

CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA FREÁTICA EM ÁREAS DE ANTIGOS LIXÕES, ATERRADOS E URBANIZADOS PARA FINS RESIDENCIAIS, VITÓRIA, ES

Elene Zavoudakis¹; Carolina Lyrio²; Júlia Raquel Peterle Pereira³; Leonardo Siqueira⁴; Wagner Fernandes Fogos⁵; João Eduardo Addad⁶

Resumo

Áreas de manguezal do município de Vitória foram ocupadas por lixões, posteriormente aterrados pela municipalidade para sua urbanização residencial: São Pedro, Maria Ortiz e Andorinhas. Foram coletadas amostras de água em três pontos de cada uma destas áreas, com o objetivo de conhecer sua qualidade e avaliar os impactos sobre as mesmas. Foram analisados os parâmetros: pH, temperatura, CE, DQO, Cl⁻, HCO₃⁻, N-NH₄⁺, NO₃⁻², NO₂⁻, CaCO₃, SO₄⁻², SO₂, fenóis, óleos e graxas, Fe, Mn, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, Na⁺, K⁺, metais pesados (Ag, Cu, Cr, Cd, Ni, Pb, Zn), além da contaminação por coliformes termotolerantes. Os resultados indicaram relativa heterogeneidade entre as áreas, porém considerando-se a maioria dos parâmetros em análise, a água freática de Nova Palestina apresentou-se como a mais impactada. Os valores encontrados de CE e Cl⁻ indicaram contaminação, seja antrópica ou devido à intrusão salina, porém valores altos de DQO e Amônia revelaram que existiu o lançamento de cargas orgânicas nas áreas em estudo, além da falta de saneamento básico. A presença de sulfetos e de fenóis provavelmente corresponde ao ecossistema de mangue que foi aterrado e a presença de coliformes termotolerantes em 2/3 das amostras indicou a contaminação por fontes antrópicas.

Abstract

Mangrove areas of Vitória city had been used as dumps, later earthfilled by the municipality for residential urbanization: São Pedro, Maria Ortiz and Andorinhas. Water samples had been collected in three points of each one of these areas, with the objective to determine its quality and to evaluate the impacts. The parameters that had been analyzed are: pH, temperature, CE, DQO, Cl⁻, HCO₃⁻, N-NH₄⁺, NO₃⁻², NO₂⁻, CaCO₃, SO₄⁻², SO₂, phenols, oils and greases, Fe, Mn, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, Na⁺, K⁺, heavy metals (Ag, Cu, Cr, Cd, Ni, Pb, Zn), and thermotolerant coliforms. The results indicate

¹ Pós-Graduada em Engenharia Ambiental. Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Departamento de Engenharia Ambiental, PPGEA, Av. Fernando Ferrari, s/n, Campus Goiabeiras, tel. (27)3335-2677, elene.z@gmail.com.

² UFES, CCE/DQUI, Av. Fernando Ferrari, s/n, Campus Goiabeiras, tel. (27)3335-2119, carolyrio@pop.com.br

³ UFES, CCE/DQUI, Av. Fernando Ferrari, s/n, Goiabeiras, tel. (27)3335-2119, julia_quimica@yahoo.com.br

⁴ FAESA, Departamento de Engenharia Ambiental, Rod. Serafim Derenzi, s/n, Goiabeiras, tel. (27) 3335-2119, lsiqueira@click21.com.br

⁵ FAESA, Departamento de Química, Rod. Serafim Derenzi, s/n, Goiabeiras, tel. (27) 3335-2119, wagnerfogos@hotmail.com

⁶ Prof. Dr., UFES, Departamento de Engenharia Ambiental, PPGEA, Av. Fernando Ferrari, s/n, Goiabeiras, tel. (27) 3335-2677, joao@terraemar.org.br

relative heterogeneity among the areas, however considering the majority of the parameters, the freatic water of New Palestine was presented as the most impacted. The values of CE e CI indicate contamination, either anthropic or due to saline intrusion, however high values of DQO and ammonia point to organic load, and the lack of basic sanitation. The presence of sulphides and phenols probably corresponds to the mangroove ecosystem that was earthfilled, and the presence of thermotolerant coliforms in 2/3 of the samples indicates contamination by anthropic sources.

Palavras-chave: água subterrânea, lixões, ocupação urbana

1 - INTRODUÇÃO

Vitória, capital do ES, é um município com aproximadamente 104 km², situada na porção leste do Estado, atualmente composta de uma parte insular e uma parte continental, sendo que sua ocupação inicial se deu a partir da ocupação da ilha.

Em sua forma original, Vitória só poderia ser ocupada em uma faixa estreita e alongada de terra, limitada de um lado pelo mar, e do outro pelo maciço rochoso central, excetuando-se ainda nesta estreita faixa, as extensas e inúmeras áreas inundáveis em virtude das marés altas e cheias de rios e áreas alagadas de mangues. Assim, a expansão do sítio urbano da cidade se deu em grande parte na forma de ocupação sobre aterros (Figura 1), na medida em que a cidade se desenvolvia.

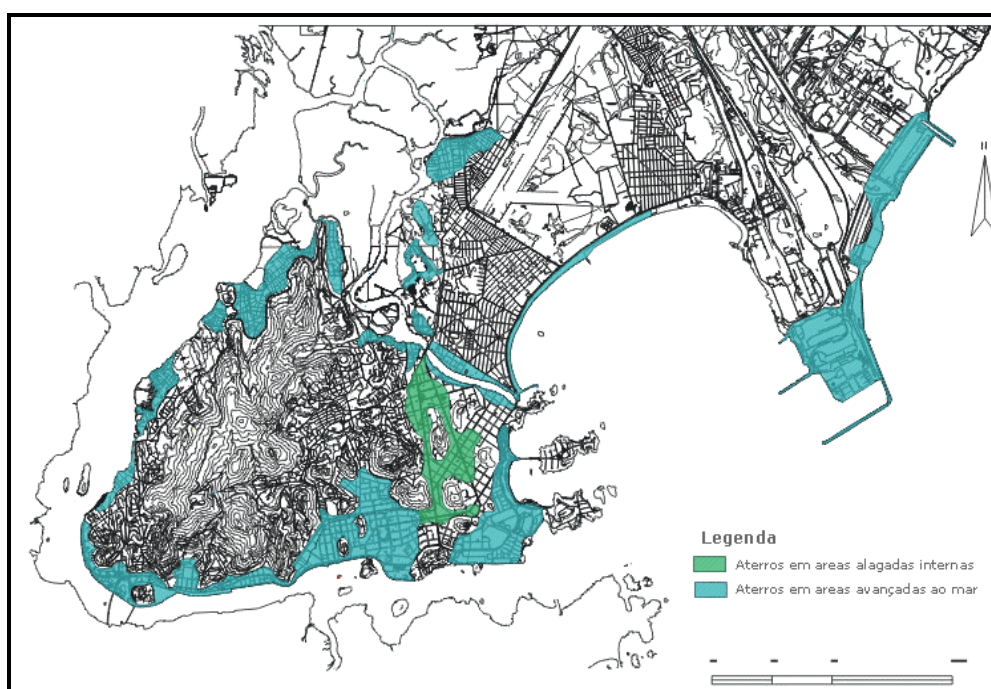


Figura 1. Aterros identificados no município de Vitória. Fonte: Marinato, 2004 [1].

Os problemas urbanos do município de Vitória se intensificaram a partir dos anos 60, com o aumento dos fluxos migratórios de população de baixa renda em busca de melhores condições de

vida na capital e conseqüente expansão dos limites da ocupação urbana sem planejamento, que foi estendida dos morros para os manguezais que circundam a ilha, causando significativos impactos sócio-econômicos e ambientais e que, com as ocupações mais recentes, culminaram na formação dos bolsões de miséria e favelização, tanto dos morros como das áreas de mangues.

No início da década de 70, foi necessária expressiva expansão da cidade para dar suporte ao seu acelerado crescimento populacional, que quase dobraria nesta década, devido à implantação de grandes projetos industriais na região da Grande Vitória: CST (Companhia Siderúrgica de Tubarão), CVRD (Companhia Vale do Rio Doce) e CIVIT (Centro Industrial de Vitória).

Os mangues da zona noroeste da ilha e do continente de Vitória foram invadidos por migrantes do interior deste e de outros estados nas décadas de 70 e 80, que serviram não somente como locais para implantação de moradias com condições precárias de higiene, as palafitas, mas também como local de trabalho, com a cata de lixo ali destinado. Num espaço de aproximadamente trinta anos, vários bairros foram originados a partir do aterro de áreas de mangue com lixo urbano e, posteriormente, com solos de empréstimo.

Este trabalho foca três áreas cujos mangues foram ocupados por aterros de lixo a céu aberto durante longo período e urbanizados posteriormente para fins residenciais: Grande São Pedro, Maria Ortiz e Andorinhas.

A Grande São Pedro localiza-se à noroeste da ilha de Vitória, margeando por um lado a Rodovia Serafim Derenzi (Estrada do Contorno) no entorno da ilha, e por outro o extenso manguezal que se constitui o importantes ecossistema estuarino do Lameirão.

Historicamente, as primeiras ocupações desta área de manguezal datam do início da década de 70, quando foram erguidos barracos sobre palafitas. O assentamento de São Pedro, propriamente, iniciou-se em 1977 com a ocupação de uma área de mangue por aproximadamente 40 famílias que ali se instalaram precariamente e iniciaram a construção de pinguelas e palafitas, e que com o lançamento de lixo, inaugurava-se aquela área como alternativa habitacional e econômica para a população de baixa renda (Marinato, 2004) [1].

Devido à pressão social exercida pelos moradores, a administração pública designou aquela área de mangue como local de destinação do lixo urbano residencial, comercial, hospitalar e industrial, subsistindo a população da cata e venda de lixo. A área ficou conhecida como “Lixão de São Pedro” e ganhou notoriedade internacional pela degradação humana, social e ambiental, continuando a existir até o início dos anos 90 (SEMMAM, 2004) [2]. Após o aterro e compactação sobre o lixo, iniciava-se então a subdivisão formal em lotes e ruas, com posterior urbanização.

Ao final da década de 1980, o manguezal a noroeste da ilha continuava a ser ocupado pela população de baixa renda cobrindo uma área de aproximadamente 5 km² e configurando novas áreas para intervenções com aterro, originando inclusive novos bairros: Nova Palestina, que recebeu

complementação com argila onde já havia lixo ou somente argila nas áreas de mangue; e Resistência, que foi aterrado com resíduos da Usina de Lixo e entulhos (Marinato, 2004) [1].

Com a expansão das invasões para as áreas alagadas em terrenos de Marinha, há aproximadamente 30 anos, e posterior execução de obras de aterro (entre 1979 e 1981), surgiram os bairros São Cristóvão e Andorinhas, este último tendo recebido aterro ainda em 2003, nas margens do Canal da Passagem.

A ocupação desordenada em locais impróprios para moradia (manguezais) gerou problemas urbanísticos e ambientais, principalmente na dotação de infra-estrutura e na construção das habitações, sendo que a urbanização destes bairros veio na década de 90, juntamente com a criação da Usina de Lixo e a organização dos catadores de lixo em sindicatos de classe, período em que são registradas as primeiras preocupações do governo local com a degradação ambiental desencadeada por estas ocupações (Marinato, 2004) [1].

Maria Ortiz, conhecida também como Bairro dos Migrantes, começou a se formar também no início dos anos 70, quando era apenas uma faixa de terra desocupada à beira do mangue. Teve sua origem com o lançamento de lixo promovido pela municipalidade, que foi avançando sucessivamente sobre o mangue. Nesta área conhecida como “lixão de Goiabeiras”, o lixo era depositado a céu aberto, sem qualquer tratamento de compactação e cobertura com argila ou areia, e a população era composta, basicamente, por catadores de lixo.

Segundo Vasconcellos (1993) [3], o marco do progresso de Vitória foram as alterações físicas em decorrência do aterro dos mangues, e tanto as alterações foram percebidas de forma abrupta, como foi constatado que o nível de qualidade de vida diminuiu com o desenvolvimento econômico-social da cidade.

Atualmente, Vitória encontra-se exposta a problemas indesejados e característicos das cidades urbanizadas rapidamente e sem planejamento: explosão demográfica, carência de infra-estrutura urbana adequada, assentamentos humanos irregulares e poluição urbana, e que ao longo do tempo, vêm impactando significativamente e progressivamente a urbe e o seu meio, provocando a contaminação, escassez e levando a um prognóstico de possível desaparecimento de recursos naturais.

A urbanização pode afetar a água subterrânea quantitativa e qualitativamente. No primeiro caso, pelo aumento na exploração do recurso, pelo incremento progressivo do escoamento superficial nas áreas pavimentadas e impermeabilizadas em detrimento da infiltração de água no solo, pela alteração nos níveis de recarga e de permeabilidade do solo, e em termos de qualidade, pela poluição e contaminação do lençol subterrâneo em decorrência do uso do solo inadequado a qual foi destinada a área, principalmente pelas práticas de saneamento não terem acompanhado o rápido adensamento populacional nas cidades, que com elevadas taxas de urbanização, tem levado à deterioração da qualidade desta água, que por sua vez, irá refletir na disponibilidade local de água

para abastecimento e para outros fins (Lawrence *et al.*, 1998) [4].

Devido à dificuldade em seu gerenciamento e preservação, por se tratar de um recurso “invisível”, a água subterrânea se apresenta particularmente vulnerável aos efeitos das ações antrópicas e tem sofrido degradação antes mesmo de ser utilizada, que é uma das causas que contribuem para os crescentes custos de abastecimento d’água público e privado, da progressiva escassez de água e do aumento de risco à saúde em geral.

Foster *et al.* (2001) [5] constataram haver uma relação de interdependência entre a água subterrânea e a urbanização, interagindo uma com a outra em um modelo complexo, onde impactos primários na água subterrânea causados pela extração e pela disposição inadequada de resíduos e de efluentes desencadeiam restrições ou ameaças secundárias deste recurso para a urbe.

O impacto da poluição e a eficácia das medidas para seu controle são avaliados por meio da caracterização e quantificação das cargas poluidoras coexistentes no corpo d’água (Von Sperling, 1996) [6]. Conhecendo-se a qualidade da água e a concentração de determinadas substâncias e associando-se ao uso do solo correspondente, pode-se localizar uma determinada atividade poluidora, e assim submeter estas atividades a um controle mais rigoroso.

Este trabalho tem como objetivo fazer um diagnóstico de contaminação de três áreas de Vitória, manguezais que se transformaram em lixões, com posterior urbanização para fins residenciais, por meio de análises de parâmetros físico-químicos de água freática.

No que diz respeito à saúde pública, caracterizar a água freática de Vitória poderá subsidiar a futura identificação e mapeamento de áreas cujas águas possuam risco de contaminação ou sejam impróprias para o consumo.

Além disso, o município poderá encontrar na água subterrânea uma fonte alternativa de captação de água, mesmo considerando finalidades menos nobres, como rega de jardins e lavagem de áreas externas, na maioria das vezes realizada utilizando água tratada.

2 - OBJETIVO

Caracterizar a água subterrânea rasa de três áreas de antigos lixões aterrados e urbanizados com fins de uso residencial.

3 - MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho teve como base duas abordagens distintas: o levantamento de dados históricos de ocupação urbana em Vitória para identificação dos pontos de amostragem e a coleta e análise físico-química e microbiológica de amostras desta água.

3.1 - Levantamento de informações sobre urbanização de Vitória-ES

O histórico do uso e ocupação urbana de Vitória teve como objetivo conhecer o seu crescimento e a localização das áreas potencialmente impactadas por lixões. Para isto, foi realizada uma pesquisa bibliográfica detalhada, além de realizadas entrevistas com moradores para informações não documentadas de períodos mais recentes.

3.2 - Seleção das áreas de estudo

3.2.1 - Seleção de áreas potencialmente contaminadas por antigos lixões em Vitória, ES

A partir do levantamento de informações históricas foram selecionadas áreas em que se verificou a similaridade de ocupação de mangues por antigos lixões, com posterior aterramento e urbanização para fins de uso residencial.

Tais áreas potencialmente contaminadas são mostradas na Figura 2 e sua descrição quanto às fontes poluidoras com longo histórico de uso e ocupação do solo encontra-se na Tabela 1.

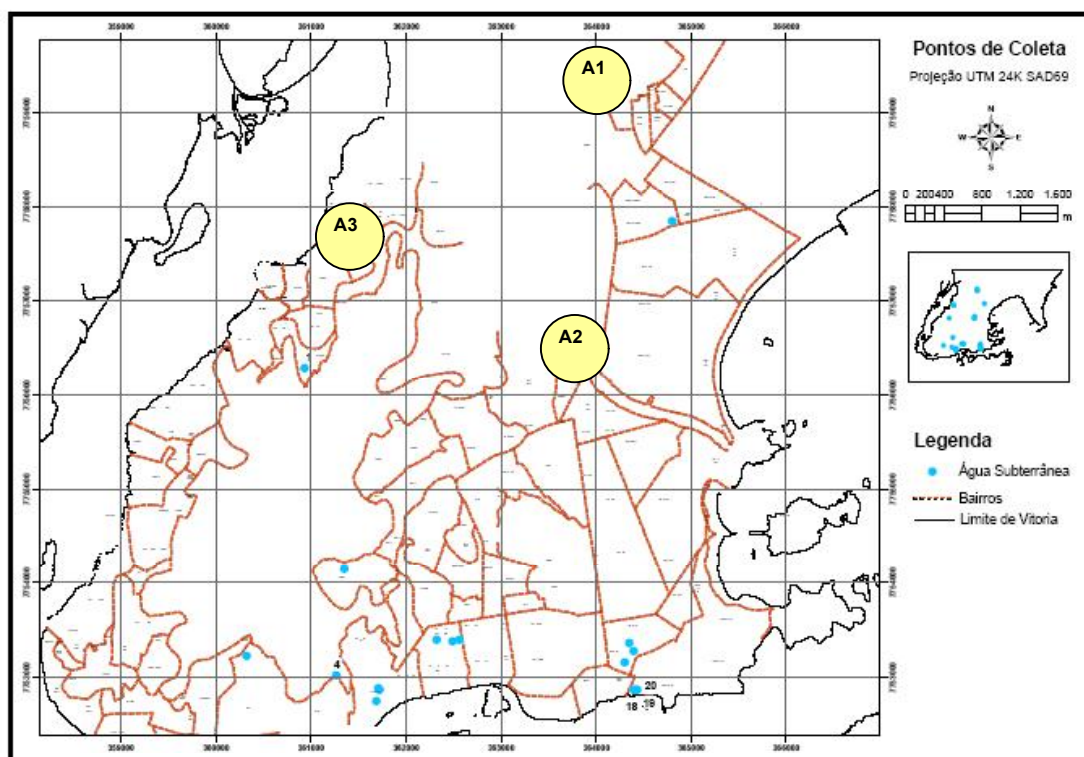


Figura 2. Áreas de estudo potencialmente contaminadas em Vitória, ES

Tabela 1. Descrição das áreas de estudo potencialmente contaminadas por lixões

Localização	Uso e ocupação do solo urbano
A1 - Bairro Maria Ortiz	Esgoto doméstico e aterro de lixo a céu aberto
A2 - Bairro Andorinhas	Esgoto doméstico, conserto de barcos e aterro de de entulhos (restos de obras) e de lixo a céu aberto
A3 - Bairro Nova Palestina	Esgoto doméstico e aterro de lixo a céu aberto

3.2.2 - Seleção dos pontos para amostragem de cada área

Foram selecionados três pontos por área potencialmente contaminada, observando os critérios limitantes de facilidades de acesso e de perfuração, além das orientações da Prefeitura Municipal de Vitória – dadas por meio da carta de autorização da PMV – indicando a forma com que os poços pudessem ser executados. Os poços de amostragem foram feitos de forma provisória, ou seja, após a realização da coleta da amostra, foram fechados com o mesmo material da escavação retirado.

Cada poço foi georreferenciado com um GPS Garmim 12 no Datum SAD 69 (Tabela 2) e confirmado no local com carta na escala 1:1.000 para evitar possíveis erros de precisão do aparelho.

Tabela 2. Georreferenciamento dos poços e dos pontos amostrados (UTM 24K)

Ponto	Localização	E	N
P1	Área A1	363995	7759348
P2	Área A1	363998	7759355
P3	Área A1	364023	7759397
P4	Área A2	363762	7756395
P5	Área A2	363657	7756326
P6	Área A2	363725	7756371
P7	Área A3	361429	7757603
P8	Área A3	361456	7757616
P9	Área A3	361456	7757609

3.3 - Caracterização da água freática

Após a seleção dos pontos para amostragem, iniciou-se a fase de caracterização da água freática nos pontos escolhidos, no período compreendido entre agosto e outubro de 2005, em época seca, ou seja, com menos interferência da recarga de águas pluviais no aquífero freático.

3.3.1 - Perfuração dos poços provisórios de coleta

Os poços provisórios foram executados manualmente, utilizando-se um trado manual de 4” de diâmetro, acoplado a uma haste que variou entre 1 até 3 metros de comprimento, dependendo do nível de água encontrado no poço. Após encontrado o nível freático, a perfuração foi continuada até que a água no interior do poço fosse suficiente para ser coletada. O poço foi revestido por um tubo geomecânico de 2” e a coleta de água foi efetuada com o uso de bailer descartável.

3.3.2 - Coleta, preservação e transporte das amostras

As amostras foram coletadas em frascos de 5 litros (polietileno), 1 litro (vidro âmbar) e 300 ml (vidro âmbar e polietileno autoclavável), conforme o parâmetro a ser analisado, e todas as atividades que envolveram a coleta e a preservação das amostras foram procedidas de acordo com o “Guia de coleta e preservação de amostras de água” (CETESB, 1977) [7].

Antes de serem enviadas ao laboratório para realização das análises físico-químicas, as amostras foram acondicionadas em caixa de isopor com gelo, exceto para a medição de parâmetros que exigem a amostra em temperatura o mais próximo possível da coletada em campo.

3.3.3 - Metodologias de análise físico-química e microbiológica

As técnicas de análises laboratoriais obedeceram aos procedimentos recomendados pelo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (Apha *et al.*, 1995) [8].

A qualidade bacteriológica e físico-química das amostras de água subterrânea foi avaliada pelos seguintes parâmetros e métodos: (a) coliformes termotolerantes, análise do número mais provável (NMP) de coliformes, técnica da fermentação em tubos múltiplos; (b) nitrogênio amoniacal, método de nesslerização com destilação prévia (Semi Micro-Kjeldahl); (c) cloretos, método argentométrico; (d) dureza, método volumétrico com EDTA; (e) nitrato, método da redução de cádmio; (f) nitrito, método colorimétrico da sulfanilamida e N-(1-Naftil) etileno diamina; (g) condutividade elétrica, método do condutivímetro, (h) pH, método potenciométrico, (i) alcalinidade, método titulométrico com indicador misto, (j) fenóis, método fotométrico, (k) sulfatos, método turbidimétrico, (l) sulfetos, método titulométrico, (m) DQO, método da oxidação por dicromato de potássio, (n) óleos e graxas, método de extração por solvente.

A temperatura foi medida com a utilização de termômetro digital “*in situ*”. Os parâmetros de condutividade elétrica e pH foram medidos imediatamente após as amostras chegarem no laboratório. Os parâmetros físico-químicos e o microbiológico foram analisados no Laboratório de Saneamento (LABSAN) do Departamento de Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES).

A densidade de Coliformes Termotolerantes foi determinada através da determinação do número mais provável (NMP), utilizando-se meio A1 (LMX), com quantificação por tubos múltiplos.

Também foi verificada a presença de metais dissolvidos na água freática (Cr, Cu, Cd, Fe, Mn, Ni, Zn, Pb e Ag), além de quantificada a concentração dos cátions (K, Mg, Na, Ca). Para isto, as amostras foram preservadas em meio acidificado com ácido nítrico, após filtração com membrana 0,45mm, e refrigeradas até seu envio para serem analisadas por ICP, método SMEWW 3120 B.

Todos os parâmetros tiveram suas análises realizadas em duplicata, exceto as medidas diretas com uso de aparelhos (condutividade elétrica, pH e temperatura) e o parâmetro de contaminação por patógenos (coliformes termotolerantes).

4 – RESULTADOS

Os valores dos parâmetros analisados para cada um dos nove pontos de coleta de água freática são apresentados a seguir, na Tabela 3.

Tabela 3 – Resultados das análises de qualidade da água freática para as amostras coletadas

	T (°C)	pH - log[H ⁺]	CE (mS/cm)	DQO (mg/L)	HCO ₃ ⁻ (mg/L)	NO ₃ ⁻ (mg/L)	NO ₂ ⁻ (mg/L)	NH ₄ ⁺ (mg/L)	S ₂ ⁻ (mg/L)	SO ₄ ²⁻ (mg/L)
P1	24,1	7,2	15,0	273	2.570	0,03	0,008	93,2	0,07	48
P2	24,3	7,0	2,1	50	995	0,28	0,005	35,3	0,01	10
P3	26,6	6,9	1,1	20	598	0,21	0,009	18,1	0,04	203
P4	26,0	7,5	1,1	29	33	1,55	0,086	3,1	0,00	140
P5	26,7	6,6	5,0	77	58	0,35	0,009	2,4	0,00	85
P6	26,4	7,3	1,2	66	50	0,07	0,035	3,8	0,00	74
P7	27,0	6,8	11,5	104	920	0,86	0,023	10,8	0,06	371
P8	27,5	6,8	9,8	116	1.035	0,89	0,004	20,4	0,00	162
P9	23,4	6,9	42,2	748	3.538	0,90	0,009	397,1	0,00	61

	Cl ⁻ (mg/L)	CaCO ₃ (mg/L)	Fenol (mg/L)	O&G (mg/L)	Ca ²⁺ (mg/L)	Mg ²⁺ (mg/L)	Na ⁺ (mg/L)	K ⁺ (mg/L)	Fe (mg/L)	Mn (mg/L)
P1	3.167	631	2,17	0,01	109	96	1023	197	0,053	0,062
P2	205	383	0,44	0,01	178	41	82	73	0,058	0,460
P3	33	441	0,90	0,04	113	30	29	26	0,000	0,029
P4	1.312	623	0,00	0,07	63	29	9	18	0,000	0,110
P5	749	3.156	0,00	0,10	522	136	410	22	0,016	0,010
P6	1.397	693	0,12	0,09	35	52	100	20	0,320	0,000
P7	2.266	3.435	0,76	0,12	531	179	1141	101	0,012	0,280
P8	2.576	3.123	0,85	0,12	297	227	1318	144	6,700	0,270
P9	10.717	1.791	0,81	0,29	244	642	4165	679	0,860	0,045

Os valores médios dos parâmetros correspondentes às áreas A1, A2 e A3 são resultantes das médias dos valores encontrados nos pontos coletados em Maria Ortiz (P1 a P3), Andorinhas (P4 a P6) e Nova Palestina (P7 a P9), respectivamente, conforme exposto na Tabela 4.

Tabela 4 – Médias dos parâmetros das áreas de estudo

	T (°C)	pH - log[H ⁺]	CE (mS/cm)	DQO (mg/L)	HCO ₃ ⁻ (mg/L)	NO ₃ ⁻ (mg/L)	NO ₂ ⁻ (mg/L)	NH ₄ ⁺ (mg/L)	S ₂ ⁻ (mg/L)	SO ₄ ²⁻ (mg/L)
A1	25,0	7,0	6,1	114	1.387	0,18	0,007	48,9	0,04	87
A2	26,4	7,1	2,4	57	47	0,65	0,043	3,1	0,00	100
A3	26,0	6,8	21,1	322	1.831	0,88	0,012	142,7	0,02	198

	Cl ⁻ (mg/L)	CaCO ₃ (mg/L)	Fenol (mg/L)	O&G (mg/L)	Ca ²⁺ (mg/L)	Mg ²⁺ (mg/L)	Na ⁺ (mg/L)	K ⁺ (mg/L)	Fe (mg/L)	Mn (mg/L)
A1	1.135	485	1,17	0,02	133	56	378	99	0,037	0,184
A2	1.152	1.491	0,04	0,09	207	72	173	20	0,112	0,040
A3	5.186	2.783	0,81	0,18	357	349	2.208	308	2,524	0,198

A1 = MARIA ORTIZ, A2 = ANDORINHAS, A3= NOVA PALESTINA

4.1 - Temperatura e pH

O pH afeta os processos químicos da água, pois dependendo do seu valor, o potencial Redox do ambiente é modificado, causando ou não tamponamento, liberação de substâncias, etc. Para os 9 pontos amostrados, os valores de pH oscilaram bem próximo da neutralidade, entre 6,6 e 7,3, sendo que a média dos pontos por área revelou que Nova Palestina apresenta o menor valor de pH (6,8). Além disso, os valores de temperatura oscilaram entre 23,4 e 27,5 °C, com média de 25,8°C.

4.2 - Condutividade Elétrica, DQO, cloretos e alcalinidade

A condutividade elétrica é determinada pela presença de substâncias dissolvidas que se dissociam em ânions e cátions e representa a capacidade da água de transmitir a corrente elétrica. Os maiores valores de condutividade elétrica foram encontrados no bairro de Nova Palestina, com valor médio superior a 20 mS/cm (Figura 3-a).

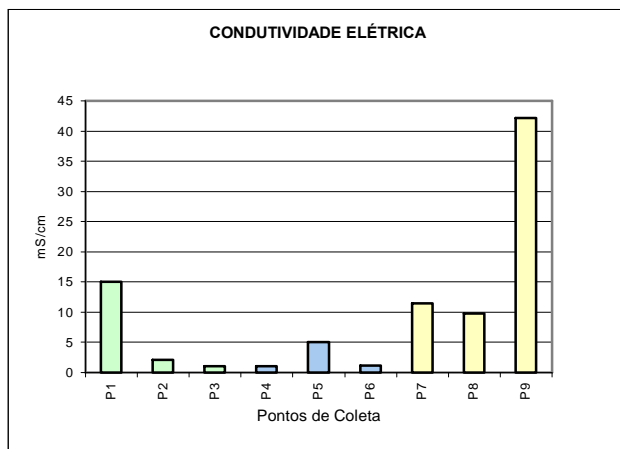
Considerando-se o cálculo de STD (Sólidos Totais Dissolvidos) em função dos valores de condutividade elétrica e o padrão limite de aceitação para consumo humano preconizado pela Portaria MS N° 518/04, no valor de 1.000 mg/L, os pontos P1 e P2 (Maria Ortiz), P5 (Andorinhas), P7, P8 e P9 (Nova Palestina) apresentaram valores superiores aos aceitáveis para consumo humano, isto é, suas águas apresentam-se salinizadas, seja por fonte antrópica ou intrusão salina.

A Demanda Química de Oxigênio (DQO) é a medição da quantidade de matéria orgânica oxidável em uma amostra, ou seja, é a quantidade de oxigênio necessária para oxidação da matéria orgânica através de um agente químico. Apesar da Portaria MS N° 518/04 não prever valores limites para DQO, as áreas com excessivas cargas orgânicas degradáveis coincidem com as áreas que apresentaram maiores valores para Condutividade Elétrica: P1, P7, P8 e P9, com valores entre 100 mg/L (P7) e 750 mg/L (P9) de DQO (Figura 3-b).

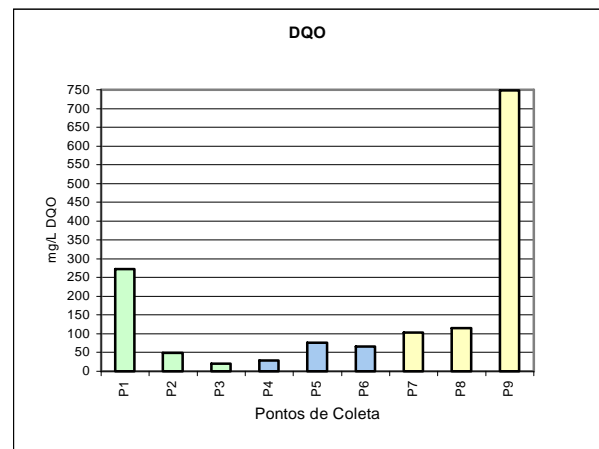
Os valores de cloretos correlacionam-se à condutividade elétrica, isto é, aos íons dissolvidos

(sais) presentes na água. Em geral, a associação de cálcio, magnésio, sódio ou potássio com o cloreto produz o efeito nocivo à saúde humana. Níveis muito altos de cloretos podem decorrer da presença de esgotos sanitários ou de matéria orgânica na água e em muitos casos de poços perfurados na zona litorânea. Para a água freática em estudo, todos os pontos das áreas de Andorinhas e Nova Palestina, além do poço P1 apresentaram valores de cloretos acima do limite de aceitação para consumo humano estabelecido pela Portaria MS N° 518/04, que é de 250 mg/L, sendo que o P9 ultrapassou este limite em mais de 40 vezes (Figura 3-c).

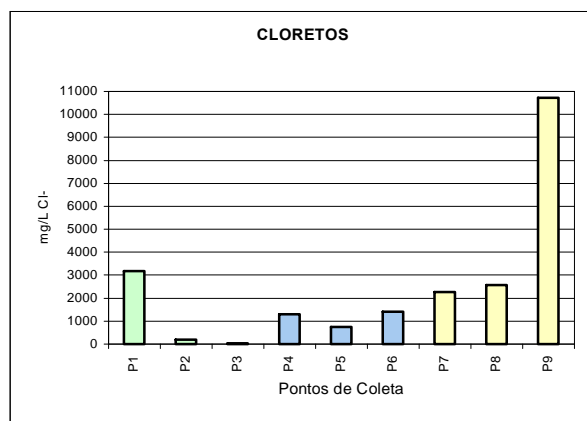
A alcalinidade é o parâmetro da água responsável por neutralizar compostos ácidos. Os valores de alcalinidade de todas as amostras foram devido à presença de bicarbonatos. Valores superiores a 500 mg HCO_3^-/L foram encontrados em todos os pontos de Nova Palestina e Maria Ortiz (Figura 3-d), sendo que P9 apresentou água freática com o maior valor de alcalinidade (3.538 mg HCO_3^-/L).



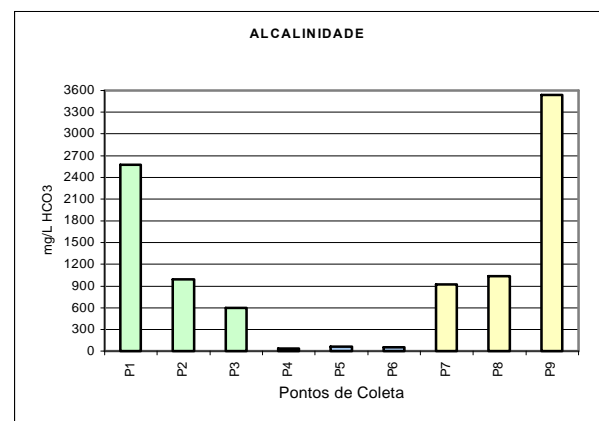
(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 3. Condutividade elétrica, DQO, cloretos e alcalinidade dos poços amostrados.

4.3 - Série nitrogenada, sulfatos, sulfetos, dureza total, fenol e óleos e graxas

Seguindo um ciclo desde o organismo vivo até a mineralização total, onde a amônia oxida a nitrito, que por sua vez, oxida a nitrato, o nitrogênio pode ser encontrado na água sob várias formas. Por meio da concentração e da forma do composto nitrogenado presente na água é possível avaliar o grau e a distância a uma fonte de poluição. Águas com predominância de nitrogênio orgânico e amoniacal geralmente são indicativas de poluição por descargas de esgotos próximos e caracterizam contaminação recente, enquanto a predominância de nitratos indica poluição antiga.

Os valores de nitratos e de nitritos encontrados se situaram dentro dos seus valores máximos permitidos preconizados pela Portaria MS Nº 518/04, respectivamente, 10 mg N/L e 1 mg N/L. Valores mais elevados de nitratos foram encontrados em Nova Palestina (valores médios de 0,2 mg N/L), além do P4 (0,35 mg N/L). Para nitritos, os maiores valores foram encontrados na área de Andorinhas, apresentando valor médio de 0,013 mg N/L (Figuras 4-a e 4-b).

A amônia pode ser um constituinte natural de águas superficiais ou subterrâneas, resultante da decomposição da matéria orgânica. Sua presença, dependendo da concentração, pode também decorrer de poluição de origem doméstica ou industrial.

Os valores encontrados para amônia foram bastante heterogêneos, sendo que na área de Maria Ortiz, variou entre 18 e 93 mg N- NH_4^+ /L, e em Nova Palestina, entre 11 e 397 mg N- NH_4^+ L, como pode ser observado na Figura 4-c.

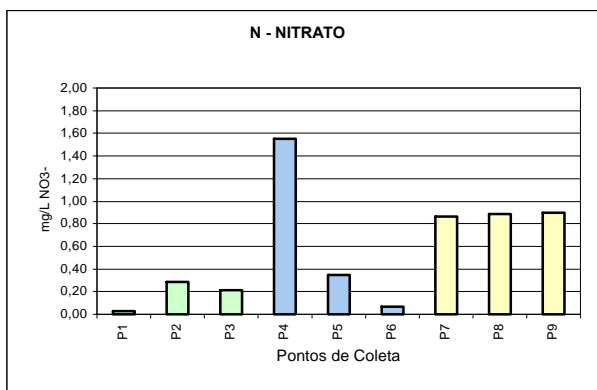
A dureza temporária, a mais comum em águas subterrâneas, conhecida como dureza de bicarbonatos, está relacionada diretamente com os sais de cálcio e magnésio, sendo que os bicarbonatos de cálcio e magnésio provocam a formação de carbonatos quando estão sob a ação do calor, provocando incrustações e entupimentos em tubulações de água quente.

A Figura 4-e mostra que, no geral, as águas encontradas são muito duras e somente não ultrapassaram o valor padrão de aceitação para consumo humano preconizado pela Portaria MS Nº 518/04, de 500 mg/L, os Pontos P2 e P3, em Andorinhas. O ponto P7 apresentou dureza quase 7 vezes superior a este limite (3435 mg/L).

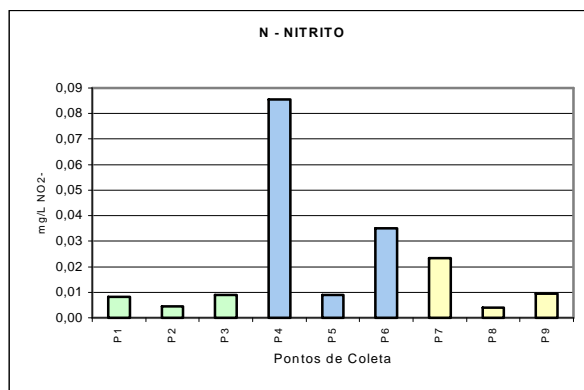
As águas com altos níveis de sulfatos podem apresentar efeito laxativo característico do sulfato de sódio e de magnésio. Os valores aceitáveis para consumo humano devem ser inferiores a 250 mg/L segundo a Portaria MS Nº 518/04. Dentre todas as amostras analisadas, somente o P7 superou este valor, apresentando concentração de sulfatos igual 371 mg/L (Figura 4-e).

Os sulfetos são combinações de metais, não metais, complexos e radicais orgânicos ou eles são os sais e ésteres do ácido sulfídrico (H_2S). Os íons de sulfeto presentes na água podem precipitar na forma de sulfetos metálicos em condições anaeróbicas e na presença de determinados íons metálicos.

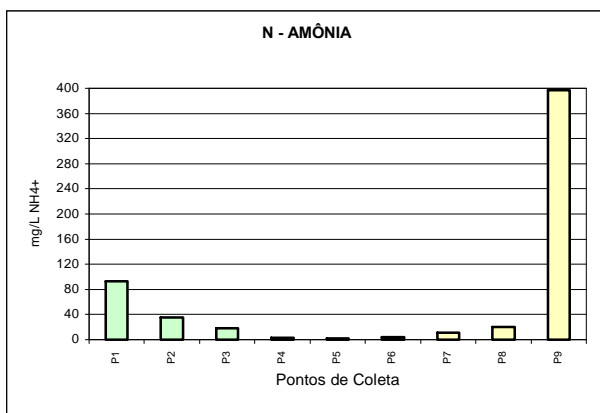
Valores representativos de sulfetos foram encontrados nos pontos P7, além de todos os pontos situados em Maria Ortiz (Figura 4-f).



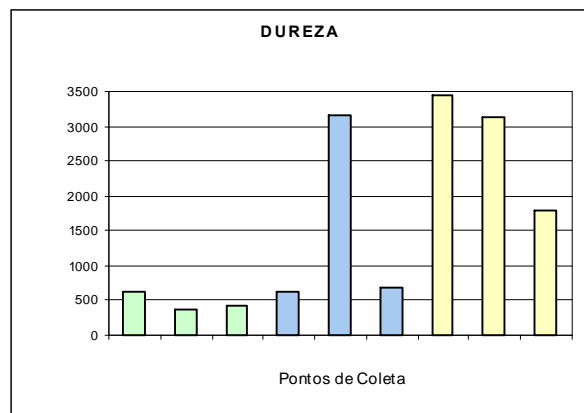
(a)



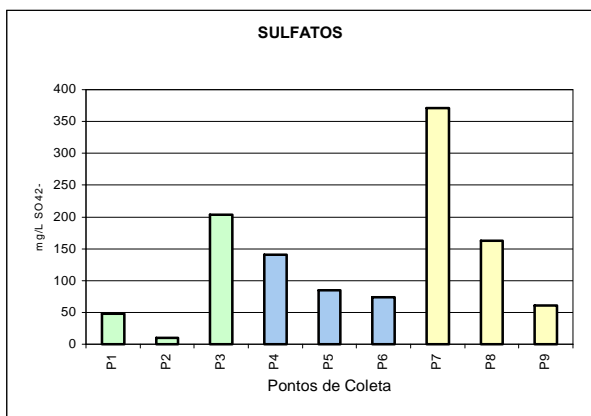
(b)



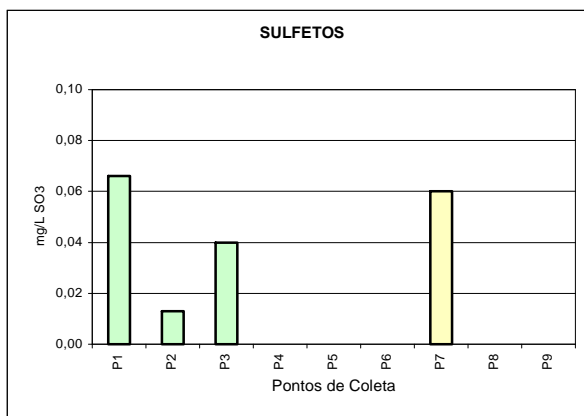
(c)



(d)



(e)



(f)

Figura 4 – Série nitrogenada, dureza total, sulfatos e sulfetos dos poços amostrados.

4.4 – Fenol e óleos e graxas

Os compostos fenólicos estão presentes em efluentes de diversas indústrias (têxteis, tintas e vernizes entre outras), esgotos domésticos e também em todos os vegetais, e compreendem um grupo heterogêneo de substâncias, umas com estruturas químicas relativamente simples e outras complexas, como taninos e ligninas, presentes nos manguezais.

Os fenóis além de prejudicar a saúde, são tóxicos ao homem na concentração de 13 mg/ kg do peso corpóreo. Valores de fenóis acima de 0,40 mg/L foram encontrados em todos os poços freáticos de Maria Ortiz e de Nova Palestina (Figura 5–a).

Óleos e graxas consistem no conjunto de substâncias que um determinado solvente (n-hexano) consegue extrair da amostra e que não se volatiliza durante a evaporação do solvente a 100°C. São substâncias compostas, primordialmente, de substâncias gordurosas originárias dos despejos das cozinhas, de indústrias como matadouros e frigoríficos, extração em autoclaves, processamento do óleo, comestíveis e hidrocarbonetos de indústria de petróleo. Os despejos de origem industrial são os que mais contribuem para o aumento de matérias graxas nos corpos d'água.

Com relação à presença de óleos e graxas nas amostras de água freática em Vitória, as maiores concentrações foram obtidas dos poços situados em Nova Palestina e em Andorinhas, conforme mostra a Figura 5-b.

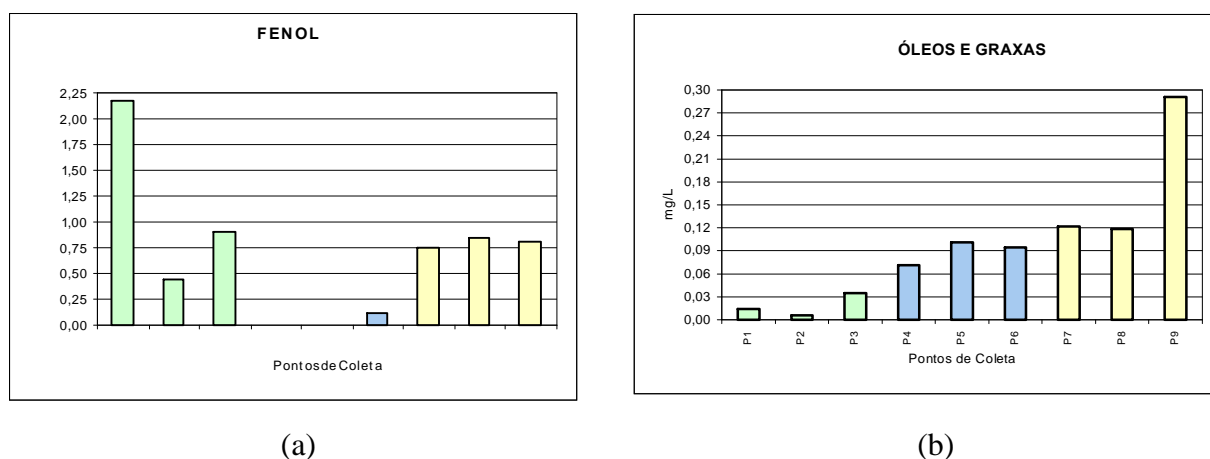


Figura 5 – Fenóis e óleos e graxas dos poços amostrados.

4.5 – Cálcio, Magnésio, Sódio e Potássio

A presença dos íons cálcio e magnésio na água não tem importância sanitária, podendo ser prejudiciais no uso doméstico e industrial. Estão relacionados diretamente com a dureza da água, podendo precipitar e provocar incrustações em tubulações e caldeiras, dentre outros.

Os valores de cálcio e magnésio encontrados acima de 200mg/L correspondem aos das águas subterrâneas rasas dos poços de Nova Palestina, além do P5. Os valores de magnésio encontrados

superiores à média de todas as amostras ocorreram nos poços P7 e P8, em Nova Palestina.

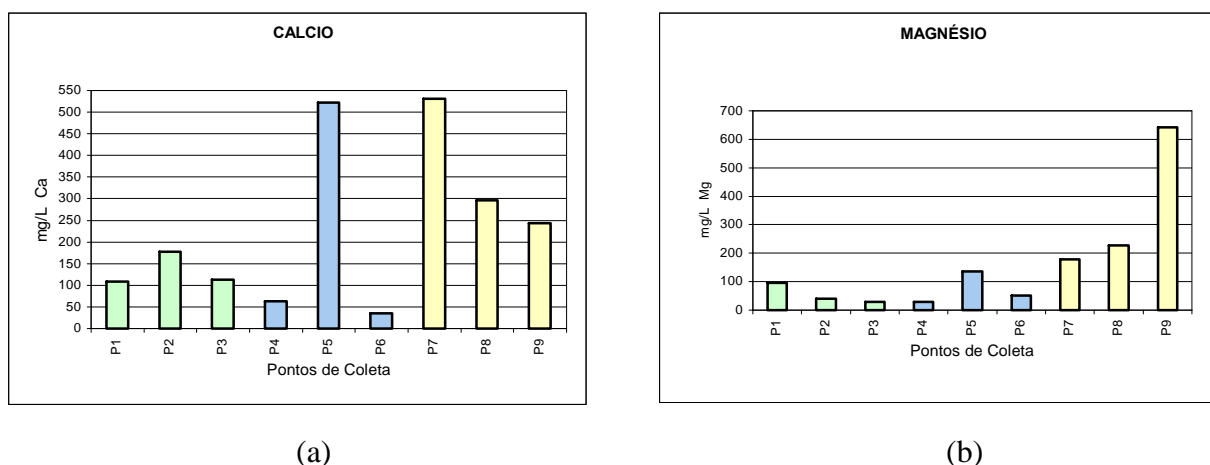


Figura 6 – Valores de Cálcio e Magnésio dos poços amostrados.

A concentração de sódio nas águas subterrâneas pode variar com a profundidade do poço e alcançar grandes concentrações. Pode ser oriunda de esgotos domésticos, efluentes industriais ou fontes naturais. Em poços perfurados nas regiões litorâneas cujos lençóis sofrem contribuição marítima, os níveis de sódio costumam ser altos, o que requer maior cuidado quanto ao consumo.

A Portaria MS N° 518/04 apresenta como valor máximo permitido 200 mg Na/L como padrão de aceitação de sódio para consumo humano. Com base nesta referência, os poços situados em Nova Palestina apresentam valores bem superiores ao limite, bem como os poços P1 e P5, em Maria Ortiz e Andorinhas, respectivamente (Figura 7-a).

Quanto aos valores de Potássio, as maiores concentrações encontradas foram em Nova Palestina e Maria Ortiz, com destaque para a água do poço P9, com valor superior a 200 mg/L (Figura 7-b).

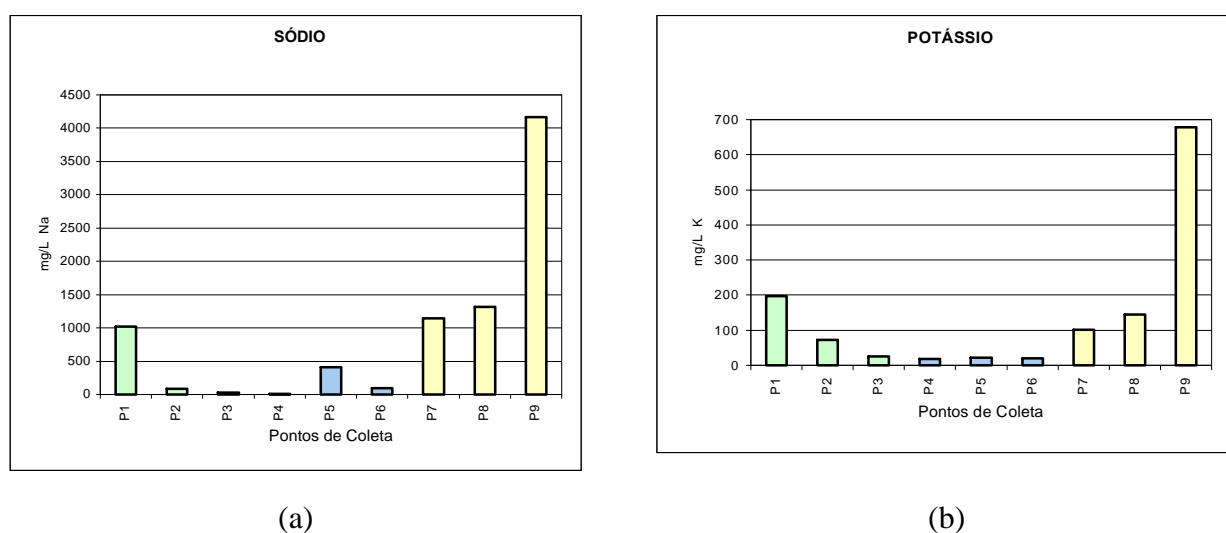


Figura 7 – Valores de Sódio e Potássio dos poços amostrados.

4.6 - Metais pesados

Os metais pesados presentes no solo tornam-se solúveis quando estão em contato com meios oxidantes. Desta forma, os metais se solubilizam nas águas das chuvas, lençóis freáticos, ribeirões e rios. Portanto, se materiais contaminantes estiverem depositados em aterros, é muito fácil estas substâncias contaminarem o solo, atingirem os lençóis freáticos e, conseqüentemente, os rios, o mangue e o mar. A contaminação pelos metais pesados se distribui por toda cadeia alimentar, chegando finalmente ao homem.

4.6.1 – Ferro e manganês

As águas ferruginosas permitem o desenvolvimento das chamadas ferro-bactérias, que podem ser encontradas nos poços. Estas, desde o início do seu desenvolvimento até a morte, transmitem à água sabor amargo e adstringente, odores fétidos e cores avermelhadas, verde escura ou negra.

O comportamento do manganês nas águas é muito semelhante ao do ferro em seus aspectos mais diversos, sendo que a sua ocorrência é mais rara. O manganês desenvolve coloração negra na água, podendo se apresentar nos estados de oxidação Mn^{+2} (forma mais solúvel) e Mn^{+4} (forma menos solúvel). Tecnologias de aeração que se baseiam na oxidação destes metais na água promovem a sua remoção por meio de precipitação.

Os valores preconizados pela Portaria MS Nº 518/04 como aceitáveis para consumo humano devem ser inferiores a 0,3 e 0,1 mg/L de ferro e manganês, respectivamente. Assim, os poços P6, P8 e P9 apresentaram concentrações de ferro superiores a 0,3 mg/L, enquanto que os poços P2, P4, P7 e P8 apresentaram concentrações de manganês superiores a 0,1 mg/L, e, portanto, concentrações impróprias com base nos valores máximos permitidos para consumo humano, conforme mostra a Figura 8 - a e b.

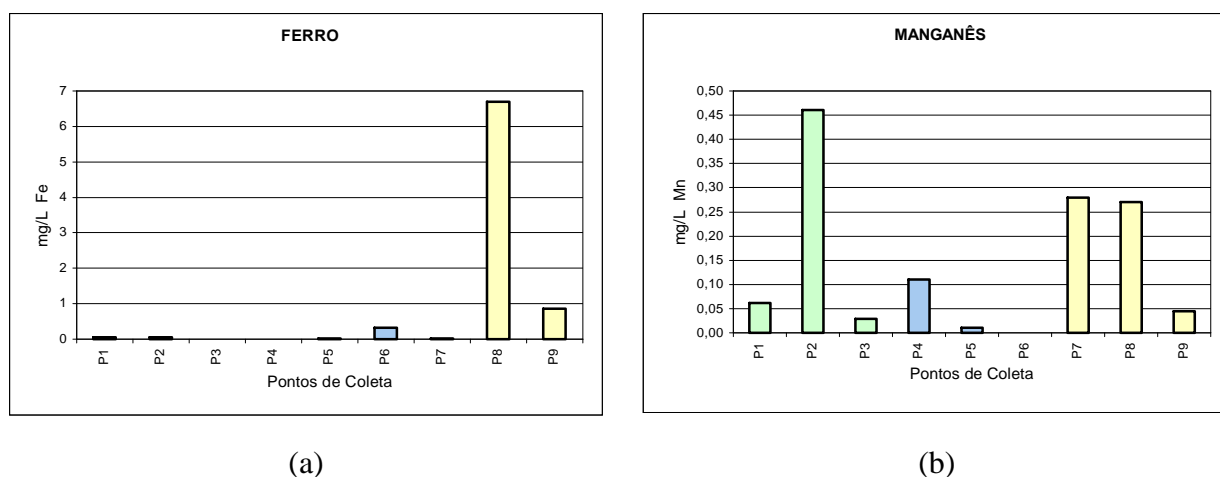


Figura 8 – Valores de Ferro e Manganês dos poços amostrados.

4.6.2 - Níquel e Zinco

O níquel é utilizado em galvanoplastias. A sua maior contribuição para o meio ambiente, pela atividade humana, é a queima de combustíveis fósseis. Concentrações de níquel foram determinadas nos poços P1 (0,022 mg/L) e P9 (0,025 mg/L),

O zinco é também bastante utilizado em galvanoplastias. É largamente utilizado na indústria e pode entrar no meio ambiente através de processos naturais e antropogênicos. É um elemento essencial para o crescimento e metabolismo humano e, confere sabor à água e uma certa opalescência a águas alcalinas, porém, em concentrações acima de 5,0 mg/L, excede o valor máximo permissível estabelecido pela Portaria MS N° 518/04. o zinco foi detectado nos seguintes poços freáticos: P1 (0,120 mg/L), P2 (0,084 mg/L) e P9 (0,038 mg/L).

4.6.3 - Prata, Cádmio, Cobre, Chumbo e Cromo

Quanto às análises de Prata, Cádmio, Cobre, Chumbo e Cromo das amostras, cabe ressaltar que tais metais tiveram concentrações igual a zero ou menores que o valor de detecção do aparelho.

4.7 - Coliformes Termotolerantes

As bactérias do grupo coliforme são consideradas os principais indicadores de contaminação fecal e se reproduzem ativamente a 44,5°C, sendo capazes de fermentar o açúcar. O seu uso para indicar poluição sanitária mostra-se bastante significativo porque as bactérias fecais estão restritas ao trato intestinal de animais de sangue quente, constituindo importante parâmetro indicador da possibilidade da existência de microorganismos patogênicos. Os valores de coliformes termotolerantes das amostras foram bastante heterogêneos, sendo que a ausência destes só ocorreu nos poços P5, P6 e P9, conforme Figura 9.

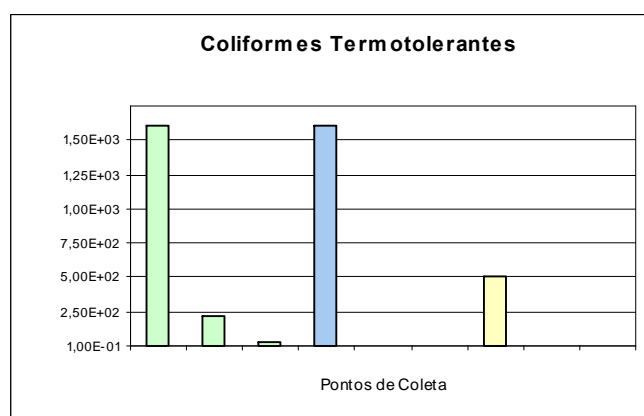


Figura 9 – Valores de coliformes termotolerantes dos poços amostrados

5 - CONSIDERAÇÕES E CONCLUSÕES

Os resultados em cada área se apresentaram com relativa heterogeneidade, porém observou-se que dentre as áreas estudadas, a água freática de Nova Palestina apresentou-se como a mais impactada, considerando-se a maioria dos parâmetros em análise.

Altos valores de Cl^- e Condutividade Elétrica indicam que as áreas são afetadas seja por atividades antrópicas ou intrusão salina, porém os altos valores de DQO confirmam a presença de carga orgânica poluidora na maioria destas áreas.

A qualidade química das águas de parte dos poços amostrados apresenta indícios de poluição por esgotos domésticos, pelos altos valores encontrados de nitrogênio amoniacal.

As águas da maioria dos poços foram classificadas como de dureza elevada (> 500 mg/L) com valores variando entre 383 e 3.435 mg $CaCO_3/L$, além dos altos valores de alcalinidade (bicarbonatos) que contribuem para o efeito de tamponamento do meio e conseqüente neutralização dos compostos ácidos.

A ocorrência de sulfetos, bem como de fenóis na água freática, pode ser atribuída devido ao ecossistema estuarino no entorno da baía de Vitória ser composto por várias espécies de plantas de mangue, com presença de polifenóis biogênicos.

Nas análises realizadas, constataram-se concentrações de coliformes termotolerantes maiores que a quantificável pelo método cromogênico em 2/3 dos poços de amostragem. Embora sendo facilmente possível a remoção destas bactérias por tratamento, a Portaria MS Nº 518/04 exige a sua ausência em água para consumo humano, por serem indicadoras de contaminação fecal. Assim, apesar dos números relativamente baixos, sua presença é mais um indício de contaminação antropogênica da água subterrânea nas áreas estudadas, por deficiência de saneamento básico.

Os dados coletados corresponderam à época seca do ano, onde se presumem concentrações mais altas dos parâmetros estudados. Análises adicionais estão sendo realizadas em época chuvosa com a finalidade de avaliar a diluição das concentrações no aquífero freático em decorrência da infiltração.

A consideração do parâmetro 'água subterrânea' na gestão do uso e ocupação do solo, comparativamente a padrões de qualidade, pode representar subsídios para sua preservação/conservação.

6 - AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, à CVRD, ao FACITEC, a Archea Engenharia, ao Laboratório de Saneamento - LABSAN da UFES e ao IEMA.

7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] MARINATO, Cristina F. **Aterros em Vitória**: Uma história para ser lembrada. 2004. Monografia (Graduação em Arquitetura e Urbanismo), Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2004.
- [2] SEMMAM. **Evolução da ocupação urbana de Vitória de 1500 a 1997**. Disponível em: <<http://www.vitoria.es.gov.br/secretarias/sedec/ocup.htm>>.
- [3] VASCONCELLOS, João Gualberto M. **A construção dos Imaginários de Vitória**. In: Vitória, trajetória de uma cidade. VASCONCELLOS, João Gualberto M., org. Vitória, Instituto Histórico e Geográfico do Espírito Santo - IHGES, 1993.
- [4] LAWRENCE, A.R.; MORRIS, B.L.; FOSTER, S.S.D. **Hazards induced by groundwater under rapid urbanization**. In: Maunds J.G. and Eddleston M. (Eds), *Geohazards in Engineering Geology*, Geological Society. London: Engineering Geology Special Publications, n. 15, pp. 319-328. 1998.
- [5] FOSTER, S.S.D. The interdependence of groundwater and urbanisation in rapidly developing cities. **Urban Water**, UK, n.3, v. 3, pp. 185-192, September 2001.
- [6] VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**: Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. 2. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais. 1996.
- [7] CETESB. **Guia de coleta e preservação de amostras de água**. 1ª edição. São Paulo. 1977, 150. Variáveis de qualidade das águas. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/variaveis.asp#cromo>>. Acesso em: 30 de março, 2006.
- [8] APHA, AWWA, WPCF. **Standard methods for examination of water and wastewater**, 16 edition. 1985.