

POTABILIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO LITORAL DO MUNICÍPIO DE CAUCAIA – CEARÁ

**Robério Bôto de Aguiar¹; Maria Marlúcia Freitas Santiago² &
Sônia Maria Silva Vasconcelos¹**

Resumo – Análises químicas e bacteriológicas das águas subterrâneas no litoral do município de Caucaia, Região Metropolitana de Fortaleza, foram feitas em 80 amostras coletadas de poços tubulares e amazonas nos meses de setembro/98 e junho/99. Os resultados mostraram microrganismos indicadores de contaminação fecal em 52 amostras, predominando bactérias do tipo *Escherichia coli* e *Klebsiella*, o que evidencia a ausência de saneamento básico em toda área estudada. Os compostos nitrogenados, amônia, nitrito e nitrato, foram encontrados em todas as amostras e, em grande parte delas, acima dos valores máximos permissíveis. A concentração de nitrato é sempre maior que a do nitrito e a da amônia, comprovando a existência de fonte de contaminação afastada do local de amostragem ou que a contaminação ocorreu muito antes da coleta. Os maiores índices de contaminação correspondem às regiões mais densamente ocupadas, como o núcleo urbano do Icarai e os distritos de Mestre Antônio, Cipó e Alto Alegre.

Palavras-chave – Água subterrânea; Qualidade da água; Contaminação bacteriana

INTRODUÇÃO

Desde seu descobrimento, o Brasil tem se desenvolvido a partir do litoral, de forma pontual e segmentada, com as cidades entremeadas por extensas faixas de praias pouco habitadas. Atualmente, porém, segundo dados do IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística e da ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária, a população

¹ Departamento de Geologia/UFC, CEP: 60455-760, Fortaleza – Ceará, Tel. (085) 494.6252. E-mail; botaguiar@bol.com.br

² Departamento de Física/UFC, C. Postal 6030, CEP. 60451-970, Fortaleza – Ceará, Tel. (085) 288.9913. E-mail: marlucia@fisica.ufc.br

costeira cresceu desde 1970 num ritmo 50% mais rápido do que a média brasileira e o número de casas de veraneio desde 1980 aumentou 60%. Essa ocupação do litoral brasileiro tem sido feita de forma desordenada, sem a observância de normas e critérios que garantam a conservação deste rico e frágil patrimônio, interferindo em suas potencialidades econômicas. Outra consequência negativa desse crescimento é a degradação qualitativa dos recursos hídricos.

A área objeto desse estudo compreende parte do litoral de Caucaia, município integrante da Região Metropolitana de Fortaleza, que está situado na porção norte/nordeste do Estado do Ceará e distante 20 km da Capital (Figura 1). Nela, além da ocupação desordenada do solo e da crescente expansão imobiliária, verifica-se a ausência de saneamento básico e de oferta de água tratada, o que faz a população local recorrer, de forma indiscriminada, ao manancial subterrâneo para suprir suas necessidades hídricas e, à fossas sépticas e/ou negras para despejar seus esgotos.

METODOLOGIA

Em julho/98, foi realizado um cadastramento dos pontos d'água existentes na área, formado por poços amazonas, poços tubulares e lagoas, identificando com GPS as coordenadas geográficas e coletando uma amostra de água para medidas, no local, da condutividade elétrica, temperatura e pH, antes da água passar por processos de tratamento ou armazenamento.

Dos 100 pontos cadastrados, selecionou-se 40 poços, entre poços amazonas e tubulares, com a finalidade de realizar amostragens para análise de parâmetros químicos e bacteriológicos, sendo estas coletas realizadas em setembro/98 e junho/99.

As amostras foram analisadas no laboratório da Companhia de Águas e Esgotos do Ceará – Cagece, onde as determinações químicas e bacteriológicas foram feitas usando os métodos padrões do *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*.

Os métodos utilizados nas análises de bactérias do grupo coliforme, baseiam-se em análise estatística para obter uma estimativa do número NMP (Número Mais Provável) de bactérias em uma amostra que representa a quantidade mais provável de coliformes existentes em 100 mL de água amostrada.

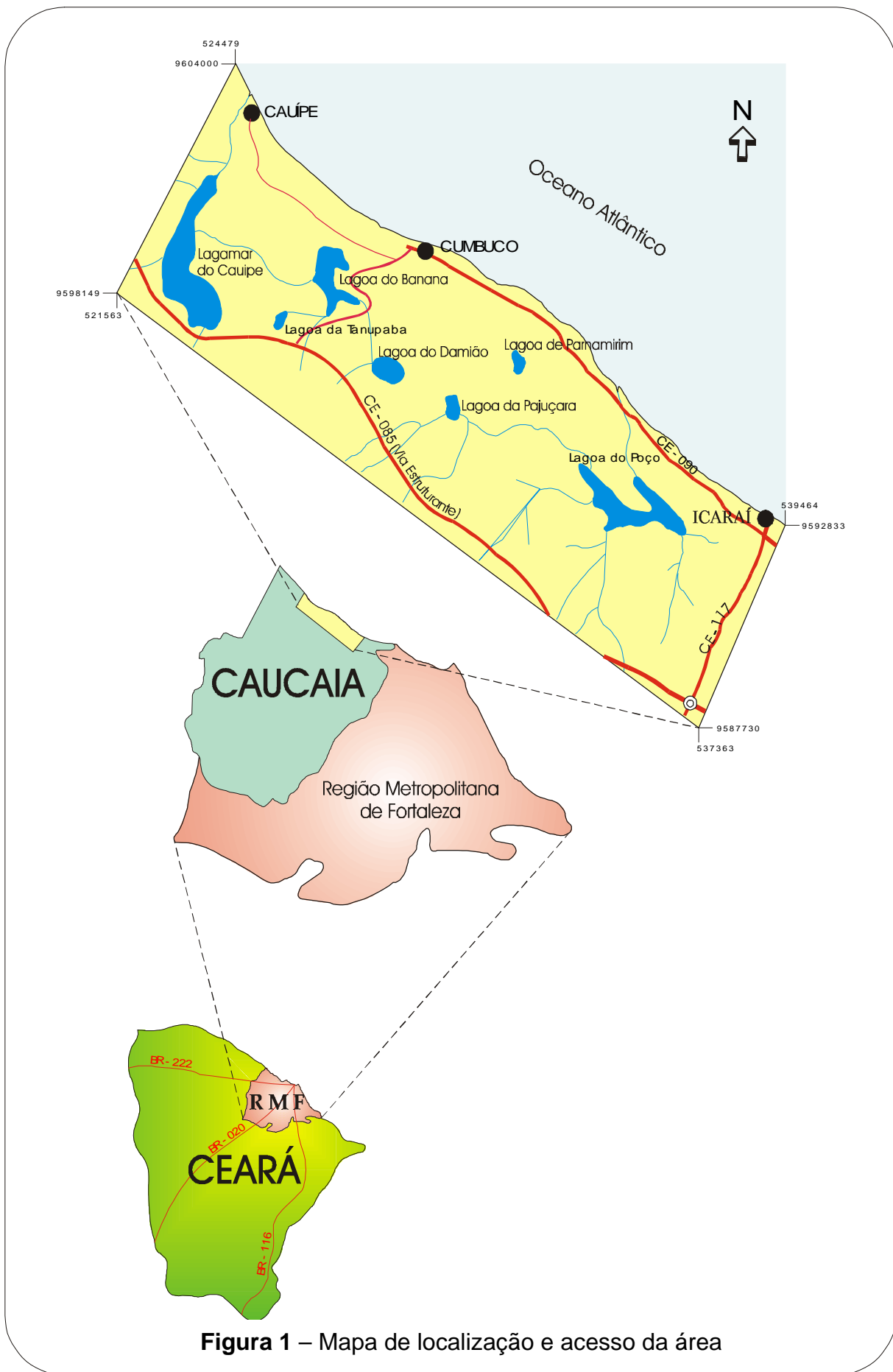


Figura 1 – Mapa de localização e acesso da área

BACTERIOLOGIA DA ÁGUA

A grande maioria das bactérias presentes na água é originária do solo e uma proporção considerável é constituída pelas espécies nitrificantes e fixadoras de nitrogênio envolvidas no ciclo de decomposição da matéria orgânica.

Os resíduos orgânicos oriundos da morte de animais ou de vegetais, ou da excreção, sofrem sua primeira transformação através do processo de decomposição pelas bactérias Saprófitas, liberando o íon amônia (NH_4^+). Este composto tanto pode ser adsorvido pelo solo e usado pelas plantas como nutriente, como também pode ser oxidado, biologicamente por bactérias, para formar nitritos (NO_2^-) e, posteriormente, nitratos (NO_3^-) que chegam às águas subterrâneas. A oxidação da amônia para formação de nitritos é mediada pelas bactérias do gênero nitrosomonas e a oxidação do nitrito para nitratos requer a participação de bactérias do gênero nitrobacter.

Segundo HEM (1985), nitrito é um indicador de poluição recente enquanto a presença de nitrato mostra que ela ocorreu longe do local de amostragem ou muito antes da amostragem. Isto acontece porque no ciclo do nitrogênio, a partir da degradação da matéria orgânica, as concentrações crescem com o tempo na seguinte seqüência: NH_4^+ , NO_2^- e NO_3^- . Desse modo, a distância provável do ponto de poluição ao ponto de coleta da amostra cresce segundo a mesma ordem de ocorrência.

A detecção dos agentes patogênicos, principalmente bactérias, protozoários e vírus, em uma amostra d'água é extremamente difícil, em razão das suas baixas concentrações. Porém, este obstáculo é superado através do estudo dos chamados organismos indicadores de contaminação fecal (VON SPERLING 1995). Tais organismos não são necessariamente patogênicos, mas dão uma satisfatória indicação se uma água apresenta contaminação por fezes humanas ou de animais e, por conseguinte, a sua potencialidade para transmitir doenças. Este grupo de bactérias é composto por espécies dos gêneros Escherichia coli, Enterobacter, Klebsiella e Citrobacter.

Conforme SOARES (1997), o grupo dos coliformes apresenta uma série de vantagens como indicadores de poluição fecal da água, tais como: constância e alto número nas fezes, facilidade de ser isolado e identificado e proporcionalidade entre a concentração de coliformes na água e a das bactérias patogênicas intestinais. O lançamento de esgotos de origem humana em corpos d'água pode resultar na introdução desses microrganismos, tendo como conseqüência a transmissão de doenças às pessoas através da ingestão ou contato.

A POTABILIDADE NA ÁREA

Os resultados das análises bacteriológicas e os valores de amônia, nitrito, nitrato e oxigênio consumido das amostras coletadas em setembro/98 e junho/99 estão mostrados na tabela 1. Para efeito de interpretação dos compostos nitrogenados, considerou-se os valores máximos permissíveis (VMP) para o consumo humano estabelecidos pela Portaria N^o 36 de 19/01/90 do Ministério da Saúde (CETESB, 1993), que para a amônia é de 0,05 mg N-NH₃⁺/L, para o nitrito é de 0,02 mg N-NO₂⁻/L e para o nitrato é de 10 mg N-NO₃⁻/L.

Tabela 1 – Análises bacteriológica e química das águas dos poços coletadas em setembro/98 e junho/99, na faixa costeira de Caucaia – Ce. Kleb.: Klebsiella sp; Esch.: Escherichia coli; Pseu.: Pseudomonas sp; Neg.: Negativo; Aus.: Ausente; NM: Não Medido

Poço N ^o	Colimetria NMP/100ml		Bactérias		Amônia mgN-NH ₃ ⁻ /L		Nitrito mgN-NO ₂ ⁻ /L		Nitrato mgN-NO ₃ ⁻ /L		O ₂ Cons. mgO ₂ /L	
	Set.	Jun.	Set.	Jun.	Set.	Jun.	Set.	Jun.	Set.	Jun.	Set.	Jun.
P4	15	93	Kleb.	Kleb.	0,30	0,02	7,79	0,49	55,97	20,68	3,0	2,6
P10	23	210	Esch	Pseu	Aus.	0,18	0,08	0,09	2,94	3,39	1,3	2,6
P11	1100	460	Kleb.	Pseu	0,10	0,12	0,92	0,13	53,51	34,76	2,2	2,0
P13	150	210	Kleb.	Kleb.	Aus.	0,15	0,04	0,07	31,55	5,75	1,3	1,8
P17	9	0	Pseu	Neg.	Aus.	0,09	0,15	Aus.	5,39	6,30	1,0	1,7
P21	0	23	Neg.	Kleb.	Aus.	0,18	0,27	6,26	14,85	20,30	1,7	2,5
P23	1100	240	Esch	Kleb.	Aus.	0,48	1,07	2,63	49,08	48,96	3,5	4,0
P31	93	240	Kleb.	Esch	Aus.	0,01	0,07	0,07	3,75	2,38	1,8	2,0
P34	0	23	Neg.	Kleb.	Aus.	0,01	0,28	0,32	42,79	16,71	2,0	3,3
P38	0	240	Neg.	Kleb.	0,06	0,35	Aus.	0,07	4,45	2,32	2,0	2,5
P45	4	0	Kleb.	Neg.	Aus.	0,36	0,11	0,21	2,82	1,94	3,7	4,0
P50	0	460	Neg.	Esch	0,01	0,36	Aus.	0,52	1,77	2,13	3,2	8,0
P51	0	1100	Neg.	Kleb.	0,07	0,46	Aus.	1,00	2,23	1,67	4,0	4,7
P53	43	1100	Kleb.	Kleb.	Aus.	0,09	0,53	0,17	3,17	1,97	1,6	2,6
P54	0	23	Neg.	Kleb.	0,12	0,01	0,22	0,84	2,00	1,07	3,8	1,6
P55	0	1100	Neg.	Esch	Aus.	0,01	Aus.	0,10	2,00	1,15	2,0	1,0
P58	0	9	Neg.	Esch	0,05	0,01	0,15	0,43	7,02	1,70	2,0	1,2
P59	0	0	Neg.	Neg.	Aus.	0,01	Aus.	Aus.	2,00	2,32	1,1	0,2

TABELA 1 – Continuação

Poço Nº	Colimetria NMP/100ml		Bactérias		Amônia MgN-NH ₃ /L		Nitrito mgN-NO ₂ /L		Nitrato MgN-NO ₃ /L		O ₂ Cons. mgO ₂ /L	
	Set.	Jun.	Set.	Jun.	Set.	Jun.	Set.	Jun.	Set.	Jun.	Set.	Jun.
P61	0	0	Neg.	Neg.	Aus.	0,01	Aus.	Aus.	5,39	1,59	1,4	0,4
P62	0	150	Neg.	Esch	0,06	0,01	Aus.	0,20	3,75	1,73	0,8	1,8
P64	NM	240	NM	Kleb.	0,01	0,01	Aus.	0,23	1,07	2,07	1,5	1,3
P65	NM	23	NM	Esch	0,01	0,01	Aus.	0,34	1,42	4,12	2,5	0,0
P67	NM	0	NM	Neg.	0,01	0,01	Aus.	0,17	1,18	5,67	3,0	3,4
P69	NM	240	NM	Esch	0,01	0,01	Aus.	0,13	0,83	1,42	4,7	3,2
P70	NM	460	NM	Esch	0,01	0,01	0,04	0,08	0,72	0,88	2,2	4,5
P72	NM	9	NM	Pseu	0,01	0,01	Aus.	0,95	0,83	9,14	5,5	5,3
P73	NM	43	NM	Pseu	0,01	0,01	Aus.	0,23	0,72	2,10	1,7	1,2
P76	NM	43	NM	Kleb.	0,01	Aus.	Aus.	0,09	12,6	11,6	2,5	8,0
P77	NM	23	NM	Esch	0,01	0,06	0,01	0,03	9,48	26,4	1,4	1,5
P79	23	0	Pseu	Neg.	0,04	0,14	0,05	0,02	1,65	23,3	1,4	1,5
P81	1100	9	Esch	Kleb.	0,01	0,03	0,08	0,04	1,30	2,87	1,6	1,0
P82	1100	240	Esch	Pseu	0,04	0,03	0,21	0,12	3,05	3,84	2,0	0,6
P83	2400	43	Esch	Esch	0,09	0,10	0,06	0,16	1,18	2,96	1,5	1,0
P84	0	0	Neg.	Neg.	0,10	0,05	Aus.	0,04	1,18	1,75	1,4	1,3
P86	2400	23	Esch	Kleb.	0,10	0,17	0,03	0,24	5,39	4,78	2,5	0,7
P87	93	43	Esch	Esch	0,10	0,03	0,02	0,02	1,18	1,98	2,0	1,1
P89	9	93	Pseu	Esch	0,01	0,18	Aus.	0,66	1,76	8,08	4,0	1,5
P91	0	240	Pseu	Pseu	0,10	0,46	Aus.	0,09	2,47	1,75	2,4	4,0
P92	240	93	Esch	Kleb.	0,06	0,33	Aus.	0,23	1,65	3,18	2,5	1,7
P96	2400	240	Esch	Kleb.	0,02	0,29	0,01	0,13	0,24	11,14	2,5	2,5

Observa-se na tabela 1, que pela colimetria das 31 amostras analisadas na primeira coleta (setembro 98), 13 apresentaram colimetria zero e em 18 amostras os valores do NMP variaram de 4/100 mL a 2400/100 mL. Na coleta de junho/99, apenas 7 amostras apresentaram valor zero e 31 poços mostraram águas com colimetria de 9/100 mL a 1000/100 mL. Estes resultados indicam o comprometimento sanitário das águas dos poços pesquisados na área.

As análises bacteriológicas para indicação de poluição fecal, mostraram que 52 amostras apresentaram contaminações por microrganismos, sendo 21 por bactérias do

tipo *Escherichia coli*, 21 por *Klebsiella* e 10 pelo tipo *Pseudomonas* conforme mostra a figura 2. Observa-se também, que a concentração destas bactérias aumentou entre as coletas de set/98 e jun/99, mostrando que o processo de contaminação está crescendo na área, principalmente, após o período de chuvas.

A presença de *Escherichia coli*, que é a bactéria mais numerosa do subgrupo dos coliformes e que tem origem exclusivamente no aparelho intestinal de animais de sangue quente, juntamente com a ocorrência de *Klebsiella* e *Pseudomonas*, confirma a contaminação fecal e indica provável presença de microrganismos patogênicos nas águas analisadas.

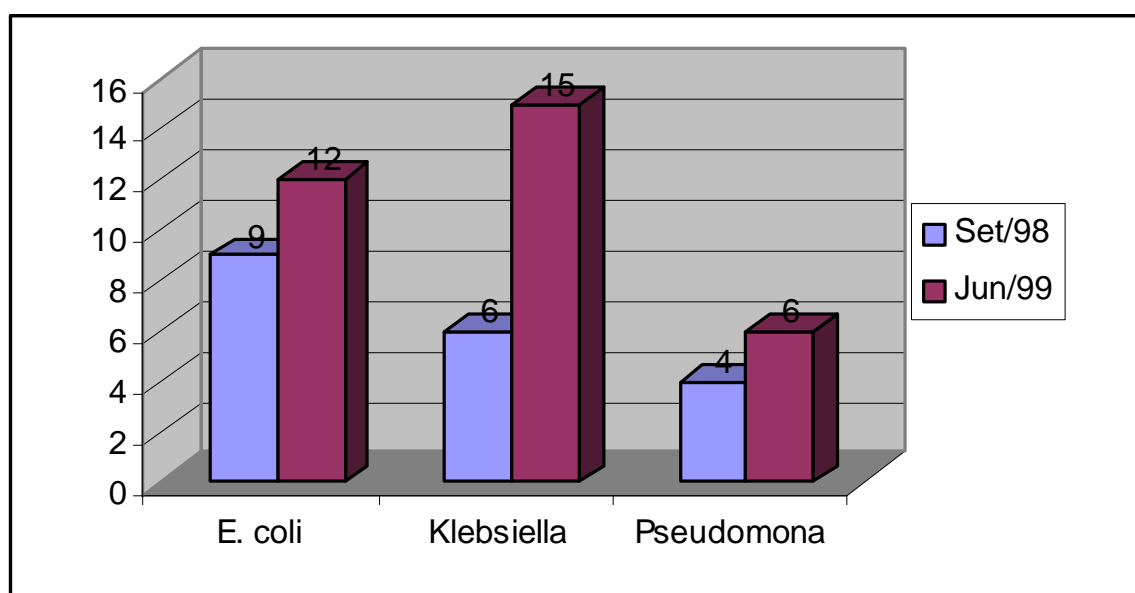


Figura 2 - Tipos de bactérias e as quantidades de amostras contaminadas encontradas nas coletas de setembro/98 e junho/99/. E. coli: *Escherichia coli*.

Conforme a Tabela 1, na primeira coleta, em setembro de 1998, verificou-se a presença de amônia em 28 amostras: em 16 delas o valor encontrado é menor ou igual ao VMP, nas outras 12 amostras os valores são maiores que o VMP, tendo o poço P4 atingido 6 vezes o VMP. Na coleta de junho de 1999, 39 amostras apresentaram amônia, sendo 20 amostras com valores menores ou iguais ao VMP e 19 amostras com valores maiores que o VMP, tendo os poços P23, P51 e P91 atingido valores 8 vezes maiores que o VMP.

O nitrito, na coleta de setembro de 1998, foi encontrado em 22 amostras; em 19 delas os valores são maiores que o VMP, com o poço P4 atingindo 300 vezes o VMP. Na segunda coleta, apenas três amostras (P17, P59 e P61) não apresentaram nitrito, nas

demais amostras os valores de nitrito são maiores que o VMP, tendo o poço P21 atingido o valor de 300 vezes o VMP.

O nitrato apresenta a maior faixa de variação dos valores levantados para os compostos nitrogenados, estando na faixa de 0,24 a 55,97 mg N-NO₃⁻/L, na coleta de setembro de 1998, e na faixa de 0,88 a 48,96 mg N-NO₃⁻/L na coleta de junho de 1999. Isolinhas com concentrações de nitrato nas duas coletas estão apresentadas nas figuras 3 e 4, que mostram a maior contaminação nas áreas mais adensadas.

Na primeira coleta, 6 amostras apresentam valores de nitrato até 5 vezes maiores que o VMP, enquanto que, na segunda coleta, 7 amostras mostraram valores maiores que o VMP, com o poço P23 atingindo um valor 4 vezes o VMP.

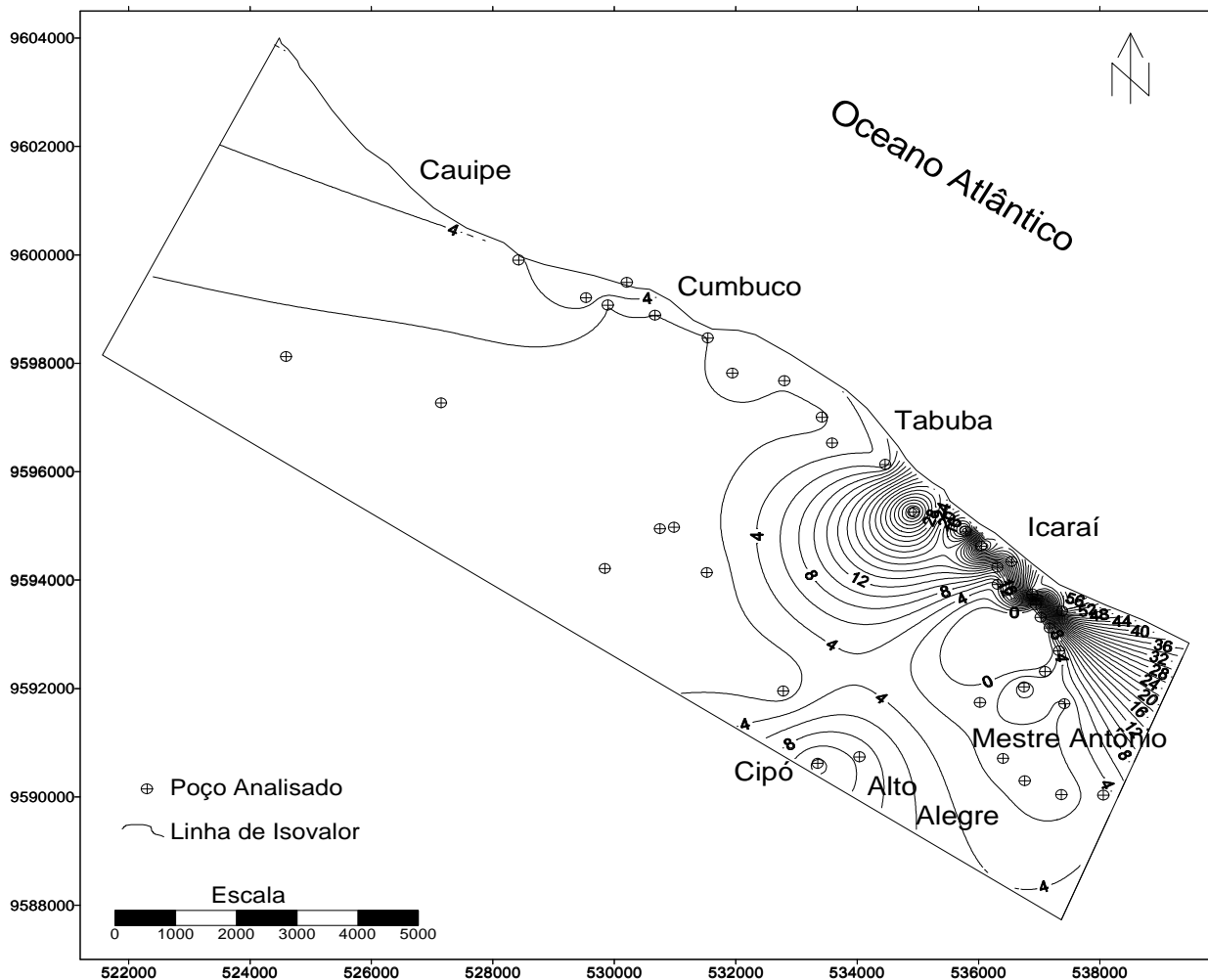


Figura 3 – Isolinhas com as concentrações de nitrato – NO₃ -na coleta de set/99

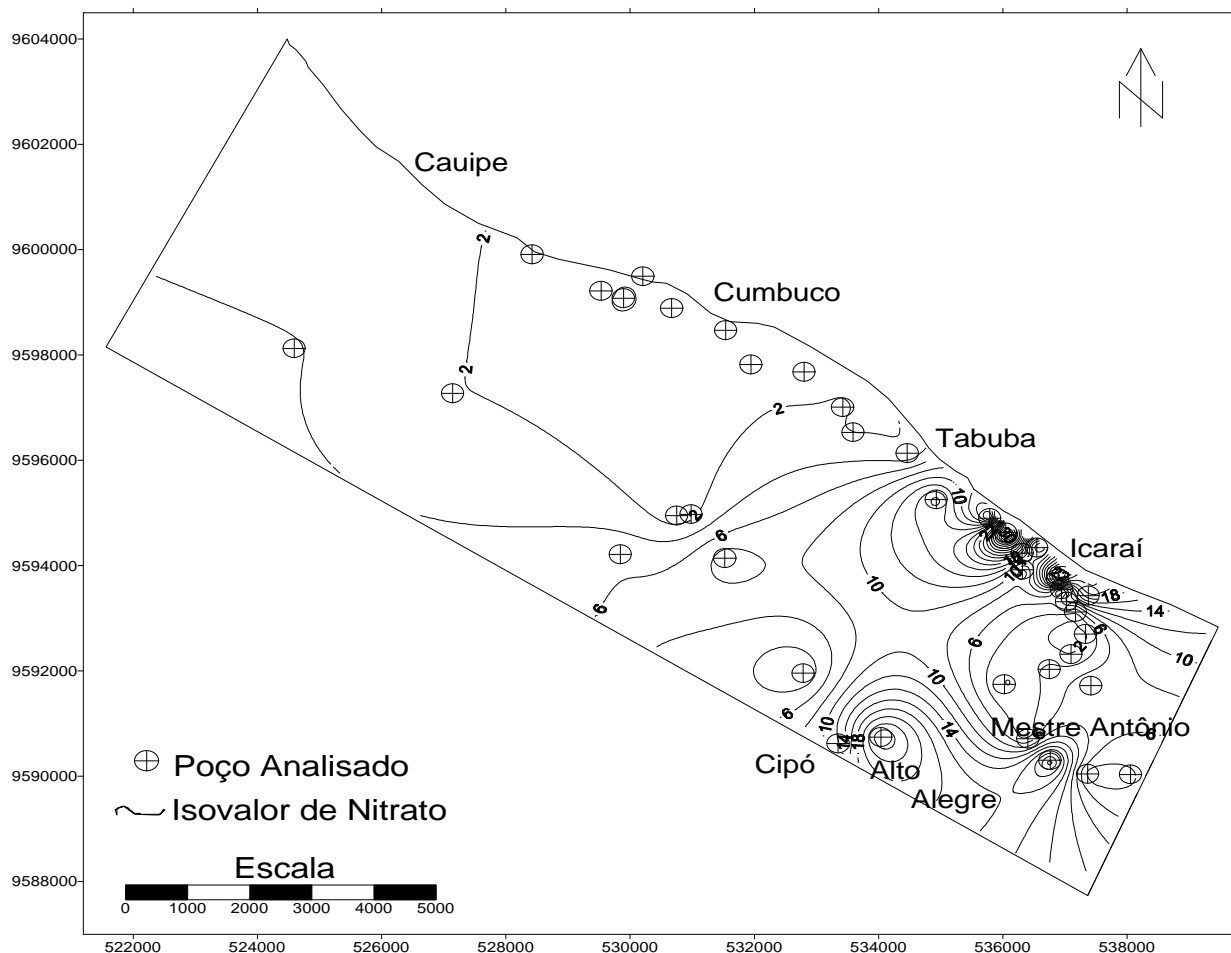


Figura 4 – Isolinhas com as concentrações de nitrato – NO_3 - na coleta de jun/99

Os valores máximos permissíveis de nitrito e nitrato na água para o consumo humano foram estabelecidos para prevenir a metahemoglobinemia, uma doença que transforma a hemoglobina em metahemoglobina, forma em que a molécula é incapaz de transportar oxigênio. Portanto, este fato mostra o risco para a saúde pública representado pelos altos índices de nitrato e nitrito detectados em alguns poços na área de trabalho, principalmente para crianças que são mais susceptíveis à doença.

Outro parâmetro que reflete o grau de comprometimento sanitário das águas analisadas é o oxigênio consumido que, quando é superior à 3,5 mg/L, pode-se suspeitar da existência de poluição orgânica na água. Como mostra a figura 5, o oxigênio consumido na coleta de setembro de 1998, aparece abaixo de 1 mg/L somente em uma amostra, em 32 amostras está entre 1 mg/L e 3,5 mg/L e em 7 amostras os valores são maiores que 3,5 mg/L. Na coleta de junho de 1999, 5 amostras estavam abaixo de 1 mg/L, 29 amostras apresentaram valores entre 1 mg/L e 3,5 mg/L e 8 amostras mostraram valores acima de 3,5 mg/L. Portanto, em 15 amostras existe uma forte indicação de poluição.

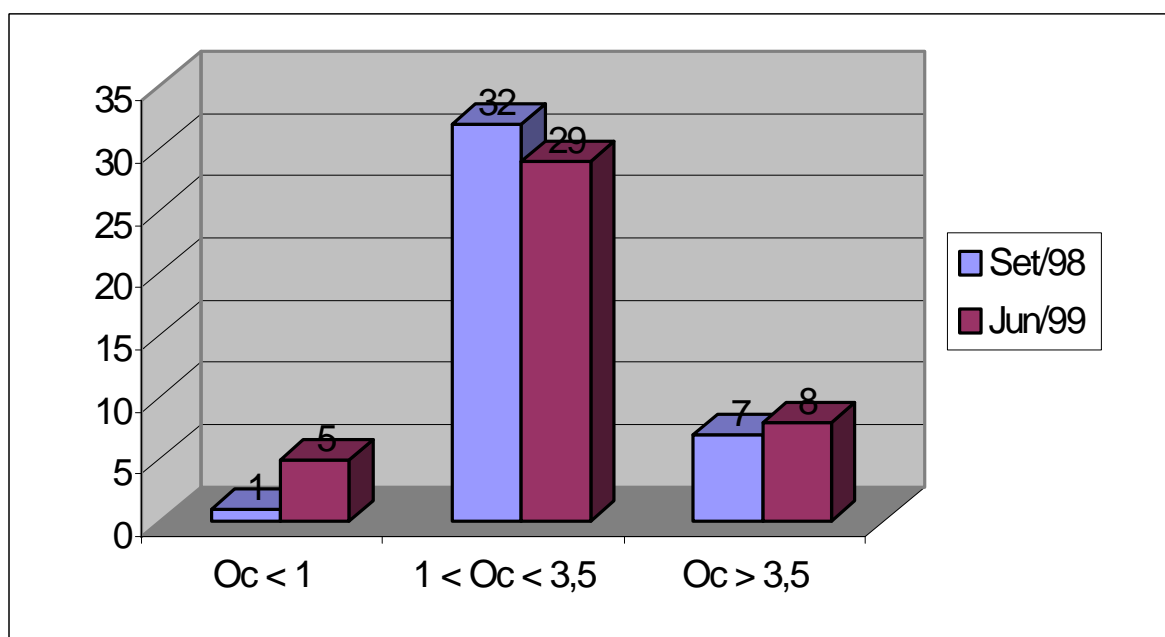


Figura 5 – Quantidade de amostras e valores de oxigênio consumido nas coletas de setembro/98 e junho/99. Oc: Oxigênio consumido.

CONCLUSÕES

Com base nos resultados das análises dos compostos nitrogenados e bacteriológicas das amostras d'água coletadas em poços na faixa costeira do município de Caucaia, concluí-se que:

1. Bacteriologicamente, das 71 amostras analisadas, 52 apresentaram contaminação por bactérias do Grupo Coliforme, predominando *Escherichia coli* e *Klebsiella*, que embora não sejam causadoras de doenças, são geralmente associadas com organismos patogênicos e, portanto, indicadoras do grau de potabilidade da água.
2. Os compostos nitrogenados amônia, nitrito e nitrato foram encontrados em todas as amostras e, em grande parte delas, ultrapassaram os valores máximos permissíveis.
3. A concentração de nitrato, nas amostras analisadas, é sempre maior que a de nitrito e de amônia, indicando que a fonte de contaminação está afastada do local de amostragem ou que a contaminação ocorreu a algum tempo antes da coleta.
4. Os maiores índices de contaminação correspondem às regiões mais densamente ocupadas, como o núcleo urbano do Icaraí e os distritos de Cipó, Alto Alegre e Mestre Antônio.

5. A ausência de saneamento básico e de oferta d'água tratada, aliada à falta de critérios técnicos na construção dos poços, são os principais responsáveis pelo grau de deterioração dos recursos hídricos subterrâneos desta região.
6. Considerando a potencialidade econômica da região costeira de Caucaia, a fragilidade do meio físico e os resultados obtidos neste trabalho, torna-se necessário e urgente a adoção de medidas técnicas e político-administrativas com o objetivo de deter ou, pelo menos, minimizar os impactos ambientais decorrentes da ocupação urbana desordenada, principalmente, sobre as águas subterrâneas.

BIBLIOGRAFIA

- CETESB – 1993 – Legislação: água para consumo humano – Potabilidade – Fluoração. Séries Documentos. São Paulo. 67p.
- HEM, J.D. – 1985 – Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water. 3^a Ed. Geological Survey Water. Washington. Paper 1473. 263p.
- SOARES, J.B. – 1997 – Água: microbiologia, poluição e tratamento. Ed. SECITECE/CENTEC. Fortaleza, Ceará. 131p.
- VON SPERLING, M. – 1995 – Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Belo Horizonte – MG. Departamento de Engenharia Sanitária. UFMG.