

INVESTIGAÇÃO DE PASSIVOS AMBIENTAIS EM POÇOS DE ÁGUA PRÓXIMOS A UM CEMITÉRIO SITUADO NA CIDADE DE CURITIBA-PR

INVESTIGATION OF LIABILITIES ENVIRONMENTAL IN WATER WELLS NEXT TO CEMETERY LOCATED IN CURITIBA-PR CITY

João Victor Rodrigues Cabral¹

Gabriele Diederichs Dos Santos²

Felipe Cury Mazza³

Vera Lucia Pereira dos Santos⁴

RESUMO

Muitas cidades brasileiras estão sofrendo pela escassez de água. Na sua grande maioria, a causa principal dessa falta de água é a poluição ambiental provocada por diversos fatores. A construção de cemitérios sem nenhum cuidado com o solo e a falta de medidas para o sepultamento de corpos faz com que o meio ambiente em torno fique desprotegido. A degradação dos corpos sepultados resulta na formação do necrochorume que apresenta duas substâncias tóxicas, a cadaverina e a putrescina que podem causar sérias doenças infecto-contagiosas. O presente trabalho teve como objetivo determinar a qualidade da água subterrânea de três poços que se encontram próximos a um cemitério situado no bairro do Boqueirão, na cidade de Curitiba, Paraná, através do resultado de parâmetros microbiológico e físico-químico. O problema dos cemitérios pode estar associado à idade desses, pois para os cemitérios mais antigos não eram exigidos cuidados quanto a preparação do solo, a construção das sepulturas e o monitoramento do lençol freático. Através do presente trabalho pode-se perceber por meio dos resultados obtidos nas análises físico-químicas e microbiológicas, que esses são fortes indicativos de contaminação por necrochorume, principalmente através das análises da água do poço 1, onde foi constatado um teor elevado de nitratos, os quais podem ser muito perigosos para a saúde humana, pois sua fermentação pode gerar subprodutos, como a cadaverina. Também se percebeu que a condutividade estava elevada nos poços 1 e 2, aumentando assim o teor de sais minerais contidos nesses.

Palavras-chave: necrochorume, poços convencionais, contaminação, água.

¹ Acadêmico do curso de Biomedicina do Centro Universitário Autônomo do Brasil (Unibrasil), PR. Técnico em Meio Ambiente (SENAI).

² Estudante de Engenharia Agrônoma da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUC), PR. Técnico em Meio Ambiente (SENAI).

³ Engenheiro de Segurança do Trabalho e Ambiental; Mestre em Meio Ambiente Urbano e Industrial (UFPR).

⁴ Professora do Centro Universitário Autônomo do Brasil (Unibrasil), Mestre em Morfologia (UFPR); Especialista em Tutoria em EAD (Uninter); Licenciada em Ciências Biológicas (UFPR).

ABSTRACT

Many Brazilian cities are suffering by water scarcity. In their great majority, the primary cause of this lack of water is the environmental pollution caused by several factors. The construction of cemeteries without any care with the ground and the lack of measures for burying bodies makes the environment around goes unprotected. The degradation of bodies buried results in the formation of necrochorume that presents two toxic substances, the cadaverina and putrescine that can cause serious infectious-contagious diseases. The present work had as objective to determine the quality of the groundwater of three wells that are close to a cemetery situated in the neighborhood of the Boqueirão, in the city of Curitiba, Paraná, through the result of parameters microbiological and physical-chemical. The problem of the cemeteries may be associated to the age of these, because for older cemeteries were not required care in the preparation of the soil, the construction of graves and monitoring the underground aquifer. Through this work can be perceived by means of the results obtained in the physical-chemical and microbiological analysis, that these are strong indications of contamination by necrochorume, mainly through the analyzes of the water of the well 1, where it was observed a high nitrate, which can be very dangerous to human health, because its fermentation can generate byproducts, such as cadaverina. Also it was realized that the conductivity was elevated in the wells 1 and 2, thereby increasing the content of salts mine if realized that the conductivity was elevated in the wells 1 and 2, thereby increasing the content of mineral salts contained in these.

Keywords: necrochorume, conventional wells ,contamination, water.

INTRODUÇÃO

No século XXI, o meio ambiente vem sofrendo impactos e entre os problemas gerados encontra-se a falta de água. Além de uma crise de escassez e estresse é mais do que tudo uma crise de gerenciamento ⁽¹⁾.

Conhecendo a importância da água para humanidade, os aquíferos despertam a cada dia um maior interesse ambiental para sua preservação ⁽²⁾.

Duas fontes para captação de água são disponibilizadas para o homem, como as águas de superfície, tais como rios, lagos, áreas de drenagem que fazem convergir a água para reservatórios de retenção e todos os meios de captação e contenção de águas pluviais; e as águas subterrâneas, que incluem poços, nascentes e galerias horizontais ⁽³⁾.

De acordo com a Lei Federal nº 9433/97, a água é um bem de domínio público; um recurso natural limitado, dotado de valor econômico e em situações de

escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais. Ainda segundo a lei, a gestão dos recursos hídricos deve proporcionar o uso múltiplo das águas ⁽⁴⁾.

Há uma estimativa de que 10 quatrilhões de metros cúbicos de água se encontram no subsolo. Nem toda a água do solo pode ser retirada de aquíferos. Algumas se encontram em formações rochosas tão profundas que o seu custo de bombeamento se torna muito alto, fazendo com que seja impraticável o seu aproveitamento ⁽⁵⁾.

Não há grande destaque para a exploração em reservas de água subterrânea, embora essas sejam as maiores fontes de água disponível. Água subterrânea não é somente aquela encontrada abaixo da superfície do solo. É encontrada também em rochas suficientemente permeáveis, para que seja movimentada uma quantidade razoável de água para os poços. Grande parte da água subterrânea é originada pela superfície do solo, sendo a recarga feita pela precipitação, cursos d'água e reservatórios superficiais ⁽⁶⁾.

Em países como Alemanha, Bélgica, Austrália, Holanda e Suécia o uso de água subterrânea para o abastecimento é feito em quase toda a totalidade da população ⁽⁶⁾. No Brasil, a maior parte do abastecimento em cidades de pequeno e médio porte nas regiões Sul, Sudeste e Centro-oeste, é feito por poços tubulares profundos, captadas do Aquífero Guarani, que é a maior reserva de água subterrânea do mundo, estimada em 46.000 km³ ⁽⁷⁾.

Alguns impactos ambientais relacionados com a água subterrânea podem ocorrer devido à existência de cemitérios, os quais podem ser considerados fontes potencialmente poluidoras, pois geralmente na construção das necrópoles não são considerados os estudos geológicos e hidrogeológicos. Dessa maneira, tais instalações podem oferecer risco de contaminação durante o processo de decomposição dos cadáveres ⁽⁸⁾.

Os cemitérios podem ocasionar poluição ambiental no solo e nos aquíferos subterrâneos da região devido à toxidade do necrochorume e dos microrganismos patogênicos, os quais devem ser monitorados com muita atenção, pois esses podem ocasionar a inutilização dos aquíferos e do solo ⁽⁹⁾.

Resultante da decomposição dos corpos o necrochorume é um líquido viscoso, rico em matéria orgânica e sais minerais, extremamente tóxico e prejudicial à vida e ao meio ambiente. Devido a tais características o necrochorume pode ser

considerado como a principal fonte de poluição dos cemitérios e seu estudo é fundamental no controle da contaminação ambiental. Conhecer a constituição do necrochorume e sua mobilidade no solo é de extrema importância, para saber a direção em que o contaminante irá percolar ⁽¹⁰⁾.

Por meio dos chorumes de deposições antigas ou através de contaminações subterrâneas em sítios contaminados a água subterrânea pode modificar a sua composição e os seus teores de substâncias ⁽¹¹⁾.

O necrochorume é uma solução aquosa rica em substâncias orgânicas degradáveis e sais minerais, formado por 60% de água, sendo 30% de sais minerais e 10% de substâncias orgânicas. Sua tonalidade é castanho-acinzentada, viscosa, com um odor muito forte e possui um grau variado de patogenicidade proveniente de um líquido formado na decomposição de cadáveres. Nele são encontradas duas substâncias a cadaverina e a putrescina tóxicas, que produzem como resíduo final de seus processos de decomposição o íon amônio e que podem conter microrganismos patogênicos ⁽¹¹⁾.

A cadaverina e a putrescina podem se proliferar em um raio de maior que 400 metros de distância do cemitério, isso pode variar da geologia da região em que está localizado o cemitério ⁽¹¹⁾. O necrochorume alcançando o aquífero subterrâneo contamina a água que pode estar sendo usada como fonte de água potável e se alguma pessoa desinformada bebe essa água contaminada pode contrair doenças graves como febre tifoide; hepatite A; tétano, tuberculose e outras ⁽⁹⁾.

A chuva faz com que a carga hidráulica seja maior sobre o solo ocasionando o aumento da velocidade de infiltração, sendo um fator que deve ser considerado, pois ela pode fazer com que o necrochorume infiltre e/ou percole no solo e atinja o aquífero. Quanto mais rápido o poluente atravessar o solo, menor será o tempo que esse será adsorvido e degradado pelo solo. As plantas e árvores podem ajudar na remoção das bactérias e vírus contidos no necrochorume, pois consomem a matéria orgânica e as árvores retêm a água da chuva, evitando que os contaminantes contidos no necrochorume sejam carregados para os aquíferos ⁽⁹⁾.

A maioria dos cemitérios é construída sem nenhuma preocupação de se revestir a camada inferior do solo para que o necrochorume não atinja os aquíferos subterrâneos, assim os cemitérios acabam muitas vezes se tornando uma fonte potencialmente poluidora ⁽⁹⁾.

No Brasil, ainda não foram feitas leis para que haja uma política eficiente de planejamento e gestão ambiental dos cemitérios, principalmente os públicos. O sepultamento é considerado uma atividade causadora de impacto ambiental, pois gera poluição para o meio físico ⁽¹²⁾.

O presente trabalho teve como objetivo determinar a qualidade da água subterrânea próximo a um cemitério situado no bairro do Boqueirão, Curitiba – PR, através do resultado parâmetros microbiológico e físico-químico com o intuito de verificar se esses se enquadravam no padrão de potabilidade da Portaria nº 2914/11, do Ministério da Saúde, Brasil ⁽¹³⁾.

METODOLOGIA

Área de estudo

A pesquisa foi realizada em poços convencionais nas redondezas do cemitério situado na região do Boqueirão, mediante autorização via ofício emitido pelo SENAI-CIC e assinado pelos proprietários das residências.

Na etapa preliminar foram realizadas pesquisas segundo a característica do local para se determinar os pontos de coleta. Esses foram definidos aleatoriamente, porém, seguindo os desníveis das ruas do cemitério, avaliando assim para onde o contaminante poderia percolar.

Após a avaliação geográfica do local, notou-se que os túmulos do cemitério estavam em péssimas condições, reforçando assim as suspeitas de possíveis contaminações, pois muitas sepulturas se encontravam abertas ou semiabertas.

Depois das análises físicas do local, foram realizados levantamentos com a população sobre o histórico de contaminações ocasionadas pelo cemitério na região e em seguida foram escolhidos três poços, os quais foram nomeados como poço 1, 2 e 3, sendo que o último estava interditado pela prefeitura de Curitiba, pois havia indícios de possíveis contaminações, além de que esse estava ao lado de uma nascente.

O poço 1 localiza-se na Rua Henrique Martins Torres, nº 1508, de Latitude: 25°30'49.84"S e Longitude: 49°14'53.57"O; o poço 2, na Rua Henrique Martins Torres, nº 1193, de Latitude: 25°30'39.82"S e Longitude: 49°14'56.55"O e o poço 3 está localizado na Rua Dr. Danilo Gomes, nº 1502, de Latitude: 25°30'49.21"S e Longitude: 49°14'56.93"O.

Coleta e procedimentos

Foram realizadas 02 coletas de água em cada poço, totalizando 6 coletas, no período de março até maio de 2012.

Para cada poço, foram utilizados dois frascos disponibilizados pelo SENAI-CIC, amarrados com uma corda barbante e fita isolante.

O frasco estéril para coleta foi jogado dentro do poço, até que o mesmo enchesse. Feito essa primeira coleta a água foi jogada fora e o frasco foi inserido mais uma vez. Em seguida ele frasco foi lavado por fora com a água do poço onde a água foi coletada. Após essa etapa foram medidos o pH e a temperatura. Para medir a altura da água, foi utilizada uma trena. Após coletada a água, os frascos foram fechados evitando contaminação e acondicionados dentro de uma caixa de isopor, contendo gelo.

Parâmetros Analisados

Determinação do Oxigênio Dissolvido

Se nenhum oxigênio estiver presente na amostra, o íon manganoso reagiria somente com o íon hidróxido e formaria um precipitado branco de hidróxido manganoso $[\text{Mn}(\text{OH})_2]$. Se houver presença de oxigênio, o íon manganoso será oxidado e formará um precipitado marrom de óxido básico mangânico $[\text{Mn}(\text{OH})_2\text{O}]$ que é proporcional a quantidade de oxigênio presente na amostra. O óxido mangânico é reduzido para sulfato mangânico $[\text{Mn}(\text{OH})_4]_2$, enquanto uma quantidade de íon iodeto (I^-) será convertido em iodo livre (I_2). A quantidade de iodo será equivalente ao oxigênio dissolvido na amostra original ⁽¹⁴⁾.

Determinação do pH

O potencial do eletrodo, o potencial entre a solução de HCl e a superfície interna do bulbo é constante, pois ficam preenchidos com uma solução de pH constante (ácido clorídrico 0,1N). A diferença de potencial é função da troca de cátions monovalentes com os cátions H^+ da amostra, no caso, o pH da amostra. O eletrodo de referencia pode ser o calomelano (Hg/HgCl_2) ou de prata (Ag/AgCl) ⁽¹⁵⁾.

Determinação da Condutividade

A fração da corrente transportada na água depende da concentração relativa e da facilidade de movimentação no meio. A contundência específica de um eletrólito varia com a concentração dos íons que estão presentes na amostra ⁽¹⁵⁾.

Determinação da Temperatura

Após permanecer um tempo em contato com um meio físico, o termômetro atinge um equilíbrio térmico, indicando a temperatura que o meio se encontra ⁽¹⁵⁾.

Determinação de Nitrato

A redução de nitrato em nitrito na amostra é feita pelo cádmio metal. O íon nitrito vai reagir em meio ácido com o ácido sulfanílico e formar um sal diazônio intermediário, que será transformado a acido formando uma coloração âmbar ⁽¹⁴⁾. Foram realizadas análises em triplicata e no espectrofotômetro.

Determinação de Nitrito

O nitrito reage com o ácido sulfanílico da amostra, formando um sal diazônico imediatamente, produzindo com o ácido cromotrópico, um complexo colorido róseo diretamente proporcional à quantidade de nitrito presente ⁽¹⁴⁾. Foram realizadas análises em triplicata e no espectrofotômetro.

Determinação da Cor

Águas naturais de forma geral apresentam sua cor de amarelo a marrom. Cor pode ser expressa como aparente ou cor verdadeira. Uma unidade de cor existente equivale a 1mg/L de platina e cloroplatinado ⁽¹⁴⁾.

Determinação da Turbidez

O valor de turbidez é realizado através do método nefelométrico. Um feixe luminoso é incidido sobre a amostra, que fazem com que as partículas suspensas e coloidais reflitam o raio luminoso. A luz ativa uma célula foto-elétrica no turbidímetro, que transforma a quantidade de luz incidente em energia elétrica, fazendo com que indique o valor de turbidez no galvanômetro para a leitura ⁽¹⁵⁾.

Determinação da Demanda Química de Oxigênio em Refluxo Fechado

Matérias orgânicas e inorgânicas da amostra são oxidadas em um meio ácido por uma quantidade conhecida de uma gente oxidante forte. A quantidade de oxigênio oxidada será proporcional à quantidade do reagente oxidante consumido⁽¹⁶⁾.

Determinação de Sólidos Dissolvidos

Uma porção devidamente homogeneizada da amostra foi filtrada em uma bomba a vácuo com filtro de fibra de vidro, evaporada em banho-maria e seca em estufa na temperatura de 103-105°C. A diferença do peso da cápsula depois de filtrada a amostra, com a cápsula cheia, indica a quantidade de sólidos existentes⁽¹⁷⁾.

Análises Microbiológicas

Foram realizadas coletas para realização de análises microbiológicas, utilizando um frasco esterilizado para cada poço para a realização da coleta das águas.

Para as análises microbiológicas, no teste presuntivo, foram utilizados os caldos Lauril Sulfato Triptose, para a determinação de bactérias gram-negativas, inibindo o crescimento de outras bactérias e das gram-positivas. A triptose presente no caldo recupera as bactérias estressadas de origem ambiental e é muito boa para cultivar bactérias que consumam muita matéria orgânica⁽¹⁸⁾, enriquecendo o grupo dos coliformes e causando turvação do meio⁽¹⁹⁾.

No teste confirmativo, foram usados dois tipos de caldos: o Verde Brilhante (VB) para coliformes totais e o caldo com *Escherichia coli* (EC), meio confirmatório para coliformes termotolerantes (ou fecais).

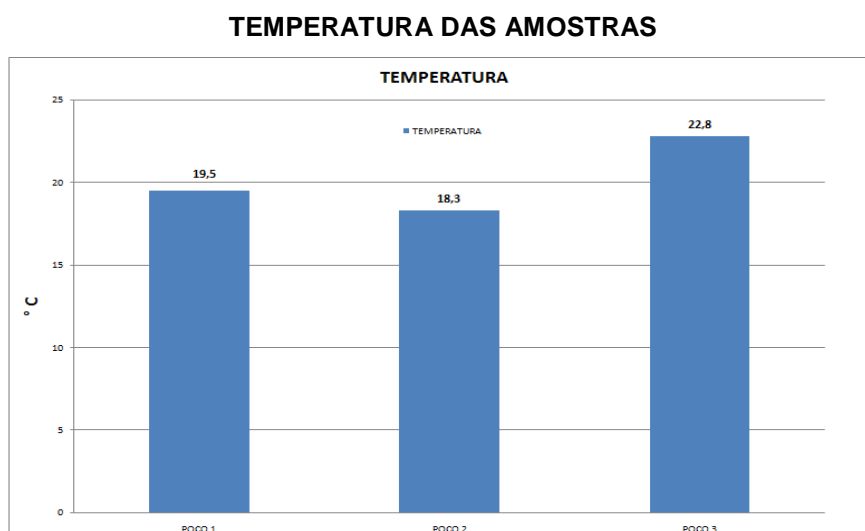
Foram utilizados 40 tubos de ensaio com o caldo Lauril Sulfato Triptose para o teste presuntivo para cada poço. Em seguida, foram levados para a incubadora e deixados por 48 horas. Depois, com os tubos que deram resultados positivos foi realizada a análise do teste confirmativo, com o caldo Verde Brilhante, em estufa por 48 horas e o EC foi levado ao banho-maria por 24 horas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A temperatura tem influência nos processos biológicos, reações químicas e bioquímicas acontecem na água e em outros processos, como a solubilidade dos sais minerais e gases dissolvidos. É imprescindível ressaltar que a temperatura interfere no desenvolvimento microbiológico, de modo que cada microorganismo possui uma faixa ideal de temperatura para se desenvolverem ⁽²⁰⁾.

Em aquíferos rasos, a temperatura é maior em relação ao da superfície, porém a diferença é pouca. Os valores de temperatura observados nas amostras dos poços 1, 2 e 3 estiveram relativamente parecidas, mantendo-se em torno da faixa dos 20C°, devido a condições do tempo no dia em que fora realizada as coletas, como mostra o Gráfico 1.

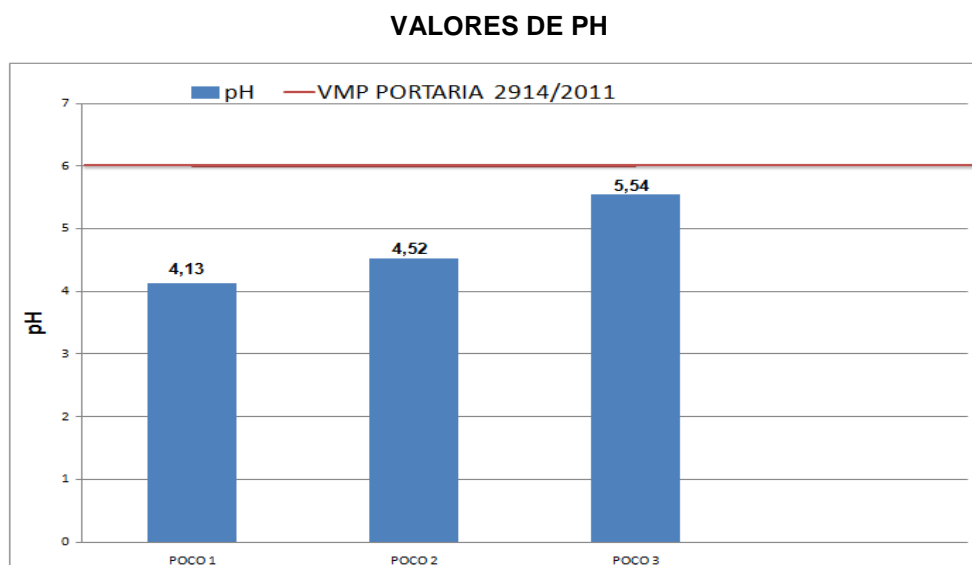
GRÁFICO 1: Variação de temperatura das amostras dos poços 1, 2 e 3 medidas no momento da coleta.



Segundo Richter (2007) o pH no sistema de abastecimento público se encontra na faixa de 6,5 e 9,5. Deve-se ressaltar que águas com pH baixo tendem a ser corrosivas ou agressivas a determinados metais, paredes de concreto e superfícies de cimento-amianto, enquanto águas que possuam pH alto são mais propícias a formar incrustações ⁽²¹⁾. O valor de pH de águas subterrâneas varia geralmente entre 5,5 e 8,5 ⁽²²⁾.

Com relação aos poços 1, 2 e 3 percebeu-se que o pH está fora dos padrões estabelecidos na portaria de potabilidade n° 2914/11 do Ministério da Saúde, a qual estabelece que o pH deve se encontrar na faixa de 6,0 a 9,0, como mostra o Gráfico 2.

GRÁFICO 2: Valores do pH dos poços, 1, 2 e 3.

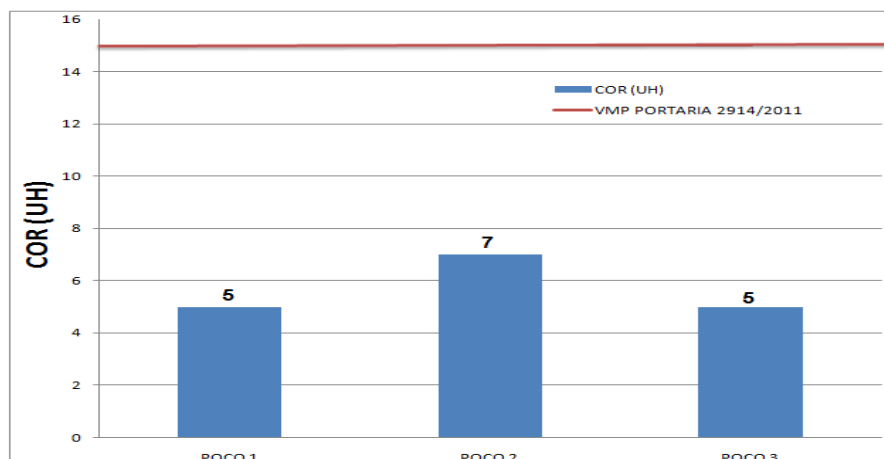


A APHA (Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater) recomenda que para se utilizar a água para o consumo humano, essa não deve ultrapassar 15 UH (unidade Hazen). Caso seja ultrapassado esse valor sugere-se um tratamento por meio de coagulação e filtração, as quais devem reduzir pelo menos 5 unidades de cor. O aumento da cor entre a origem da água e o sistema de distribuição pode ser ocasionado pela corrosão ou crescimento na tubulação ⁽²³⁾.

Analisando os resultados no Gráfico 3, percebe-se que os poços 1, 2 e 3 estão atendendo ao valor máximo de 15 UH (unidade Hazen) para cor estipulado pela portaria de potabilidade nº 2914/11 MS. Pode-se ressaltar que o valor do pH por ter sido considerado baixo (ácido) em todos os poços analisados e esse pode ter contribuído para o valor da cor, já que o valor da cor aumenta com o valor do pH.

GRÁFICO 3: Valores de cor obtidos nas respectivas análises realizadas nos poços, 1, 2 e 3.

VALORES DE COR



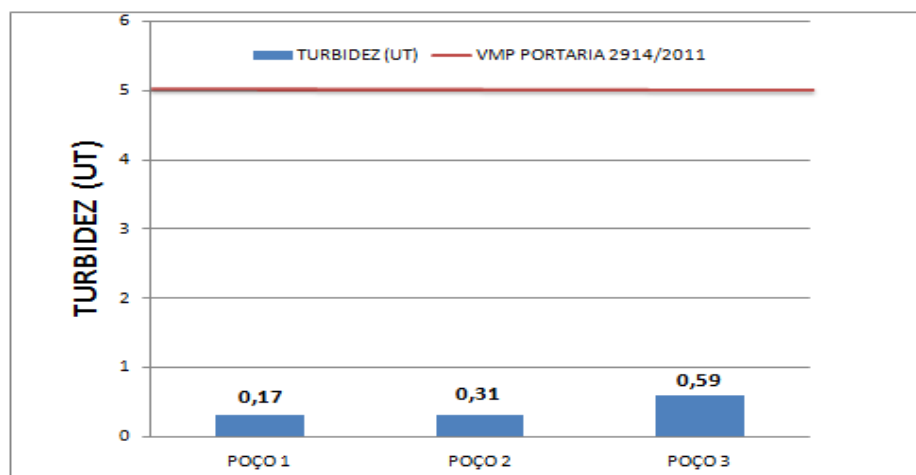
Quanto à turbidez, segundo Richter (2007), a água filtrada deve obter turbidez menor que 1,0 UNT, preferencialmente inferior a 0,2 UNT. É importante ressaltar que se deve dispor de meios para se determinar a turbidez valores baixos como 0,1 UNT e a importância desse parâmetro, no controle de uma estação de tratamento. É impraticável correlacionar a turbidez com o peso da matéria em suspensão. Quanto mais subdividida uma fixa quantidade de uma determinada substância, maior será a turbidez ⁽²¹⁾.

Percebe-se no Gráfico 4 que o valor da turbidez nos poços 2,3 variaram em pequena quantidade, obtendo o poço 3 o maior valor de 0,59 UT. Vale ressaltar que o poço 3 estava com a tampa semi- aberta, facilitando a entrada de sólidos no poço e favorecendo o aumento da turbidez do mesmo.

Porém todos os poços estão atendendo aos limites estipulados pela portaria de potabilidade nº 2914/11 MS, a qual estipula que a turbidez não deve ultrapassar 5 UT.

GRÁFICO 4: Valores da turbidez obtidos nas amostras dos poços 1,2 e 3.

VALORES DE TURBIDEZ

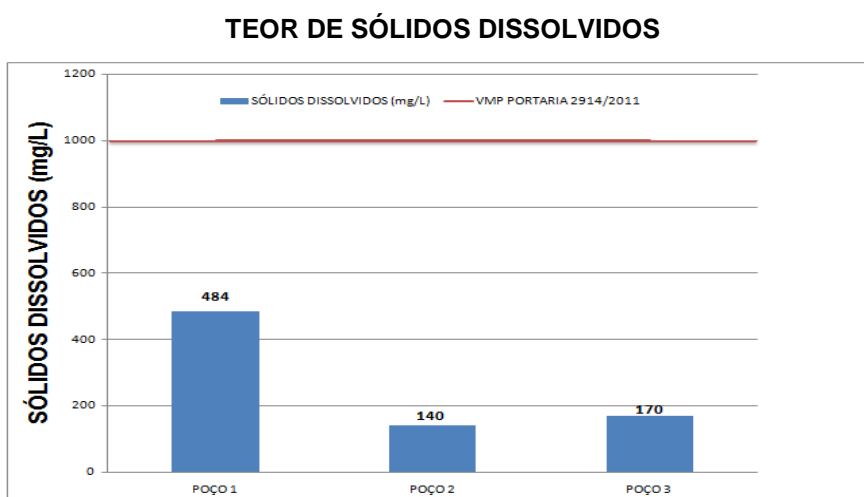


Quantidades exageradas de substâncias dissolvidas em águas, poderão tornar as mesas impróprias para consumo, por isso recomenda-se que a quantidade de sólidos dissolvidos seja menor que 500 mg/l, com um limite máximo de 1.000 mg/l (21).

De acordo com a Portaria de potabilidade nº 2914/11 MS, os valores obtidos nas análises de sólidos dissolvidos realizadas nos três poços atenderam ao valor máximo permitido (VMP) de 1.000 mg/l, porém, percebeu-se que o teor de sólidos dissolvidos no poço 1 foi consideravelmente maior do que o valor encontrado nos demais, isso se deve a quantidade elevada de terra onde está localizado o poço.

O Gráfico 5 a seguir mostra o teor de sólidos dissolvidos encontrados nas amostras dos poços 1, 2 e 3.

GRÁFICO 5: Teor de sólidos dissolvidos encontrados nas amostras dos poços 1, 2 e 3.



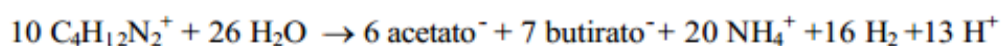
As águas subterrâneas possuem na maioria das vezes entre 0,1 a 10 mg/l de nitrato, porém em águas contaminadas esse pode chegar a 1.000 mg/l, pois o nitrato pode ser oriundo de fertilizantes nitrogenados, esterco animal, deposição atmosférica, esgoto doméstico, bem como dos resíduos e áreas agrícolas e lixões (20).

Os valores de nitrato devem receber atenção redobrada, pois elevados teores do mesmo pode acarretar conseqüências gravíssimas a saúde. No organismo humano o nitrato se transforma em nitrito combinando-se com a hemoglobina para formar a metahemoglobina, impedindo assim o transporte do oxigênio no sangue (7).

Águas com concentrações elevadas de nitratos indicam poluição remota, pois esses são o resultado final da oxidação do nitrogênio (21).

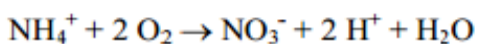
Para Migliorini (2002), citado por Almeida (2005), um grupo de clostrídios obtém sua energia por meio da fermentação de aminoácidos (10). Os produtos resultantes de tal fermentação podem ser: sulfeto de hidrogênio, ácido isobutílico, metilmercaptana, cadaverina (C₅H₁₄N₂) e putrescina (NH₂(CH₂)₄NH₂), representando as seguintes reações, conforme a Figura 1.

FIGURA 1 - Reações de transformação da cadaverina e da putrescina em nitrato



→ consumindo o oxigênio, a matéria orgânica é oxidada:

CH₂O + O₂ → CO₂ + H₂O e o amônio é transformado em nitrato:

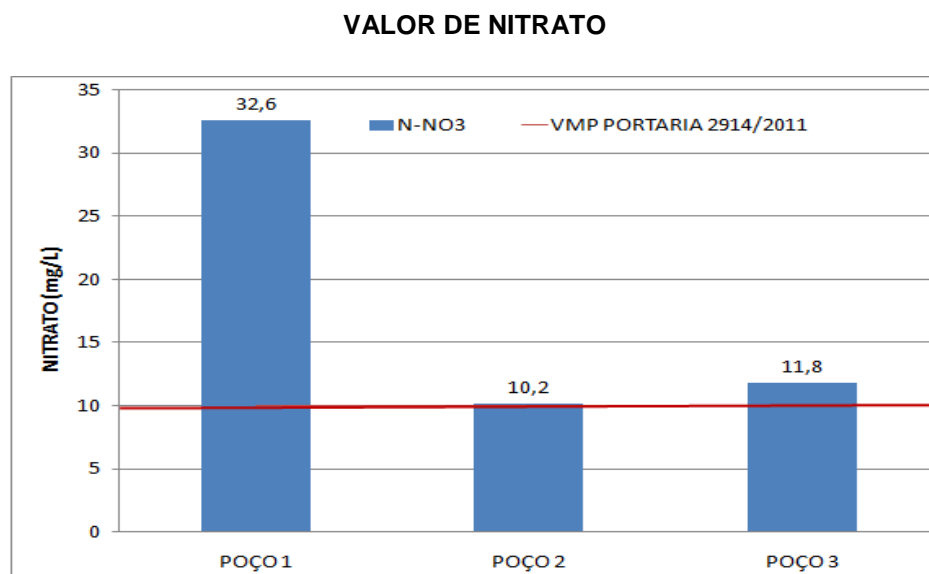


FONTE: Almeida (2005).

Segundo a portaria de potabilidade 2914/11 MS (13), os níveis de nitrato não deverão exceder 10 mg/l para o consumo humano. Percebeu-se que todos os poços excederam esse valor, aumentando a suspeita de contaminação por necrochorume devido à putrescina e a cadaverina serem subprodutos do necrochorume os quais contribuem na formação do nitrato.

Entretanto o poço 1 deve receber maior atenção, pois esse apresentou um valor alarmante em relação ao nitrato, potencializando a suspeita de contaminação no mesmo, como mostra o Gráfico 6.

GRÁFICO 6: Valor de nitrato encontrado no Poço 1.

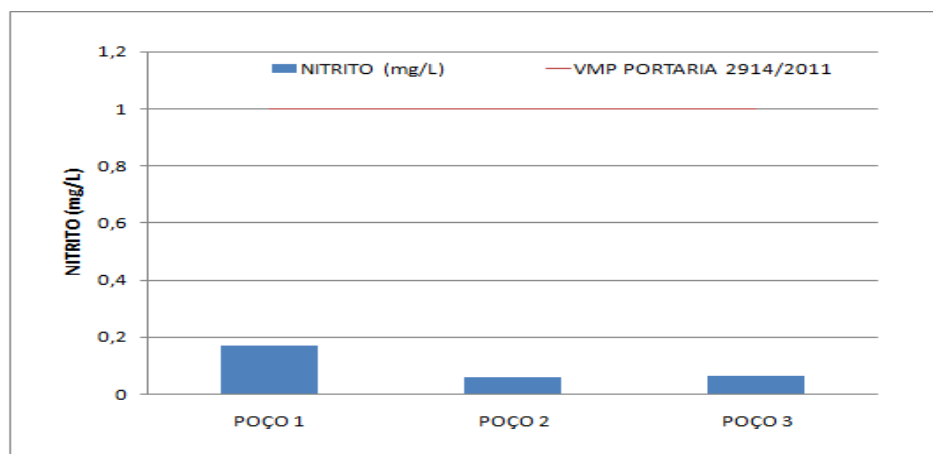


Em relação ao nitrito todos os resultados foram satisfatórios, pois em todos os poços analisados, nenhuma amostra ultrapassou o valor máximo permitido pela portaria de potabilidade 2914/11 MS de 1 mg/l de Nitrito. Esse resultado é importante, pois o nitrito indica uma fase intermediária de oxidação do nitrogênio, o qual quando presente na água para consumo humano possui efeito muito mais rápido que o nitrato e se ingerido constantemente, também poderá causar cianose, independente da faixa etária do indivíduo ^(5,20).

O Gráfico 7 a seguir mostra os valores obtidos na análise de nitrito das amostras retiradas nos poços três poços.

GRÁFICO 7: Valores obtidos na análise de nitrito das amostras retiradas nos poços 1, 2 e 3.

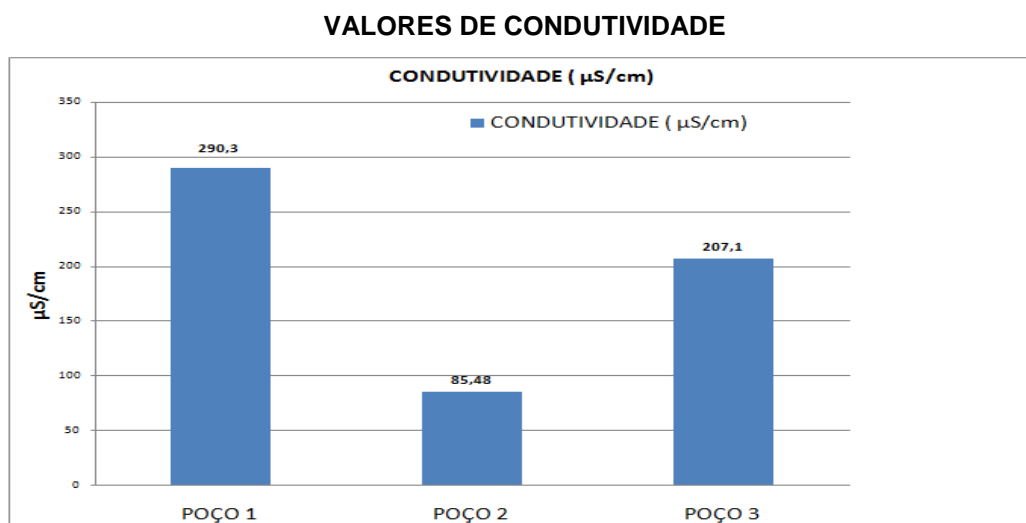
VALORES DE NITRITO



A presença de necrochorume eleva a quantidade de sais minerais, aumentando assim a condutividade elétrica da água, ocasionando a elevação da concentração de íons como o cloreto e outros ⁽¹⁰⁾.

A condutividade não é um padrão estabelecido pela Portaria 2914/11 para consumo humano, mas nesta pesquisa, esse foi fundamental para reforçar a hipótese de uma possível contaminação por necrochorume, levando em conta que o poço 1 e 3 apresentaram valores altos de condutividade, conforme mostra o Gráfico 8.

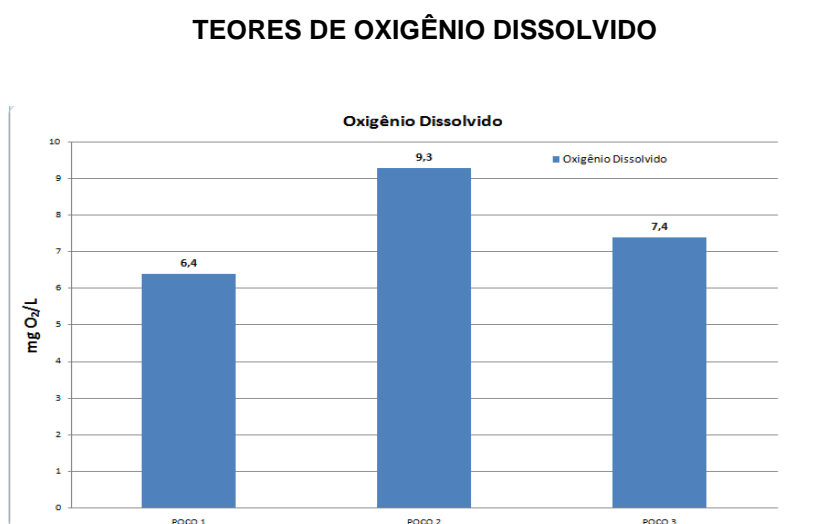
GRÁFICO 8: Valores da condutividade elétrica da água referente às amostras, dos poços 1, 2 e 3



O oxigênio dissolvido (OD) é de extrema importância na classificação dos corpos d'água, a queda do mesmo indica poluição. Esse parâmetro é de extrema importância, pois a determinação analítica desse é muito importante para se verificar e manter as condições aeróbicas em um determinado curso de água ⁽²⁴⁾.

Os valores encontrados de OD, por ser em águas subterrâneas estão relativamente bons, já que poços não possuem muito oxigênio, pois o aquífero se encontra no lençol freático, como mostra o Gráfico 9.

GRÁFICO 9: Teores de Oxigênio Dissolvido encontrado nas amostras dos poços 1, 2 e 3.



A demanda química de oxigênio permite a avaliação da carga de poluição de esgotos industriais ou domésticos em relação à quantidade de oxigênio necessária para a sua total oxidação em dióxido de carbono e água ⁽²²⁾.

A DQO não é um parâmetro utilizado para consumo da água, e sim para o tratamento de efluentes, porém essa análise foi importante na identificação de uma possível rede de esgoto próximo aos poços analisados, a qual confirmou a inexistência das mesmas.

A Tabela 1 abaixo mostra a comparação entre a legislação referente a Portaria 2914/11, quanto ao padrão de potabilidade e os resultados obtidos no presente trabalho.

TABELA 1: RESULTADOS OBTIDOS X LEGISLAÇÃO

ANÁLISE	RESULTADOS POÇO 1	RESULTADOS POÇO 2	RESULTADOS POÇO 3	LIMITE LEGISLAÇÃO PORTARIA 2914/11 - PADRÃO DE POTABILIDADE
CONDUTIVIDADE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	290,3	85,48	207,1	
COR (UH)	5	7	5	15
DQO (mg O_2/L)	0	0	0	
NITRATO (mg/L)	32,6	10,2	11,8	10
NITRITO (mg/L)	0,172	0,06	0,065	1
Oxigênio Dissolvido (mg O_2/L)	6,4	9,3	7,4	
pH	4,13	4,52	5,54	6,0 a 9,0
SÓLIDOS DISSOLVIDOS (mg/L)	484	140	170	1000
TEMPERATURA ($^{\circ}\text{C}$)	19,5	18,3	22,8	
TURBIDEZ (UT)	0,17	0,31	0,59	5

Coliformes fecais ou coliformes termotolerantes, segundo Bettega (2006), são conhecidos como bactérias que possuem a capacidade de fermentar a lactose com produção de gás a 44°C em 24 horas, tendo como sua principal representante a *Escherichia coli*. A avaliação microbiológica da água tem um papel de suma importância, devido a grande variabilidade de microrganismos patogênicos, principalmente os de origem fecal, os quais podem estar frequentemente presentes na água ⁽¹⁹⁾.

A água potável utilizada para o consumo humano deve estar isenta de microrganismos patogênicos e de bactérias que causem contaminação fecal. Os indicadores de contaminação fecal estão presentes no grupo de bactérias conhecidas como coliformes. Esses podem ser obtidos por meio da ingestão de água contaminada ⁽¹⁹⁾.

Já a portaria de potabilidade estabelece que deva haver ausência de coliformes termotolerantes e coliformes totais em 100 mL da amostra para o consumo humano ⁽¹³⁾.

Através das análises de coliformes totais e termotolerantes, percebe-se que os poços 1, 2 e 3 mostraram resultados positivos para coliformes totais indicando que esses não estão atendendo a legislação para consumo humano, entretanto o poço 3 deve apresentar coliformes totais e coliformes termotolerantes, tendo como principal representante a *Escherichia coli*.

Os resultados obtidos para coliformes totais estão apresentados na Tabela 2 abaixo e para coliformes termotolerantes estão na Tabela 3.

TABELA 2: Coliformes totais encontrados nas amostras dos poços 1, 2 e 3.

COLIFORMES TOTAIS			
	Quantidade em mL a cada 5 tubos utilizados	Número de tubos com Reação Positiva	Índice de MNP por 100mL
POÇO 1	10 mL	5	140 NMP
	1 mL	3	
	0,1 mL	2	
POÇO 2	10 mL	5	79 NMP
	1 mL	3	
	0,1 mL	-	
POÇO 3	10 mL	5	140 NMP
	1 mL	3	
	0,1 mL	3	

TABELA 3: Coliformes termotolerantes encontrados nas amostras do poço 3.

COLIFORMES TERMOTOLERANTES			
	Quantidade em mL a cada 5 tubos utilizados	Número de tubos com Reação Positiva	Índice de MNP por 100mL
POÇO 3	10 mL	5	33 NMP
	1 mL	1	
	0,1 mL	-	

CONCLUSÃO

Nos dias atuais a preocupação com o meio ambiente vem recebendo suma importância, porém, os impactos ambientais gerados pelos cemitérios devem ser enfatizados devido aos prejuízos que esses podem causar ao meio ambiente e a saúde humana.

De um modo geral, a problemática dos cemitérios está associada à idade desses, pois para os cemitérios mais antigos não eram exigidos cuidados quanto o preparo do solo, a construção das sepulturas e o monitoramento do lençol freático.

Através do presente trabalho pode-se perceber por meio dos resultados obtidos nas análises físico-químicas e microbiológicas, que esses são fortes indicativos de contaminação por necrochorume, principalmente através das análises da água do poço 1, onde foi constatado um teor elevado de nitratos, os quais podem ser muito perigosos para a saúde humana, pois sua fermentação pode gerar subprodutos, como a cadaverina. Também se percebeu que a condutividade estava elevada nos poços 1 e 2, aumentando assim o teor de sais minerais contidos nesses.

A probabilidade de o lençol freático estar contaminado é extremamente grande, porém para se tenha certeza de tal contaminação, há necessidade de perfurações de poços de monitoramento no interior do cemitério para poder analisar a água contida nos aquíferos e assim controlar uma possível contaminação. Foi verificada também a necessidade de realizar amostragens do solo, para o estudo do mesmo, além de realizar todas as análises mensalmente. Esses três fatores contribuirão na confirmação da contaminação pelo necrochorume, fator pelo qual se indica continuar o presente trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Bicudo CEM, Tundisi JG, Scheuenstuhl MCB. Águas do Brasil: análises estratégicas. São Paulo: Instituto de Botânica, 2010.
2. Migliorini RB. Cemitérios contaminam o meio ambiente? Um estudo de caso. Cuiabá: Editora da Universidade Federal de Mato Grosso, 2002.
3. Ferreira FA. Recursos hídricos e desenvolvimento: análise das condições de oferta de água subterrânea ao setor industrial de Criciúma (SC). (Dissertação de Mestrado). Criciúma (SC). Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais. Universidade do Extremo Sul Catarinense; 2009.

4. CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Águas Subterrâneas. Gestão Ambiental e de Recursos Hídricos. 2015. Disponível em: <<http://aguassubterraneas.cetesb.sp.gov.br/gestao-ambiental-e-dos-recursos-hidricos/>>. Acessado em: 28 set. 2015.
5. Baird C. Química ambiental. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.
6. Heller L, Pádua VL. Abastecimento de água para consumo humano. Minas Gerais: Editora UFMG, 2006.
7. Ribeiro WC. Aquífero Guarani: gestão compartilhada e soberania. 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-40142008000300014&script=sci_arttext>. Acessado em: 22 set. 2015.
8. Migliorini RB, Lima ZM, Zeilhofer LVAC. Qualidade das águas subterrâneas em áreas de cemitério. Região de Cuiabá-MT. Águas Subterrâneas 2006, 20:15-28.
9. Carneiro VS. Impactos causados por necrochorume de cemitérios: meio ambiente e saúde pública. XV Congresso Brasileiro de águas subterrâneas; 2008 Nov 11-14; Natal; Rio Grande do Norte; 2008.
10. Almeida AMD. Parâmetros físico-químicos de caracterização da contaminação do lençol freático por necrochorume. Seminário de Gestão Ambiental: um Convite a Interdisciplinariedade. Instituto Viana Junior. Juiz de Fora; Minas Gerais, 2005.
11. Macedo J. Métodos Laboratoriais de Análises Físico-químicas e Microbiológicas. Belo Horizonte (MG): Editora CPQ-MG, 2004.
12. Silva RWC, Malagutti Filho W, Moreira CA. Emprego do método da eletrorresistividade no estudo da contaminação subterrânea do Cemitério Municipal de Vila Rezende, Piracicaba, SP. Revista Brasileira de Geofísica 2009; 27(3): 389-399.
13. Brasil. Ministério da Saúde. Portaria MS Nº 2914 de 12/12/2011 (Federal). Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.
14. Eaton AD, Clesceri L, Rice E, Greenberg A. Standard Methods for the examination of water & wastewater. 21. ed. Prepared and published jointly by (USA): American Public Health Association. 2005
15. Santos, ES. Caderno pedagógico de Química: análises físico-químicas de águas e de solos. Pinhais: UTFPR, 2008.
16. Parron LP, Muniz DHF, Pereira CM. Manual de Procedimentos de amostragem e análise físico-química de água. Colombo: Embrapa, 2011.
17. ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10664: Determinação de Resíduos (sólidos) – Método Gravimétrico, 1989.

18. Rebelatto R, Klein CS, Bellaver FAV, Locatelli C. Otimização de teste de PCR para caracterização de *Haemophilus parasuis* em isolados bacterianos NAD-dependentes. 25º Congresso Brasileiro de Microbiologia; 2009 Nov 8-12; Porto de Galinhas; Pernambuco; 2009.
19. Bettega JMPR, Machado MR, Presibella M, Baniski G, Barbosa CA. Métodos analíticos no controle microbiológico da água para consumo humano. Cienc. agrotec. 2006, vol.30, n.5, pp.950-954.
20. Neira DF, Terra VT, Prate-Santos R, Barbiéri. RS. Impactos do necrochorume nas águas subterrâneas do cemitério de Santa Inês, Espírito Santo, Brasil. *Natureza on line* 2008; 6(1):36-41. Disponível em: < <http://www.naturezaonline.com.br> >. Acessado em: 20 set. 2015.
21. Richter CA. Tratamento de Água: Tecnologia Atualizada, São Paulo, 2007.
22. Moura MHG, Bueno RM, Milani IC, Collares GL. Análise das águas dos poços artesianos do campus CAVGUFPEL, 2008.
23. New York State Department of Health. Manual para operadores de estações de tratamento de água. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1971.
24. Class IC, Maia RAM. Efluentes líquidos. Brasília: SENAI/DN, 2003.