

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DO SISTEMA AQUÍFERO BARREIRAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO TUCUNDUBA - BELÉM/PA

Fabíola Magalhães de Almeida¹; Milton Antonio da Silva Matta¹; Erika Regina França Dias¹;
Desaix Paulo Balieiro Silva¹ & Andrei Batista de Figueiredo¹

Resumo - O Sistema Aquífero Barreiras, ocorrente na bacia do Tucunduba – Belém/PA, teve suas águas analisadas em termos físico-químico e bacteriológico, como parte das atividades de projeto de pesquisa desenvolvido pela UFPA e financiado pelo Governo do Estado do Pará. Para o estudo, as análises foram baseadas na amostragem de 20 poços de águas subterrâneas, com análise de 22 parâmetros físico-químicos e bacteriologia qualitativa. Foram confeccionadas: tabelas, gráficos e mapas de curvas de isovalores. Os resultados mostraram que as águas desse sistema aquífero são, de uma maneira geral, boa para consumo humano. Algumas exceções pontuais mostraram valores de cor, turbidez ferro e nitrato acima das concentrações permitidas pela legislação vigente. Os valores anômalos de Ferro (Fe) e nitrato (NO₃) estão sendo interpretados como características do próprio sistema aquífero, contaminações por efluentes líquidos (principalmente esgotos domésticos) nas águas superficiais que interagem com as águas subterrâneas, somadas à presença de fossas negras e ajudadas pela inexistência de saneamento básico, respectivamente. A construção de poços de captação fora dos padrões técnicos também contribui para a contaminação das águas produzidas.

Abstract - The water produced by the Barreiras aquifer has been investigated in the Tucunduba Basin, part of the Metropolitan Area of Belém/PA. That hydric source has been analyzed through 20 sampled wells with 19 physical-chemical parameters and qualitative bacteriological analyses, as part of a UFPA Project financed by the Pará State Government. The results show that the waters provided by these wells are quite suitable for human consume. Few exceptions are due to local anomalous values of Fe, NO₃, color and turbidity above the ones recommended by official legislation criteria. These anomalous values were interpreted as related to aquifer lithological aspects (Fe) associated to contaminations by liquid effluents (NO₃), mainly domestic fluids mixed to superficial waters and the presence of black waters related to the absence of basic sanitation framewok.

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

Palavras-Chave – Qualidade das águas; Bacia do Tucunduba.

INTRODUÇÃO

O presente trabalho mostra os resultados alcançados com o desenvolvimento do plano de trabalho “Estudo da Qualidade da Água Subterrânea da Bacia do Tucunduba - Belém-PA”, desenvolvido no período de 2002 a 2003 referente a parte das atividades de uma Bolsa de Iniciação Científica (CNPq/PIBIC/UFPA). Essa atividade fez parte dos objetivos do projeto “Recursos Hídricos Subterrâneos de Belém: bem mineral estratégico para o desenvolvimento econômico do Pará e para melhoria da qualidade de vida da população”, financiado pelo Governo do Estado do Pará, através do Convênio SECTAM/FUNTEC/UFPA/FADESP.

O principal objetivo foi a caracterização da qualidade das águas subterrâneas da área proposta, tendo como base análises físico-químicas e bacteriológicas. Este estudo poderá subsidiar propostas de abastecimento público e projetos de desenvolvimento sustentável para a região. Deverá ainda contribuir efetivamente tanto para o planejamento urbano como para o saneamento básico municipal e ocupação do meio físico de forma ordenada, eficiente e com preservação da qualidade de vida e do meio ambiente. Além disso, fornecerá dados e informações aos órgãos de gestão sobre a utilização dos recursos naturais da bacia hidrográfica, principalmente acerca da preservação e utilização das águas para abastecimento urbano.

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A bacia hidrográfica do Tucunduba, localizada na porção sudeste da cidade de Belém, possui uma área aproximadamente de 10,55 km², e é considerada a quarta maior bacia hidrográfica de Belém, com uma população de aproximadamente 195.000 habitantes. A bacia é composta pelos bairros: Universitário, Terra Firme, Guamá e parte dos bairros de Canudos e do Marco e seu acesso se verifica pelas avenidas Bernardo Sayão, Perimetral, Almirante Barroso e José Bonifácio (Figura 01).

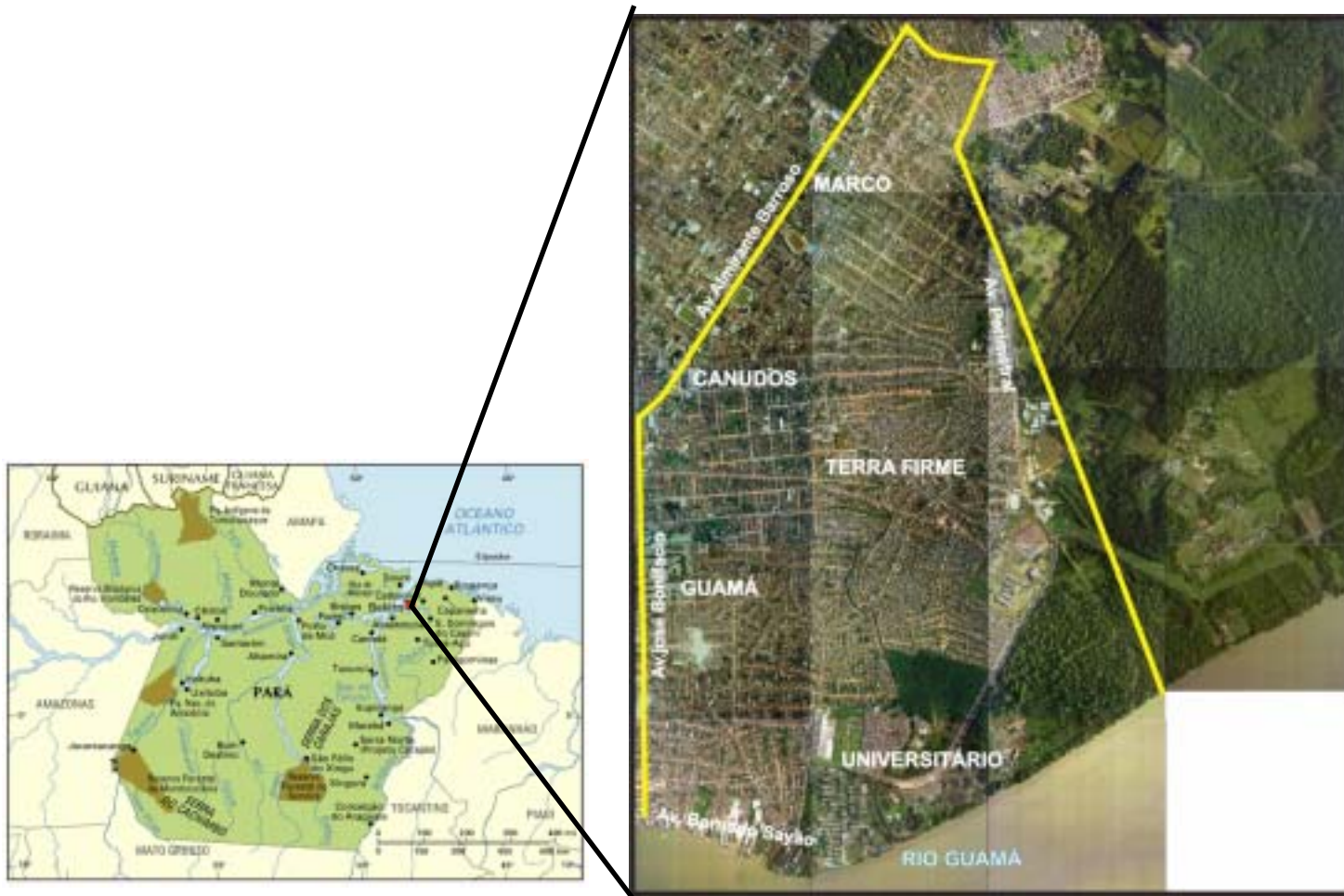


Figura 01 – Localização da bacia do Tucunduba.

METODOLOGIA

A seqüência metodológica adotada para a realização deste estudo pode ser entendida através da descrição das seguintes atividades: 1 - Pesquisa bibliográfica, 2 - Coleta de informações técnicas em empresas do setor público e privado atuantes na área objeto do estudo, 3 - Tratamento e sistematização das informações adquiridas, incluindo análise de confiabilidade e unificação de linguagem e nomenclaturas, 4- Campanha de campo para coleta de amostras de água subterrânea; 5- Realização das análises físico-químicas e bacteriológicas nos Laboratórios de Hidroquímica do Centro de Geociências da Universidade Federal do Pará, 6- Tratamento dos dados obtidos em software, interpretações e estabelecimento das principais conclusões.

As análises físico-químicas e bacteriológicas incluíram os seguintes parâmetros: Temperatura, pH, condutividade elétricos, sólidos totais, turbidez, dureza, oxigênio dissolvido, série nitrogenada, cloretos, nitratos, ferro, oxigênio consumido, demanda bioquímica de oxigênio, demanda química de oxigênio, coliformes totais e coliformes fecais.

Com os resultados obtidos do laboratório construíram-se tabelas, gráficos e mapas de iso-valores para cada parâmetro. Todo o resultado obtido sobre o material coletado foi interpretado dentro da busca de: i) consistência das análises; ii) comportamento dos parâmetros físico-químicos das análises de água; iii) classificação iônica das águas; iv) classificação de potabilidade; v) uso das águas para consumo humano e industrial. Foi considerada a legislação vigente sobre os padrões de qualidade de água no Brasil, principalmente a resolução da Portaria 1469/2000 do Ministério da Saúde e da Organização Mundial de Saúde (OMS).

A BACIA DO TUCUNDUBA

Belém do Pará, como todas as grandes metrópoles do país, teve seu espaço urbano ampliado de forma desordenada e descontrolado, tendo a cidade incorporado novas áreas. Essas novas áreas e esse processo fizeram com que as periferias crescessem, intensificando a relação com o centro e promovendo uma discrepância entre a divisão territorial e social.

Um claro exemplo deste processo pode ser observado na forma de ocupação das várzeas por famílias de baixa renda associada a falta de saneamento básico e degradação ambiental. A bacia hidrográfica do Tucunduba é um claro exemplo desse processo, onde a várzea do igarapé Tucunduba concentra um aglomerado populacional está cada vez maior.

O igarapé Tucunduba se encontra num ambiente de várzea, onde falta o mínimo de infraestrutura de saneamento básico. A alta densidade demográfica agrava as inundações nas áreas alagáveis do local, o que altera o funcionamento natural da drenagem. Os aterros feitos com lixo, misturados a caroços de açaí, com cascas de castanha e com serragens alteram a topografia e impedem o escoamento das águas das chuvas e das enchentes, bem como a drenagem de parte dos esgotos das terras mais altas, propiciando a formação de “lagos de quadra”.

O desmatamento de suas margens, por sua vez, facilita a erosão e o conseqüente assoreamento do leito do igarapé, o que diminui a profundidade e a capacidade de contenção do volume d'água do igarapé.

A Bacia do Tucunduba encontra-se próxima ao Rio Guamá e engloba os bairros: Universitário, Terra Firme, Guamá e parte dos bairros de Canudos e do Marco. Na bacia, a área de invasão (aglomerado sub-normal) do Riacho Doce, nas vizinhanças do Campus da Universidade Federal do Pará (UFPA), constitui um dos mais importantes aglomerados humanos dentro da área metropolitana de Belém, se caracterizando por condições socioeconômicas precárias, total falta de saneamento básico e condições de habitação, em sua grande maioria, quase sub-humanas. Tudo isso, aliado à inexistência de programas educacionais sistemáticos (salvo tímidas e isoladas

iniciativas), e à falta de segurança pública efetiva na área, transmitem à essa comunidade adjetivos que a classificam como uma das áreas mais pobres e violentas da cidade.

Dentro desse contexto a UFPA, como instituição de ensino, pesquisa e extensão mais importante do norte do país e que convive diariamente com a realidade dessa comunidade carente, não pode se omitir em cumprir com seu papel de fomentador da relação pesquisa-extensão. A realização do presente trabalho constitui uma contribuição neste sentido.

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

A qualidade das águas do sistema aquífero Barreiras foi investigada na bacia do Tucunduba através da coleta e posterior análise de água subterrânea em 20 poços localizados em pontos estratégicos de amostragem na bacia, no período de menos chuva – julho/2002. Os pontos de coleta das amostras se encontram na Figura 02.

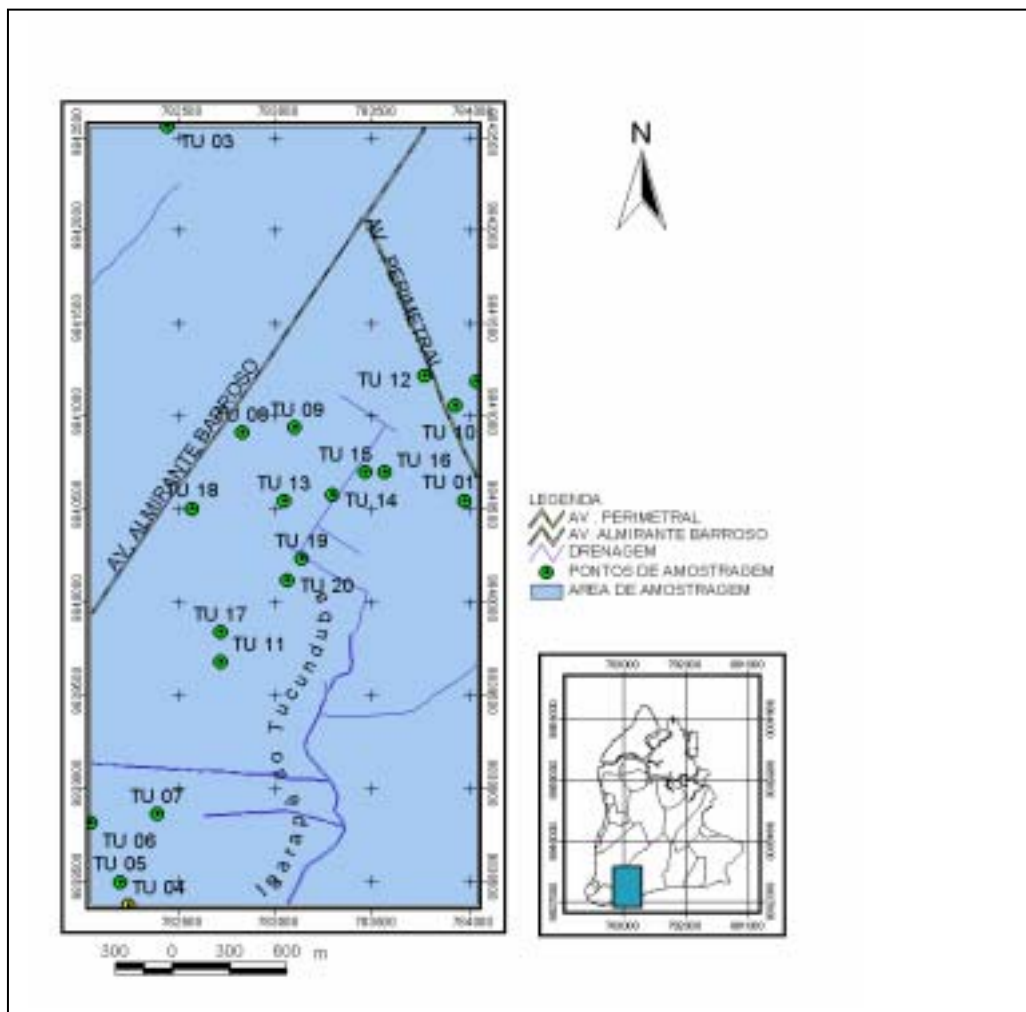


Figura 02 - Localização das amostras coletadas na área do Tucunduba.

Resultados Obtidos e Interpretações

Os resultados das análises encontram listados nas Tabelas 01 e 02. Para cada parâmetro foram construídos gráficos de variação (histogramas) e mapas de distribuição de iso-valores dentro da área. Foi construído um gráfico e um mapa de iso-valores para cada um dos 19 parâmetros, totalizando 40 figuras. Apresenta-se neste trabalho somente as discussões daqueles parâmetros que mostraram resultados mais relevantes para o objetivo do estudo.

pH

É a medida da concentração hidrogeniônica da água ou solução, sendo controlado pelas reações químicas e pelo equilíbrio entre os íons presentes. O pH é essencialmente uma função do gás carbônico dissolvido e da alcalinidade da água. (Fig.03).

Portaria N^o 1469/2000, do Ministério da Saúde, estabelece como padrão de potabilidade para o pH, uma faixa de valores que vai de 6,0 a 9,5. Para a Organização Mundial de saúde essa faixa é alterada para 6,5 a 8,5.

Na área do Bacia do Tucunduba o pH varia entre 2,96 e 6,36, sendo que somente 10% das amostras estão dentro da faixa estabelecida pela Portaria 1469.

Os baixos valores de pH nas áreas estudadas são consequência da acidez regional característica das águas da região amazônica. As águas com pH baixo, ou seja, muito ácidas podem ser grandes causadoras de doenças tais como gastrite.

A distribuição areal do pH no Tucunduba pode ser observada na Figura 04. Nota-se que os valores de pH mais altos ocorrem à leste e sudoeste, caracterizados por picos nessas áreas. Provavelmente essa característica é consequência da influência das águas superficiais do Igarapé Tucunduba, com os valores de pH diminuindo nas proximidades do igarapé.

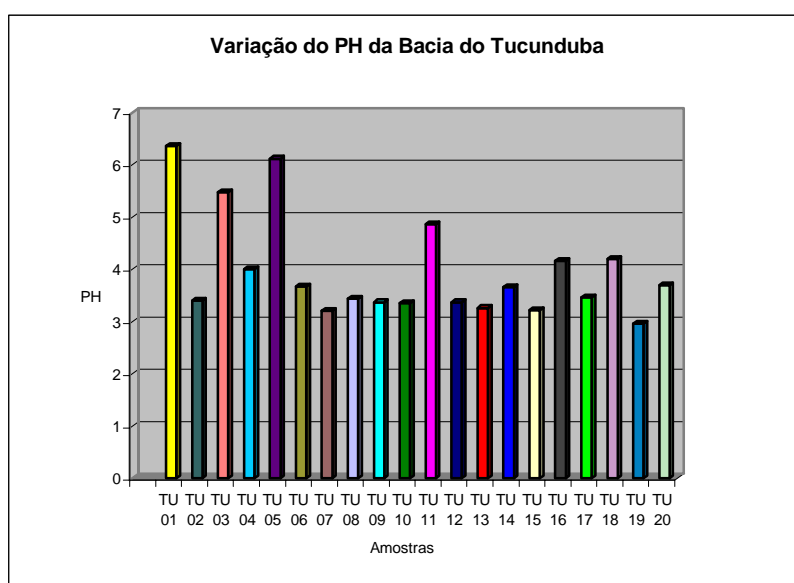


Figura 03- Gráficos de variação do pH na Bacia do Tucunduba.

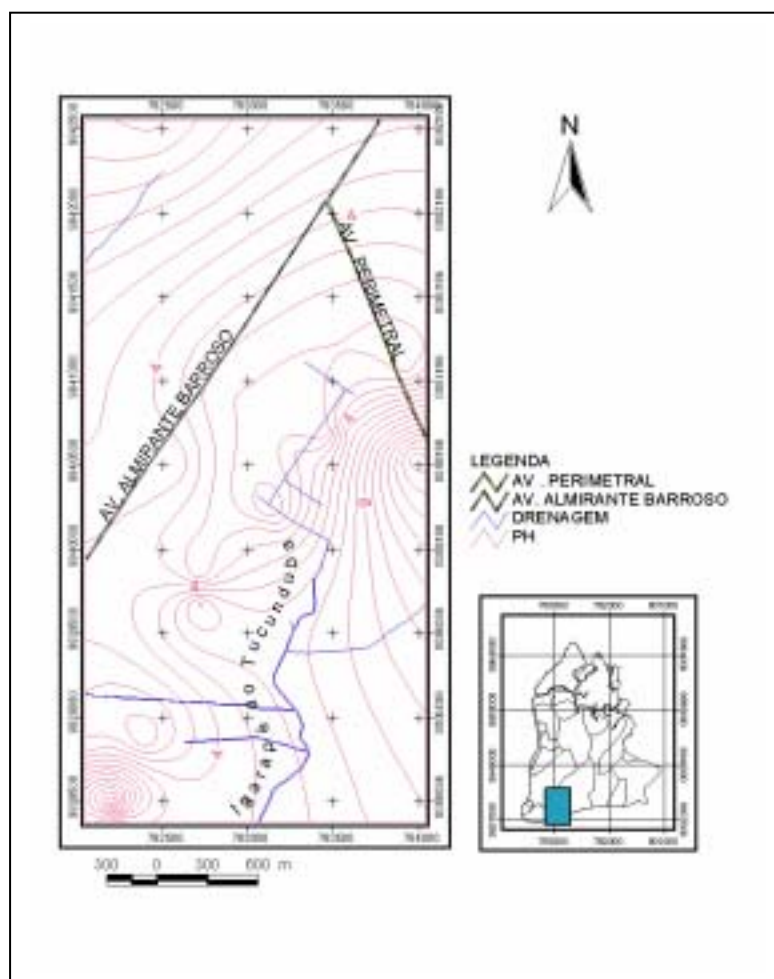
Tabela 01 - Análises Físico-químicas para Água Subterrânea do Sistema Aquífero Barreiras na Bacia do Tucunduba.

Amostras	Temp.	Cor	pH	Turbidez	Dureza	Cond.	DQO	Cloreto	Alcalin.	Sulfato	Nitrato	Amônia	Nitrito
	°C	(APHA)		UNT	mg/L CaCO ₃	µS/cm	mg/L O ₂	mg/L Cl ⁻	mg/L CaCO ₃	mg/L SO ₄ --	N - NO ₃ - (mg/L)	N - NH ₃ (mg/L)	N - NO ₂ - (mg/L)
TU 01	27,80	31,00	6,36	2,90	20,33	89,90	9,60	6,25	17,95	0,027	0,10	0,27	0,003
TU 02	27,40	0,00	3,40	0,18	12,41	171,00	9,60	14,55	0,00	0,001	4,20	0,25	0,001
TU 03	28,10	59,00	5,48	8,74	23,75	87,10	19,20	2,75	29,38	0,035	0,20	0,22	0,009
TU 04	27,80	2,00	4,00	2,43	50,00	224,00	19,20	13,75	0,31	0,316	3,90	0,77	0,003
TU 05	26,20	2,00	6,12	3,19	16,00	254,00	19,20	18,74	49,98	0,031	1,50	14,60	0,001
TU 06	27,60	0,00	3,67	0,23	29,75	250,00	28,50	19,24	0,00	0,155	5,50	1,54	0,000
TU 07	27,80	0,00	3,21	0,33	13,58	332,00	19,00	38,74	0,00	0,024	12,00	4,60	0,000
TU 08	26,80	0,00	3,44	0,28	9,33	190,00	19,00	21,74	0,00	0,026	4,30	1,74	0,000
TU 09	27,50	0,00	3,37	0,15	5,41	146,00	28,56	46,09	0,00	0,025	4,10	0,20	0,000
TU 10	28,70	2,00	3,35	0,10	14,41	115,70	9,40	7,75	0,00	0,670	3,90	0,22	0,002
TU 11	29,30	2,00	4,86	0,14	26,75	237,00	0,00	22,99	18,87	15,240	4,10	5,40	0,002
TU 12	30,00	8,00	3,37	0,11	16,33	242,00	0,00	23,24	0,00	28,840	13,00	0,56	0,004
TU 13	29,50	3,00	3,26	0,11	8,66	175,00	0,00	19,99	0,00	0,860	4,30	0,83	0,001
TU 14	29,00	6,00	3,66	0,70	8,75	196,00	0,00	25,19	0,00	17,680	3,70	0,88	0,001
TU 15	28,20	3,00	3,22	0,27	2,41	212,00	0,00	30,24	0,82	23,900	2,40	5,80	0,005
TU 16	27,00	3,00	4,16	0,27	3,50	165,00	18,40	32,99	5,61	15,000	2,70	4,80	0,005
TU 17	27,60	4,00	3,46	2,60	116,00	220,00	18,40	35,24	41,82	53,780	13,10	1,76	0,005
TU 18	28,80	10,00	4,20	1,07	22,58	199,00	18,40	13,25	11,22	13,660	2,50	0,26	0,006
TU 19	26,70	1,00	2,96	0,41	0,91	260,00	27,70	37,99	3,26	35,970	7,50	12,20	0,006
TU 20	29,00	0,00	3,70	0,15	15,41	137,00	9,52	35,49	0,00	10,860	8,90	0,90	0,005
Média	28,04	6,80	3,96	1,22	20,81	195,14	13,68	23,31	8,96	10,86	5,10	2,89	0,003

Tabela 02 - Análises Físico-químicas e Bacteriológicas para Água Subterrânea do Sistema Aquífero Barreiras na Bacia do Tucunduba.

Amostras	K	Na	Ca	Mg	Fe	Mn	STD	Bicarbon.	Carbon.	Colif. Tot.	E. Coli
	mg/L	mg/L	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)		
TU 01	1,20	5,00	6,80	0,80	0,60	0,00	58,44	21,90	0,00	S A	S A
TU 02	2,70	12,00	3,30	1,00	0,10	0,00	111,15	0,00	0,00	S A	S A
TU 03	1,20	13,00	7,50	1,20	2,30	0,00	56,62	35,84	0,00	S A	S A
TU 04	1,30	10,00	17,16	1,70	0,20	0,00	145,60	0,38	0,00	S A	S A
TU 05	8,20	11,00	4,90	0,90	0,40	0,10	165,10	60,98	0,00	S A	S A
TU 06	5,00	13,00	8,90	1,80	0,30	0,00	162,50	0,00	0,00	S A	S A
TU 07	7,80	27,00	3,10	1,40	0,40	0,00	215,80	0,00	0,00	S A	S A
TU 08	3,70	17,00	2,40	0,80	0,10	0,00	123,50	0,00	0,00	S A	S A
TU 09	3,30	20,00	1,00	0,70	0,10	0,00	94,90	0,00	0,00	S A	S A
TU 10	2,20	5,00	4,60	0,70	0,20	0,00	75,21	0,00	0,00	P	A
TU 11	8,10	15,00	7,20	2,10	0,10	0,00	154,05	23,02	0,00	P	A
TU 12	3,70	20,00	4,20	1,40	1,80	0,00	157,30	0,00	0,00	P	A
TU 13	2,20	13,00	2,30	0,70	0,10	0,00	113,75	0,00	0,00	P	P
TU 14	3,80	17,00	2,00	0,90	0,20	0,00	127,40	0,00	0,00	A	A
TU 15	6,00	23,00	0,30	0,40	0,20	0,00	137,80	1,00	0,00	P	A
TU 16	5,50	22,00	0,40	0,60	0,80	0,00	107,25	6,84	0,00	P	A
TU 17	9,20	31,00	35,00	3,80	0,20	0,00	143,00	51,02	0,00	P	A
TU 18	5,10	10,00	7,70	0,80	0,10	0,00	129,35	13,69	0,00	P	P
TU 19	7,70	46,00	0,20	0,10	0,10	0,00	169,00	3,98	0,00	P	P
TU 20	7,30	29,00	3,00	1,90	0,40	0,00	89,05	0,00	0,00	P	A
Média	4,76	17,95	6,10	1,19	0,44	0,01	126,84	10,93	0,00		

S A = Sem Análise A= Ausência P= Presença



FONTE: MATTA, 2002

Figura 04 - Distribuição do pH na área do Tucunduba.

Turbidez (UNT)

É definida pela dificuldade da emissão de luz pela água, provocada pelos sólidos em suspensão (silte, argila, matéria orgânica) que sujam a água dificultando a passagem de luz.

A Portaria N^o 1469/2000, do Ministério da Saúde e da Organização Mundial de Saúde - OMS, estabelecem como padrão de potabilidade para a Turbidez um limite de 5 UNT.

Cerca de 95% das amostras analisadas estão dentro do limite de potabilidade estabelecido pela portaria e OMS, apenas duas amostras fogem a esse padrão (TU 03 = 8,74) (Fig. 05).

A distribuição areal da Turbidez no Tucunduba pode ser observada na Figura 06. Pode se dizer que os valores de Turbidez mais altos ocorrem em leste e sudoeste, caracterizados por picos nessas áreas, seguindo a mesma tendência do pH. Provavelmente essa característica é consequência da influência do Igarapé Tucunduba. É observado também um certo paralelismo entre as isolinhas com direção NE-SW.

Dureza

É definida como a capacidade da água de neutralizar o sabão pelo efeito do cálcio, magnésio ou outros elementos como Fé, Mn, Cu, Ba, etc. É percebida pela diminuição da espuma que o sabão geralmente provoca.

A água com um alto teor de dureza é incrustante, ou seja para captação de água subterrânea torna-se um problema devido à deposição na tubulação que esta propriedade provoca.

A Portaria N^o 1469/2000, do Ministério da Saúde, estabelece como padrão de potabilidade para a Dureza de 500mg/L CaCO₃.

Com os valores de dureza adquiridos na análise de água pôde se verificar para a Bacia do Tucunduba (Fig 07) que os valores estão dentro do padrão sendo que 35% das amostras apresentam valores abaixo de 10 mg/L CaCO₃, 55%- com valores entre 10 e 30 mg/L CaCO₃ e apenas 10% das amostras possuem valores acima de 30mg/L chegando ao máximo de 116 mg/L CaCO₃.

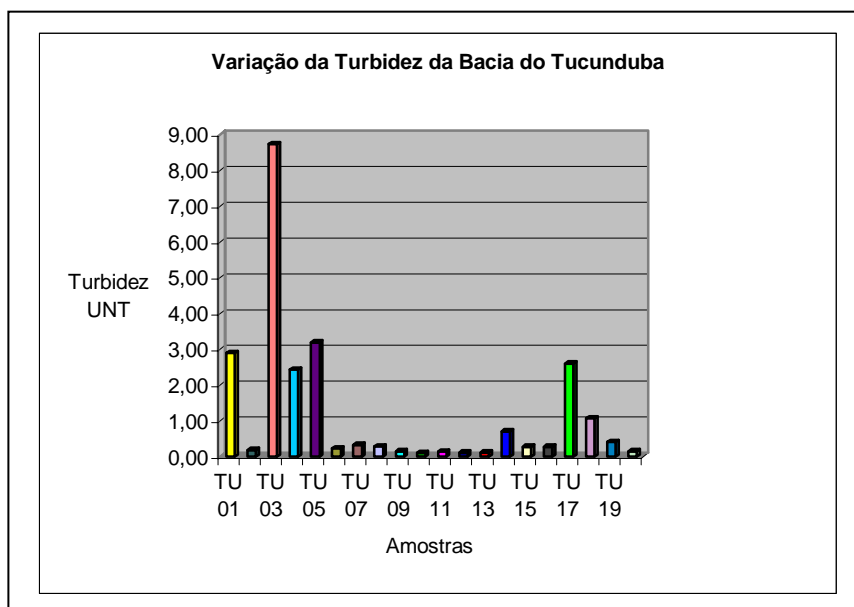


Figura 05 - Gráfico da Variação da Turbidez

Em termos de distribuição areal da dureza na Bacia do Tucunduba (Fig 08), pode ser observado no mapa que as linhas de isovalores se mostram bem espaçadas, podendo ser observado claramente um único pico de valores localizado no setor sudoeste do mapa, localizado entre o Igarapé Tucunduba e a Avenida almirante Barroso.

Condutividade

A condutividade elétrica é uma medida da facilidade da água conduzir a corrente elétrica e está relacionada com a presença de cátions e ânions provenientes de sais diversos que se encontram

dissolvidos na água. Esses sais se acumulam no corpo hídrico, em função da movimentação e transporte de material de solos.

A condutividade tem o papel de medir o grau de mineralização iônica das águas que, por sua vez, está diretamente associada a potabilidade para consumo humano.

Os valores da Condutividade Elétrica na área da Bacia do Tucunduba mantiveram-se entre 87,1 (TU 03) e 332,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (TU 07) a uma temperatura de 25°C. (Fig. 09). Na área (Fig.10) percebe-se que as isolinhas diminuem de valores, convergentemente para a região central da área, na posição do igarapé do Tucunduba.

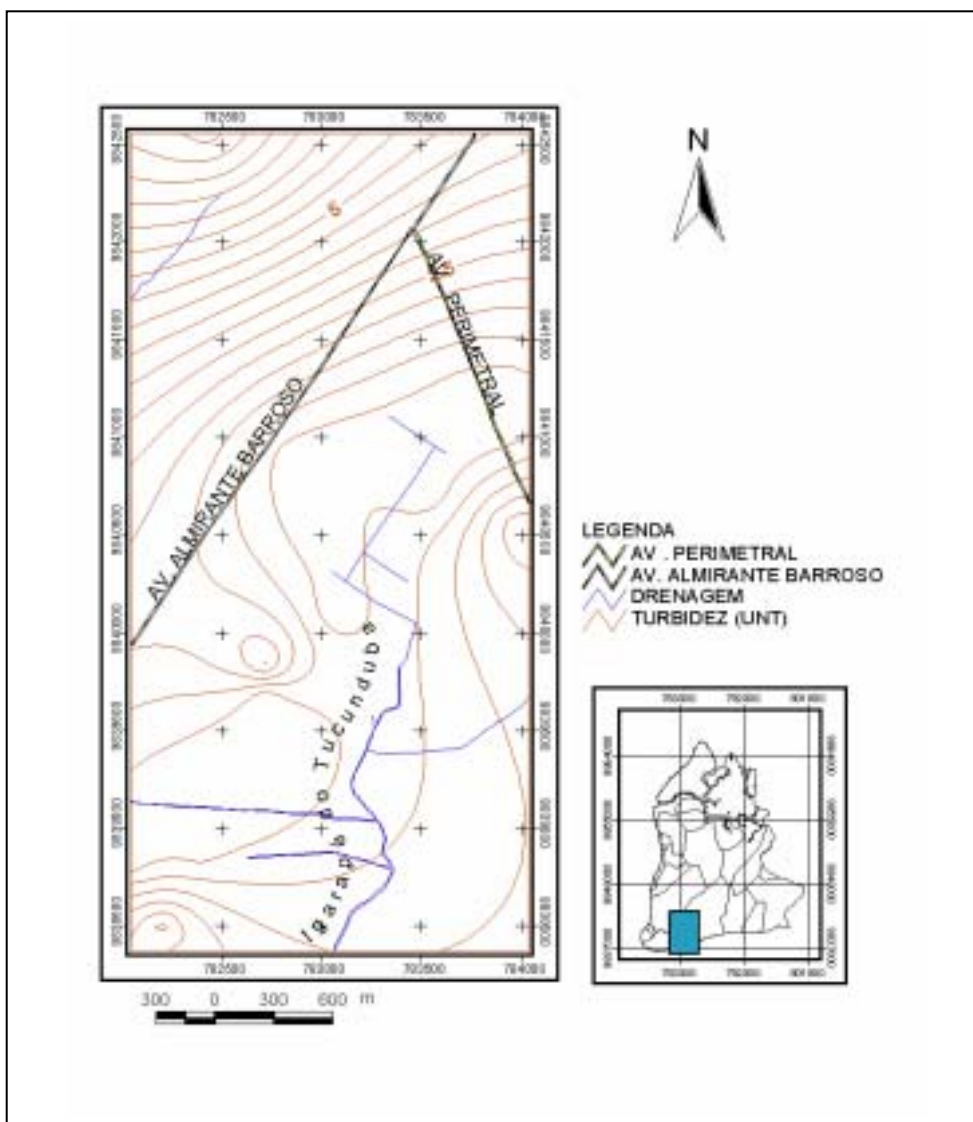


Figura 06 – Distribuição da Turbidez na área do Tucunduba. FONTE: MATTA, 2002

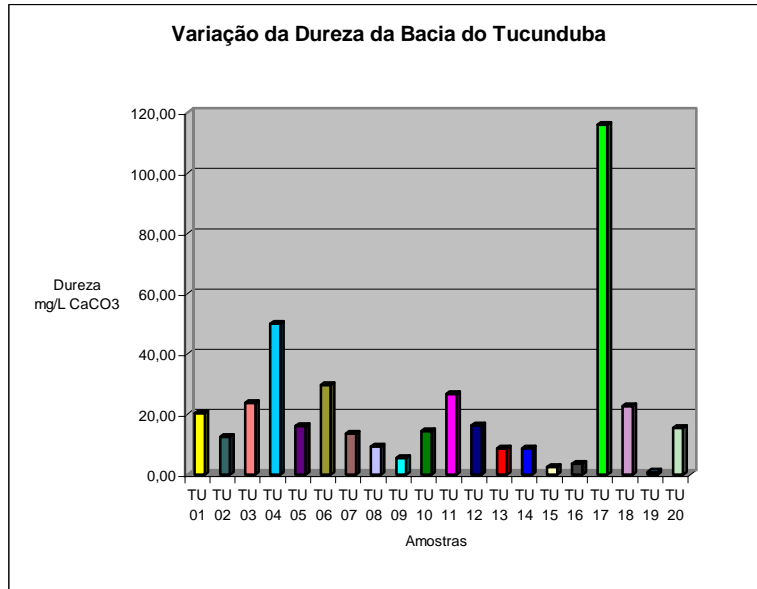
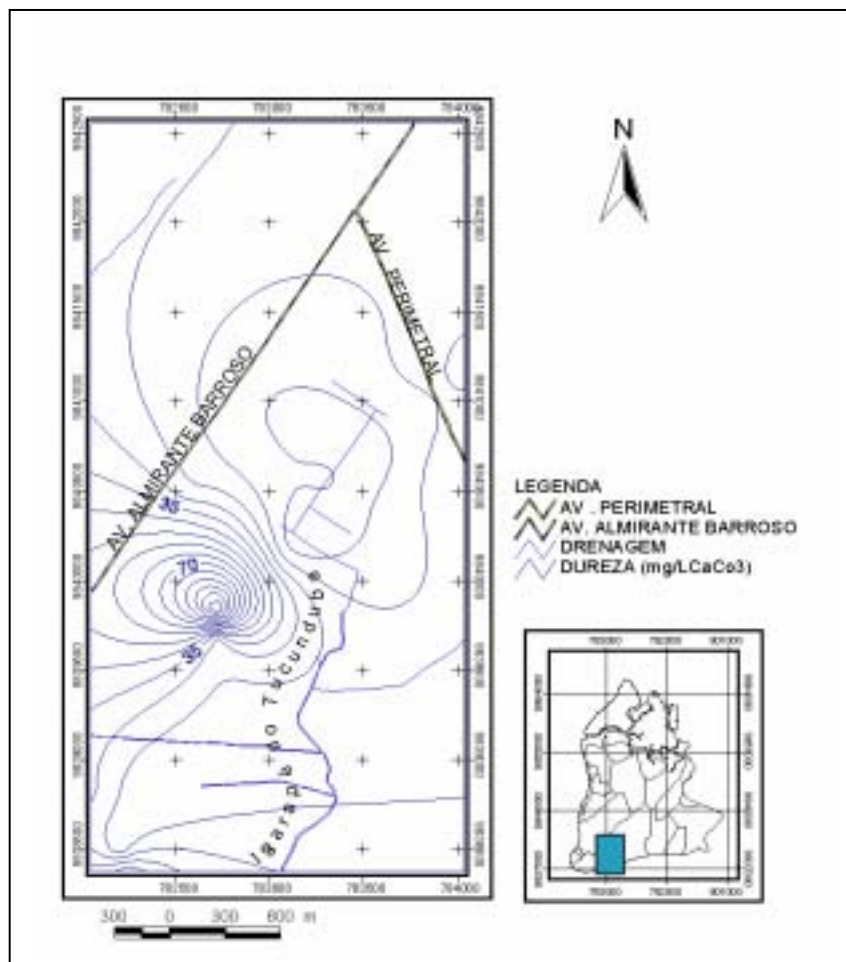


Figura 07 - Gráfico da Variação da Dureza



FONTE: MATTA 2002.

Figura 08 - Distribuição da Dureza na área do Tucunduba.

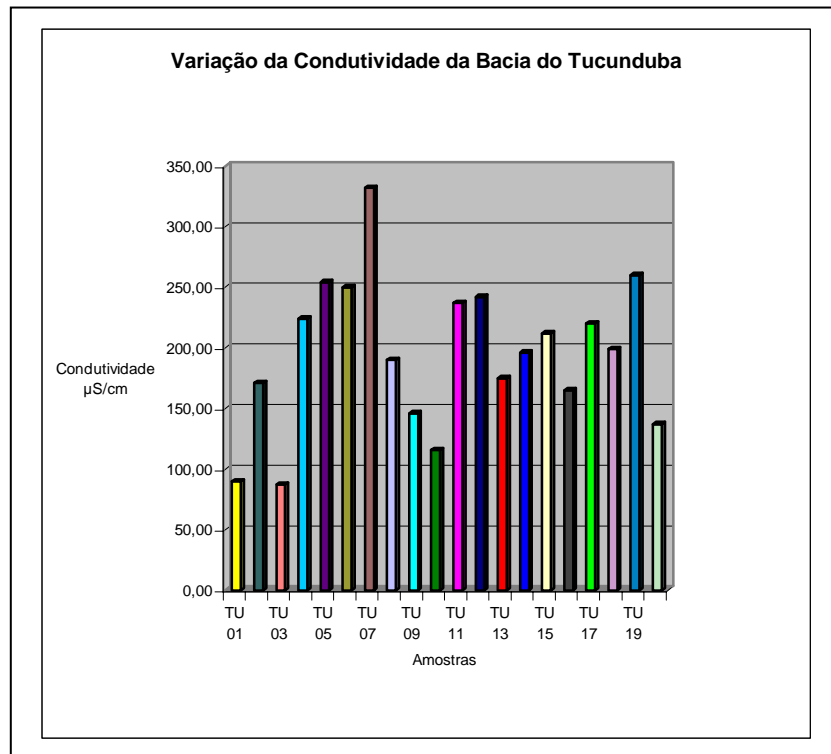


Figura 09 - Gráfico da Variação da Condutividade

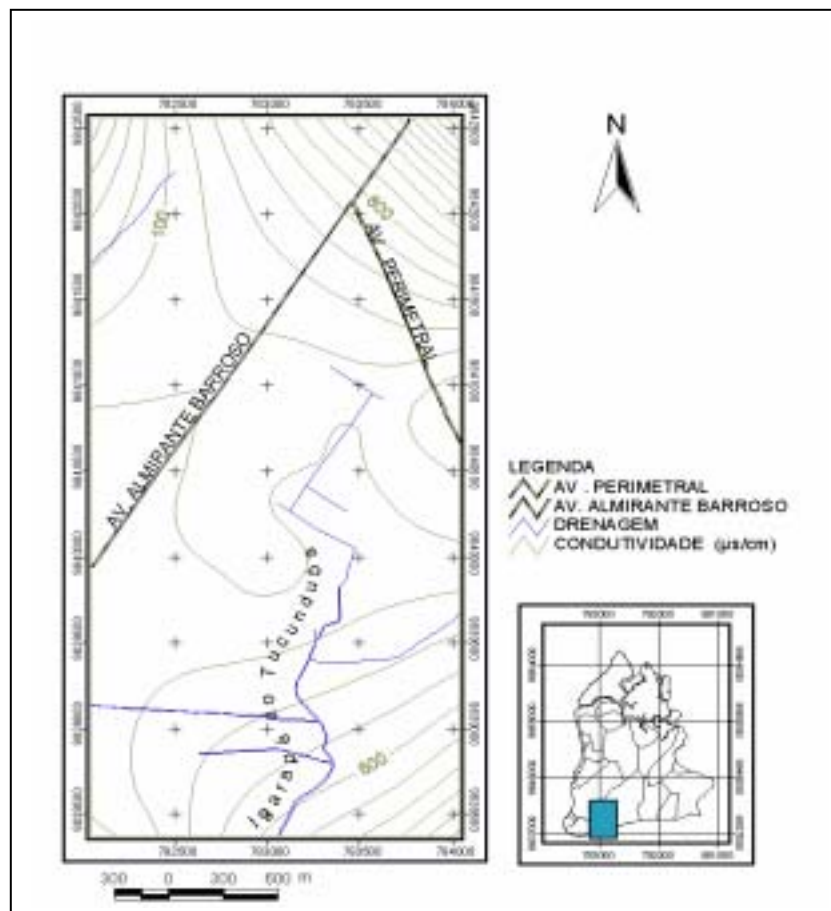


Figura 10-Distribuição da Condutividade na área do Tucunduba. FONTE: MATTA 2002

Cloreto

O cloreto está presente em todas as águas naturais, com valores situados entre 10e250 mg/L nas águas doces. É proveniente da lixiviação de minerais ferromagnesianos de rochas ígneas e de rochas evaporíticas. As águas subterrâneas apresentam geralmente teores de cloreto inferiores a 100mg/L.

As diversas interações naturais experimentadas pelas águas subterrâneas geralmente não influenciam no aumento desse fator. Portanto o aumento desse fator nas águas subterrâneas é de origem antrópica, especialmente de resíduos industriais e de esgotos sanitários.

Trata-se de um bom indicador de poluição para aterros sanitários e lixões, uma vez que um alto teor provoca mudança de sabor na água.

A Portaria N^o 1469/2000, do Ministério Brasileiro de Saúde, estabelece como padrão de potabilidade para o cloreto de 250 mg/L.

Nas amostras analisadas na Bacia do Tucunduba (Fig. 11), verificou-se que os valores de cloreto variaram entre 2,75 (TU 03) e 46,09 mg/L (TU 09) tendo uma média de 23,3 mg/L.

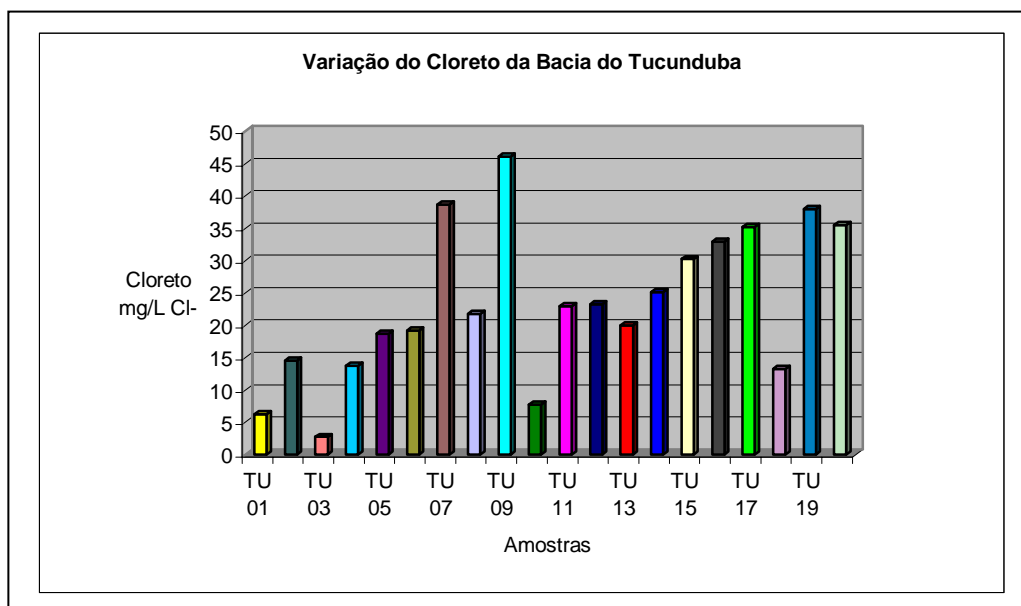


Figura 11 - Gráfico da Variação do Cloreto

Com base nos fatores descritos acima pode-se afirmar que todas as amostras analisadas estão dentro do padrão de potabilidade seguido, apresentando, inclusive, valores bem abaixo do limite.

Com base nos fatores descritos acima pode-se afirmar que todas as amostras analisadas estão dentro do padrão de potabilidade seguido, apresentando, inclusive, valores bem abaixo do limite.

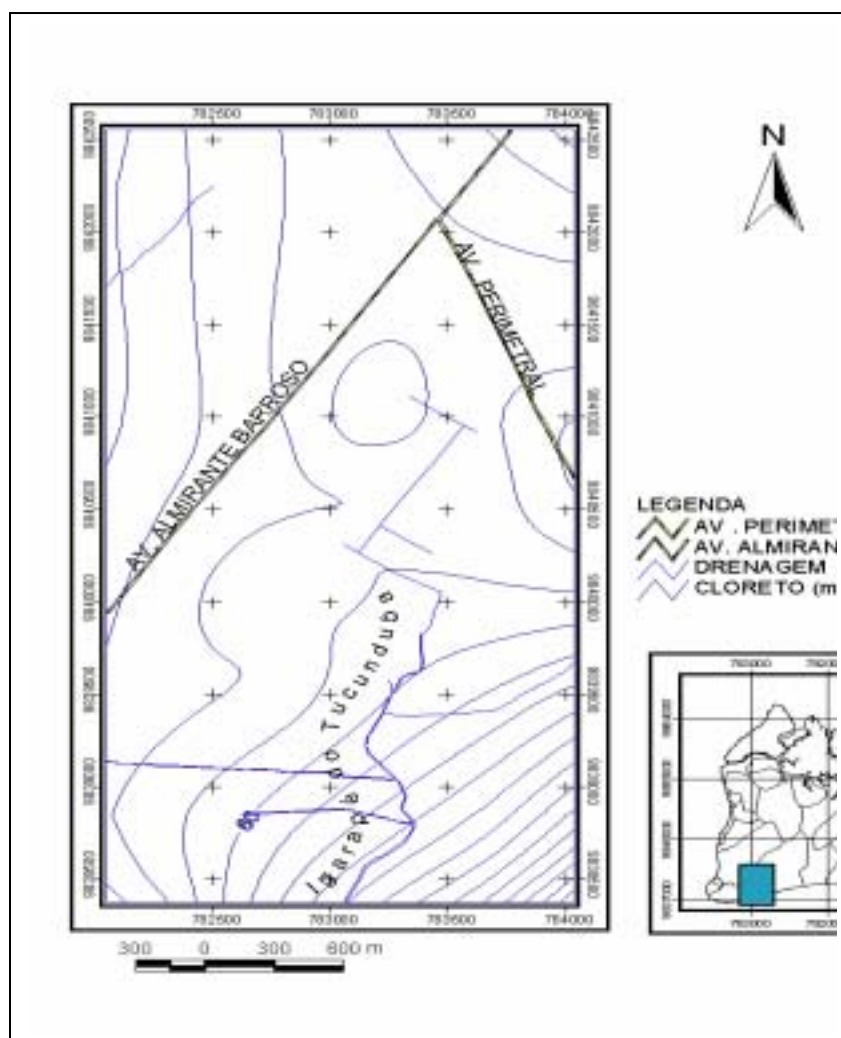
Observando-se a distribuição areal do cloreto nas áreas estudadas percebe-se que o mesmo segue um padrão de distribuição das isolinhas bastante semelhante àquele da condutividade. Com base nisso nota-se claramente que o íon cloreto aumenta para leste, sendo paralelo ao aumento da condutividade, isso mostra a influência da Baía do Guajará sobre esses dois fatores (Fig.12).

Nitrato

O nitrato é um parâmetro muito importante, pois é um grande indicador de contaminação e poluição das águas subterrâneas por atividade antrópica. Esse elemento é considerado prejudicial à saúde, porém é um importante agente na agricultura.

A Portaria Nº 1469/2000, do Ministério Brasileiro de Saúde, estabelece como padrão de potabilidade para o nitrato valores de até 10 mg/L N-NO₃⁻.

Para a bacia do Tucunduba, para 70% das amostras, valores de nitrato inferiores a 5,0 mg/L N-NO₃⁻, para 15% delas valores entre 5,0 e 10 mg/L N-NO₃⁻ e para cerca de 15% das amostras valores superiores a 10 mg/L N-NO₃⁻. Estas últimas, portanto, acima do padrão de potabilidade da Organização Mundial de Saúde - OMS e da Portaria 1469/2000 do Ministério da Saúde. A média de valores desse parâmetro para essa bacia foi de 5,1 mg/L N-NO₃⁻. (Fig.13)



FONTE: MATTA

Figura 12 - Distribuição da Cloreto na área do Tucunduba

Quanto à distribuição areal desse parâmetro, observa-se três picos de valores, orientados com direção NE de acordo com o Igarapé do Tucunduba, podendo, assim, se pensar em alguma influência antrópica das populações ribeirinhas. (Fig.14)

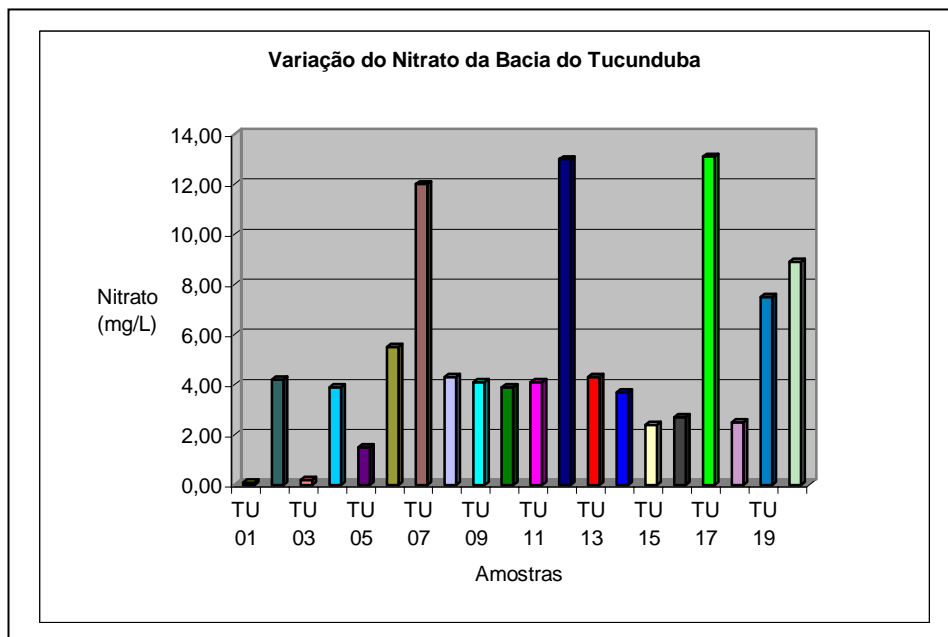


Figura 13- Gráfico da Variação do Nitrato

Ferro Total

Devido ao sistema aquífero Barreiras apresentar um alto teor de ferro é comum as águas subterrâneas a presença desse componente. O alto teor de ferro nas águas pode ser um fator preocupante uma vez que este causa danos a saúde humana, além disso destrói tubulações e restringe essa água para uso industrial.

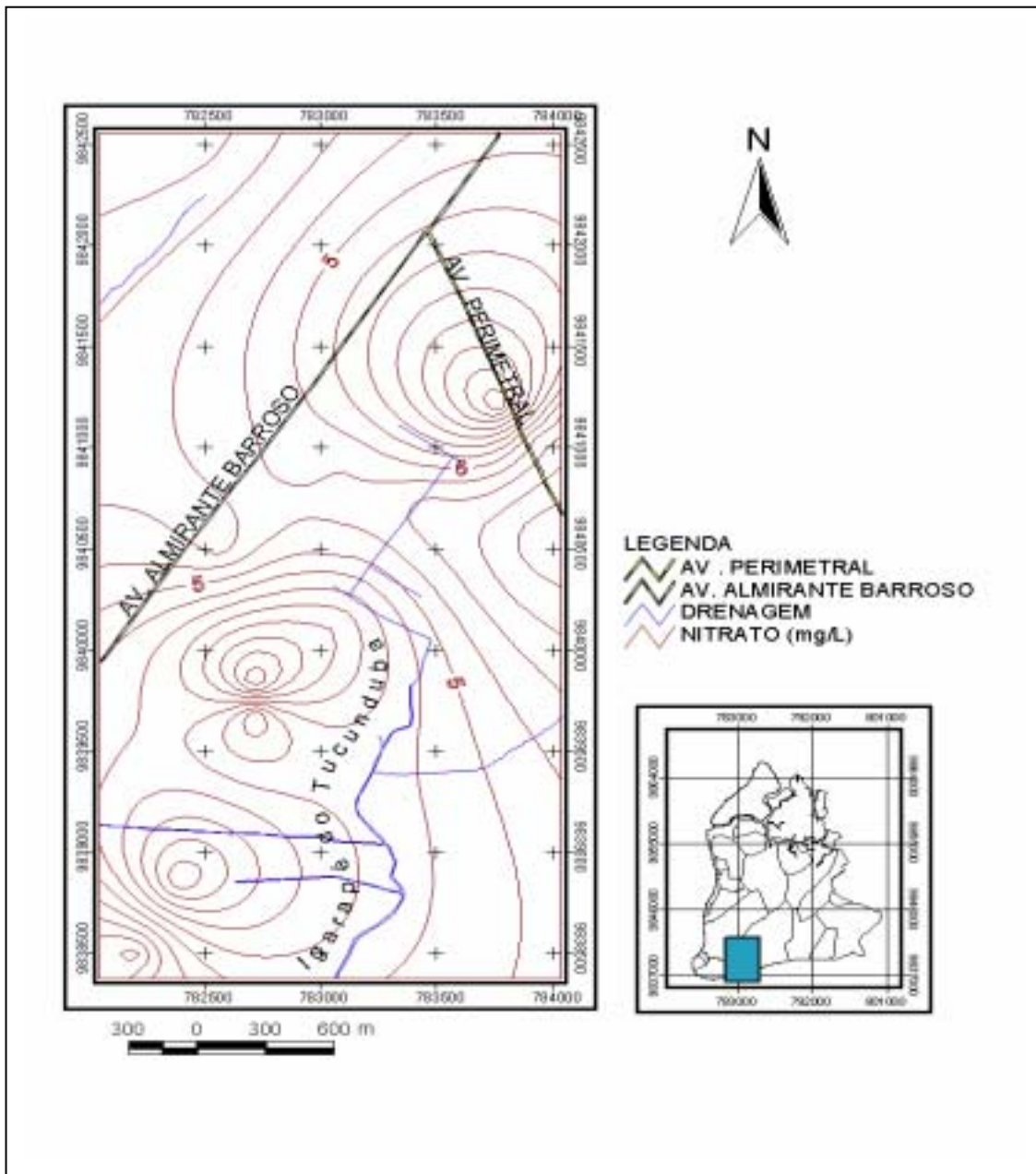
De acordo com a Portaria N° 1469 do Ministério da Saúde, o limite de potabilidade para o ferro é de até 0,3 mg/L, para as águas de consumo humano.

As amostras da Bacia do Tucunduba mostraram valores entre 0,10 e 2,3 mg/L. Cerca de 35% das amostras analisadas nessa área estão fora do limite de potabilidade. (Fig.15)

Pode se concluir, então, que para as referidas camadas aquíferas se fará necessária a instalação de estações de tratamento de ferro (desferrização) para tornar as águas produzidas aptas ao consumo.

Classificação Iônica das Águas

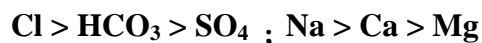
Utilizando-se o programa ACQUACHEN, construiu-se o Diagrama de Piper para a classificação iônica das águas (Fig. 16). Percebe-se que as águas analisadas são predominantemente cloretadas sódicas a mistas, subordinadamente.



FONTE: MATTA 2002

Figura 14 - Distribuição do Nitrato na área do Tucunduba .

A relação entre os cátions e os ânions pode ser observada a seguir:



Como o cloro não é muito abundante nas rochas que compõe a geologia da região de Belém , sua ocorrência nas águas subterrâneas deve estar associada às águas pluviais associadas à influência do mar através da proximidade das águas salobras da Baía do Marajó, a oeste da área investigada (MATTA, 2002)

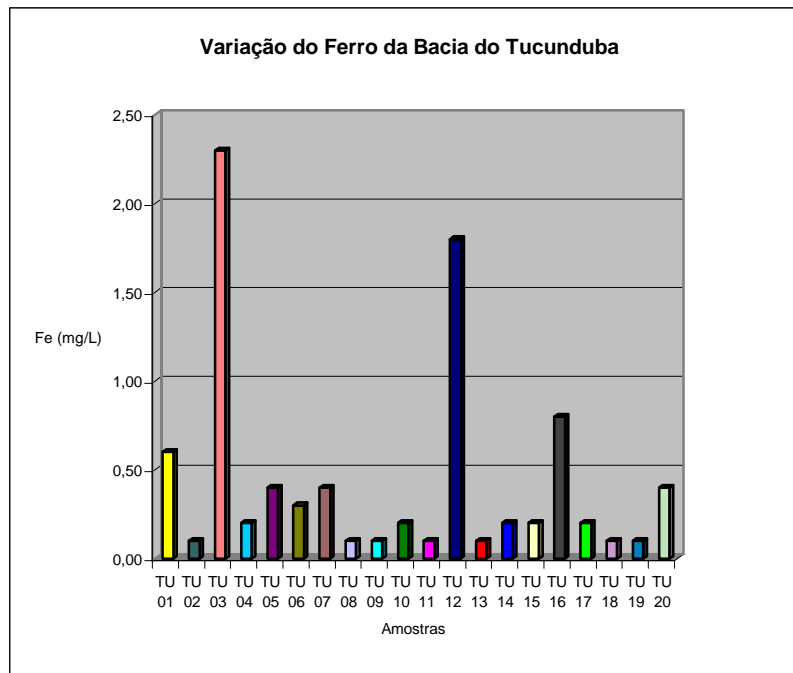
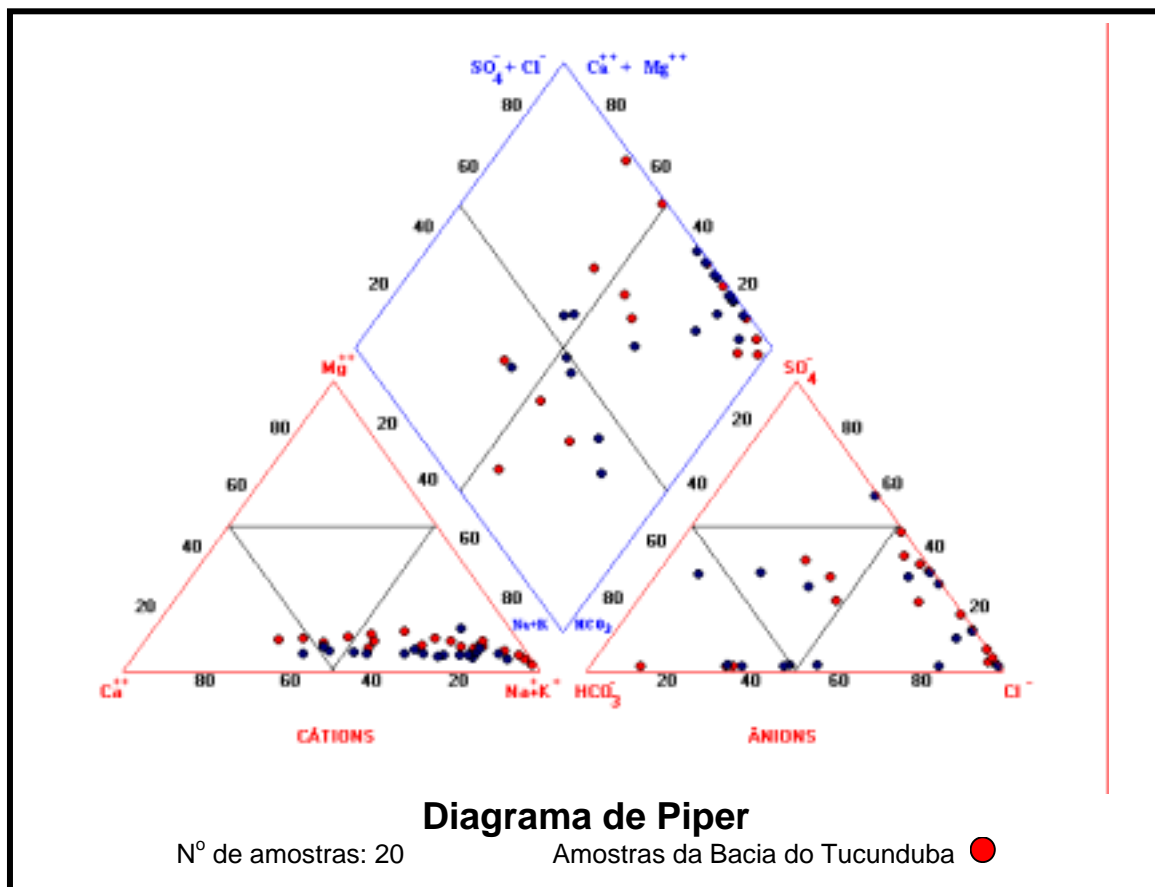


Figura 15 - Gráfico da Variação do Ferro



FONTE: MATTA, 2002.

Figura 16 - Classificação iônica das águas subterrâneas na Região do Tucunduba.

Como o cloro não é muito abundante nas rochas que compõe a geologia da região de Belém, sua ocorrência nas águas subterrâneas deve estar associada às águas pluviais associadas à influência do mar através da proximidade das águas salobras da Baía do Marajó, a oeste da área investigada (MATTA, 2002)

Resultados da Análise Bacteriológica das Águas

Na área da bacia do Tucunduba, apenas na amostra 14 não foram detectados coliformes totais. Isso perfaz cerca de somente 5% das amostras, enquanto que em apenas três amostras (15%) foi detectada a presença da bactéria *Escherichia coli*. Essa bactéria tem sua origem nas interações dos poços com fossas sépticas ou negras em função da falta de critério na locação e construção dessas obras nos aglomerados urbanos da área.

A conseqüência disso é uma série de doenças de veiculação hídrica, principalmente doenças intestinais como disenteria bacteriológica (diarréia), além de cólera, leptospirose, febre tifóide, hepatite infecciosa e gastroenterite.

Esses resultados mostraram quanto frágil é o sistema aquífero Barreiras aos processos de contaminação, principalmente àqueles resultantes de ações antrópicas ajudadas pela carência de saneamento básico.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

As águas analisadas mostraram que a qualidade das águas subterrâneas do Aquífero Barreiras é, de uma maneira geral, boa para consumo humano.

Apenas algumas amostras constituíram exceções, com valores de cor e turbidez acima do padrão da legislação vigente, além de concentrações anômalas de ferro e nitrato.

Os valores de ferro mostraram-se acima das concentrações permitidas para 35% dos poços analisados. Isso era esperado, pois uma das características do sistema aquífero Barreiras é o alto teor de ferro, quase sempre exigindo a instalação de estações de desferrização.

Os teores altos de ferro, típicos do sistema Barreiras, acarretam diversos problemas, bastante conhecidos entre o meio técnico local: gosto metálico nas águas produzidas, manchas em roupas e manchas em instalações hidráulicas, incrustações nas bombas, nos filtros dos poços e nos materiais de revestimento, provocando diminuição de vazões e redução da vida útil dos poços (Matta, 2002).

O outro parâmetro com teor acima das recomendações legais é o nitrato, com 15% amostras apresentando teores acima de 10 mg/L.

Esses valores anômalos, apesar de não muito acima dos padrões de potabilidade utilizados, são suficientes para serem interpretados como contaminações por efluentes líquidos (principalmente

esgotos domésticos) nas águas superficiais que interagem com as águas subterrâneas, somadas à presença de fossas negras e ajudadas pela inexistência de saneamento básico. Tudo isso é somado a um nível estático muito raso nessas áreas, muitas vezes inferior a 5 metros e algumas vezes sub-aflorante (Matta, 2002).

A construção de poços fora dos padrões técnicos, por profissionais sem qualificação e competência profissional também contribui para a contaminação das águas produzidas (Matta, op cit).

Deve ser dada a maior atenção aos projetos de construção dos poços como uma forma de minimizar a possibilidade das cargas contaminantes atingirem o aquífero. Principalmente nessas áreas de aglomerados urbanos, onde se torna impraticável a aplicação dos critérios técnicos associados a perímetro de proteção de poço.

A forma de ocupação do meio físico na região estudada facilita sobremaneira a interação antrópica com as águas subterrâneas captadas por esses poços rasos, construídos nas proximidades de fossas sépticas e outras fontes pontuais de contaminação/poluição dessas águas.

O estudo da qualidade das águas pode vir a ser útil para uma fiscalização do poder público municipal a fim de evitar que se faça uma super exploração da água subterrânea causando a contaminação da mesma.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

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