



Efeito do antigo Lixão do Roger, João Pessoa, Brasil, na qualidade da água subterrânea local (doi:10.4136/ambi-agua.79)

Gilson Barbosa Athayde Júnior¹; Claudia Coutinho Nóbrega¹; Carmem Lúcia Moreira Gadelha¹; Irene Monteiro de Franca Souza²; Giulliano de Souza Fagundes³

¹Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba
E-mail: gilson@ct.ufpb.br; claudiacn@uol.com.br; carmemgadelha@yahoo.com.br

²Bolsista de Iniciação científica CNPq/UFPB. E-mail: irenesouza1984@hotmail.com

³Mestrando em Engenharia Urbana e Ambiental. UFPB. E-mail: giulliano_fagundes@yahoo.com.br

RESUMO

Ao longo de 45 anos (de 1958 a 2003), os resíduos oriundos dos municípios de João Pessoa, foram depositados no antigo lixão do Roger, que se assenta no manguezal adjacente ao rio Sanhauá, agravando os problemas ambientais e de saúde pública da população pessoense que mora nas proximidades. Entre 1999 e 2003, o antigo lixão também recebeu os resíduos dos municípios de Cabedelo e Bayeux. São vários os problemas ambientais resultantes dessa disposição inadequada de resíduos sólidos, incluindo-se a poluição de águas subterrâneas. A poluição das águas subterrâneas na região próxima ao lixão do Roger é o enfoque principal deste trabalho, no qual é discutido o monitoramento de seis poços situados na região de influência direta e indireta do antigo lixão. De acordo com os resultados, as águas subterrâneas coletadas não podem ser consumidas pela população sem tratamento prévio, pois têm apresentado parâmetros de qualidade acima do estabelecido pela Portaria 518/04 do Ministério da Saúde que define os padrões de potabilidade no Brasil. Os resultados obtidos evidenciaram poluição maior das águas subterrâneas nos poços situados mais próximos ao antigo lixão, onde há influência direta, que nos pontos adjacentes, destacando o impacto ambiental desencadeado por aquele antigo lixão.

Palavras-chave: Água subterrânea; lixão do Roger; qualidade da água.

Effect of the decommissioned Roger open dump, João Pessoa, Brazil, on local groundwater quality

ABSTRACT

Throughout 45 years (1958-2003) the solid wastes from João Pessoa were disposed off in the former Roger's open dump, which is situated adjacent to the mangrove at the sides of Sanhauá river, intensifying environmental problems and threatening the health of people living nearby. Between 1999 and 2003 the decommissioned open dump received wastes from the cities of Cabedelo and Bayeux. Several environmental impacts result from this inadequate disposal of solid wastes, including the pollution of groundwater nearby the former Roger's open dump, which is the major point of investigation of this paper. The water quality of 6 wells situated in the region of influence of the open dump were monitored. Results have shown that the groundwater near the open dump cannot be drunk by the population without previous treatment, since it has some parameters of water quality in discordance with Brazilian legislation concerned with drinking water. Results have also shown that the level of pollution is higher in the wells closer to the open dump.

Keywords: groundwater; Roger's open dump; water quality.

1. INTRODUÇÃO

A maior parte da água do planeta (96,5%) está nos oceanos. Do restante, 1,7% está no gelo polar, 1,7%, nas águas subterrâneas e apenas 0,1%, nas águas do sistema superficial e atmosférico. Apenas 0,006% da água doce está disponível em rios. A água biológica, fixada nos tecidos de plantas e animais, compreende a 0,003% de toda a água doce, equivalente a metade do volume contido nos rios.

As águas subterrâneas são fontes de água potável muito importante, capazes de suprir as necessidades humanas nas mais variadas formas de utilização. Fazendo um comparativo entre as águas superficiais e as subterrâneas, observa-se que estas apresentam inúmeras vantagens no tocante à qualidade da água, principalmente porque se encontram protegidas de agentes poluidores.

Por outro lado, o acelerado desenvolvimento tecnológico e industrial, associado ao crescimento populacional, faz com que a produção de resíduos sólidos aumente, exigindo medidas de controle e disposição final cada vez mais eficazes. Infelizmente, essas soluções ainda não atingem a maioria dos municípios brasileiros onde a disposição de resíduos é feita de forma inadequada, comprometendo a qualidade ambiental de modo geral e, muitas vezes, atingindo as águas subterrâneas. Os resíduos sólidos depositados a céu aberto diretamente sobre o solo chamados lixões, vazadouros ou monturos, constituem importante fonte de contaminação dos lençóis subterrâneos, devido à percolação do chorume até o nível do lençol. Chorume é o líquido oriundo da decomposição da matéria orgânica da massa de resíduos sólidos e é de grande potencial poluidor.

O objetivo deste trabalho é estudar os aspectos qualitativos das águas subterrâneas nas proximidades do antigo lixão do Roger, considerando que esse manancial, geralmente utilizado pela população, sem tratamento algum, deve atender aos padrões de potabilidade da água destinada ao consumo humano.

1.1. Lixões e águas subterrâneas

A disposição de resíduos sólidos nos lixões ainda é uma prática comum nos municípios brasileiros, apesar dos graves danos ao meio ambiente e à saúde pública que eles podem causar.

Devido à falta de impermeabilização, os lixões oferecem grandes riscos de contaminação dos solos e das águas subterrâneas pelo chorume, além de serem propícios à proliferação de macro e micro vetores responsáveis pela transmissão de inúmeras doenças. A Norma Brasileira NBR – 13.896 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1997) recomenda que os aterros sanitários devam ser construídos e operados de forma a manter a qualidade das águas subterrâneas. Tendo em vista o seu uso para o abastecimento público, essa norma considera que a qualidade das águas subterrâneas, na área da instalação, deve atender aos padrões de potabilidade estabelecidos na legislação vigente.

No Brasil, a portaria nº 518, de 25 de março de 2004, do Ministério de Saúde (Brasil, 2004) define o padrão de potabilidade que a água destinada ao consumo humano deve atender, determinando os Valores Máximos Permissíveis (VMP) para as características bacteriológicas, organolépticas, físicas e químicas da água potável.

Coelho e Santos (2004), em uma análise da qualidade da água subterrânea, em um local de disposição de resíduos no município de Uberlândia-MG, concluíram que a matéria orgânica e muitos outros compostos presentes ou produzidos na decomposição anaeróbia dos resíduos sólidos são solubilizados e transportados pela água de chuva através do solo e subsolo até as zonas de recarga das águas subterrâneas.

Souza e Naval (2000), em pesquisa semelhante à dos autores supracitados, na região do aterro sanitário de Palmas-TO, verificaram que há variação na qualidade de água, podendo ser determinada pela percolação do chorume proveniente do aterro. Esses autores ressaltaram que mesmo os aterros que possuem todas as instalações de proteção ambientais não podem ser considerados como obras herméticas e existe sempre o risco de contaminação das áreas adjacentes ao aterro.

Santaella et al. (1999) explana que a poluição dos lençóis subterrâneos devido à disposição de resíduos ocorre de várias maneiras: pela infiltração direta da água, quando o nível do lençol freático atinge o da base do aterro, pela infiltração da água da chuva, pela transferência de gases solúveis e pela execução inadequada do aterro. Os referidos autores analisaram a região adjacente ao lixão de Fortaleza-CE e concluíram que o aquífero estudado possui naturalmente águas de boa qualidade para uso doméstico as quais têm sofrido modificações pela disposição inadequada de resíduos sólidos. Tais modificações são evidenciadas, principalmente pelas alterações nos valores de Demanda Química de Oxigênio (DQO) e cloretos, e intensificadas na época de estiagem.

Lopes e Schalch (2006) comparam os resultados de amostras do aquífero freático do aterro sanitário de Bauru com os limites estabelecidos pela Portaria Nº 518/2004 do Ministério da Saúde (Brasil, 2004). Para a análise desses resultados foi realizada Análise Multivariada dos dados, ou seja, as variáveis foram analisadas estatisticamente ao mesmo tempo com o objetivo de verificar se havia diferença significativa entre os poços. A probabilidade adotada foi $p < 0,05$, porcentagem de acerto equivalente a 95%. Essa análise estatística dos ensaios físico-químicos demonstrou que a água do poço à montante do aterro apresentou melhor qualidade comparada à água dos poços à jusante, pois um número menor de parâmetros apresentou variação significativa. Com base na análise físico-química, esses autores inferiram que uma pluma de contaminação se move, conforme movimentação do lençol freático.

Mohammed et al. (2008) estudaram a vulnerabilidade ambiental do solo do lixão de Bommasandra na cidade de Bangalore (Índia). O estudo consistiu na coleta de amostras de solo nas proximidades do referido lixão para posterior caracterização. Os resultados apontaram para um ambiente moderadamente vulnerável a poluentes, e o transporte de cátions através do solo é mais retardado que o de ânions.

Rodrigues e Duarte (2002) estudaram maneiras de remediar a contaminação das águas subterrâneas oriundas de aterros sanitários e observaram que algumas plantas podem ser usadas para controlar o destino das águas de escoamento da precipitação que cai sobre um aterro sanitário, com objetivo de diminuir a infiltração e controlar a formação de lixiviados.

De acordo com os relatos citados anteriormente, constata-se que os lixões e até mesmo aterros sanitários podem contaminar as águas subterrâneas e o monitoramento destas nas proximidades dos lixões e aterros sanitários deve ser mantido para a segurança da população que consome essas águas.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

O antigo lixão do Roger abrange uma área de 17 ha e localiza-se na região metropolitana de João Pessoa (PB). O lixão está assentado no manguezal adjacente ao rio Sanhauá, o que contribui para o agravamento dos impactos ambientais negativos que qualquer depósito de resíduos sólidos a céu aberto e diretamente sobre o solo pode trazer. O antigo lixão foi fechado por ação do Ministério Público em outubro de 2003 e não mais recebeu resíduos.

Nessa mesma data, João Pessoa passou a contar com um aterro sanitário em um outro local. Existe um projeto de recuperação/remediação da área do antigo lixão por parte da Prefeitura de João Pessoa, o qual foi executado parcialmente, dividindo toda a massa de resíduos em 5 células. Dessas 5 células, 2 já foram recuperadas pela instalação de drenos para coleta de chorume, drenos para coleta de gases, queimadores de gases e recobrimento das células com uma camada de solo, além da construção de uma estação de tratamento para o chorume coletado.

Para proceder ao estudo sobre a qualidade da água subterrânea na região próxima ao antigo lixão do Roger foram escolhidos, em um primeiro momento, para a coleta de amostras e posteriores análises de qualidade, quatro poços particulares (P1, P2, P3 e P4) já existentes na área de influência direta (dois poços) e indireta (dois poços) do referido lixão. Os poços P1 e P4 estão localizados dentro da área de influência direta do antigo lixão do Roger. O P1 é um poço profundo localizado em um antigo curtume (desativado) adjacente à área do antigo lixão e o P4, uma cacimba localizada em uma residência na Rua Anísio Salatiel, também nas proximidades do antigo lixão. Os pontos P2 e P3 encontram-se na área de influência indireta do lixão, ambos localizados numa empresa de cultivo de camarão, sendo o P2, um poço raso, e o P3, um poço profundo. Além desses quatro poços, foram perfurados na área interna de funcionamento do antigo lixão mais dois poços (P5 e P6) rasos, com 7 m de profundidade, sendo P5 à montante e P6 à jusante da massa de resíduos, segundo a direção predominante do fluxo subterrâneo. A Figura 1 mostra uma vista aérea da região na qual está situado o antigo lixão, bem como a indicação da localização dos poços.

Foram realizadas oito coletas de água nos poços citados, nas seguintes datas: 08/03/06, 09/08/06, 07/11/06, 28/02/07, 06/06/07, 12/09/07, 05/12/07, 20/02/08. No entanto, os poços P5 e P6 não foram amostrados nas duas primeiras datas em virtude de ainda não haverem sido construídos. O poço P4 não foi amostrado nas datas 28/02/07, 06/06/07, 12/09/07, 05/12/07 e 20/02/08, em virtude de não ser disponibilizado acesso por parte do proprietário da residência. No poço P5, não foi realizada coleta no dia 13/06/07, pelo fato de o poço ter sido obstruído por ato de vandalismo.

2.2. Coleta e análise das amostras

As coletas eram sempre efetuadas no período na manhã, entre 8h e 11h. Nas amostras coletadas foram determinados os seguintes parâmetros: pH, condutividade elétrica, dureza, turbidez, cor, sólidos totais dissolvidos (STD), DBO, cloretos, amônia, chumbo, alumínio e coliformes termotolerantes. Os parâmetros foram determinados por meio de análises em laboratório, seguindo a metodologia constante em *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA et al, 1995). No momento da coleta, eram determinados os parâmetros pH e condutividade elétrica, e as amostras eram mantidas sob refrigeração para imediato transporte ao Laboratório de Saneamento da UFPB, onde eram processadas para a determinação dos demais parâmetros.

Para a comparação simultânea das médias dos parâmetros nos vários poços, utilizou-se análise de variância segundo o método GT-2 (com nível de significância de 5%). Segundo esse método, os intervalos cujos limites se sobrepõem não têm médias significativamente diferentes entre si (Sokal e Rohlf, 1981).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos são descritos abaixo e apresentados nas Figuras de 2 a 13.

3.1. Potencial hidrogeniônico (pH)

É a medida da concentração de íons H^+ na água. Na água quimicamente pura, os íons H^+ estão em equilíbrio com os íons OH^- e seu pH é neutro, igual a 7. Os principais fatores que determinam o pH da água são o gás carbônico dissolvido e a alcalinidade. Os valores obtidos para o pH nas amostras se apresentaram variando entre 6,0 e 7,6, estando, portanto, dentro dos limites permitidos pela Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde (Brasil, 2004). Na Figura 2, a análise estatística mostrou que houve diferença significativa (ao nível de 5%) entre a média do poço P6 comparada com as médias dos poços P2 e P3, sendo o poço P6 localizado no lixão, onde há liberação de ácidos, devido à decomposição do lixo, diminuindo, portanto, o valor do pH, e os poços P2 e P3 são localizados na área de influência indireta do antigo lixão. Não houve outras diferenças significativas.

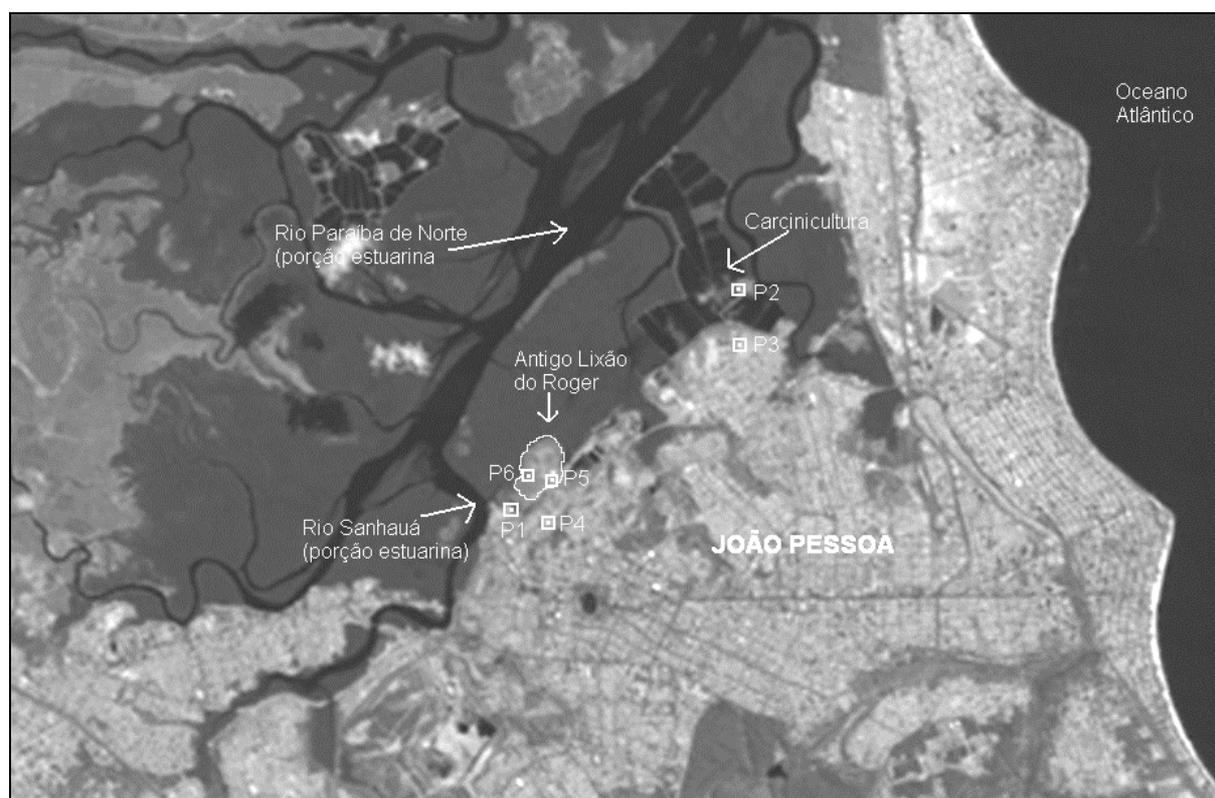


Figura 1. Vista aérea do antigo lixão do Roger.

Fonte: INTERSAT (2001).

3.2. Condutividade elétrica

Os sais dissolvidos e ionizados presentes na água transformam-na em um eletrólito capaz de conduzir a corrente elétrica. Como há uma relação de proporcionalidade entre o teor de sais dissolvidos e a condutividade elétrica, pode estimar, de modo rápido, a quantidade de STD presentes na água pela condutividade elétrica. Na maioria dos casos, os valores de condutividade ficaram dentro da faixa de 300-900 μ S/cm. O valor máximo (1950 μ S/cm) ocorreu no ponto P6 na quinta coleta, enquanto que o ponto P1 apresentou o valor mínimo (295 μ S/cm), na primeira coleta. Na Figura 3, a análise estatística mostra que houve diferença significativa (no nível de 5%) entre a média do poço P6 e as médias dos poços P1, P2, P3 e P4, e entre a média do P5 e as médias dos poços P2 e P3. Não houve outras diferenças significativas entre as médias.

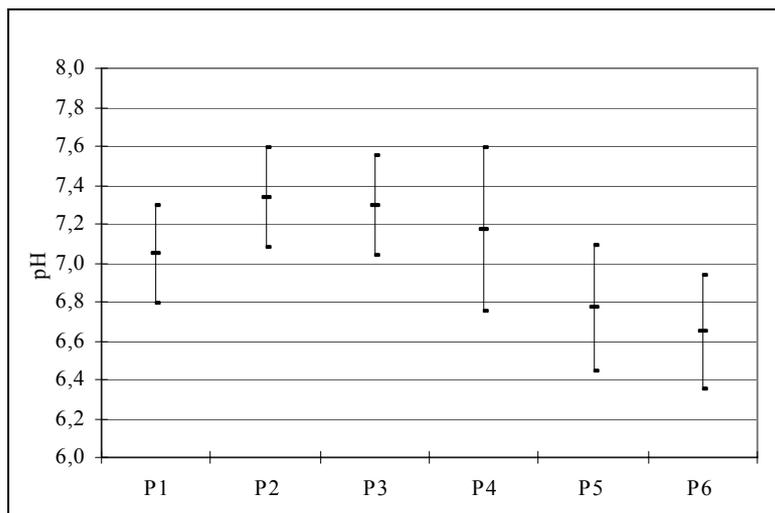


Figura 2. Comparativo entre as médias de pH.

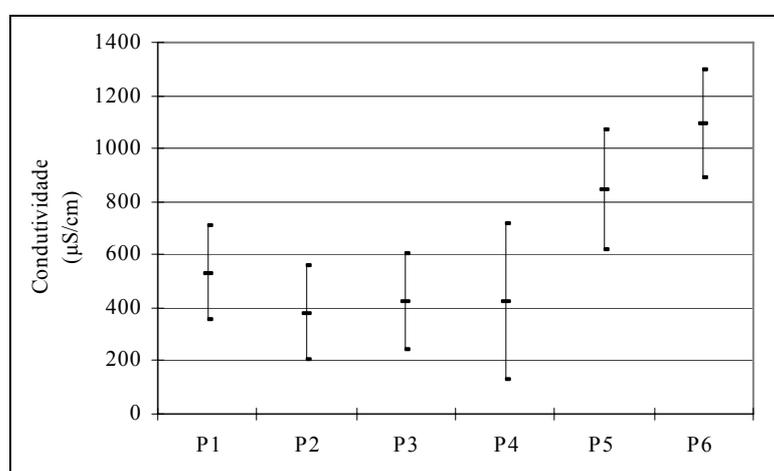


Figura 3. Comparativo entre as médias de condutividade elétrica.

3.3. Sólidos Totais Dissolvidos (STD)

Todas as impurezas presentes na água, com exceção dos gases dissolvidos, contribuem para a carga de sólidos. A Figura 6 apresenta os valores de STD encontrados nas amostras. A portaria 518/2004 (Brasil, 2004) determina que uma água que se destina ao consumo humano não pode ter valores de STD superiores a 1000 mg/L. Nas amostras analisadas, o valor de STD não superou tal VMP, o que, segundo esse parâmetro, não compromete a segurança do uso dessa água para abastecimento humano. A Figura 4 mostra que houve diferença significativa entre as médias dos poços P5 e P6 comparadas com as dos poços P1, P2 e P3. Não houve outras diferenças significativas.

3.4. Dureza

Os principais íons metálicos que conferem dureza à água são os de cálcio e de magnésio. Águas duras são inconvenientes, porque o sabão não limpa eficientemente, aumentando seu consumo, e deixando uma película insolúvel sobre a pele, pias, banheiras e azulejos do banheiro. Para a água potável, o VPM para a dureza é de 500 mg/L (Brasil, 2004). Nos pontos P1, P2, P3 e P4, os valores encontrados foram menores que o VPM, com resultados máximos, no ponto P1, variando entre 298 mg/L e 389 mg/L, e, mínimo de 144 mg/L, no ponto P3, na segunda coleta, variando entre 144 mg/L e 355 mg/L. Já nos pontos P5 e P6, os resultados

obtidos ultrapassaram, em demasia, o VMP, com valores máximos no ponto P6, variando de 4217 a 11851 mg/L e mínimos no ponto P5, entre 987 mg/L e 3452 mg/L. Análise estatística revelou que a média do poço P6 foi significativamente diferente das dos demais poços (Figura 5). Analisando separadamente o conjunto dos poços P1, P2, P3 e P4, verifica-se que há diferença significativa entre a média do poço P2 e as médias dos poços P1 e P3. O poço P2 é o poço raso localizado na área de influência indireta do antigo lixão.

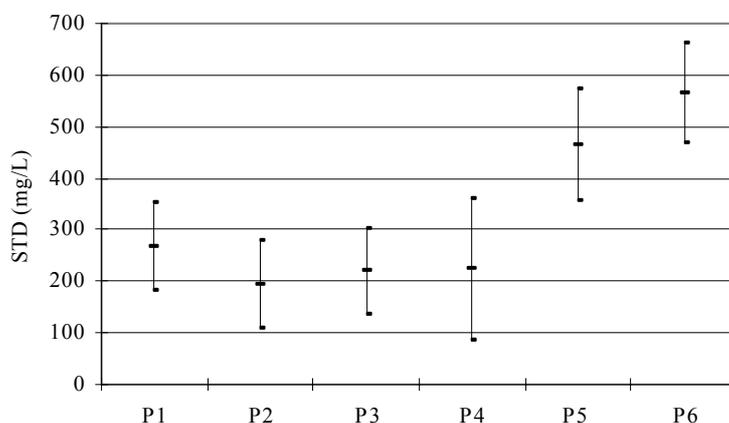


Figura 4. Comparativo entre as médias de STD.

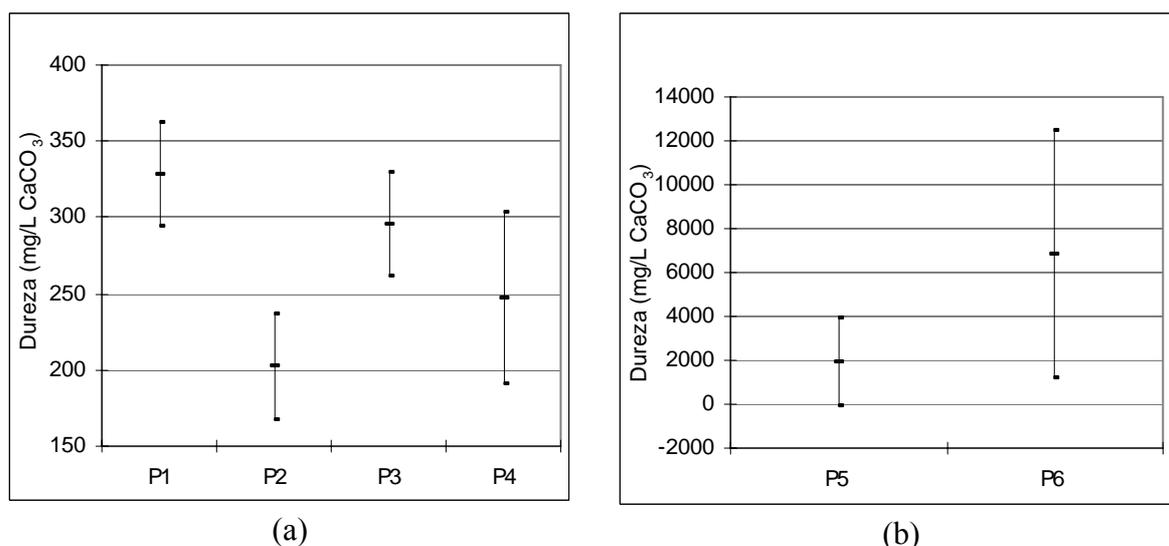


Figura 5. Comparativo entre as médias de dureza: (a) Pontos P1, P2, P3 e P4; (b) Pontos P5 e P6.

3.5. Turbidez

A Turbidez mede a dificuldade de um feixe de luz atravessar certa quantidade de água e é causada por matérias sólidas em suspensão (silte, argila, colóides, matéria orgânica, fitoplânctons e outros organismos microscópicos). As águas subterrâneas normalmente não apresentam problemas devido ao excesso de turbidez, porém, em alguns casos, águas que percolam solos ricos em íons de ferro, podem apresentar uma elevação de sua turbidez quando entram em contato com o oxigênio do ar. A turbidez máxima permissível para águas subterrâneas é de 1 UT (unidade de turbidez) em 95% das amostras, após processo de desinfecção dessa água. Entre os 5% dos valores de turbidez superiores ao VMP estabelecido, o limite máximo para qualquer amostra pontual deve ser 5 UT (Brasil, 2004).

Nas amostras analisadas, os pontos P1, P2, P3 e P4 apresentam máximo de 3,87 UT, no ponto P3, na quinta coleta, e, mínimo de 0,10 UT, nos pontos P1, nas quarta e quinta coletas. Os resultados determinados para esse parâmetro não ultrapassaram o VMP de 1UT, não caracterizando qualquer impedimento dessa fonte para o caso de consumo humano, exceto, no ponto P3, nas quatro últimas coletas, correspondendo a 50% das amostras, a turbidez foi superior a 1 UT, caracterizando a água como imprópria para consumo, sem tratamento prévio. Nos pontos P5 e P6 os resultados ultrapassaram o VMP estabelecido, com máximo de 152 UT, no ponto P5, na oitava coleta, e, com mínimo de 5,5 UT, no ponto P5 na quarta coleta. Análise estatística mostrou que ocorreram diferenças significativas (ao nível de 5%) entre as médias tanto do poço P5 quanto P6 e as dos poços P1, P2, P3 e P4. A análise estatística do conjunto de poços P1, P2, P3 e P4 revelou que houve diferença significativa entre as médias do poço P1 e P3 (Figura 6a).

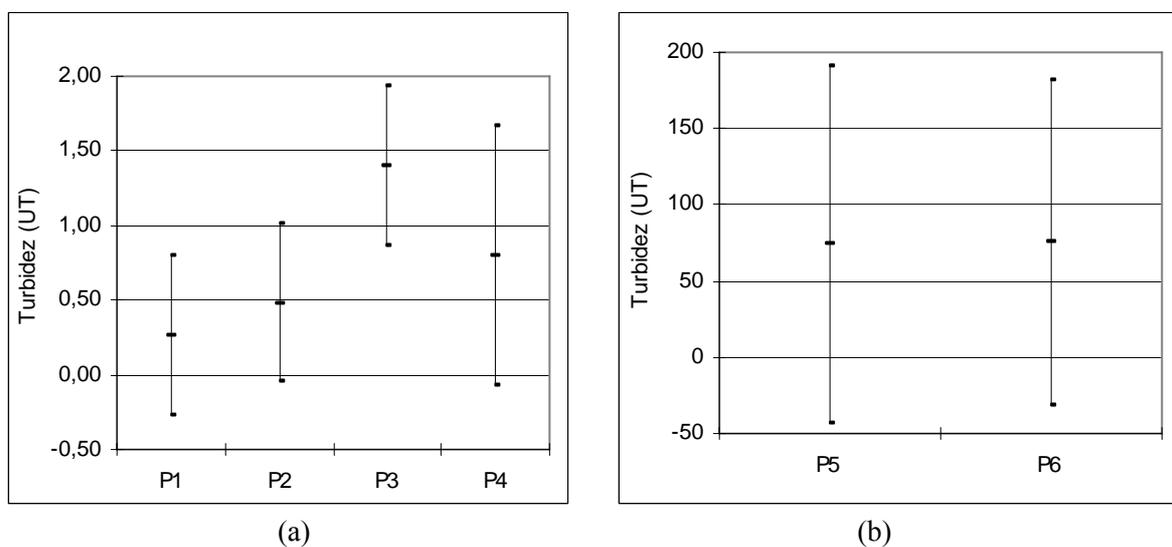


Figura 6. Comparativo entre as médias de Turbidez: (a) Pontos P1, P2, P3 e P4; (b) Pontos P5 e P6.

3.6. Cor

A cor de uma água é consequência de substâncias dissolvidas. Quando rica em ferro, a água é arroxeadada, quando rica em manganês, é negra e, quando rica em ácidos húmicos, é amarelada (Pedrosa e Cateano, 2002). A cor também pode resultar da contaminação da água por efluentes industriais. Dentre os pontos P1, P2, P3 e P4, apenas, no ponto P4, na primeira coleta, o valor determinado para esse parâmetro atingiu o VMP, 15 uH (unidades Hazen), fato esse que não desqualifica o uso desse aquífero para consumo humano. Entretanto, nos pontos P5 e P6, os resultados obtidos ultrapassaram o VMP, com máximo de 600 uH, no ponto P5, na oitava coleta, e com mínimo de 80 uH, na terceira coleta, no ponto P6. A análise estatística revelou que houve diferença significativa (no nível de 5%) entre as médias tanto do poço P5 quanto P6 e as dos poços P1, P2, P3 e P4. A Figura 7a mostra que, no conjunto dos poços P1, P2, P3 e P4, houve diferença significativa entre as médias do poço P4 e as dos poços P1, P2 e P3.

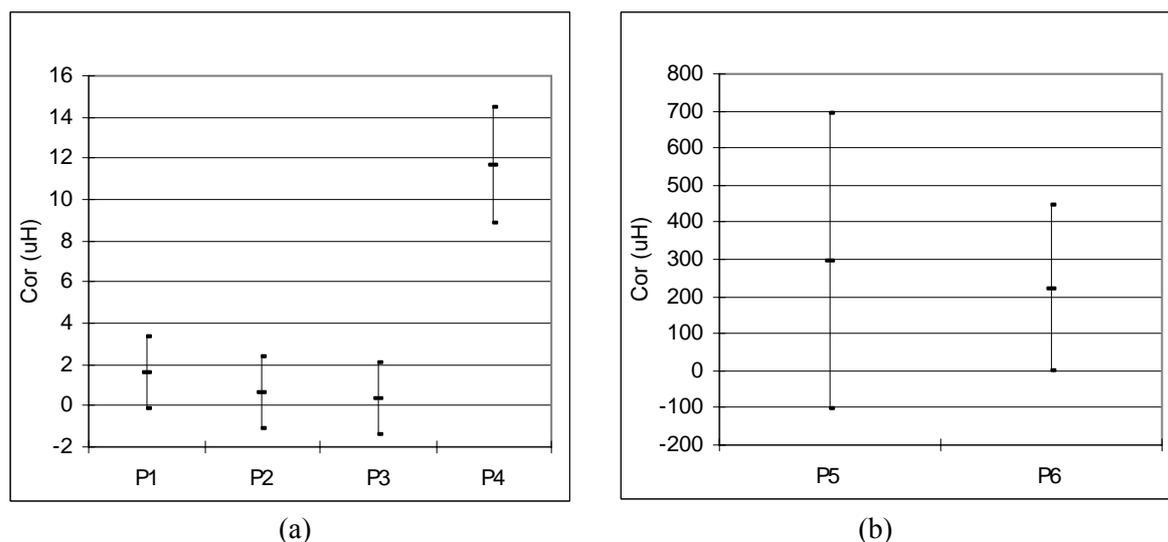


Figura 7. Comparativo entre as médias de cor: (a) Pontos P1, P2, P3 e P4; (b) Pontos P5 e P6.

3.7. Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO₅)

O oxigênio é essencial a todas as formas de vida aquática e a DBO₅ é um indicador do metabolismo dos micro-organismos vivos, pois esses utilizam matéria orgânica como alimento e consomem oxigênio nesse processo. Altos valores de DBO₅ indicam a poluição da água por matéria orgânica biodegradável. Conforme a resolução 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), a água não poluída deve ter menos de 5 mg/L de DBO₅. Nos poços P1, P2, P3 e P4, apenas o P3 apresentou valores de DBO₅ abaixo desse limite, fato esse que pode ser atribuído à profundidade do poço, pois os aquíferos profundos são geralmente livres de contaminação. Na primeira coleta, apenas o ponto P4 (cacimba) apresentou DBO₅ acima de 5 mg/L (10 mg/L), na segunda coleta, os pontos P1 e P2 apresentaram DBO₅ de 9,0 e 6,7 mg/L, respectivamente, e, na terceira coleta, ponto P4 exibiu DBO₅ de 15 mg/L, estando assim acima do limite sugerido para águas livres de contaminação. Porém, nos pontos P5 e P6, os resultados obtidos ultrapassaram acentuadamente o limite de 5 mg/L, com valor máximo de 420 mg/L, no ponto P6, na terceira coleta, e, com mínimo de 50 mg/L, no ponto P6, na quinta coleta. Verificou-se que houve diferença significativa entre as médias dos poços P5 e P6 e as dos poços P1, P2, P3 e P4. Analisando-se o conjunto dos poços P1, P2, P3 e P4, verificou-se (Figura 8a) que existiu diferença significativa entre a média do P4 e as médias dos poços P1, P2 e P3.

3.8. Cloretos

O fato do esgoto doméstico conter elevadas concentrações de cloretos, a presença desse íon em concentrações muito elevadas indica a poluição desta por efluentes domésticos. Além de conferir gosto salino, concentrações elevadas de cloretos podem ser prejudiciais a pessoas portadoras de doenças cardíacas ou renais. Para cloretos, o VMP é de 250mg/L, segundo portaria 518/2004 (Brasil, 2004). Nos pontos P1, P2, P3 e P4, nenhuma das concentrações de cloretos obtidas nas diferentes amostras coletadas superaram 200 mg/L. Mas, nos pontos P5 e P6, os resultados estabelecidos ultrapassaram consideravelmente o VMP, com valores máximos no ponto P6, variando de 9887 mg/L a 13452 mg/L. A análise estatística revelou que as médias tanto dos pontos P5 quanto do P6 são significativamente diferentes dos poços P1, P2, P3 e P4. Esses quatro poços não apresentaram diferenças significativas entre si (Figura 9a).

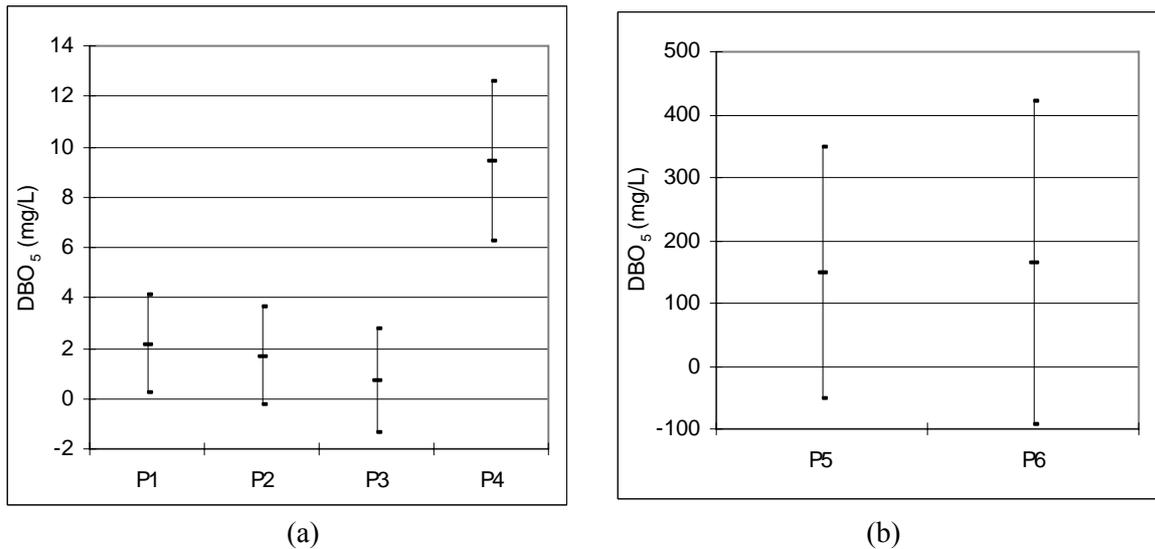


Figura 8. Comparativo entre as médias de DBO₅: (a) Pontos P1, P2, P3 e P4; (b) Pontos P5 e P6.

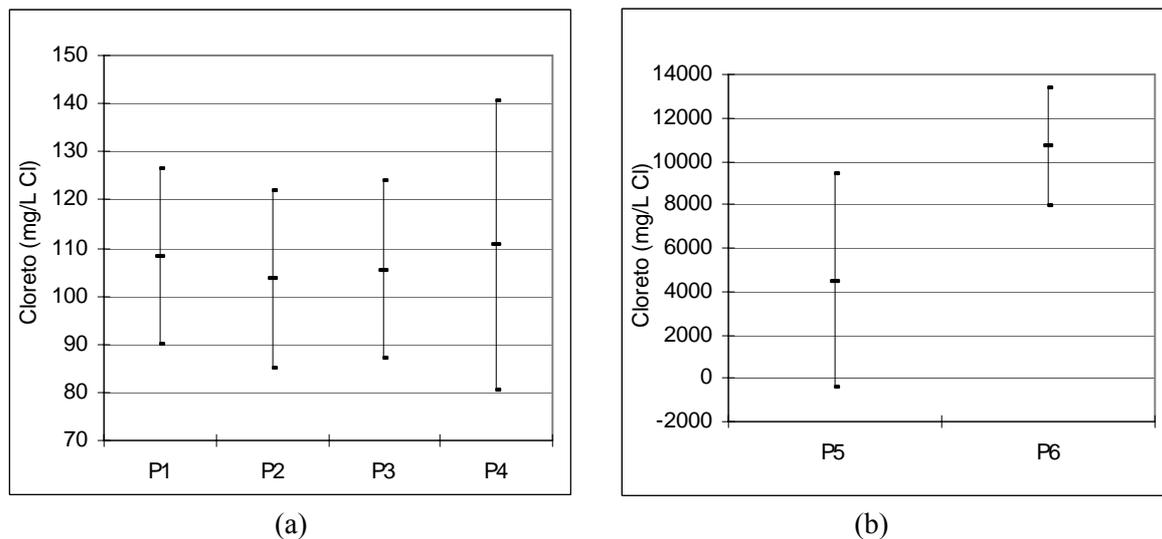


Figura 9. Comparativo entre as médias de Cloretos: (a) Pontos P1, P2, P3 e P4; (b) Pontos P5 e P6.

3.9. Amônia

O nitrogênio, na forma amoniacal, indica a ocorrência de contaminação direta por dejetos humanos ou de animais. De acordo com os padrões de potabilidade no Brasil, a concentração de amônia em uma água deve ser inferior a 1,5 mg/L. Nos resultados obtidos, nos pontos P1, P2, P3 e P4, na primeira coleta, todas as amostras estiveram abaixo desse limite, porém, na segunda coleta, todas as amostras apresentaram valores de amônia acima do valor máximo permitido, e, no ponto P4 (cacimba), foi encontrado o valor máximo (2,5mg/L). Já na terceira coleta, apenas o P4 apresentou valor acima do permitido (1,9 mg/L), e, nas demais coletas, todas as amostras mostraram valores abaixo do limite. Contudo, nos pontos P5 e P6, os dados obtidos ultrapassaram de modo significativo o VMP, com valor máximo de 738,5 mg/L, no ponto P6, na terceira coleta, e, com mínimo de 201 mg/L, no ponto P5, na oitava coleta. A análise estatística mostra que houve diferença significativa entre as médias tanto dos poços P5 quanto P6 e as médias dos poços P1, P2, P3 e P4. Não houve outras diferenças significativas (Figura 10a e b).

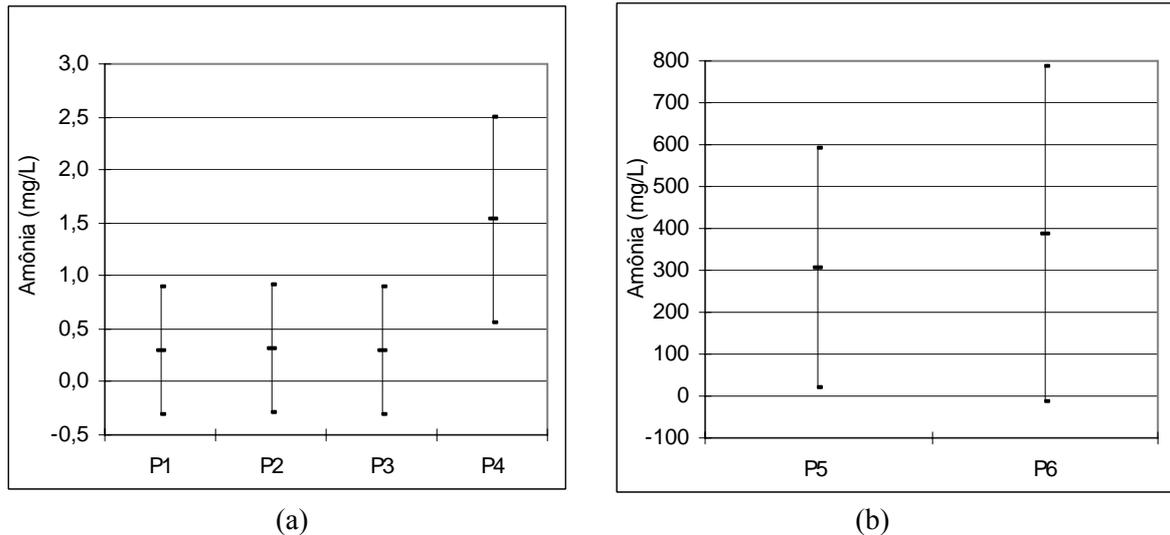


Figura 10. Comparativo entre as médias de Amônia: (a) Pontos P1, P2, P3 e P4; (b) Pontos P5 e P6.

3.10. Alumínio

Os efeitos do alumínio no organismo humano ainda não são bem esclarecidos, porém existem estudos que associam elevadas concentrações de alumínio com o mal de Alzheimer (Quintaes, 2000). A concentração de alumínio em uma água não deve ultrapassar 0,2 mg/L, segundo a portaria 518/2004 – Ministério da Saúde (BRASIL, 2004). Nos poços P1, P2, P3 e P4, a maior concentração de Alumínio foi de 0,04 mg/L, inferior, portanto, ao VMP; entretanto, nos poços mais próximos ao antigo Lixão (P5 e P6), as maiores concentrações foram de 25,2 mg/L e 15,2 mg/L, tornando, assim, a água inadequada para o consumo humano. A Figura 11a e b revela que não há diferença significativa (no nível de 5%) entre as médias dos poços.

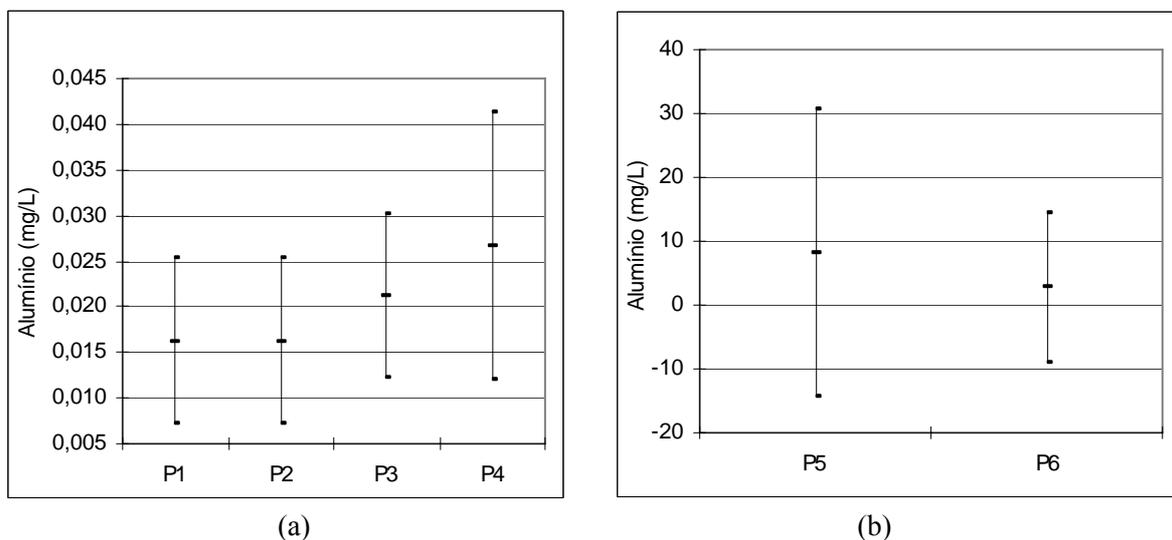


Figura 11. Comparativo entre as médias de Alumínio: (a) Pontos P1, P2, P3 e P4; (b) Pontos P5 e P6.

3.11. Chumbo

O chumbo na água pode ser perigoso, pois se acumula no corpo humano causando saturnismo. As crianças estão mais susceptíveis a problemas causados pela presença de chumbo, incluindo retardo no desenvolvimento físico e mental, problemas nos rins, acúmulo no esqueleto, interferência no metabolismo do cálcio e da vitamina D, toxicidade para o sistema nervoso e elevação de pressão em adultos. A portaria nº. 518/2004 – Ministério da Saúde (BRASIL, 2004) admite uma concentração máxima de 0,01 mg/L de chumbo na água. Nos poços P1, P2, P3 e P4, a concentração máxima foi de 0,1 mg/L, na sexta coleta, determinando toxicidade(?) nessa água, segundo esse parâmetro, e, nos poços P5 e P6, mais próximos ao antigo Lixão, as concentrações obtidas (0,5 mg/L) revelaram que a água é imprópria para o consumo humano. A Figura 12a e b revela que não houve diferença significativa (no nível de 5%) nas médias entre os poços P1, P2, P3 e P4 nem entre os poços P5 e P6, contudo houve diferença significativa entre as médias dos pontos P5 e P6 quando comparadas com as médias dos pontos P1, P2, P3 e P4. Na Figura 12b, para o poço P5, não houve amplitude entre os limites inferior e superior do método GT-2 devido ao fato de não ter havido variação na concentração de chumbo nas coletas efetuadas, a qual foi sempre 0,5 mg/L.

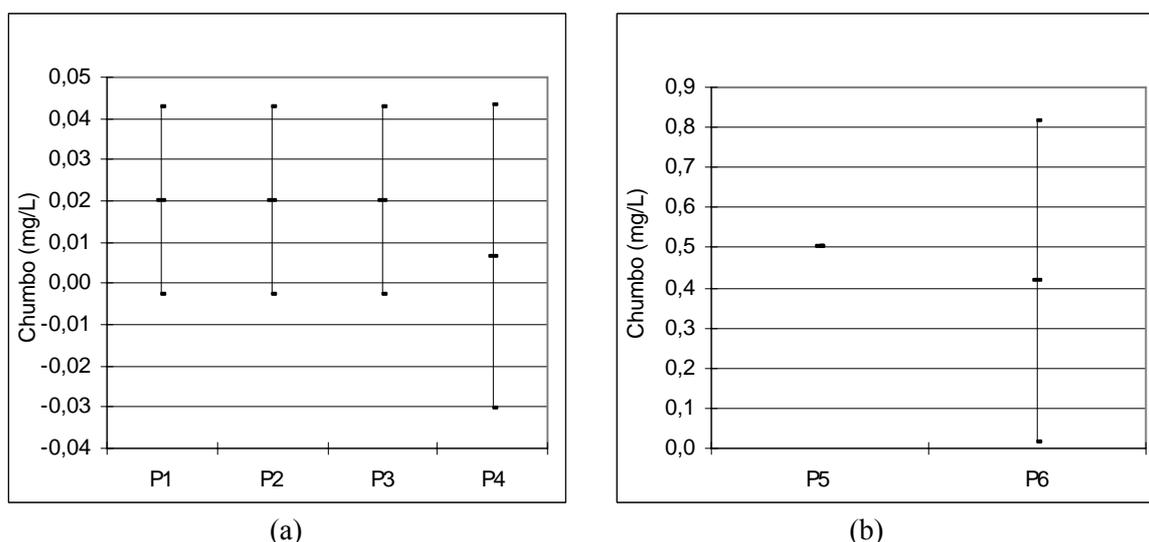


Figura 12. Comparativo entre as médias de Chumbo: (a) Pontos P1, P2, P3 e P4; (b) Pontos P5 e P6.

3.12. Coliformes Termotolerantes

A verificação da qualidade da água destinada ao consumo humano é feita indiretamente, por meio de organismos indicadores como a bactéria *Escherichia coli* ou bactérias coliformes termotolerantes. A portaria 518/2004 – MS (Brasil, 2004) determina que em uma água os coliformes termotolerantes devam estar ausentes. Para os casos estudados, na segunda coleta, nos poços P2 e P3, na terceira coleta apenas no poço P3, na sétima coleta, nos poços P1, P2 e P3 e, na oitava coleta, nos poços P1 e P6, os coliformes termotolerantes foram ausentes. O poço P4, que se situa no banheiro de uma residência, apresenta coliformes em todas as coletas realizadas. A água coletada caracteriza-se, portanto, como imprópria para consumo humano sem tratamento prévio. Na Figura 13, observa-se que não houve diferenças significativas (no nível de 5%) nas médias dos poços. Analisando o conjunto dos poços P1, P2, P3 e P4, verifica-se diferença significativa entre a média do poço P3 e P4 (Figura 13).

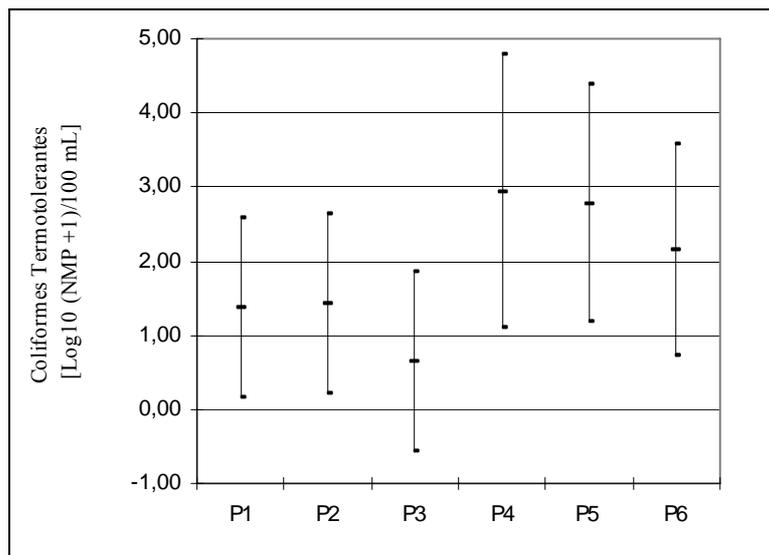


Figura 13. Comparativo entre as médias de Coliformes Termotolerantes.

4. CONCLUSÕES

As águas subterrâneas coletadas nos seis poços localizados na área de influência direta e indireta do antigo Lixão do Roger não podem ser consumidas pela população sem tratamento prévio, pois têm apresentado alguns parâmetros de qualidade acima dos VMP estabelecidos pela Portaria 518/04 do Ministério da Saúde, o que indica problemas de degradação da qualidade de águas subterrâneas.

As análises das águas coletadas nos poços P5 e P6, mais próximos à região onde os resíduos sólidos do lixão Roger eram depositados, têm revelado sempre indicadores de qualidade inferiores aos demais poços, sugerindo que o antigo Lixão do Roger ainda contribui para a deterioração da qualidade das águas subterrâneas nas suas proximidades. Esse resultado corrobora com outros estudos similares reportados na literatura.

Por outro lado, como a amônia é um parâmetro indicador de poluição orgânica recente, tudo leva a crer que há, na área estudada, outras fontes poluidoras das águas subterrâneas, além do antigo lixão, como esgotos domésticos, efluentes industriais e resíduos sólidos, já que o lixão fechou em agosto de 2003. Os coliformes termotolerantes também têm estado presentes em todos os pontos, o que reforça a suspeita de contaminação recente.

5. REFERÊNCIAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APHA; AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION – AWWA; WORLD ECONOMIC FORUM - WEF. **Standard methods of the examination of water and wastewater**. 19.ed. . New York: Public Health Association, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR – 13.896**: aterro de resíduos não perigosos – critérios para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.

ATHAYDE JÚNIOR, G. B.; NÓBREGA, C. C.; GADELHA, C. L. M.; SOUZA, I. M. F.; FAGUNDES, G. S. Efeito do antigo Lixão do Roger, João Pessoa, Brasil, na qualidade da água subterrânea local. **Ambi-Agua**, Taubaté, v. 4, n. 1, p. 142-155 2009. (doi:10.4136/ambi-agua.79)

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº. 518 de 25 de março de 2004. Estabelece normas e o padrão de potabilidade da água destinada ao consumo humano. **Diário Oficial da União**, Brasília, v. 59, p. 266-270, 26 mar. 2004, Seção 1.

COELHO, Márcia Gonçalves; SANTOS, Cristiane Lopes dos. Qualidade das águas subterrâneas em local de disposição dos resíduos sólidos urbanos do município de Uberlândia – MG. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE QUALIDADE AMBIENTAL, 4., 2004, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: ABES, 2004. CD-ROM. 7 p.

INTERSAT. **Imagem Landsat/ETM+ em 04/08/2001**. 2001. Disponível em: <www.intersat.com.br>. Acesso em: 15 jul. 2007.

LOPES, Adriana Antunes; SCHALCH, Valdir. Avaliação da qualidade da água do aquífero freático do aterro sanitário de Bauru – SP, Brasil. In: SIMPÓSIO ÍTALO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 8., 2006, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: ABES, 2006. CD-ROM. 13 p.

MOHAMMED, S. A. S.; NAIK, M.; FAKRUDDIN, S. P.; NAZEER, Z. A. M. Studies on contaminant transport at an industrial waste dumpsite of Bangalore, India. **Revista Ambiente e Água – An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 3, n. 3. P. 55 – 66, 2008.

PEDROSA, Célio Augusto; CAETANO, Francisco A. **Águas subterrâneas**. Brasília: Agência Nacional de Águas, 2002.

QUINTAES, Késia Diego. Utensílios para alimentos e implicações nutricionais. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 13, n. 3, p. 151-156, set./dez., 2000.

RODRIGUES, Sônia M.; DUARTE Armando C. Remediação de solos e águas subterrâneas contaminados: caso dos aterros sanitários. In: SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 10., 2002, Braga. **Anais...** Braga, 2002. CD-ROM. 11 p.

SANTAELLA, Sandra Tédde; PAIVA, Ipurinan de Oliveira; LEITÃO, Renato Carrhá. Qualidade das águas subterrâneas da região adjacente ao “lixão” de Fortaleza – CE. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 20., 1999, Olinda. **Anais...** Rio de Janeiro: ABES, 1999. CD-ROM. 2210 – 2219.

SOKAL, Robert R.; ROHLF, F. James. **Biometry**: the principles and practice of statistics in biological research. 2. ed. – New York: W.H. Freeman, 1981. 858 p.

SOUZA, Alice Rocha de; NAVAL, Liliana Pena. Caracterização das águas sob influência do aterro sanitário de Palmas. In: SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 9., 2000, Porto Seguro. **Anais...** Porto Seguro, 2000. CD-ROM. p. 1371 – 1377.