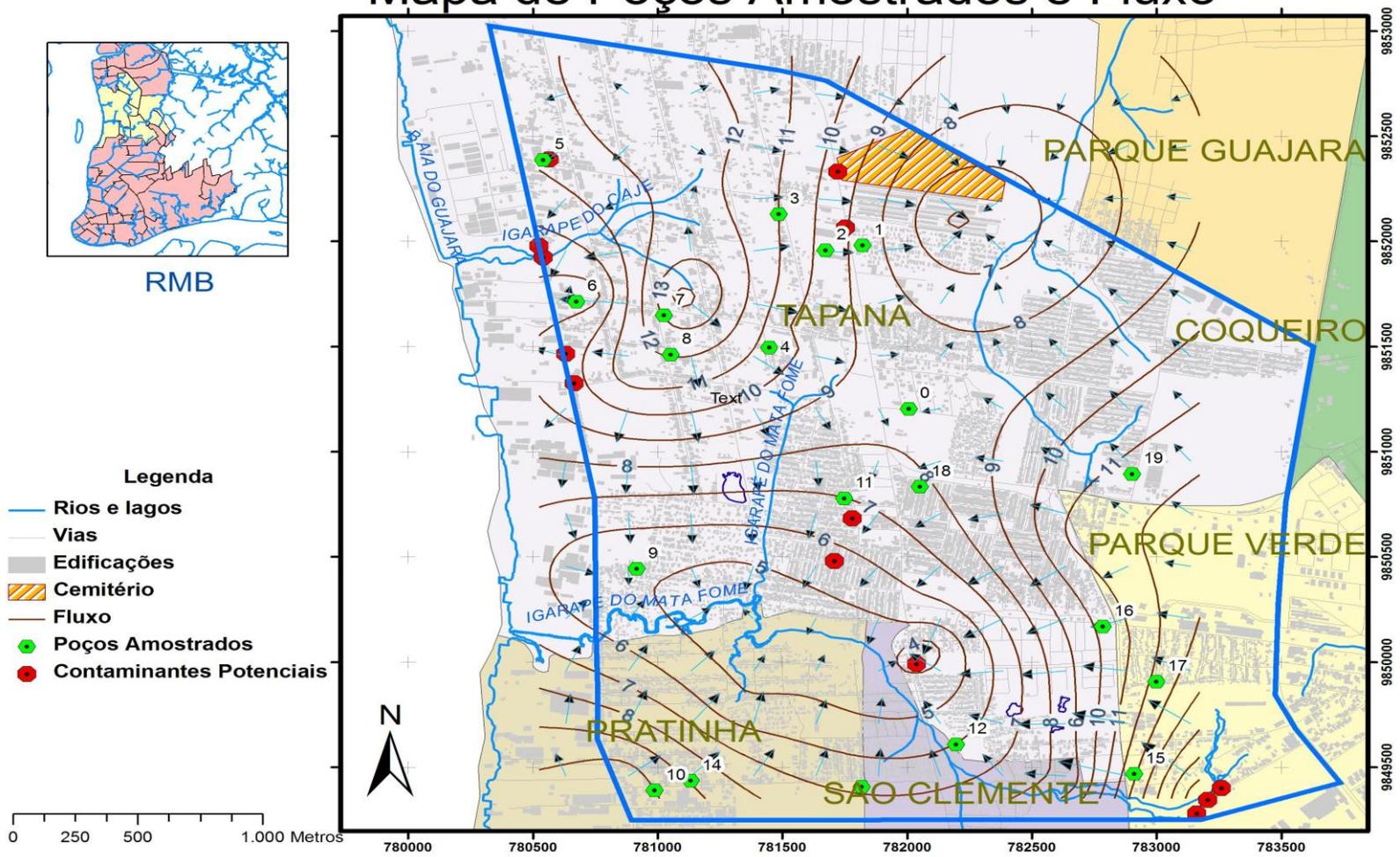


Figura 3 - Mapa com a localização dos poços coletados. Adaptado de Craveiro, 2007.

Tabela 1 - Tabela mostrando os valores obtidos com as análises.

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

Tabela 2 - Tabela mostrando os valores obtidos dos principais cátions e ânions.

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

Nível Estático

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

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

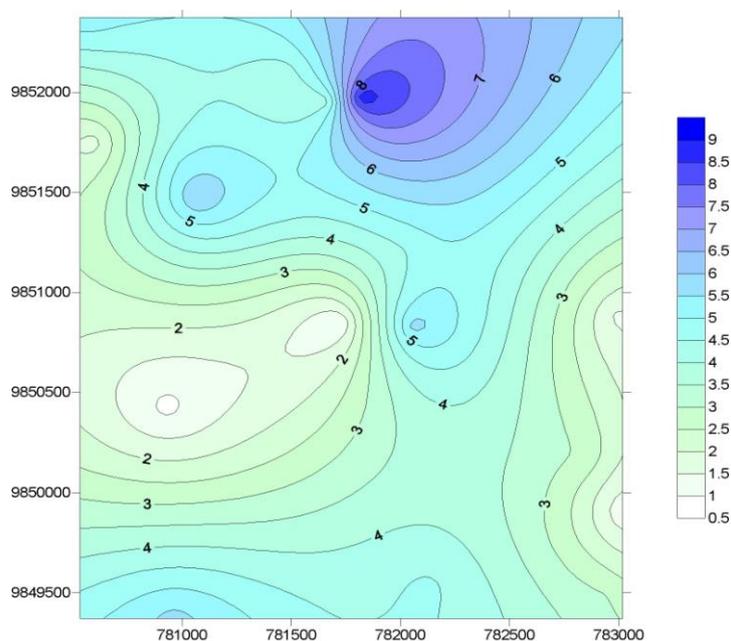


Figura 4 - Variação dos níveis estáticos na área estudada.

pH (Potencial Hidrogeniônico)

Medida da concentração relativa dos íons de hidrogênio numa solução; Os valores de pH (figura 5) obtidos vão 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 um 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 extremamente 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 a Portaria N°. 518 de 2004 do 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.

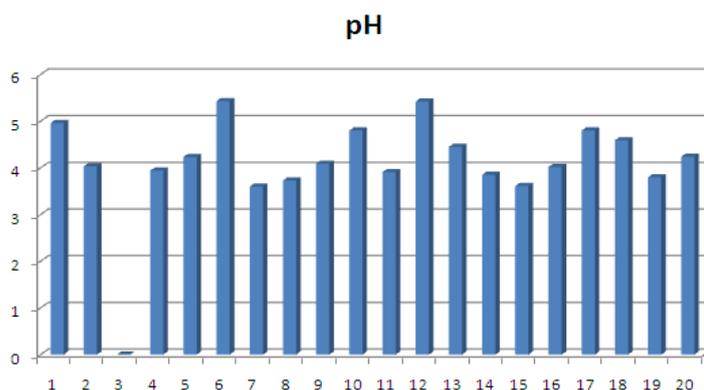


Figura 5 - Comportamento do pH as amostras analisadas.

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

Oxigênio Consumido (mg/L $CaCO_3$)

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.

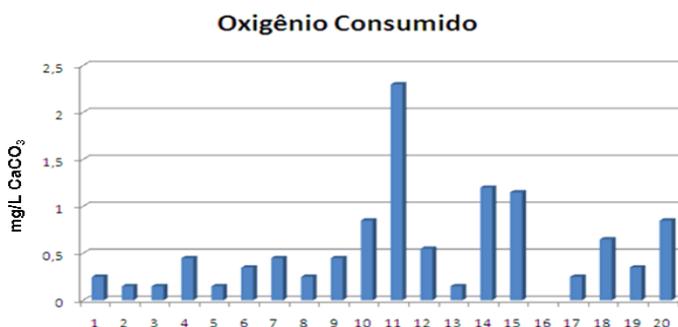


Figura 6 - Diagrama de valores de oxigênio consumido das amostras de águas da BHIMF.

Os resultados de oxigênio consumido obtidos nas análises foram todos valores baixos, como mostrado na figura 6, variando de 0,15 a 2,3 mg/L CaCO₃, com média de 0,63 mg/L CaCO₃. Dessas, 13 amostras (65%) apresentaram valores abaixo 0,5; 4 (20%) amostras tiveram valores entre 0,5 e 1,2 mg/L CaCO₃; e uma amostra (5%) (Tub 11) apresentou um valor anômalo de 2,5 mg/L CaCO₃. Esse valor pode ser resultante de um foco de contaminação local, ou até mesmo, um erro de análise.

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 500mg CaCO₃/L.

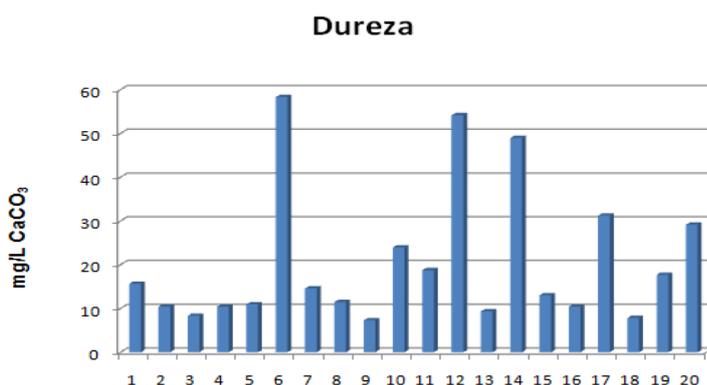


Figura 7 - Diagrama mostrando os valores de Dureza obtidos em mg/L CaCO₃.

Segundo Boyd *apud* Baumgarten & 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 (ver Figura 7) mostram uma variação de 7,2912 (Ama 9) a 58,3296mg/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.

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), os valores superiores a 5 mg/L N-NO_3^- 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 (ver Figura 8) apresentaram variação de 3,0657 até 76,0384 mg/L e uma média de 36,68 mg/L. O padrão de potabilidade, segundo a Portaria 518, para nitrato é de 10 mg/L N-NO_3^- , 10mg/L.

Assim, podemos dividir as águas encontradas em três grupos: três amostras (15%) com valores inferiores a 5mg/L, são, portanto, as amostras livre 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.

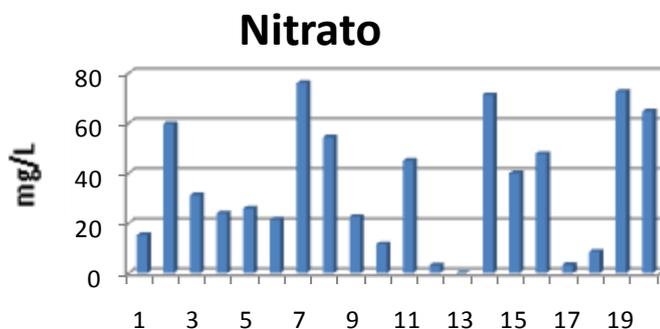


Figura 8 - Diagrama mostrando os valores de nitrato em mg/L N-NO_3^- .

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

Cor Aparente (PtCo APHA)

As amostras analisadas apresentaram valores de cor aparente bastante variados. A partir do gráfico (ver Figura 9), 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 nº 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.

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.

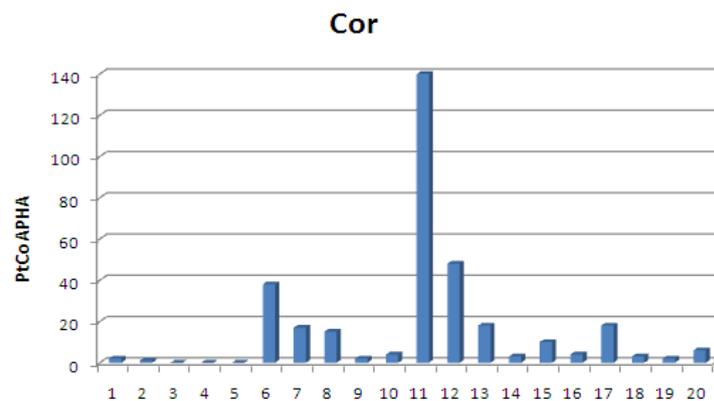


Figura 9 - Diagrama mostrando os valores de cor para as vinte amostras coletadas.

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 (ver Figura 10), 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 UT; e três amostras (15%) com valores anômalos, muito mais altos que as demais.

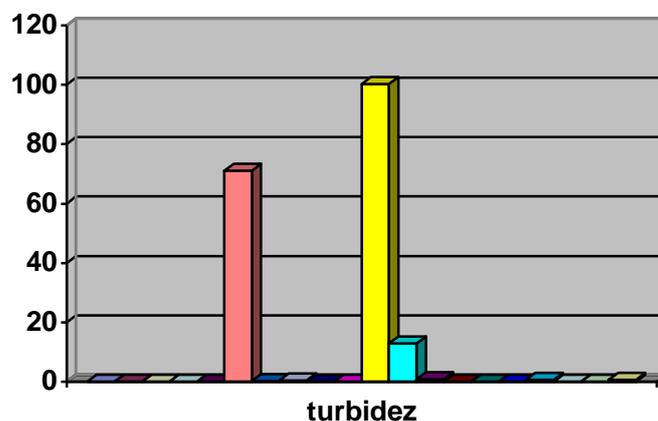


Figura 10 - Diagrama mostrando a variação da turbidez (em UNT) nas amostras analisadas.

A Portaria 518/04 estabelece como VMP de turbidez 5,0 UT. 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.

Condutividade Elétrica (µS/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).

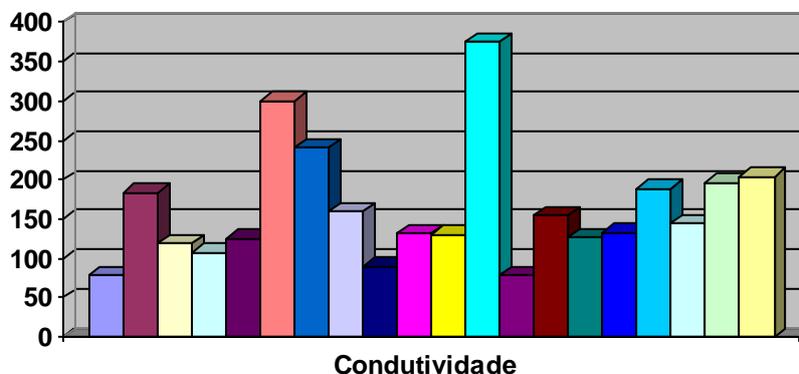


Figura 11 - Diagrama mostrando a variação da condutividade na Bacia.

Os valores obtidos são apresentados na Figura 11 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.

Classificação Iônica das Águas

Como observado no Diagrama de Piper (ver Figura 12), as águas subterrâneas da Bacia Hidrográfica do Igarapé Mata Fome são predominantemente de três tipos: águas sódicas; águas sulfetadas ou cloretadas sódicas; e águas cloretadas.

DISCUSSÕES DOS RESULTADOS

As águas da Bacia do Mata Fome 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. 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.

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.

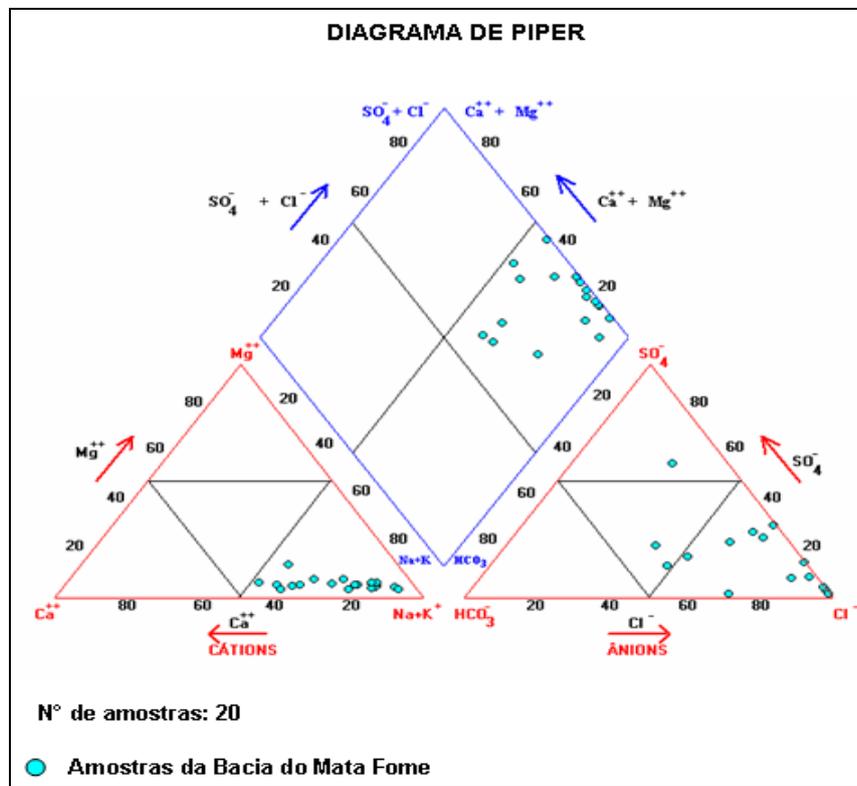


Figura 12 - Diagrama de Piper utilizado para a classificação iônica das águas.

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 (ver Figura 3), entre casas e estabelecimentos comerciais. Com a proximidade das casas e poços, menor é a

distância entre os poços e a 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.

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 localizadas 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 uma 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 se trata 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.

Também a Baía do Guajará aparentemente não está influenciando na qualidade das águas, visto que, não se percebe um aumento nos valores de cloreto, sulfatos, ou outros parâmetros em direção à mesma.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os resultados obtidos vieram comprovar o resultado da falta total de saneamento básico e de abastecimento público de água de qualidade na Bacia do Mata Fome. Isso faz com que os próprios moradores construam seus poços e fossas sépticas, quase sempre muito próximos, e com mesma profundidade. Esses poços são construídos de maneira indevida e retiram água das camadas aquíferas superiores, que são aflorantes a sub-aflorantes e não apresentam nenhum tipo de proteção contra qualquer vetor de contaminação, já que são na maioria constituídos de associações areno-argilosas, muito permeáveis. 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 torna-se o principal responsável pela veiculação de doenças de diversas naturezas à 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), água apropriada para o consumo humano.

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

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

BRASIL, Ministério da Saúde – 2004 – *Portaria nº 518. Padrões de potabilidade para águas subterrâneas.* Disponível em: <http://www.funasa.gov.br>

CRAVEIRO, G. S. 2007. Construção de Um Sistema de Informação Geográfica como Ferramenta de Gestão dos Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Igarapé Mata Fome, Belém, PARÁ, Centro de Geociências, UFPA, 147p. (Trabalho de Conclusão de Curso).

IBGE – 2000 – Curuçá: Dados estatísticos. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>.

MATTA, M. A. da S. – 2002 – Fundamentos Hidrogeológicos para a Gestão Integrada dos Recursos Hídricos da Região Metropolitana de Belém/Ananindeua – Pará, Brasil. Belém, Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências. 292p. (Tese de Doutorado).