

XIX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS

AVALIAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO MICROBIOLÓGICA E POR METAIS PESADOS EM POÇOS DE MONITORAMENTO E NASCENTES NO ENTORNO DO ATERRO SANITÁRIO DE VISCONDE DO RIO BRANCO, MINAS GERAIS

Cláudia Yukie Nakamura¹, Pâmela Becalli Vilela², Renan de Almeida Costa³, Lígia da Silva Lima⁴, Tatiana Yuri Ramos Oda⁵, Eduardo Antonio Gomes Marques⁶

Resumo – Os aterros sanitários já recebem a maior parte dos resíduos produzidos no Brasil. Mesmo sendo uma técnica adequada de disposição de rejeitos, apresenta o risco de contaminação das águas subterrâneas pelo lixiviado decorrente da degradação da fração orgânica dos resíduos, podendo causar impactos ambientais a corpos hídricos e riscos à população caso essa água venha a ser consumida. Para a garantia da qualidade da água é importante que haja o seu monitoramento nos poços à montante e jusante do aterro sanitário. Este trabalho objetivou a análise da água subterrânea coletada em poços de monitoramento e nascentes do aterro sanitário de Visconde do Rio Branco – MG, com relação a teores de metais traço e contaminação microbiológica por *E. coli*. Nos poços de monitoramento foram encontrados teores de ferro, manganês e alumínio acima dos limites estabelecidos para consumo humano, segundo a Resolução CONAMA N° 396/2005. A concentração de manganês e alumínio encontradas implicam em riscos sérios à saúde caso esta água venha a ser consumida. As nascentes apresentaram inconformidades com relação ao padrão microbiológico, o que indica contaminação pelo lixiviado. Medidas precisam ser adotadas para que o aterro sanitário seja operado de maneira correta, minimizando os impactos ambientais.

Abstract - Landfills already receive the majority of the daily solid waste produced in Brazil. Even being an adequate technique of disposal it presents the risk of contaminating the groundwater by the leachate produced in the organic degradation of the residues, may cause environmental impacts to water supplies and risks to population who may consume this water. To ensure the quality of the water it is important to monitor the wells upstream and downstream the landfill. The purpose of this work is to present the results of a underground water from the Visconde do Rio Branco landfill monitoring wells and springs, specially heavy metals content and microbiologic contamination by *E. coli*. There were found higher contents of iron, manganese and aluminum than the established limits for human consumption, according to the CONAMA Resolution Number 396/2005. The manganese and aluminum concentration implies in severe risks to health in case of consumption of this water. The springs and wells showed presence of *E. coli* which indicates the contamination by the leachate. Actions have to be taken to properly operate the landfill, minimizing the environmental impacts.

Palavras-chave: Aterro sanitário; águas subterrâneas; metais pesados.

1 – Mestranda em Engenharia Civil /Geotecnia Ambiental, Universidade Federal de Viçosa (UFV) - MG, Bolsista da FEAM.

R. Carlos Pinto, 118/201. CEP 36570-000. Viçosa-MG. (31)9107-8601.E-mail: caunakamura@gmail.com

2 – Graduanda em Engenharia Ambiental, UFV . Bolsista da FEAM. R. Gomes Barbosa, 89/402. Viçosa – MG. pamelabecalli@hotmail.com

3 - Graduando em Engenharia Ambiental, UFV. Bolsista da FEAM. R. Dona Gertrudes, 341. Viçosa – MG. renanacosta@gmail.com

4 – Graduanda em Engenharia Ambiental, UFV. Bolsista da FEAM. R.Dr. Milton Bandeira, 95/501. Viçosa – MG. lgia.lima@gmail.com

5 -- Graduanda em Engenharia Ambiental, UFV. Estagiária. R. Dr. Milton Bandeira, 45/303. Viçosa – MG. tatioda@hotmail.com

6 – Professor Associado do Departamento de Engenharia Civil, UFV. R. Augusta Siqueira 111/501, Centro, Viçosa – MG. emarques@ufv.br

1- INTRODUÇÃO

A água subterrânea apresenta grande importância no cenário brasileiro. Em 2008, era utilizada como fonte de água (poços rasos) por aproximadamente 12% dos municípios brasileiros, enquanto que para a captação em poços profundos esse valor era de 64% (IBGE, 2010). Esta mesma pesquisa mostra que aproximadamente 8,6% do total de poços rasos utilizados para captação de água apresentavam alguma forma de poluição ou contaminação na captação. Já para os poços profundos esse índice era de 0,03%.

A qualidade da água subterrânea está intrinsecamente relacionada ao uso e ocupação do solo de determinada região. As diversas atividades antrópicas influenciam nas características dos recursos hídricos, muitas vezes impactando de forma negativa o meio ambiente.

Atualmente, um dos grandes problemas encontrados no Brasil, é relacionado à poluição de águas subterrâneas por lixiviado da disposição inadequada de resíduos sólidos. Isto torna-se um agravante quando se tem um cenário em que a maioria dos municípios brasileiros ainda envia os resíduos sólidos domiciliares para lixões e aterros controlados, destinos inadequados que possibilitam a percolação do lixiviado e a contaminação do lençol freático (IBGE, 2010).

O aterro sanitário é uma técnica de disposição final de resíduos sólidos no solo, fundamentado em critérios de engenharia e normas operacionais específicas, que em termos de poluição ambiental e proteção ao meio ambiente, permite uma confinamento segura. Porém, um dos problemas associados ao aterro sanitário é a possibilidade de contaminação da água superficial e subterrânea da área de disposição pelo lixiviado. Algumas formas de solucionar esse problema são a impermeabilização e a drenagem do lixiviado para um sistema de tratamento (Barbosa, 1995).

Segundo Gomes (2009), o lixiviado pode ser definido como o líquido proveniente do processo de biodegradação da fração orgânica dos resíduos sólidos, que conjuntamente com as águas pluviais, ao infiltrar na camada do aterro, solubilizam os componentes orgânicos e inorgânicos. É constituído de uma variedade de substâncias, que variam muito em concentrações devido a diversos processos. A geração do lixiviado é influenciada por fatores climáticos, hidrogeológicos, pelas características da camada de cobertura, pelas características dos resíduos e pelo método de impermeabilização do local.

Elementos químicos importantes são encontrados no lixiviado como, por exemplo, os metais traço. As principais fontes de metais nesse efluente são as embalagens dispostas no aterro sanitário (Gomes, 2009).

Segundo Tavares e Carvalho (1992) a toxicidade devido aos metais depende da dose, tempo de exposição, forma física e química do elemento ou da via de administração ou absorção.

Há diversos estudos sobre os danos causados à saúde pela exposição aguda ou crônica a metais traço. Pode-se citar alguns metais comprovadamente considerados causadores de câncer: arsênio, cádmio, cromo e níquel. Muitas outras doenças também estão associadas aos metais, como por exemplo disfunções neurológicas causadas por elevada exposição a mercúrio, manganês e alumínio (ATSDR, 2011).

O manganês é um metal de ocorrência natural em solo, ar e água. É essencial à saúde, porém em elevadas concentrações pode acarretar em riscos à mesma. A exposição crônica ocupacional a elevados níveis de manganês pode levar a danos neurológicos permanentes. Já a exposição a níveis não tão elevados está associada a efeitos na coordenação e equilíbrio, deficiência na memória, ansiedade ou insônia. Estudos conduzidos em crianças sugerem que a exposição a elevados níveis de manganês pode causar efeitos indesejados no desenvolvimento do cérebro, afetando inclusive o comportamento e diminuindo a capacidade de aprendizado e de memorização (ATSDR, 2008a).

A contaminação microbiológica da água subterrânea também é de grande interesse à saúde pública. A presença de *E. coli* como indicador de contaminação por origem fecal pode indicar a presença de microrganismos patogênicos, prejudiciais à saúde humana, causadores de doenças como febre tifóide, febre paratífóide e cólera, dentre outras (Libânio, 2008).

Este estudo objetivou a avaliação do teor de metais e contaminação microbiológica da água sub-superficial da área do aterro sanitário de Visconde do Rio Branco, Minas Gerais, e sua comparação com a legislação de águas subterrâneas que impõe padrões relativos à qualidade da água para consumo humano e dessedentação de animais.

2- MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 - Local de estudo

O trabalho foi desenvolvido durante os meses de Novembro de 2010 e Abril de 2011 no Aterro Sanitário de Visconde do Rio Branco – MG.

O município de Visconde do Rio Branco localiza-se na Zona da Mata, região sudeste do Estado de Minas Gerais, a 295 km da capital Belo Horizonte. Em 2010 possuía população de 37.952 habitantes e área de 243 km², segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2011a). É limitado pelos municípios de São Geraldo, Paula Cândido, Divinésia, Ubá, Guidoal e Guiricema e localiza-se na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, tendo como

principais afluentes Rio São Geraldo e Rio São Clemente. A temperatura média anual é de 19,4 °C e índice pluviométrico médio anual de 1221,4 mm (ALMG, 2011).

O aterro sanitário do município se localiza a aproximadamente 3 Km do centro da cidade, e é o local para onde é enviada diariamente uma média de 25 toneladas de resíduos de origem doméstica e comercial.

O Complexo Piedade é composto por biotita-gnaisses, anfibólio-biotita gnaisses, bandados ou foliados (de composição tonalítica, granodiorítica ou até granítica), migmatitos, corpos de anfibolitos, rochas caciosilicáticas (quartzito). Especialmente na área de estudo predominam os hornblenda-biotita gnaisses e os anfibolitos, cuja mineralogia é composta essencialmente por plagioclásio $[(Na,Ca)(Al,Si)AlSi_2O_8]$, quartzo (SiO_2) , hornblenda $[(Na,Ca)_2(Mg,Fe)_5Si_7AlO_{22}(OH)_2]$ e biotita $[K_2(Mg,Fe,Al)_6(Si,Al)_8O_{20}(OH)_4]$. Em relação aos plagioclásios ressalta-se que não foi possível identificar qual o tipo predominante (sódico ou cálcio).

Na região ocorrem afloramentos rochosos, cambissolos, latossolos vermelho-amarelos e vermelho escuros, e podzólico vermelho amarelo, sendo o último o principal solo encontrado, cobrindo toda a extensão da área estudada (Pessanha, 2011). Esses solos apresentam comumente, elevados teores naturais de ferro.

O aterro sanitário conta com sistema de tratamento por lagoas de estabilização sendo uma lagoa anaeróbia seguida de lagoa facultativa, e contém três poços de monitoramento, sendo um à montante e dois à jusante da área de disposição dos resíduos.

O fluxo de água subterrânea no aquífero freático segue aproximadamente as mesmas direções do fluxo de superfície. Esta informação baseia-se nas cotas dos níveis de água monitorados nos poços de monitoramento localizados na área de estudo.

Para monitoramento da qualidade da água na área do aterro foram monitoradas também três nascentes, sendo uma localizada próxima às valas de rejeito – denominada “Nascente” e duas que atravessam o fundo das lagoas de tratamento do chorume, sendo a que atravessa a lagoa anaeróbia foi denominada “Nascente Anaeróbia” e a que atravessa a lagoa facultativa denominada de “Nascente Facultativa”. Todas encontram-se canalizadas.

O índice pluviométrico utilizado foi o da estação 83642, sob responsabilidade do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) localizada na cidade de Viçosa – MG, distante aproximadamente de 40 km de Visconde do Rio Branco.

2.2- Coleta e preservação das amostras

As amostras de água para a análise de metais foram coletadas em frascos de polietileno lavados com água destilada e secos, após 24 horas em repouso em solução de HNO₃ 10%.

As coletas seguiram a NORMA CETESB 6410, de 1988 (CETESB, 1988) que trata da amostragem e monitoramento das águas subterrâneas, com exceção da determinação da posição do nível de água antes da purga do poço, que era realizada no dia anterior, com a utilização de bailers, um para cada poço, lavados previamente com solução de HNO₃ 1:1 e álcool 70%.

As amostras para a realização dos testes microbiológicos foram coletadas em frascos de vidro de 100 mL previamente esterilizados e identificados.

Após a coleta, as amostras foram refrigeradas em isopor com gelo até a chegada no Laboratório de Qualidade da Água da Universidade Federal de Viçosa – UFV. Uma parcela foi então acidificada com HNO₃ concentrado até pH < 2, e refrigerada em temperatura inferior a 4°C.

2.3- Extração e análise dos elementos

Para a análise dos elementos foi determinada a extração total de metais presentes nas amostras, seguindo a Resolução CONAMA N° 396/2008 que preconiza a realização das análises de amostras íntegras, sem filtração. Estas extrações foram realizadas no Laboratório de Geoquímica do Departamento de Solos da UFV, segundo a metodologia “Method 3015a - Microwave Assisted Acid Digestion of Aqueous Samples And Extracts” (EPA, 1998) em microondas.

As leituras das amostras foram realizadas no Laboratório de Espectrometria Atômica do Departamento de Solos da UFV de acordo com a metodologia “200.8 - Determination Of Trace Elements In Waters And Wastes By Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry” (EPA, 1994), em Espectrômetro de Emissão de Plasma.

2.4 – Análise microbiológica

A análise microbiológica foi conduzida no Laboratório de Qualidade da Água da UFV, seguindo os procedimentos descritos no Método do Substrato Enzimático (Cromogênico - fluorogênico) (SM 9223 B), utilizando Kit Colilert®, segundo APHA, AWWA e WEF (2005).

3- RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta pesquisa os teores de metais foram comparados aos exigidos pela Resolução CONAMA N° 396/2008 para o consumo humano e para a dessedentação de animais.

O índice pluviométrico do período estudado é apresentado na Figura 1.

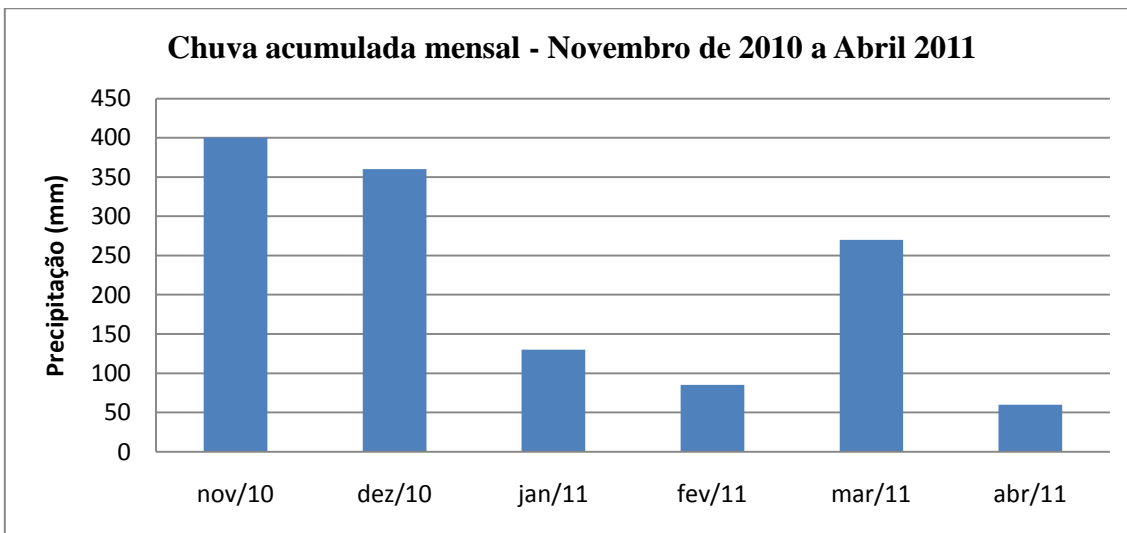


Figura 1. Chuva acumulada mensal no município de Viçosa – MG durante o período de Novembro de 2010 a Abril de 2011. Fonte: INMET (2011).

Não foram encontrados teores de cádmio, cromo, cobre, arsênio e níquel, acima do limite de detecção do aparelho, em nenhuma das amostras. O zinco foi encontrado em pequenas concentrações, muito menores que os limites estabelecidos para o consumo humano.

Os teores de ferro encontrados encontram-se acima do nível requerido para consumo humano, conforme mostrado na Figura 2. O ferro afeta a aceitabilidade para consumo humano por conferir gosto desagradável à água, apesar de não trazer danos à saúde dos consumidores. Ele foi encontrado, em grandes quantidades inclusive nas nascentes do local, o que, associado ao tipo de solo da região, provavelmente indica que a presença do ferro é em grande parte natural e não é necessariamente proveniente do aterro sanitário.

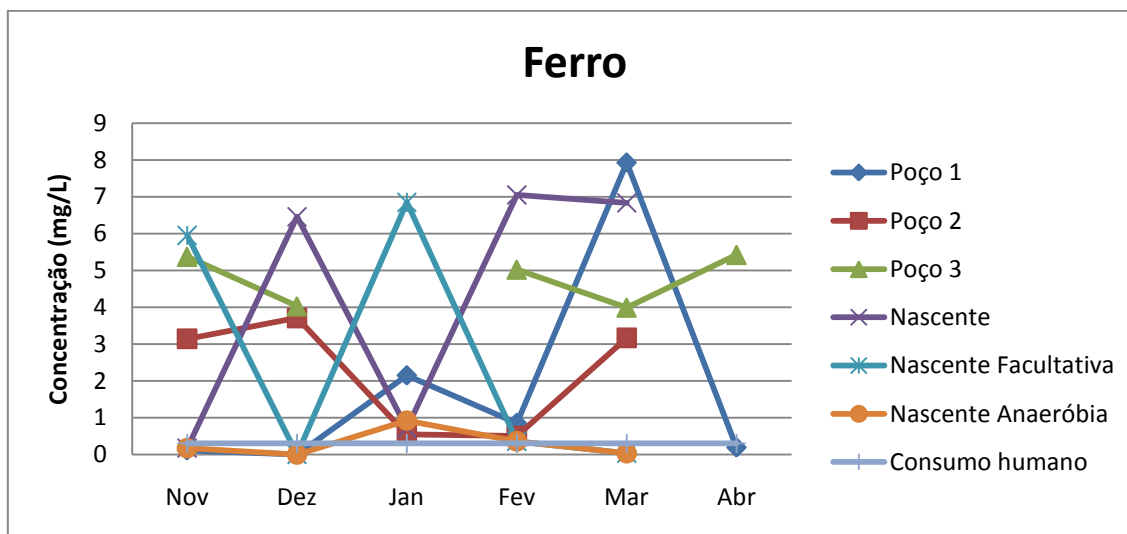


Figura 2. Teores de ferro nos poços de monitoramento e nascentes e o preconizado pela CONAMA N° 396/2008 para consumo humano.

Os níveis de cálcio e magnésio variaram entre 0 e 5,3 mg/L para o Ca e 0 e 2,7 mg/L para o Mg (Figuras 3 e 4). Para o Ca os maiores valores encontrados foram os dos Poços 1 e 2 e para o Mg foram os do Poço 2. Porém, estes metais não apresentam risco à saúde humana, não sendo estabelecidos limites para águas de consumo humano.

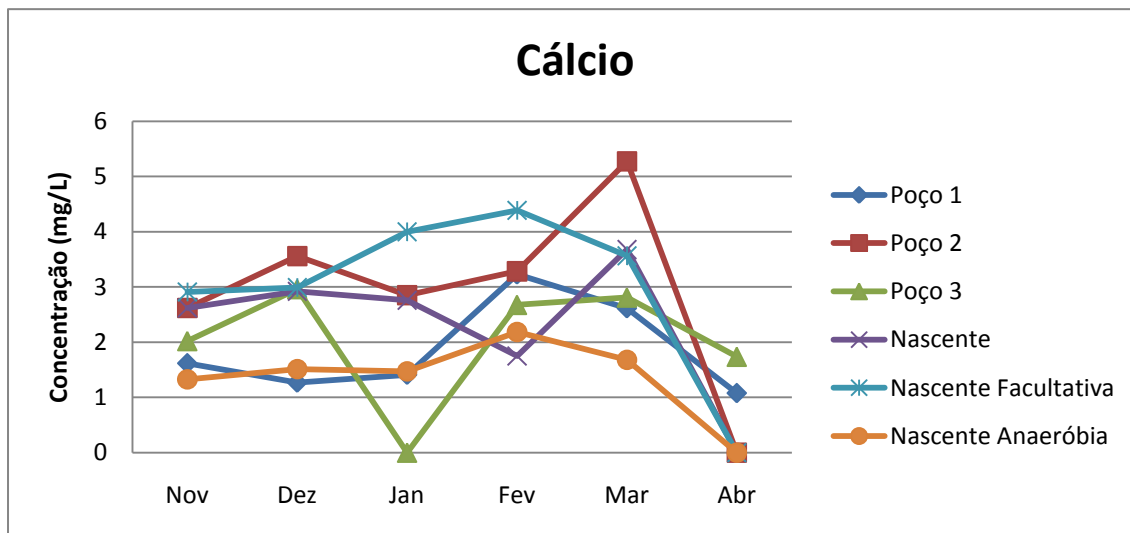


Figura 3. Teores de cálcio nos poços de monitoramento e nascentes.

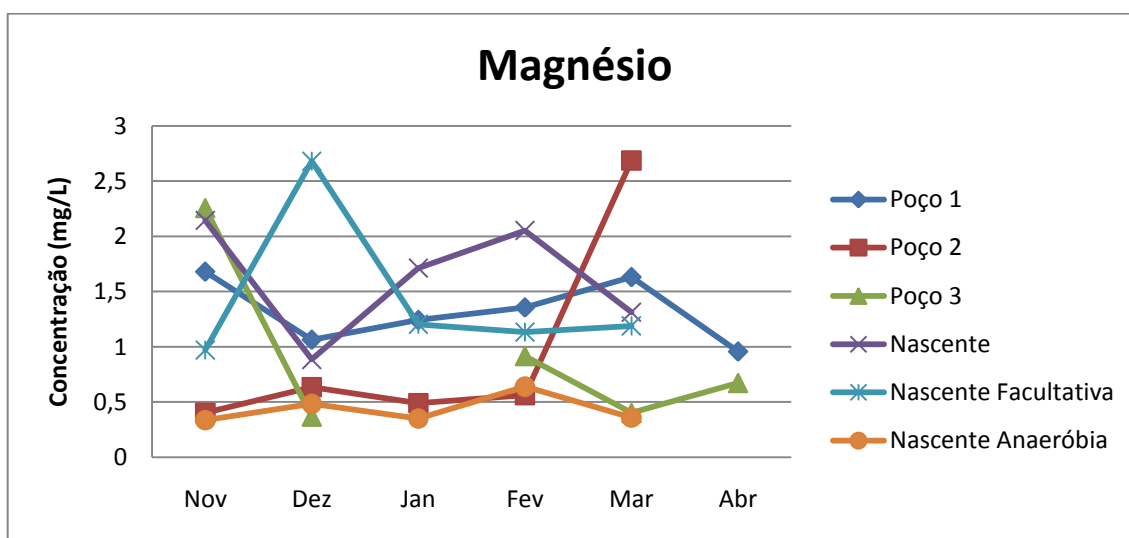


Figura 4. Teores de magnésio nos poços de monitoramento e nascentes.

O manganês foi o metal pesado de maior impacto à saúde humana encontrado nos poços de monitoramento (Figura 5). Ele apresentou níveis maiores que os preconizados pela legislação para consumo humano, principalmente nos Poços 2 e 3.

No Poço 3 encontrou-se valores até 38 vezes maior que o limite de 0,05mg/L estabelecido pela legislação para consumo humano. No Poço 2 esse valor chegou a 12 vezes o limite. É

importante observar que no Poço 1, à montante do empreendimento, não foi encontrado manganês em nenhuma das amostras, o que sugere possível contaminação pelo lixiviado.

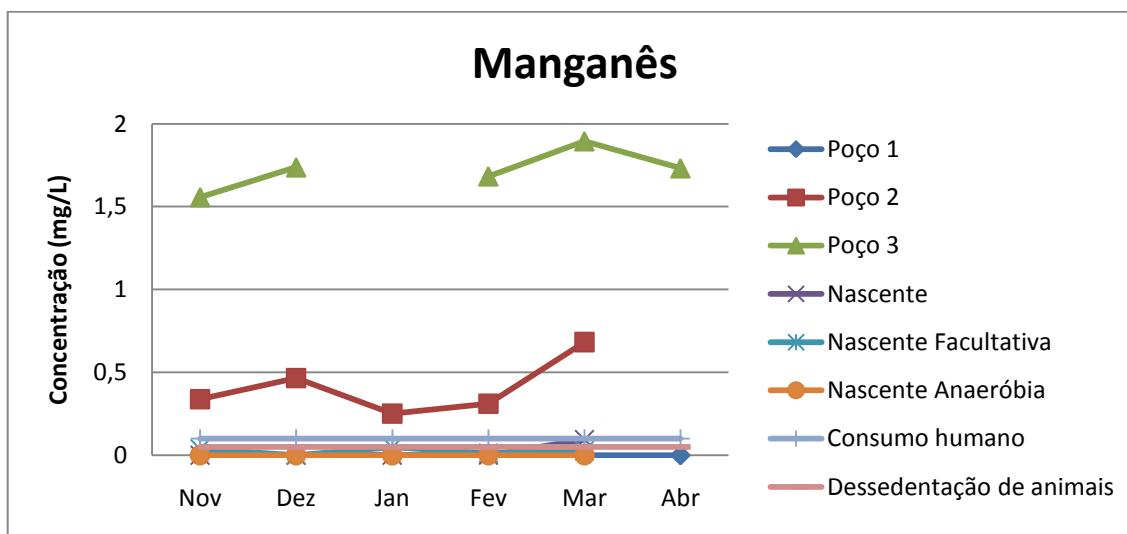


Figura 5. Teores de manganês nos poços de monitoramento e nascentes, e o preconizado pela CONAMA N° 396/2008 para consumo humano e dessedentação de animais.

Foram encontrados baixos teores de alumínio (Figura 6), excetuando-se para o Poço 1, que em Janeiro e Fevereiro de 2011 apresentou um valor 9 vezes superior ao exigido pela legislação (0,2mg/L) e em Março de 2011, quando atingiu um valor 39 vezes superior. A localização do poço não permite inferir sobre contaminação a partir do lixiviado do aterro sanitário. Uma possível causa poderia estar ligada aos tipos de solos existentes no local.

Em geral, o nível encontrou-se abaixo do que é requerido para a dessedentação de animais. Existem controvérsias com relação ao fato do excesso de ingestão de alumínio causar Alzheimer ou não. Alguns estudos afirmam que ele é um causador desta grave doença e outros já refutam esta teoria. Estudos conduzidos com animais via ingestão oral, apontam o sistema nervoso como alvo das ações de toxicidade deste elemento (ATSDR, 2008b).

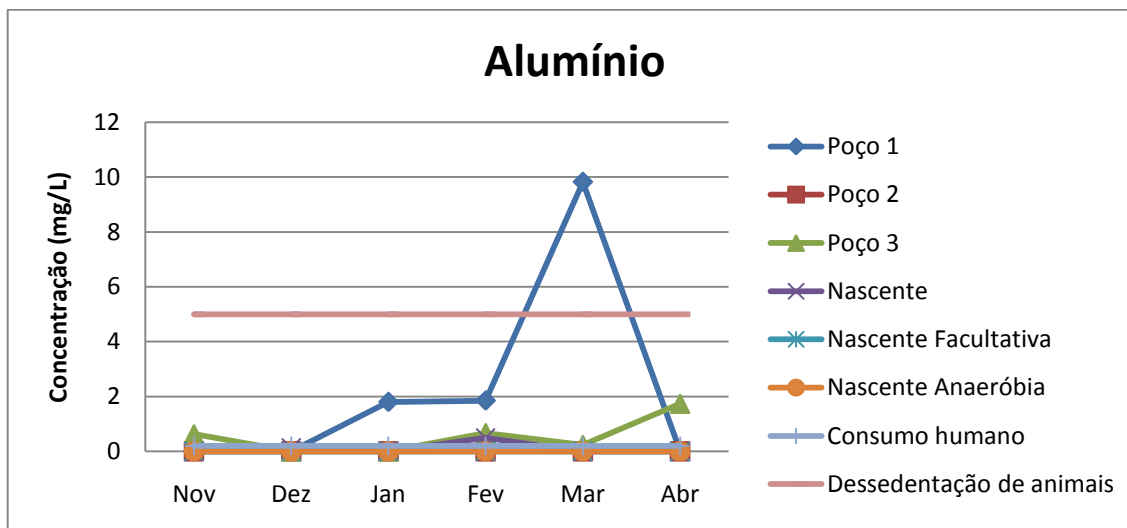


Figura 6. Teores de alumínio nos poços de monitoramento e nascentes, e o preconizado pela CONAMA N° 396/2008 para consumo humano e dessedentação de animais.

Com relação à contaminação microbiológica por *E. coli* (Quadro 1), percebe-se claramente que a nascente localizada próxima às valas de rejeitos é a que apresenta maior contaminação microbiológica. As outras nascentes também apresentaram inconformidades com relação a este parâmetro, o que pode indicar possível vazamento do líquido das lagoas devido a danos à membrana impermeabilizante, atingindo as nascentes.

O Poço 1, localizado à montante, apresentou inconformidade na amostragem do mês de Março de 2011. Isso pode ter ocorrido por contaminação pelo lixiviado do aterro devido à alta pluviosidade ocorrida no mês na região (Figura 1), que pode ter aumentado a produção de lixiviado, atingindo este poço. Os poços 2 e 3 apresentaram inconformidade no mês de Novembro de 2010, provavelmente devido à alta pluviosidade ocorrida neste mês, fazendo com que houvesse maior geração de lixiviado, atingido os poços à jusante do aterro.

Quadro 1 - Valores de *E. coli* das campanhas e limites exigidos pela CONAMA N° 396/2008

Ponto de Amostragem	Concentração (NMP/100mL)					
	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr
Poço 1	0	0	0	0	1	0
Poço 2	13,2	0	0	0	0	0
Poço 3	50,4	1	0	0	0	0
Nascente	1	0	68,2	248,1	2260	2090
Nascente Facultativa	0	0	0	1	17,1	13,4
Nascente Anaeróbia	0	5,2	0	0	6,3	0
Limite para consumo humano	0	0	0	0	0	0
Limite para dessedentação de animais	200	200	200	200	200	200

4- CONCLUSÃO

Foram encontrados teores acima dos exigidos pela legislação para consumo humano dos metais ferro, manganês e alumínio nos poços de monitoramento. O ferro apresenta ocorrência natural no solo do entorno do aterro, o que possivelmente influenciou na sua elevada concentração em quase todas as amostras analisadas. O manganês foi encontrado nos poços à jusante do aterro, e não foi encontrado no poço à montante, sugerindo uma possível contaminação pelo lixiviado produzido no aterro.

O poço 1, localizado à montante pode estar sofrendo influência do aterro por apresentar algumas inconformidades em períodos de maior pluviosidade (parâmetros alumínio e *E.coli*). Sugere-se que seja instalado outro poço padrão, para atendimento às normas de monitoramento.

As nascentes presentes no local estão sendo influenciadas pela área de disposição, havendo indícios de metais traço e contaminação microbiológica. A nascente mais próxima do local de aterramento dos resíduos é a mais prejudicada. As demais nascentes podem estar recebendo contribuição direta de lixiviado proveniente da área de aterramento dos resíduos ou do efluente das lagoas devido a vazamento na manta de impermeabilização. O vazamento deve ser verificado e se comprovado, ele deve ser contido para que não resulte em impactos aos recursos hídricos.

Este estudo indica que, no período avaliado houve contaminação das águas subterrânea e superficial pelo lixiviado do aterro sanitário, indicando riscos aos animais e às pessoas que possivelmente façam o consumo desta água sem tratamento à jusante da área do aterro.

Deve haver mudanças para que a impermeabilização das valas de resíduos e a drenagem do lixiviado sejam feitas de maneira adequada de forma que o lixiviado seja inteiramente encaminhado às lagoas de tratamento e não atinja o lençol freático e a água superficial. A compactação e recobrimento dos resíduos também deve ser feita de maneira adequada, fazendo com que a água pluvial penetre menos intensamente na área de aterramento, gerando menos lixiviado.

AGRADECIMENTOS

À Fundação Estadual do Meio Ambiente de Minas Gerais – FEAM, pela concessão de recursos para financiamento da pesquisa e das bolsas de estudo.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais – FAPEMIG, por apoio financeiro para a participação no congresso.

À Divisão de Água e Esgoto e ao Laboratório de Controle da Qualidade da Água da UFV.

Ao Departamento de Solos da UFV e aos servidores Mário Sérgio Pereira e Antônio Carlos Alves dos Laboratórios de Geoquímica e de Espectrometria Atômica.

Aos colegas Renato Welmer Veloso e Mariana Coelho Deusdará.

BIBLIOGRAFIA

ALMG. ASSEMBLÉIA LEGISLATIVA DO ESTADO DE MINAS GERAIS. (2011). Municípios Mineiros. Disponível em: <<http://www.almg.gov.br/index.asp?grupo=estado&diretorio=munmg&arquivo=municipios>>.

Acesso em: 17 mar. 2011.

APHA, AWWA and WEF. (2005). American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA) and Water Environment Federation (WEF). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 21th Ed, 1368p.

ATSDR. Agency for Toxic Substances & Diseases Registry. (2008a) *Toxicological profile for manganese*. Atlanta, GA, US Department of Health and Human Services, Public Health Service, 539p.

ATSDR. Agency for Toxic Substances & Diseases Registry. (2008b). *Toxicological profile for aluminum*. Atlanta, GA, US Department of Health and Human Services, Public Health Service, 357p.

ATSDR. Agency for Toxic Substances & Diseases Registry. (2011). *Toxic Substances Portal*. Atlanta, GA, US Department of Health and Human Services, Public Health Service. Disponível em: <<http://www.atsdr.cdc.gov/substances/toxsubstance.asp?toxid=34>>. Acesso em 17 jun. 2011.

BARBOSA, M. A. P. (1995). "Aterro sanitário e preservação ambiental". Revista Tecnologia. Fortaleza. 16. pp. 41-46.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. (2008). *Resolução CONAMA Nº 396 de 03 de Abril de 2008*. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências, 13p.

CETESB. (1988). *Amostragem e monitoramento das águas subterrâneas – Norma 6410*. CETESB, São Paulo, 1988, 32p.

EPA – United States Environmental Protection Agency. (1994) *Method 200.8 - Determination Of Trace Elements in Waters and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry*. Cincinnati, Ohio, 57p.

EPA – United States Environmental Protection Agency. (1998) *Method 3015a - Microwave Assisted Acid Digestion of Aqueous Samples and Extracts*. EPA, 25p.

GOMES, L. P. (Coordenador). (2009). *Resíduos Sólidos: Estudos de caracterização e Tratabilidade de Lixiviados de Aterros Sanitários para as Condições Brasileiras*. Rio de Janeiro, ABES, 358p.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2011 a). Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>> Acesso em: 15 Mar. 2011.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2010). *Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, 2008*. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. IBGE. Diretoria de Pesquisas. Coordenação de População e Indicadores Sociais. Rio de Janeiro, 219p.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. (2011). Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/html/observacoes.php>>. Acesso em: 07 jun 2011.

LIBÂNIO, Marcelo. (2008). *Fundamentos de Qualidade e Tratamento de Água*. 2ª ed. São. Paulo-SP. Átomo, 444p.

PESSANHA, A. O. S. (2011). *Avaliação da Contaminação por Metais Pesados das Águas Subterrâneas no Entorno do Aterro Sanitário de Visconde do Rio Branco – MG*. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 83p.

TAVARES, T. M. e CARVALHO, F.M. (1992). “Avaliação de exposição de populações humanas a metais pesados no ambiente: exemplos do Recôncavo Bahiano”. *Química Nova*. 15 (2). pp. 147-154.