

CONDIÇÕES DE POTABILIDADE DA ÁGUA CONSUMIDA PELA POPULAÇÃO DE ABAETETUBA-PARÁ

Simone de Fátima Pinheiro Pereira¹, Andrelina de Carvalho Costa², Edineide do Socorro Carvalho Cardoso³, Maria do Socorro Soares Corrêa⁴, Danila Teresa Valeriano Alves⁵, Rafaella Galvão Miranda⁶, Geiso Rafael Fonseca de Oliveira⁷

Resumo: As doenças de transmissão hídrica têm correlação direta com a qualidade da água fornecida à população pelas empresas de saneamento. Na Amazônia este quadro é agravado devido ao pouco ou inexistente tratamento da água nas cidades do interior da região. O presente estudo avalia as condições químicas e bioquímicas da água fornecida à população da cidade de Abaetetuba-PA, em relação aos parâmetros físico-químicos e suas correlações. Cinco bairros foram selecionados e os resultados encontrados foram: turbidez (6,14 UNT), pH (6,71), temperatura (30,13 °C), alcalinidade total (21,72 mg.L⁻¹), dureza total (64,40 mg.L⁻¹), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) (2,14 mg.L⁻¹) e cloreto (21,53 mg.L⁻¹). Os parâmetros foram avaliados segundo normas da portaria 518 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2004), com exceção da Demanda Bioquímica de Oxigênio que foi avaliada segundo a resolução n° 357 do CONAMA (BRASIL, 2005). Foram encontradas excelentes correlações ($0,8000 < r < 1,0000$) entre dureza total e alcalinidade total (0,8871); dureza total e pH (0,8341); cloreto e alcalinidade total (-0,8403); alcalinidade total e pH (0,9231); alcalinidade total e turbidez (0,8284); cloreto e pH (-0,9648); pH e turbidez (0,8462). Os resultados encontrados comprovam que a qualidade da água fornecida à população de Abaetetuba precisa ser melhorada.

Palavras-chave: Parâmetros bioquímicos. Parâmetros físico-químicos. Qualidade de água.

1 Introdução

A preocupação em preservar a saúde surgiu na sociedade humana, desde os períodos mais remotos. Na Idade Antiga, a relação das pessoas com o ambiente pode ser notada pela escolha dos locais para a construção das vilas e cidades. Elas eram sempre instaladas nos lugares considerados mais seguros e saudáveis, bem arejados e iluminados. Roma, capital do Império Romano, e Atenas, principal cidade grega, foram edificadas em locais onde o clima era agradável e os mananciais hídricos abundantes. Partindo-se dos primeiros estudos realizados por Hipócrates (Pai da Medicina), essas idéias ficam evidenciadas na demonstração de uma correlação direta

entre a higienização do corpo e do ambiente físico e social (SILVA; COSTA; DANTAS, 1997).

O planejamento inadequado da urbanização na maioria das cidades brasileiras vem ocasionando alterações no ambiente que podem influenciar direta ou indiretamente na qualidade de vida da população. Em conseqüência, sob certas condições ambientais, as ocupações urbanas podem se tornar importantes fontes de poluição dos recursos hídricos (GÖBEL; DIERKES; COLDEWEY, 2007; CHALMERS; VAN METRE; CALLENDER, 2007).

Questões relativas ao acesso regular à água potável e segura têm causado preocupação, principalmente em países em desenvolvimento, que sofrem com a rápida

¹ E-mail: simonefp@ufpa.br

Faculdade de química - Laboratório de Química Analítica e Ambiental (LAQUANAM) da Universidade Federal do Pará. Av. Augusto Corrêa nº1, Cidade Universitária José da Silveira Neto, Belém, 66075-900, Brasil

² E-mail: costa.andrelina@yahoo.com.br

³ E-mail: edineide.cardoso@yahoo.com.br

⁴ E-mail: socorrocorrea@rocketmail.com

⁵ E-mail: danilavaleriano@yahoo.com.br

⁶ E-mail: rafaella.galvao@hotmail.com

⁷ E-mail: geisorafael@ufpa.br

expansão urbana, o adensamento populacional e a ocupação de áreas periurbanas e rurais, com evidentes deficiências e dificuldades no suprimento de água para satisfazer às necessidades básicas diárias. O provimento adequado de água, em quantidade e qualidade, é essencial para o desenvolvimento socioeconômico local, com reflexos diretos sobre as condições de saúde e de bem-estar da população. Condições adequadas de abastecimento resultam em melhoria das condições de vida e em benefícios como controle e prevenção de doenças, prática de hábitos higiênicos, conforto e bem-estar, aumento da expectativa de vida e da produtividade econômica (RAZOLLINI; GÜNTHER, 2008).

O abastecimento de água, cada vez mais, tem preocupado os gestores públicos, pois a falta de acesso a água tem sido considerada fator de risco à saúde, além de limitante ao desenvolvimento. Dados do relatório "Saúde no Mundo", editado pela Organização Mundial da Saúde (WHO, 2004), mostram que 85 de 102 agravos à saúde e traumatismo são atribuídos ao saneamento ambiental deficiente. Estimativas, em âmbito mundial, retratam que 24% das enfermidades e 23% das mortes prematuras resultam da exposição a ambientes insalubres e sem atenção sanitária (WHO, 2006). Publicação produzida pela Organização Mundial da Saúde (OMS) e o Fundo das Nações Unidas para a Infância (UNICEF) relata que 90,5% das mortes por diarreia aguda, em países em desenvolvimento, atingem à população menor de 15 anos de idade, distintamente do observado em países desenvolvidos (WHO/UNICEF, 2004).

Neste contexto, o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), mediante documento intitulado "Objetivo de Desenvolvimento do Milênio", estabeleceu metas para garantir a sustentabilidade ambiental, as quais propõem, até 2015, reduzir em 50% a proporção da população atual sem acesso permanente e sustentável à água segura (PNUD, 2005).

Nos dias atuais, o reaparecimento de várias doenças nas áreas urbanas, mostra claramente a pouca atenção dispensada ao saneamento básico e ao manejo correto e eficiente do resíduo, incluindo-se o entulho. Há muito o Brasil é exemplo desse problema, pois, segundo o último levantamento realizado pela Associação Brasileira de

Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES), em 1993, 80% das consultas e 65% das internações realizadas no país, no ano de 1992, tiveram como causas principais à falta de água potável e de saneamento básico. Mais alarmante ainda, os dados mostraram que, 925 dos municípios brasileiros não possuíam tratamento de esgotos, 59% não possuíam destinação final para o resíduo e em 58% não havia água tratada segundo o CREA-MG (1998).

Na maioria das cidades da Amazônia o tratamento da água fornecida à população é precário. Uma alternativa encontrada pelas companhias de saneamento da região é o abastecimento das cidades do interior realizado através do fornecimento de água subterrânea, na maioria das vezes com tratamento e controle de qualidade inexistentes e, em algumas situações, apenas com adição de bactericidas e correção de pH.

Ao contrário dos padrões de potabilidade, que versam quase que exclusivamente sobre aspectos relacionados com a saúde humana, com pouca relação com o meio ambiente, os padrões de qualidade ambiental levam em conta, essencialmente, alterações do teor de oxigênio, de matéria orgânica, de nutrientes, do pH e da temperatura do curso d'água, isso é, possuem um enfoque ambiental. Os parâmetros citados não acarretam, na maior parte das vezes, prejuízos diretos ao homem, pois as doenças infecciosas, provenientes da poluição hídrica, são, normalmente, o resultado de uma ação mais direta de contágio de uma pessoa para outra (SOARES; BERNARDES; CORDEIRO NETTO, 2002).

Este trabalho tem como objetivo principal avaliar a qualidade da água fornecida à população da cidade de Abaetetuba-PA, em relação aos parâmetros físico-químicos e bioquímicos e suas correlações, com a finalidade de divulgar os resultados aos órgãos responsáveis para que tomem as providências necessárias.

2 Material e métodos

O município de Abaetetuba-PA (Figura 1) localiza-se na latitude 01°43'05" sul e longitude 48°52'57" oeste, estando a uma altitude de 10 metros. Segundo dados do IBGE (2008), o município tem hoje cerca de 130 mil habitantes e área geográfica de 1.611 km².

REA – Revista de *estudos ambientais* (Online)
v.12, n. 1, p. 50-62, jan./jun. 2010

Abaetetuba é cidade pólo de uma região que abrange os municípios de Moju, Igarapé-Miri e Barcarena. A atividade econômica predominante no município é o terceiro setor (comércio e serviços), que conta com uma ampla rede de estabelecimentos das mais diversas

atividades. A atividade industrial tem menor participação na economia abaaetetubense, porém vem apresentando grande crescimento nos últimos anos, sobretudo nos ramos alimentício e de beneficiamento de produtos agro-florestais.

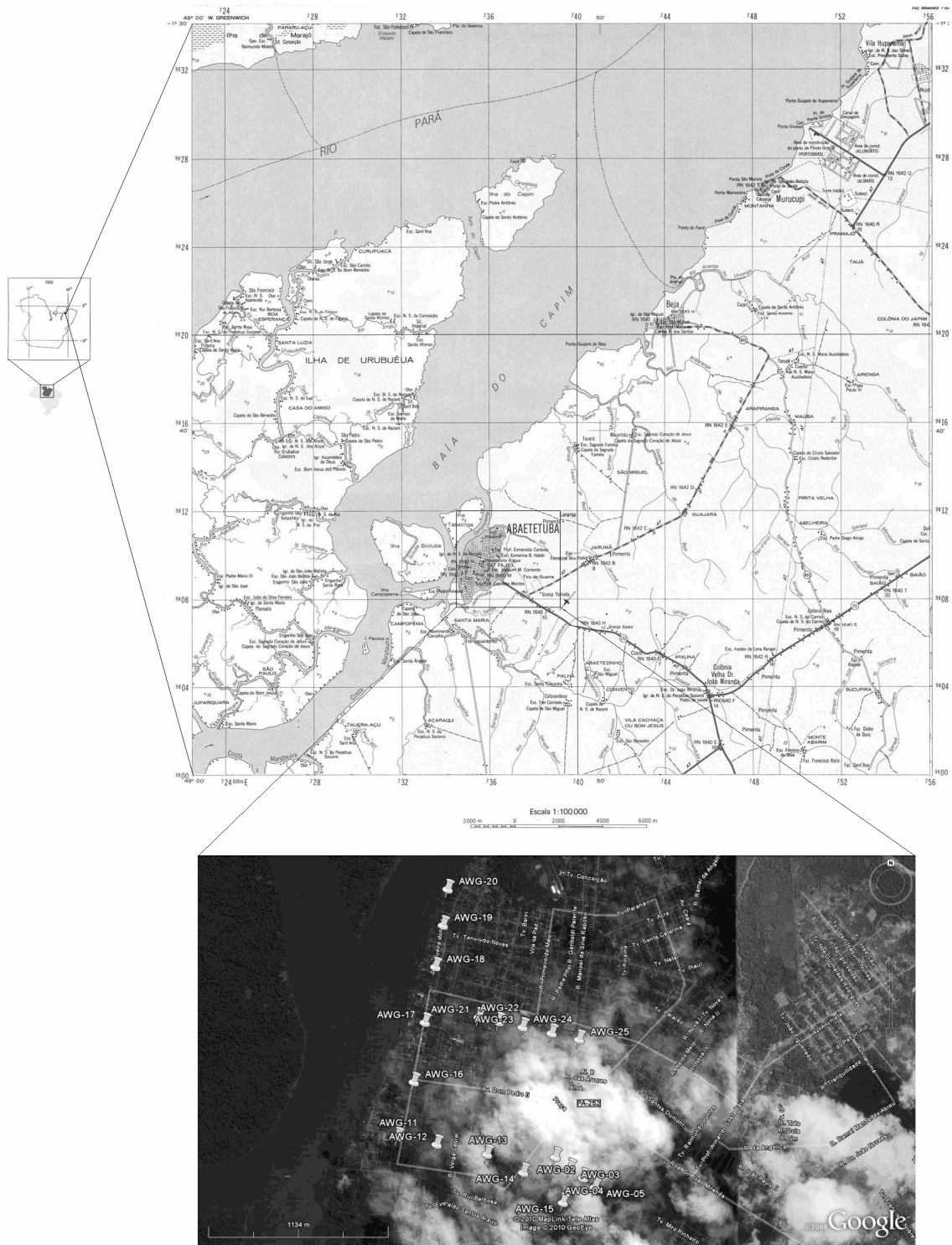


Figura 1 - Pontos de coleta de água potável na cidade de Abaaetetuba.
Fonte: IBGE (1984) e Google Earth (2010)

REA – Revista de *estudos ambientais* (Online)
v.12, n. 1, p. 50-62, jan./jun. 2010

A água fornecida a população é de origem subterrânea e não sofre nenhum tipo de tratamento exceto a adição de cloro e correção de pH.

As amostras de água foram coletadas em diversas residências servidas pelo sistema de abastecimento de água estadual, de diferentes bairros (Santa Rosa,

Centro, Algodoal, São João e São Lourenço) escolhidos aleatoriamente, na cidade de Abaetetuba. Não foram consideradas, na pesquisa, as residências que utilizavam água de poços abertos pelos próprios moradores. As localidades foram georeferenciadas por GPS (Tabela 1).

Tabela 1 - Localização dos pontos amostrais.

Amostra	Bairro	Logradouro	Localização
AWG-01	Santa Rosa	Rua Maximiano Nº: 1255	1°43'37.11" S/48°52'44.23"O
AWG-02	Santa Rosa	Travessa Philo Nery Nº: 1587	1°43'4 3.95"S/48°52'55.91"O
AWG-03	Santa Rosa	Travessa Philo Nery Nº: 1602	1°43'4 6.29"S/48°52'52.91"O
AWG-04	Santa Rosa	Travessa Philo Nery Nº: 1630	1°43'4 8.25"S/48°52'50.23"O
AWG-05	Santa Rosa	Travessa Philo Nery Nº: 1624	1°43' 50.15"S/48°52'47.80"O
AWG-06	Centro	Rua 1º de Maio Nº: 1534	1°42'55.40"S/4 8°52'56.39"O
AWG-07	Centro	Rua 1º de Maio Nº: 1552	1°43'6.50"S/48 52'58.10"O
AWG-08	Centro	Rua 1º de Maio Nº: 1519	1°43'16.15"S/4 8°52'59.43"O
AWG-09	Centro	Rua 1º de Maio Nº: 1501	1°43'23.57"S/4 8°53'0.48"O
AWG-10	Centro	Rua 1º de Maio Nº: 1491	1°43'34.87"S/4 8°53'2.22"O
AWG-11	Algodoal	Tv. Tiradentes Nº: 436	1°43'39.84"S/4 8°53'28.24"O
AWG-12	Algodoal	Tv. Tiradentes Nº: 371	1°43'41.38"S/4 8°53'20.18"O
AWG-13	Algodoal	Tv. Tiradentes Nº: 357	1°43'43.41"S/4 8°53'9.87"O
AWG-14	Algodoal	Tv. Tiradentes Nº: 285	1°43'47.13"S/4 8°53'2.45"O
AWG-15	Algodoal	Tv. Tiradentes Nº: 280	1°43'53.28"S/4 8°52'54.35"O
AWG-16	São João	Rua Siqueira Mendes Nº: 2474	1°43'28. 61"S/48°53'24.86"O
AWG-17	São João	Rua Siqueira Mendes Nº: 2534	1°43'16. 45"S/48°53'22.61"O
AWG-18	São João	Rua Siqueira Mendes Nº: 242	1°43'5.08 "S/48°53'20.44"O
AWG-19	São João	Rua Siqueira Mendes Nº: 2518	1°42'56. 42"S/48°53'18.90"O
AWG-20	São João	Rua Siqueira Mendes Nº: 2585	1°42'49. 00"S/48°53'17.94"O
AWG-21	São Lourenço	Tv. Emidio Nery Nº: 1157	1°43'15. 38"S/48°53'11.57"O
AWG-22	São Lourenço	Tv. Emidio Nery Nº: 1161	1°43'16. 33"S/48°53'7.49"O
AWG-23	São Lourenço	Tv. Emidio Nery Nº: 1149	1°43'17. 42"S/48°53'2.59"O
AWG-24	São Lourenço	Tv. Emidio Nery Nº: 1096	1°43'18. 66"S/48°52'56.65"O
AWG-25	São Lourenço	Tv. Emidio Nery Nº: 1130	1°43'19. 94"S/48°52'51.02"O

Os cinco bairros analisados, apesar de se encontrarem na mesma região, apresentam características diferentes. Santa Rosa apresenta ruas sem asfalto e casas na maioria em madeira e abastecimento de água escasso, com famílias de baixa renda. O bairro do Centro apresenta ruas asfaltadas, casas bem estruturadas em alvenaria e a população tem uma boa renda familiar e bom saneamento básico, e a água chega com grande pressão. Em Algodoal as ruas são afastadas, as casas são de madeira, bastante humildes e a água vem de torneira localizada próximo ao solo, devido a baixa pressão com que ela chega, e contém elevado grau de coloração.

No bairro de São João as ruas são apertadas e estreitas com pouca opção de

tráfego, as casas são em madeira e seus moradores possuem baixa condição sócioeconômica, a água consumida pela população deste bairro é retirada de local impróprio ocasionando constantes reclamações junto a companhia de saneamento que não oferece solução ao problema. No bairro São Lourenço, que se localiza às proximidades da estação de distribuição de água, a população é de classe média, algumas ruas são asfaltadas, apresenta casas de alvenaria e de madeira, com bom saneamento básico. A água, fornecida aos moradores deste bairro, chega as torneiras com pouca pressão obrigando a maioria da população a usar poços artesianos próprios para o consumo da água.

REA – Revista de *estudos ambientais* (Online)
v.12, n. 1, p. 50-62, jan./jun. 2010

Na coleta das amostras foram utilizados frascos de polietileno previamente descontaminados com ácido nítrico 10% por 48 horas, lavados com água destilada e ultra-pura. De cada ponto foram coletadas três amostras, uma destinada ao ensaio dos elementos, outra para as análises físico-químicas e outra para o ensaio da DBO. Apenas as amostras destinadas ao ensaio do ferro foram acidificadas até pH < 2,5 com

ácido nítrico concentrado (cerca de 1 mL para 500 mL de amostra).

As amostras destinadas às análises físico-químicas foram apenas refrigeradas e analisadas dentro do prazo de uma semana, a partir do dia da amostragem. Todas as análises em laboratório foram feitas em triplicata. Os métodos utilizados na análise dos parâmetros físico-químicos estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Métodos, equipamentos e ensaios utilizados.

Parâmetro	Equipamento	Método	Norma
Dureza total	-	Titrimétrico	NBR 5760 (ABNT, 1977)
Alcalinidade total	Schott/ Handylab 1	Potenciométrico	Golterman, Clymo e Ohmstad (1978)
Cloreto	-	Titrimétrico	Golterman, Clymo e Ohmstad (1978)
Temperatura	Icel - TD-910D	Eletrométrico	-
pH	Schott/ Handylab 1	Potenciométrico	ASTM D 1293 (ASTM, 1978)
Turbidez	Orbeco-Hellige/966	Nefelométrico	ASTM D 1889 (ASTM, 1981)
DBO ¹	Quimis - Q - 408 P/incubadora Fannen	Oxidimétrico	NBR12614 (ABNT, 1992)
Cálcio (Ca ²⁺)	-	Titrimétrico	NBR 5760 (ABNT, 1977)
Magnésio (Mg ²⁺)	-	Titrimétrico	NBR 5760 (ABNT, 1977)
Ferro total	Quimis	Espectrofotométrico	APHA (1985)

¹-Demanda bioquímica de oxigênio

Os parâmetros físico-químicos foram avaliados de acordo com a Portaria nº 518 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2004). Para avaliar os resultados da DBO foi usado o valor máximo permitido na resolução nº 357 do CONAMA (BRASIL, 2005) que se refere à qualidade das águas de rios. Os gráficos foram gerados no programa estatística 7 (STAT SOFT, 2004) e os cálculos efetuados no programa Microsoft Office Excel 2007 (MICROSOFT, 2007). Na primeira etapa do trabalho foram analisados no campo os parâmetros: turbidez, temperatura e pH. Na segunda etapa, as análises de dureza total, alcalinidade total, concentração de cloreto, DBO e os elementos Fe, Ca e Mg foram efetuadas em laboratório.

3 Resultados e discussão

Na Tabela 3 estão apresentados os resultados das análises realizadas na água potável consumida pela população do Município de Abaetetuba-PA.

De acordo com a classificação de Sawyer e McCarty (1967), as águas estudadas, em termos de média, são do tipo "moles" (dureza total <75 mg.L⁻¹) sendo que para os pontos AWG-06 a AWG-10, AWG-16 a AWG-22, AWG-24 e AWG-25 são classificadas como duras (dureza total >75 mg.L⁻¹). Quase toda dureza da água provém

do cálcio e do magnésio, que contribuem para a incrustação que se produz quando a água passa por mudanças de temperatura e de pressão. A dureza total pode ser dividida em duas partes: a dureza de carbonato - é a da porção do cálcio e do magnésio suscetível de se combinar com o bicarbonato e a pequena quantidade de carbonato presente; e, a dureza de não carbonato - que é a diferença entre a dureza total e a dureza de carbonato. É causada pelo cálcio e magnésio que se combinam com íons sulfato, cloreto e nitratos presentes. Uma dureza de 50 a 150 mg.L⁻¹ não é objetável para a maioria dos usos da água. Acima de 150 mg.L⁻¹ ela é decididamente perceptível (CETESB, 1974). Os resultados médios encontrados para o cálcio (37,3 mg.L⁻¹) e o magnésio (27,1 mg.L⁻¹) foram 35 e 40 vezes maiores respectivamente que os encontrados por Silva e Silva (2007), com valores médios de 1,07 mg.L⁻¹ para o Ca²⁺ e de 0,67 mg.L⁻¹ para o Mg²⁺.

A alcalinidade total apresentou valores entre 2 e 41 mg.L⁻¹. No ponto AWG-15, houve uma diminuição relevante, devido provavelmente a falta de sais alcalinos que impossibilitou à neutralização dos ácidos e conseqüentemente a água, nesses pontos, apresentou-se ácida. Em águas, a alcalinidade total raramente excede 500 mg.L⁻¹ de CaCO₃. Em concentrações moderadas na água de consumo humano, a

REA – Revista de *estudos ambientais* (Online)
v.12, n. 1, p. 50-62, jan./jun. 2010

alcalinidade total não tem nenhum significado sanitário. Contudo, em níveis elevados, pode trazer sabor desagradável. A alcalinidade é importante no controle dos processos de coagulação química das águas, esgotos e águas residuais, no amolecimento de águas e no controle da corrosão. Granitos e gnaisses, rochas comuns em muitos estados brasileiros, possuem poucos minerais que contribuem para a alcalinidade total das águas

subterrâneas. A alcalinidade total de uma água é expressa em mg.L^{-1} de CaCO_3 (MARINS et al., 2002).

A concentração de cloreto nos pontos AWG-11 a AWG-15 apresentou-se muito elevada, podendo estar relacionada à proximidade da fonte abastecedora, e ainda, por não haver um controle químico na distribuição do cloro, sendo este feito aleatoriamente e em demasia, ocasionando com isso esse elevado índice.

Tabela 3 - Parâmetros de qualidade da água potável de Abaetetuba (mg.L^{-1})

Amostra	Dureza total	Alcalinidade total	Cl^-	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	pH	Turbidez (UNT)	DBO*	Fe total	Ca	Mg
Port 518/04	500	-	250	-	6-9,5	5	3	0,3	-	-
AWG-01	50	14	13,5	30,2	6,52	6,0	1,8	0,28	24	26
AWG-02	40	13	17,5	32,5	6,49	4,6	2,4	0,06	18	22
AWG-03	40	14	21,3	32,0	6,59	4,0	1,3	0,12	35	5
AWG-04	37	13	13,0	31,7	6,56	1,4	2,0	<LD	20	17
AWG-05	39	14	15,0	32,8	6,63	2,9	1,2	0,13	21	18
AWG-06	87	32	8,0	30,1	7,41	7,6	1,2	0,12	62	25
AWG-07	77	31	7,5	29,9	7,03	4,6	2,0	0,13	30	47
AWG-08	80	31	9,0	30,3	7,47	7,3	0,6	0,14	55	25
AWG-09	80	35	9,0	29,9	7,3	9,0	3,4	0,42	53	27
AWG-10	80	41	9,0	30,9	7,5	9,7	3,1	0,01	60	20
AWG-11	25	5	64,0	30,3	4,85	0,5	0,8	1,08	6	19
AWG-12	25	4	63,5	29,7	4,92	0,7	1,7	1,09	8	17
AWG-13	27	5	60,0	29,8	4,88	0,4	0,9	1,08	9	18
AWG-14	26	5	60,0	28,7	4,92	0,5	1,6	1,04	7	19
AWG-15	45	2	59,0	29,4	4,95	0,6	0,3	1,08	7	38
AWG-16	101	30	9,0	29,5	7,42	10,3	3,6	<LD	60	41
AWG-17	70	27	9,0	30,5	7,34	11,7	1,4	0,03	32	38
AWG-18	101	30	11,5	29,8	7,41	4,2	3,8	0,11	59	42
AWG-19	104	30	10,5	29,7	7,34	12,4	2,9	0,14	60	44
AWG-20	111	31	10,0	28,4	7,45	7,3	3,2	0,08	63	48
AWG-21	75	27	10,5	30,2	7,36	11,4	3,6	0,04	49	26
AWG-22	71	26	10,5	29,6	7,31	8,8	2,1	0,07	48	23
AWG-23	69	27	11,5	30,0	7,28	8,3	2,3	0,07	44	25
AWG-24	76	27	13,5	28,8	7,39	10,0	2,6	0,05	48	28
AWG-25	74	29	13,0	28,6	7,51	9,2	4,0	0,10	54	20
Média	64,4	21,7	21,5	30,1	6,7	6,1	2,2	0,30	37,3	27,1
s	26,9	11,5	20,5	1,1	1,0	4,0	1,1	0,41	20,6	11,0
C.V. (%)	41,8	52,9	95,4	3,8	14,6	64,8	50,2	136,7	55,3	40,7
Mínimo	25,0	2,0	7,5	28,4	4,9	0,4	0,3	<LD	6,0	5,0
Máximo	111,0	41,0	64,0	32,8	7,5	12,4	4,0	1,09	63,0	48,0

s-desvio padrão, C.V.- Coeficiente de variação. Em negrito, valores acima do permitido pela tabela 5 (Padrão de aceitação para consumo humano) da portaria 518-04 do Ministério da Saúde (MS), * Resolução 357-05 do CONAMA.

Os valores obtidos para a temperatura das amostras foram relativamente homogêneos, com média de 30,1 °C variando de 28,4 a 32,8 °C. A temperatura não se manteve constante em todos os pontos, devido à coleta ter sido realizada em diferentes momentos do dia. Estes resultados estão de acordo com os encontrados por Silva e Silva (2007) que encontraram uma temperatura média de 31,1°C para a água subterrânea da cidade de Manaus. Silva e Bonotto (2000) e Silva (1999) registraram temperaturas médias das águas subterrâneas em Manaus, no período de seca, de 27,8°C. Silva (1999) verificou que para Manaus, a correlação linear entre as temperaturas das águas de subsuperfície e as temperaturas do ar, nos períodos de coletas, foi de 83,20%. Indicando, assim, rápida influência da temperatura atmosférica nessas águas estudadas.

Os parâmetros pH e turbidez apresentaram resultados acima dos valores limites permitidos pela portaria 518 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2004). Sete pontos apresentaram a DBO acima do estabelecido pela resolução n° 357 do CONAMA (BRASIL, 2005).

O valor médio encontrado para o pH foi de 6,71, sendo que os maiores valores encontrados estiveram próximos a estação de distribuição. Nos pontos AWG-11 a AWG-15, as águas mostraram-se ácidas (pH entre 4,85 e 4,95), provavelmente devido ao aumento da profundidade do poço, onde o oxigênio é consumido pelas reações com a matéria orgânica e o CO₂ passa a ser o gás dissolvido predominante. Os principais fatores que determinam o pH da água são o gás carbônico dissolvido e a alcalinidade total. O pH das águas subterrâneas varia geralmente entre 5,5 e 8,5 (MARINS; PARAQUETTI; AYRES, 2002).

As características químicas das águas subterrâneas refletem os meios por onde percolam, guardando uma estreita relação com os tipos de rochas drenados e com os produtos das atividades humanas adicionados ao longo de seu trajeto. As águas subterrâneas tendem a ser mais ricas em sais dissolvidos do que as águas superficiais. As quantidades presentes refletem não somente os substratos rochosos percolados, mas variam também em função do comportamento geoquímico dos compostos químicos envolvidos. Como há sensíveis variações nas composições químicas das rochas, é de se esperar uma relação entre a composição da água e das

rochas preponderantes na área. É necessário, contudo, frisar que o comportamento geoquímico dos compostos e elementos é o fator preponderante na maneira segundo a qual eles se distribuem nas águas (ROCHA; NISHIYAMA; BELLINGIERI, 2005). Nas cidades onde existem estações de tratamento de águas, a coagulação e a floculação que a água sofre inicialmente são processos dependentes do pH; a desinfecção pelo cloro é outro processo dependente do pH; a própria distribuição da água final é afetada pelo pH (PIVELI; KATO, 2006).

A DBO apresentou valor médio abaixo do preconizado pela resolução n° 357 do CONAMA (BRASIL, 2005), embora para alguns pontos (AWG-09, 10, 16, 18, 20, 21 e 25) o valor avaliado esteve acima de 3 mg.L⁻¹. Este valor refere-se ao nível máximo permitido em água de rio e serve apenas como referência, uma vez que a portaria 518 (BRASIL, 2004) não cita valores restritivos para a DBO. De acordo com Fenzl (1986), as águas subterrâneas contêm geralmente menos de 1 mg.L⁻¹ de DBO, valores acima de 1 mg.L⁻¹ indicam poluição, neste caso, a maioria dos pontos avaliados estariam poluídos. Segundo Rocha, Nishiyama e Bellingieri (2005), que analisaram a qualidade da água subterrânea próxima de aterros, quanto maior a DBO mais elevado é o teor de matéria orgânica presente no material. Como existe dificuldade na depuração, por causa do volume e profundidade do aterro, que ocasionam deficiência de luz e de oxigênio, os efluentes gerados são carregados em concentrações elevadas para a água subterrânea.

Os valores de turbidez obtidos estão no intervalo de 0,4 a 12,4 UNT, com média de 6,14 UNT que, segundo as normas de potabilidade, estão acima do máximo permitido de 5 UNT para a água de consumo humano. Os maiores valores de turbidez encontraram-se nos bairros de Santa Rosa (AWG-01), Centro (AWG-06, AWG-08 a AWG-10), São João (AWG-16 e AWG-17) e São Lourenço (AWG-19 a AWG-25). Os demais pontos apresentaram níveis de turbidez abaixo do máximo permitido pela resolução.

A média encontrada para o ferro neste estudo esteve em torno de 2 vezes acima dos teores encontrados por Silva e Silva (2007) que encontraram um teor de Fe total médio de 0,13 mg.L⁻¹ nas águas subterrâneas da cidade de Manaus. O ferro é um parâmetro restritivo na portaria 518 do

Ministério da Saúde (BRASIL, 2004) e o Valor Máximo Permitido (VMP) é de 0,3 mg.L⁻¹. No bairro Algodual em todas as amostras avaliadas (pontos AWG-11 a AGW-15) os teores de ferro estiveram em torno de 1 mg.L⁻¹, 3 vezes acima do VMP estabelecido pela portaria. A alta concentração de ferro, pode ser explicada, provavelmente, devido a grande profundidade dos poços. Segundo Fenzl (1986), quanto maior a profundidade do poço, maior a liberação do ferro, devido provavelmente as reações que favorecem a redução do pH, com conseqüente aumento da solubilização do metal da rocha original (magmática).

O ferro livre é tóxico porque ele pode catalisar quimicamente a oxidação de lipídios e outras biomoléculas; proteínas específicas ligadas controlam o transporte extracelular e o armazenamento intracelular. É um elemento persistentemente presente em quase todas as águas subterrâneas em teores abaixo de 0,3 mg.L⁻¹. Suas fontes são minerais escuros (máficos) portadores de Fe: magnetita, biotita, pirita, piroxênios, anfibólios. Em virtude de afinidades geoquímicas, quase sempre é acompanhado pelo manganês. O ferro no estado ferroso (Fe²⁺) forma compostos solúveis, principalmente hidróxidos (FINCH, 1976).

Em ambientes oxidantes o Fe²⁺ passa a Fe³⁺ dando origem ao hidróxido férrico, que é insolúvel e se precipita, tingindo fortemente a água. Desta forma, águas com alto conteúdo de ferro, ao saírem do poço são incolores, mas ao entrarem em contato com o oxigênio do ar se tornam amareladas, adquirindo uma aparência desagradável. 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 0,3 mg.L⁻¹. O ferro, assim como o manganês, ao se oxidarem se precipitam sobre as louças sanitárias, azulejos, roupas, manchando-as. Águas ferruginosas são aeradas antes da filtração para eliminar o ferro (BAIRD, 1999). As águas subterrâneas da região amazônica apresentam concentrações elevadas de ferro e outros elementos sendo sua retirada, um dos principais problemas enfrentados pelas estações de tratamento de água (MAZZEO, 1991).

Na Tabela 4 é apresentada a estatística descritiva para os parâmetros físico-químicos por bairro. Os maiores valores para os parâmetros nos bairros foram, dureza total (São João) (97,40 mg.L⁻¹), alcalinidade total (Centro) (34,00 mg.L⁻¹) e cloretos (Algodual) (61,30 mg.L⁻¹). A turbidez se apresentou em desconformidade com o VMP (Valor Máximo Permitido), de 5 UNT, da resolução 518 (BRASIL, 2004), nos bairros do Centro (7,64 UNT), São João (9,18 UNT) e São Lourenço (9,54 UNT). Os valores para o DBO se apresentaram dentro da normalidade para todos os bairros.

Na Figura 2 são apresentados os resultados da variabilidade dos resultados para dureza total, alcalinidade total, cloreto, temperatura, cálcio e magnésio. A caixa (*boxplot*) é uma representação na forma gráfica composta de cinco resultados estatísticos, o valor mínimo, o 1º quartil (um valor que representa 25% do total), a mediana, o 2º quartil (um valor que representa 75% do total) e o valor máximo. O uso da caixa tem como principal finalidade à análise de dispersão dos resultados e a comparação entre um conjunto de resultados. A variabilidade de um determinado conjunto de dados está diretamente ligada ao tamanho da caixa. Então, como dentro da caixa estão representados 50% dos valores de uma dada distribuição, quanto mais larga for a caixa, mais dispersos os valores se encontram. Com a caixa, é possível obter informações diretas da forma de distribuição da variável (LAPPONI, 2000). Nota-se que a dureza total e a alcalinidade total apresentam a maior variabilidade de resultados.

Pelos resultados mostrados na Figura 2, ficou evidenciado que o cloreto foi o único parâmetro que não apresentou resultados anômalos. A temperatura foi o parâmetro que apresentou a menor variabilidade.

Na Figura 3 são apresentados os resultados da variabilidade dos resultados para turbidez, pH, DBO e Fe. A turbidez foi o parâmetro que apresentou a maior variabilidade, com alguns valores anômalos, a DBO apresentou pouca variabilidade com algumas observações anômalas. O pH e o Fe foram considerados estáveis por não apresentarem resultados anômalos.

REA – Revista de *estudos ambientais* (Online)
v.12, n. 1, p. 50-62, jan./jun. 2010

Tabela 4 - Estatística descritiva dos parâmetros de qualidade da água potável de Abaetetuba por bairros (mg.L⁻¹)

Estatística	Dureza total	Alcalinidade total	Cl ⁻	Temp. (°C)	pH	Turbidez (UNT)	DBO*	Fe total	Ca	Mg
Portaria 518/04	500	-	250	-	6-9	5	3	0,3	-	-
Santa Rosa										
Média	41,20	13,60	16,06	31,84	6,56	3,78	1,74	0,12	23,60	17,60
s	5,07	0,55	3,41	1,01	0,06	1,74	0,50	0,10	6,73	7,89
C.V. (%)	12,31	4,04	21,23	3,17	0,91	46,03	28,74	83,33	28,52	44,83
Mínimo	37,00	13,00	13,00	30,20	6,49	1,40	1,20	0,00	18,00	5,00
Máximo	50,00	14,00	21,30	32,80	6,63	6,00	2,40	0,28	35,00	26,00
Centro										
Média	80,80	34,00	8,50	30,22	7,34	7,64	2,06	0,16	52,00	28,80
s	3,70	4,24	0,71	0,41	0,19	1,97	1,20	0,15	12,83	10,50
C.V. (%)	4,58	12,47	8,35	1,36	2,59	25,79	58,25	93,75	24,67	36,46
Mínimo	77,00	31,00	7,50	29,90	7,03	4,60	0,60	0,01	30,00	20,00
Máximo	87,00	41,00	9,00	30,90	7,50	9,70	3,40	0,42	62,00	47,00
Algodual										
Média	29,60	4,20	61,30	29,58	4,90	0,54	1,06	1,07	7,40	22,20
s	8,65	1,30	2,28	0,59	0,04	0,11	0,59	0,02	1,14	8,87
C.V. (%)	29,22	30,95	3,72	1,99	0,82	20,37	55,66	1,87	15,41	39,95
Mínimo	25,00	2,00	59,00	28,70	4,85	0,40	0,30	1,04	6,00	17,00
Máximo	45,00	5,00	64,00	30,30	4,95	0,70	1,70	1,09	9,00	38,00
São João										
Média	97,40	29,60	10,00	29,58	7,39	9,18	2,98	0,07	54,80	42,60
s	15,85	1,52	1,06	0,76	0,05	3,40	0,95	0,06	12,83	3,71
C.V. (%)	16,27	5,14	10,60	2,57	0,68	37,04	31,88	85,71	23,41	8,71
Mínimo	70,00	27,00	9,00	28,40	7,34	4,20	1,40	0,00	32,00	38,00
Máximo	111,00	31,00	11,50	30,50	7,45	12,40	3,80	0,14	63,00	48,00
São Lourenço										
Média	73,00	27,20	11,80	29,44	7,37	9,54	2,92	0,07	48,60	24,40
s	2,92	1,10	1,40	0,71	0,09	1,21	0,83	0,02	3,58	3,05
C.V. (%)	4,00	4,04	11,86	2,41	1,22	12,68	28,42	28,57	7,37	12,50
Mínimo	69,00	26,00	10,50	28,60	7,28	8,30	2,10	0,04	44,00	20,00
Máximo	76,00	29,00	13,50	30,20	7,51	11,40	4,00	0,10	54,00	28,00

Temp. - Temperatura, s-desvio padrão, C.V. - Coeficiente de variação. Em negrito, valores acima do permitido pela tabela 5 (Padrão de aceitação para consumo humano) da portaria 518-04 do Ministério da Saúde (MS), * Resolução 357-05 do CONAMA.

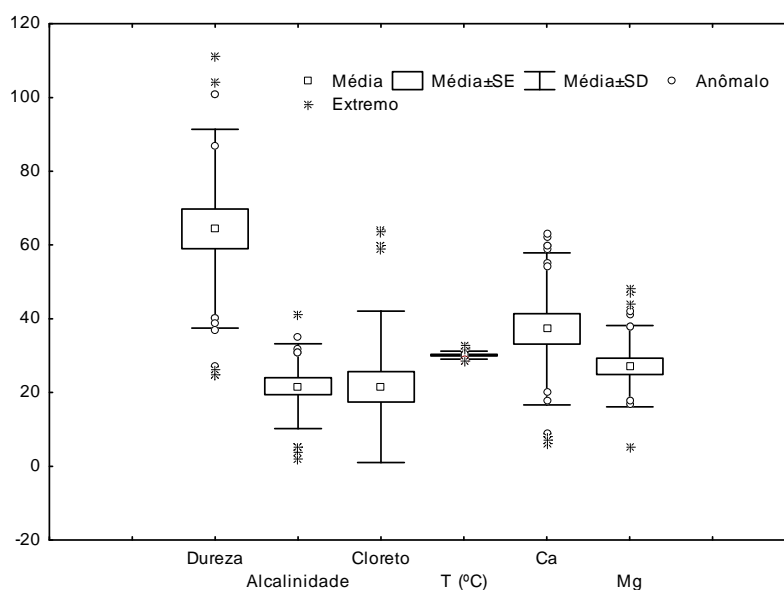


Figura 2 - Variabilidade dos resultados para dureza total, alcalinidade total, cloreto, temperatura, Ca e Mg.

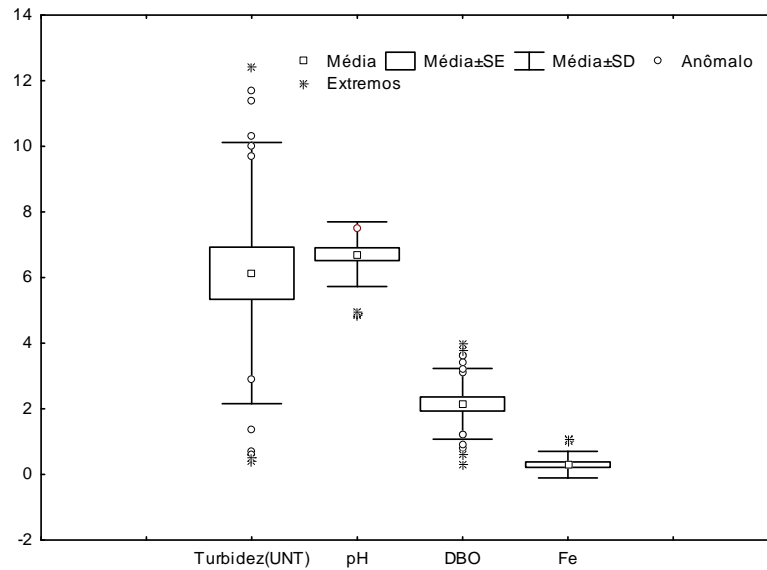


Figura 3 - Variabilidade dos resultados para turbidez, pH, DBO e Fe.

A baixa variabilidade dos valores revela uma boa habilidade de previsão do modelo de dispersão. Portanto, é possível verificar excelente correlação (0,9262) entre os valores de cálcio e dureza total pelo modelo proposto (Figura 4), evidenciando poucos erros sistemáticos nos resultados. Também foram observadas excelentes correlações positivas ($0,80 < r < 1,00$), confirmando a baixa dispersão dos resultados, entre cloreto e Fe (0,9639), entre alcalinidade total e Ca (0,9256), entre turbidez e Ca (0,8093), entre dureza total e alcalinidade total (0,8871), entre a dureza total e pH (0,8341), entre pH e turbidez (0,8462).

Excelentes correlações inversas foram encontradas entre cloreto e pH

(-0,9648), entre alcalinidade total e cloreto (-0,8403) e entre pH e Fe (-0,9282). Outras correlações positivas, menos significativas, foram observadas para dureza total e Mg (0,7090), entre a alcalinidade total e DBO (0,6200), entre pH e DBO (0,6079), entre DBO e Ca (0,6475), da turbidez com DBO (0,5812), alcalinidade total e Mg (0,4345), turbidez e DBO (0,5812). Correlações negativas menos significativas foram observadas para dureza total e cloreto (-0,7307), entre cloreto e turbidez (-0,7588), entre cloreto e turbidez (-0,7588), entre alcalinidade total e Fe (-0,7546), entre cloreto e Ca (-0,7836), entre turbidez e Fe (-0,7111), entre Fe e Ca (-0,7228), entre dureza total e Fe (-0,6456), entre cloreto e DBO (-0,5293), entre temperatura e Mg (-0,4531).

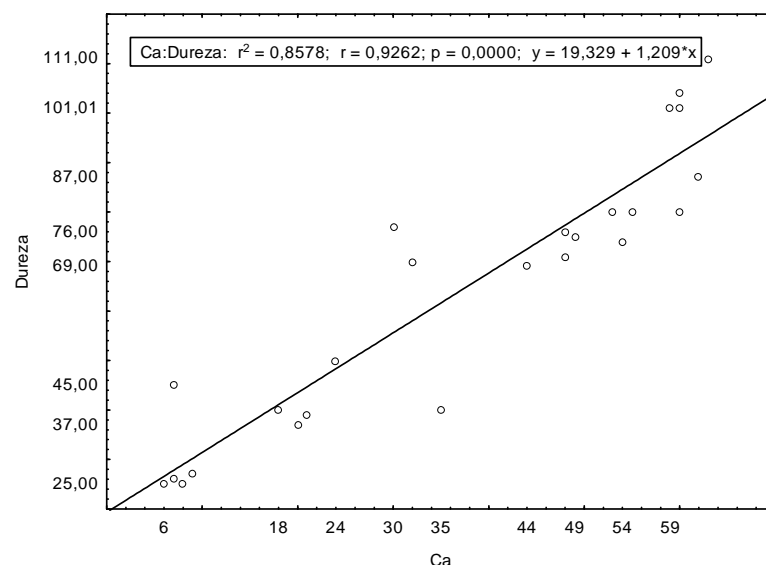


Figura 4 - Dispersão dos resultados de dureza total e Ca.

REA – Revista de *estudos ambientais* (Online)
v.12, n. 1, p. 50-62, jan./jun. 2010

Ao realizar a análise exploratória PCA (Figura 5), verificou-se a formação de dois agrupamentos e dois isolamentos, o primeiro agrupamento formado pela dureza total, DBO, Ca, turbidez, alcalinidade total e

pH comprovam as correlações encontradas para os parâmetros avaliados e o segundo agrupamento formado pelo Fe e cloreto, que apresentaram excelente correlação positiva e podem ser explicados pela geoquímica local.

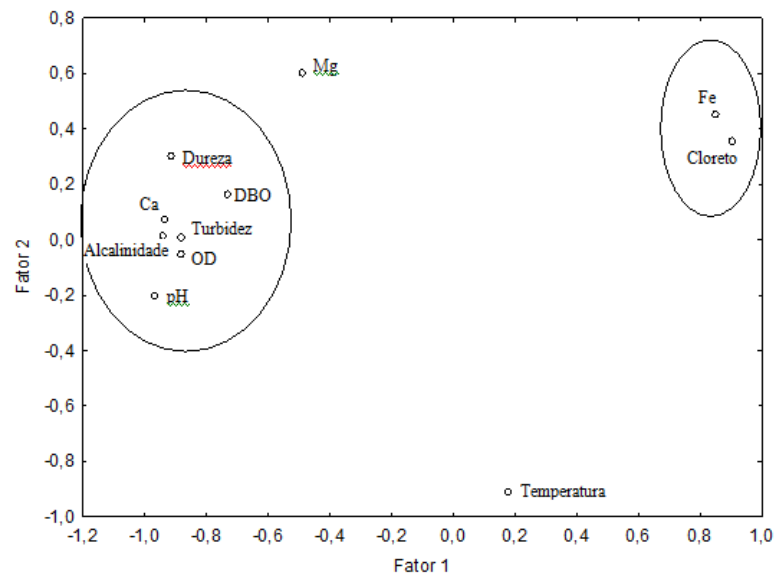


Figura 5 - Scores e loadings dos parâmetros de qualidade da água.

O Mg permaneceu isolado, confirmando as correlações pouco significativas encontradas para o elemento, sendo que a temperatura apresentou o mesmo comportamento, não apresentando nenhuma correlação significativa.

4 Conclusões

De acordo com os resultados estudados, é possível concluir que os teores de dureza total, alcalinidade total e cloreto das amostras coletadas podem ser considerados, segundo a portaria 518 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2004), normais. O bairro que apresentou as piores condições de qualidade da água foi o Bairro Algodual com alterações nos níveis de pH e ferro. As características ácidas apresentadas pelas águas deste bairro podem ser devidas a grande profundidade dos poços encontrados na área, a solubilização de compostos aniônicos que formam ácidos fracos principalmente devido a presença de carbonatos e bicarbonatos de Ca e Mg.

O índice de turbidez esteve em não conformidade com a portaria 518 (BRASIL, 2004) em 56% dos pontos de coleta,

comprovando a baixa qualidade da água fornecida a população da cidade de Abaetetuba-PA.

Foi comprovada a presença de microrganismos, através da análise do DBO, este resultado provavelmente é justificado pelas precárias condições citadas da água fornecida a população da cidade de Abaetetuba-PA. Destaca-se, no bairro do Algodual, a alta concentração de ferro e o baixo pH, os dois parâmetros apresentaram correlação inversa onde se comprovou que quanto menor o pH maior a solubilização dos metais da rocha onde o lençol freático se encontra confinado.

A portaria 518 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2004) estabelece que toda a água destinada ao consumo humano deve obedecer ao padrão de potabilidade e está sujeita à vigilância da qualidade da água. O prazo máximo de 12 meses, para que as instituições ou órgãos aos quais esta norma se aplica se adaptem já expirou e as populações aguardam que se promovam as adequações necessárias a seu cumprimento, porém o que se nota, são as péssimas condições da qualidade da água fornecida a população que sofre com doenças transmitidas pela água.

5 Potability conditions of drinking water consumed by the population of Abaetetuba-Para

Abstract: Diseases transmitted by water have a direct correlation with the quality of water supplied by public water companies. In Amazon, this situation is worsened in the inner cities of the region due to little or to no water treatment. This study evaluated the chemical and biochemical conditions of the water supplied to the population of the city of Abaetetuba-PA, Brazil, regarding physicochemical parameters and their correlations. Five neighborhoods were studied and the results were: turbidity (6.14 NTU), pH (6.71), temperature (30.13 °C), total alkalinity (21.72 mg.L⁻¹), total hardness (64.40 mg.L⁻¹), biochemical oxygen demand (BOD) (2.14 mg.L⁻¹) and chloride (21.53 mg.L⁻¹). The parameters were evaluated according to standards of the ordinance of the Ministry of Health/518-2004, except for the Biochemical Oxygen Demand, which was evaluated according to the CONAMA Resolution 357/05. Excellent correlations ($0.8000 < r < 1.0000$) were found between total hardness and total alkalinity (0.8871); total hardness and pH (0.8341); chloride and total alkalinity (-0.8403); total alkalinity and pH (0.9231); total alkalinity and turbidity (0.8284); chloride and pH (-0.9648); and pH and turbidity (0.8462). Results show that the quality of water supplied to the population of Abaetetuba needs to be improved.

Keywords: Biochemical parameters. Physico-chemical parameters. Water quality.

6 Referências

ABNT- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5760 - **Determinação de cálcio em águas (método complexométrico)**. São Paulo, 3p. 1977.

ABNT- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12614 - **Determinação da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) - Método de incubação (20°C, cinco dias)**. São Paulo, 5p. 1992.

APHA. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 16 ed. Washington: APHA, 1269p. 1985.

ASTM D1293. American Society for Testing and Materials. **Standard Test Methods for pH of Water**. USA, 9p. 1978.

ASTM D1889. American Society for Testing and Materials. **Standard Test Method for Turbidity of Water**. USA, 6p. 1981.

BAIRD, C. **Environmental Chemistry**. 2ª ed. University of Western Ontario. 557 p., 1999.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. CONAMA. **Resolução de classificação de água de rio** de 17/03/2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama>>. Acesso em: 09 de fev. 2010.

CETESB-Companhia Tecnologia e Saneamento Ambiental. **Água subterrânea e poços tubulares**. 2.ed. São Paulo, cap. 10. 1974.

CHALMERS, A.T.; VAN METRE, P.C.; CALLENDER, E. **The chemical response of particle-associated contaminants in aquatic**

sediments to urbanization in New England, U.S.A. Journal of Contaminant Hydrology, v.91, p. 4-25. 2007.

CREA-MG-CONSELHO REGIONAL DE ENGENHARIA, ARQUITETURA E AGRONOMIA DE MINAS GERAIS. **Precariedade ressuscita doenças**. Vértice, Belo Horizonte, n. 31, p. 4-5, 1998.

FENZL, Norbert. **Introdução a Hidrogeoquímica**. Universidade Federal do Pará, Gráfica e Editora Universitária, 189 p., 1986.

FINCH, C. H. **Iron metabolism**. In: Hegster, D. M. Present knowledge in nutrition. 4ª ed. New York: 210p., 1976.

GÖBEL, P.; DIERKES, C.; COLDEWEY, W. G. **Storm water runoff concentration matrix for urban areas**. Journal of Contaminant Hydrology. v.91, p. 26-42. 2007.

GOLTERMAN, H.; CLYMO, R.S.; OHMSTAD, M.A.M. **Methods for physical & chemical analysis of freshwater**. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 213p. 1978.

GOOGLE EARTH. **Programa de visualização de imagem de satélite** versão 5.0. Disponível em: <<http://earth.google.com/>>. Acesso em 10 fev. 2010.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Carta Topográfica de Abaetetuba - SA-22-X-D-V**. 1984 Disponível em: <<http://www.clubedoshaventureros.com/central-downloads/func-showdown/1520/>>. Acesso em: 20 fev. 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Dados da população do**

REA – Revista de *estudos ambientais* (Online)
v.12, n. 1, p. 50-62, jan./jun. 2010

município de Abaetetuba-PA. 2008. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm>>. Acesso em: 20 fev. 2010.

LAPPONI, J. C. **Estatística usando excel.** São Paulo. Laponi Treinamento e Editora, 450p. 2000.

MARINS, R. V.; PARAQUETTI, H. H. M.; AYRES, G. A. **Alternativa analítica para especiação físico-química de mercúrio em águas costeiras tropicais.** Instituto de Ciências do Mar, UFCE; Departamento de Geoquímica, Universidade Federal Fluminense. v.25, n.3, p. 372-378. 2002.

MAZZEO, T. E. **Avaliação Ambiental dos Rios de Drenagem da Região Metropolitana de Belém-PA. Quanto a Distribuição dos Elementos: Ca, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, K, Mg, Mn, Na, Ni, Pb e Zn.** Dissertação de Mestrado; Curso de Pós Graduação em Geociências, Universidade Federal do Pará. 141p., 1991.

MICROSOFT. **Microsoft Office Excel 2007.** Parte do Microsoft Office Enterprise 2007. USA, 2007.

PNUD - PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO. **Objetivos de desenvolvimento do milênio.** 2005. Disponível em: <<http://www.pnud.org.br/saneamento/reportagens/index.php?id01=3007&lay=san>>. Acesso em: 10 março 2010.

BRASIL. PORTARIA 518-04 Ministério da Saúde. **Padrões de Potabilidade de água** de 25 de março de 2004. Disponível em: <<http://e-legis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php?id=22322>>. Acesso em: 10 março 2010.

RAZOLLINI M. T. P. GÜNTHER W. M. R. **Impactos na Saúde das Deficiências de Acesso a Água, Saúde Soc.** São Paulo, v.17, n.1, p.21-32. 2008.

ROCHA, A. L.; NISHIYAMA, L.; BELLINGIERI, P. H. **Qualidade da água nas áreas aterradas com entulho em Uberlândia, Minas Gerais, Brasil.** Holos Environment, v.5 n.1, p.81-93. 2005.

SAWYER, C.N.; MCCARTY, P.L. **Chemistry for sanitary engineers.** New York: McGraw-Hill, 535p. 1967.

SILVA, M.L. **Hidroquímica elementar e dos isótopos de urânio no aquífero de Manaus-AM.** Rio Claro: UNESP, Dissertação (Mestrado em Conservação e Manejo de Recursos), Centro de Estudos Ambientais, Universidade Estadual Paulista, 82p., 1999.

SILVA, M.L.; BONOTTO, D.M. **Caracterização hidrogeoquímica na Formação Alter do Chão, Município de Manaus (AM).** 1st Joint World Congress on Groundwater. Fortaleza, 2000.

SILVA, J. B.; COSTA, M.C.L.; DANTAS, E.W.C.(Orgs). **A Cidade e o Urbano.** Fortaleza: EUFC, p. 171-185. 1997.

SILVA, M. L.; SILVA, M. S. R. **Perfil da qualidade das águas subterrâneas de Manaus.** Holos Environment, v.7, n.1,p.1-15. 2007.

SOARES, S. R. A.; BERNARDES, R. S.; CORDEIRO NETTO, O. M. **Relações entre saneamento, saúde pública e meio ambiente: elementos para formulação de um modelo de planejamento em saneamento.** Cad. Saúde Pública, v.18 n.6, p.1713-1724. 2002.

STAT SOFT. **Programa Statistica 7.0.** Stat Soft. Inc. USA, 2004.

WHO - World Health Organization. **Preventing disease through healthy environments: towards an estimate of the environmental burden of disease.** Genève. 2006.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Guidelines for drinking-water quality.** 3. ed. Geneve, 2004.

WHO/UNICEF - World Health Organization; United Nations Children's Fund. **Joint Monitoring Programme on Water Supply and Sanitation (JMP)** Report of the third meeting of the Advisory Group Geneva, 5-7 October. 2004.

7 Agradecimentos

Ao Programa de Pós-graduação em Química, ao CNPq, CAPES e a população do município de Abaetetuba - PA.