



Avaliação situacional da qualidade físico-química e microbiológica de águas de fontes naturais de Muriaé (MG)

Melina Vasconcelos Leite, melzinhafarma@yahoo.com.br¹; **Milena Souza Viana**¹; **Cleverson Queodino Netto**¹; **Samuel Ferreira da Silva**²

1. Graduados em Farmácia pela Faculdade de Minas (FAMINAS);
2. Doutorando em Agroquímica pela Universidade Federal de Viçosa – UFV e professor na Faculdade de Minas (FAMINAS).

Artigo protocolado em 10 out. 2010 e aprovado em 10 fev. 2011

RESUMO: As águas de fontes naturais estão sendo cada vez mais utilizadas devido à sua excelente qualidade e ao seu baixo custo de obtenção. Contudo, diversas alterações indesejáveis podem ocorrer prejudicando suas características. Ao se avaliar oito fontes de águas naturais de Muriaé (MG), percebeu-se que alguns parâmetros apresentaram-se aceitáveis, enquanto outros não. Nos parâmetros dureza total, cloreto, fósforo, STD e coliformes totais e termotolerantes, os resultados encontrados foram satisfatórios. Contudo, nos parâmetros pH, cloro residual e oxigênio consumido e dissolvido não se observou conformidade com os padrões de qualidade preconizados nas legislações consideradas.

Palavras-chave: fontes de águas naturais, qualidade.

RESUMEN: Evaluación de la situación de la calidad físico-química y microbiológica del agua de fuentes naturales de Muriaé (MG). Las aguas de fuentes naturales son cada vez más utilizado

devido a su excelente calidad y bajo costo de producción. Sin embargo, algunos cambios no deseados pueden ocurrir que afectan a sus características. Al evaluar ocho fuentes de agua natural en Muriaé (MG) , se observó algunos parámetros que se presentan como aceptable, mientras que otros no lo son. En parámetros como la dureza total, cloro, fósforo, y enfermedades de transmisión sexual y coliformes fecales, los resultados fueron satisfactorios. Sin embargo, los parámetros pH, cloro residual y el oxígeno disuelto consumido no hubo cumplimiento con los estándares recomendados de calidad de la legislación considerada.

Palabras llaves: fuentes de agua naturales y de calidad.

ABSTRACT: Situational assessment of the physical-chemical and microbiological quality of water from natural sources of Muriaé (MG). The waters from natural sources are being increasingly used because of its excellent quality and low cost production. However, several undesirable changes may occur affecting its characteristics. When evaluating eight natural water sources in Muriaé (MG), it was noted some parameters presented as acceptable, while others are not. In parameters like total hardness, chloride, phosphorus, and STD and thermotolerant coliforms, the results were satisfactory. However, the parameters pH, residual chlorine and dissolved oxygen consumed there was no compliance with the recommended standards of quality in considered legislation.

Keywords: natural water sources, quality.

Introdução

A água é um elemento imprescindível para a manutenção da vida. Sua participação na dinâmica da natureza é a base para a perpetuação das espécies e viabiliza todos os eventos dos nichos ecológicos. Na Terra, 97% estão na

forma de oceanos, 3 % na forma de gelo nas calotas polares e somente 0,3% está disponível para utilização do homem. Não obstante, o seu uso indiscriminado e a poluição vêm contribuindo para a sua escassez e preocupante interferência na saúde humana e dos animais que a consomem (TUNDISI, 2003).

As águas subterrâneas constituem a maior parcela de toda água presente no planeta, viáveis para o consumo humano e dos animais. Elas contribuem para a formação das bacias hidrográficas; são imprescindíveis nos períodos de secas e estiagens; e estão sendo cada vez mais utilizadas para o consumo humano, para a dessedentação de animais, na agricultura e nas indústrias (REBOUÇAS, 2001). As águas subterrâneas originam-se de águas superficiais que se infiltram no subsolo e atingem áreas mais profundas, agregando ou perdendo sais os quais podem mudar suas características iniciais (RAMIRES et al., 2004). Elas são acessadas através de fontes naturais ou poços artesianos. Estes necessitam de aparatos físicos para a sua obtenção já aquelas possuem uma vazão própria (TINOCO, 2006). Devido às suas comodidades de obtenção e isenção de custo, as fontes de águas naturais são comumente utilizadas como solução alternativa para consumo humano em detrimento do sistema de abastecimento convencional de água.

A presença de resíduos tóxicos, substâncias químicas em concentrações elevadas e microrganismos patogênicos são fatores intimamente relacionados à deterioração da qualidade das águas. Os contaminantes apresentam diversas origens, sendo a ação antropogênica a maior contribuinte para o seu acúmulo. Atividades insustentáveis agressivas ao meio ambiente e os desequilíbrios biológicos são determinantes para as alterações nocivas dos recursos hídricos (BRANCO, 2003).

A composição dos solos é um grande contribuinte para a descontaminação das águas, entretanto, nem sempre ele é capaz de reter todas as impurezas oriundas da superfície (COELHO; DUARTE, 2003). Assim, faz-se necessária a verificação periódica da qualidade hídrica de fontes naturais, a fim de se detectar possíveis desvios de qualidade danosos à saúde dos usuários.

Neste âmbito, o objetivo do presente estudo foi avaliar a situação atual da qualidade de oito fontes de águas naturais do município de Muriaé (MG). Para se verificar a qualidade das soluções alternativas de consumo, foram realizados testes físico-químicos e microbiológicos, os quais foram comparados com os padrões de potabilidade expressos na Portaria 518, de 25 de março de 2004 e na Resolução Conama n. 357, de 17 de março de 2005 (águas da classe 1). Os parâmetros avaliados foram temperatura, pH, alcalinidade total, acidez total, dureza total, cloro residual, cloreto, oxigênio consumido, oxigênio dissolvido, fósforo, coliformes totais e coliformes termotolerantes.

I – Materiais e métodos

1.1 – Caracterização da área de estudo

A cidade de Muriaé se apresenta nas coordenadas geográficas 21°07'50" de latitude Sul e 42°51'59" de longitude a oeste de Greenwich. Ela se situa em um vale estreito entre o rio Muriaé e os morros que a circundam. Possui altitudes entre 198 metros na sede e 1580 metros no Pico do Itajuru. O clima de Muriaé é tropical quente e úmido com temperaturas oscilando entre a média máxima de 38 °C e média mínima de 15 °C, sendo a média anual de 23 °C. A precipitação média característica da cidade é de 1191 milímetros, tendo épocas de chuvas abundantes (outubro e março) e esparsas (entre abril e setembro) (MURIAÉ, 2005-2008).

Nos domínios do município de Muriaé (MG), foram avaliadas 8 fontes de águas naturais, escolhidas aleatoriamente. Elas foram identificadas como ponto de coleta 1 (bairro Chalé), 2 (bairro Barra), 3 (bairro União), 4 (BR 116, km 709), 5 (bairro Bico Doce), 6 (bairro João XXIII), 7 (bairro Dornelas) e 8 (bairro Santana). As fontes 4, 6 e 8 se encontravam em propriedades particulares, enquanto as outras se localizavam em domínios públicos.

1.2 – Coleta, armazenagem e transporte das amostras

A coleta de todas as amostras foi realizada no período de maio a junho de 2009. Elas foram adquiridas no ponto de saída da água, a qual é acessada pelos usuários. As coletas foram efetuadas no turno matutino, entre 7 e 8 horas, sendo os frascos refrigerados em caixas de isopor com gelo (aproximadamente 4 °C), a fim de se manter as propriedades físico-químicas e biológicas das amostras. As visitas às 8 fontes de água foram divididas em duas campanhas, sendo quatro pontos por vez. Cada bateria de testes demandou 7 dias, sendo respeitado o tempo máximo permitido para cada teste físico-químico.

As amostras foram coletadas, armazenadas e transportadas levando-se em consideração os procedimentos padrões de coleta expressos no livro **Métodos laboratoriais de análises físico-químicas e microbiológicas** (MACÊDO, 2003). Para a coleta das amostras, foram utilizados frascos de vidro e de polietileno devidamente identificados com etiquetas. Cada tipo de teste exigia um recipiente de coleta distinto devido à possível alteração nos resultados. Para a determinação do parâmetro oxigênio dissolvido, utilizaram-se frascos de vidro, previamente higienizados com água potável e água destilada e secos em estufa a 100 °C. Para o restante das análises físico-químicas, coletaram-se as amostras em frascos de polietileno, devidamente higienizados com água potável e água

destilada e secos em estufa a 40 °C. Para as análises microbiológicas, recorreu-se aos frascos próprios do Kit utilizado. Posteriormente, as amostras foram encaminhadas imediatamente ao Laboratório de Química da FAMINAS (Faculdade de Minas) para as análises.

1.3 – Análises físico-químicas

As análises físico-químicas foram realizadas utilizando-se como referência a metodologia descrita por Macêdo (2003). Os parâmetros avaliados foram temperatura, potencial hidrogeniônico (pH), alcalinidade total, acidez total, dureza total, cloro residual, cloretos, oxigênio consumido, oxigênio dissolvido, fósforo, sólidos totais dissolvidos, sólidos fixos e sólidos voláteis.

A temperatura das amostras foi aferida em campo através de um termômetro HG modelo QMI, faixa -10 °C a 310 °C. No local de coleta, a água da fonte natural foi adicionada em um béquer em que se submergiu o termômetro. Aguardou-se aproximadamente 1 minuto e realizou-se a leitura da temperatura. A leitura do pH das amostras foi realizada imediatamente após a sua entrada no Laboratório de Química da FAMINAS - Faculdade de Minas. Foi utilizado o peagâmetro de bancada modelo QUIMS-Q-400A, devidamente calibrado de acordo com as especificações do equipamento.

O restante dos testes se baseou no método de titulometria e requereu o preparo de soluções nas quais foram utilizados os reagentes das marcas Audaz, Synth, Vetec e FM. A metodologia de preparo das soluções utilizadas, bem como as padronizações pertinentes, foi a desenvolvida por Macêdo (2003) e Morita (1968). Todos os testes titulométricos foram realizados em triplicata, sendo calculados o valor médio e o desvio padrão.

Para a determinação da alcalinidade total utilizaram-se as soluções de ácido sulfúrico (H_2SO_4) 0,02 N (padronizada), solução alcoólica de fenolfetaleína 1% SI; solução de metilorange 0,2% SI, de tiosulfato de sódio ($Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$) 0,1 N (padronizada) e de ortotolidina 0,1%. O método de determinação da alcalinidade se baseia na titulação da amostra com um ácido, a fim de se neutralizar os íons básicos presentes (MACÊDO, 2003).

Para a determinação da acidez total, adotou-se a metodologia baseada na titulação da amostra com uma solução básica, a fim de se neutralizar os ácidos possivelmente presentes. As soluções utilizadas no procedimento foram a solução alcoólica de fenolfetaleína 1% SI e solução de hidróxido de sódio (NaOH) 0,01 N (padronizada) (MACÊDO, 2003).

Para a realização do teste dureza total, requereu-se a utilização das soluções de hidróxido de sódio (NaOH) 2%, indicador murexida e solução de sal dissódico de EDTA M/100 (padronizada) (MACÊDO, 2003).

Para o teste de cloro residual, fez-se o uso das soluções de iodeto de potássio (KI) 10%, ácido clorídrico (HCl) 1:3, tiosulfato de sódio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) 0,01 N (padronizada) e amido 0,5% SI. Na determinação de cloretos, utilizaram-se as soluções de cromato de potássio 5% SI; carbonato de cálcio e nitrato de prata (AgNO_3) 0,01 N (padronizada) (MACÊDO, 2003).

Para o teste de oxigênio dissolvido (OD), requereu-se a utilização das soluções de cloreto manganoso 80%, de hidróxido de sódio (NaOH) 30%, de iodeto de potássio (KI) 10%, ácido clorídrico (HCl) 50%, de tiosulfato de sódio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) 0,0125 N (padronizada) e de amido 1% SI. Na determinação de oxigênio consumido (OC), utilizaram-se as soluções de ácido sulfúrico (H_2SO_4) 50%, de permanganato de potássio (KMnO_4) 0,0125 N (padronizada) e de oxalato de sódio 0,0125 N (MACÊDO, 2003).

Para a avaliação do fósforo total, utilizaram-se as soluções de ácido sulfúrico em álcool, de molibdato de amônio 5%, de cloreto estanhoso 1,6% e de fosfato biácido de potássio 0,003 M (MACÊDO, 2003).

A determinação do teor de sólidos totais dissolvidos foi realizada através da evaporação de 500 mL da amostra constantes em béqueres na chapa aquecedora. O béquer foi previamente pesado e após a evaporação total da água ele foi transferido para a estufa onde permaneceu por 1 hora a uma temperatura de 110 °C. Pesou-se novamente o béquer e através da diferença das pesagens obteve-se o resultado referente aos sólidos totais dissolvidos. Posteriormente, os resíduos aderidos à parede do béquer foram retirados com o auxílio de uma espátula e lhes transferiu para cadinhos de porcelana, previamente pesados. Calcinou-se o conteúdo do cadinho na mufla a 600 °C por 2 horas e pesou-se novamente o cadinho. Adquiriram-se, assim, os valores de sólidos fixos e voláteis (MACÊDO, 2003).

Os resultados encontrados foram comparados com os padrões de potabilidade constantes na Portaria 518, de 25 de março de 2004 e na Resolução CONAMA n. 357, de 17 de março de 2005 (águas da classe 1).

1.4 – Análises microbiológicas

As análises microbiológicas foram realizadas através dos meios para análise de água Probac do Brasil, Coliformesbac. Este é indicado para a detecção de coliformes totais e coliformes termotolerantes (fecais). Os kits utilizados são compostos por dois frascos (1 e 2) contendo meios de cultura favoráveis ao crescimento bacteriano, os quais são acoplados um no outro. O Frasco 1 possui um meio de cultura desidratado, esterilizado e seletivo para coliformes. Ele contém em sua constituição lactose, a qual deverá ser fermentada por coliformes com a produção de ácido e gás. Este deve ser reconstituído com 100 mL de

amostra e, para isso, há uma indicação na embalagem do nível correspondente a esse volume. O Frasco 2 é composto por um laminocultivo com dois meios de cultivo cromogênicos seletivos e diferenciais para *Escherichia coli* e coliformes totais e um indicador da produção de gás. Este indicador adquire uma coloração vermelha na presença de gás (D'AGUILA et al.,2000).

As amostras foram coletadas através do Frasco 1, sendo que imediatamente realizou-se a homogeneização das amostras para dissolução do meio de cultura. Elas foram armazenadas sob refrigeração (aproximadamente 4 °C) em caixas de isopor e as encaminhou ao laboratório. Após a sua entrada no local, incubaram-se os frascos a 35 °C±2 °C por aproximadamente 2 horas e acoplou-se o Frasco 2 no Frasco 1. Posteriormente incubou-os a 35 °C±2 °C por 6-8 horas. Decorrido este período, efetuou-se uma inversão da amostra para a semeadura do Frasco 2. Incubou-as novamente por 24 horas na estufa a 35 °C±2 °C. Nos frascos em que não se observou crescimento bacteriano, inverteram-se novamente os frascos e incubou-os novamente por mais 4 horas.

Os resultados encontrados foram comparados com os padrões de potabilidade constantes na Portaria 518, de 25 de março de 2004 e na Resolução CONAMA n. 357, de 17 de março de 2005 (águas da classe 1).

II – Resultados e discussão

Os resultados obtidos referentes aos parâmetros físico-químicos estão compilados de forma sucinta nas Tabelas 1, 2, 3 e 4 de forma a expressar a média e o desvio padrão.

De acordo com os dados contidos na Tabela 1, nota-se que não houve grandes discrepâncias entre as temperaturas das fontes naturais. Os valores oscilaram entre 21 °C e 25 °C. Lastoria et al. (2008) observaram em seu trabalho temperaturas mais elevadas em águas de poço, sendo a oscilação entre 26 °C e 30 °C. Contudo, essa diferença entre as temperaturas pode ter ocorrido devido ao período de análise em sua pesquisa, a qual foi em dezembro. Sabe-se que, nesse período, a incidência de raios solares é maior, promovendo um aquecimento das águas.

O maior contribuinte para o controle da temperatura da água é a energia solar. Um dos fatores que garante a proteção da água contra os raios solares é a cobertura vegetal presente nos locais adjacentes ao percurso da água. Ela impede a penetração da radiação solar no ambiente aquático, garantindo sua temperatura mais reduzida (BUENO; GALBIATTI; BORGES, 2005). Temperaturas mais elevadas aceleram muitas reações, sobretudo aquelas relacionadas à ação de agentes tóxicos e resíduos químicos. Além disso, a oscilação de temperatura afeta o comportamento de espécies aquáticas. Enquanto algumas delas se de-

TABELA 1 Resultados referentes à temperatura, pH, acidez e alcalinidade

Parâmetro	Pontos de coleta							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Temperatura (°C)	25	23	24	21	23	25	25	25
pH	5	4,9	5,3	5,1	7,53	4,68	5,28	4,93
Acidez (mg de CO ₂ /L)	34,66± 0,3	60,21± 0,2	32,16± 0,3	30,92± 0,3	8,35± 0,2	10,22± 0,1	46,00± 0,1	93,38± 0,3
Alcalinidade (mg de CaCO ₃ /L)	24,08± 1,3	30,32± 1,3	21,25± 0,9	13,88± 0,5	39,38± 1,9	11,9	20,40± 0,9	13,6± 1,5

envolvem melhor em temperaturas elevadas, outras se adaptam com mais êxito em temperaturas mais baixas (PRATTE-SANTOS, 2007). O que delimita muitas vezes a sobrevivência de determinadas espécies é que temperaturas mais altas diminuem a capacidade de absorção de gases pela água, sobretudo o oxigênio atmosférico (FINOTTI; CAICEDO; RODRIGUEZ, 2001).

Avaliando-se os resultados obtidos na determinação do pH (Tabela 1), infere-se que a maioria das águas apresenta características ácidas. De acordo com a Portaria 518, a única fonte cujas águas estão dentro do padrão de potabilidade de 6,0 a 9,5, é a Fonte 5. O restante das amostras encontra-se em desacordo com os padrões exigidos, levando-se em consideração o parâmetro pH.

Analisando-se os resultados encontrados para os testes titulométricos de acidez e alcalinidade (Tabela 1), comprovam-se os valores de pH. Todas as amostras, excetuando-se a Fonte 5, encontram-se consideravelmente mais ácidas. A Fonte 6, ao se comparar a acidez com a alcalinidade, apresenta características levemente mais básicas. De acordo com o Instituto da Água, os valores aceitáveis para a alcalinidade total estão compreendidos entre 5 e 125 mg/L. Levando-se em consideração esses dados, infere-se que todas as amostras apresentaram resultados satisfatórios (INSTITUTO DA ÁGUA, 2000).

Melo, Dantas e Cezar (2000) encontraram resultados semelhantes. Em todas as amostras de águas subterrâneas (acessadas por meio de poços artesianos) a acidez apresentava valores mais elevados do que a alcalinidade. Segundo os autores, esse valor pode ser explicado devido à constituição do solo da região. Além disso, a acidez constante nas águas das fontes pode ser recorrente do CO_2 atmosférico, do CO_2 decomposto de matéria orgânica, além do ácido H_2CO_3 oriundo da reação de CO_2 e H_2O no solo. A inadequação do valor do pH de uma fonte pode trazer alterações metabólicas aos consumidores, as quais são contribuintes para desordens digestivas (SILVA, 1984). Além disso, os valores de pH interferem fortemente na solubilidade de muitos contaminantes (FERREIRA et al., [2007 ou 2008]). A correção do pH é realizada naturalmente, de acordo com a interação entre os componentes minerais da água. A oscilação da acidez e alcalinidade é comum e varia de acordo com as mudanças climáticas e a constituição geológica e dos solos do local (HAMAN; BOTTCHEER, 1986).

Analisando os dados referentes à dureza total (Tabela 2), infere-se que as águas apresentam-se dentro do padrão exigido pela Portaria 518, cujo valor máximo permitido é de 500 mg CaCO_3/L . Os valores encontrados não apresentaram grandes discrepâncias, sendo que o maior deles, 65,33 mg de CaCO_3/L , constou-se consideravelmente abaixo do teor máximo permitido dos íons que conferem dureza à água. Melo, Dantas e Cezar (2000) encontraram valores próximos em suas análises de águas subterrâneas acessadas através de po-

ços. Outro fator semelhante entre os dois trabalhos é o fato de a dureza total ter sido maior que os valores de alcalinidade total em 7 das fontes naturais. De acordo com estes autores, isso pode ser um sinal de predominância de dureza por carbonatos.

De acordo com a Portaria 518, recomenda-se uma faixa ideal de cloro residual de 0,2 mg/L a 2 mg/L, em qualquer ponto de abastecimento de água, pois dessa forma é garantida uma eficaz desinfecção das águas para consumo humano. Levando-se em consideração este padrão de aceitabilidade, somente as Fontes naturais 1, 2 e 3 enquadram-se nos requisitos descritos na Portaria 518. Contudo, nas águas de fontes naturais não há nenhum processo de desinfecção, sendo o cloro residual oriundo da constituição dos minerais presentes no solo. Observando-se o trabalho de D'aguila et al. (2000), verifica-se que em águas para abastecimento público, os valores de cloro residual se apresentaram acima de 0,2 em aproximadamente 67% das amostras. Assim, pode-se inferir que nas águas em que há processos de desinfecção os valores de cloro residual são realmente mais elevados. A Resolução n. 357 da Conama (águas da classe 1) preconiza um valor máximo de cloro residual, nos corpos de água, de 0,01 mg de Cl₂/L. Levando-se em consideração este padrão de aceitabilidade, somente as fontes naturais 5, 7 e 8 apresentam concentrações dentro do valor máximo permitido pela legislação em questão. Em água em que não há tratamento, os valores de cloro residual devem ser menores do que 0,01 mg Cl₂/L, pois ele é oriundo da constituição geológica do local. Vários fatores contribuem para um equilíbrio natural das águas das fontes. Assim os valores de Cl₂ são bastante variáveis, sendo importante a monitoração a fim de se descobrir acertadamente a origem do íon. Também é importante ressaltar que o valor nulo obtido nos testes de três pontos de coleta, não extingue a possível presença de Cl₂. O método titulométrico utilizado pode não ser sensível o suficiente para captar concentrações muito reduzidas de cloro residual.

A determinação de cloreto demonstrou que todas as águas das fontes avaliadas se encontram dentro dos padrões de potabilidade exigidos pela Portaria 518, cujo valor máximo permitido é de 250 mg de cloreto/L expressos em Cl⁻. O maior valor encontrado nas análises foi de 3,59 mg de cloreto/L expressos em Cl⁻, na Fonte 8, sendo consideravelmente menor que o valor máximo permitido. Este resultado demonstra que sob este parâmetro, as águas se enquadram nos padrões de potabilidade. Barcellos et al. (2006), em seu estudo, obtiveram resultados mais elevados que o da presente análise. Os valores encontrados foram entre 6,67 e 8,22 mg de Cl⁻/L em fontes de águas naturais. Contudo, eles são também consideravelmente mais baixos que o valor máximo permitido pela Portaria 518 de 250 mg de Cl⁻/L. Deve-se ressaltar que o valor máximo permitido pela Conama 357/2005 (águas da classe I) também é 250 mg de Cl⁻/L.

TABELA 2 Resultados referentes à dureza total, cloro residual e cloreto

Parâmetro	Pontos de coleta							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Dureza total (mg de CaCO ₃ /L)	42,14± 0,3	29,07± 0,2	22,21± 0,16	23,19± 0,1	65,33± 0,1	37,89± 0,1	45,41± 0,2	34,3± 0,1
Cloro residual	0,52± 0,19	0,42± 0,19	0,21± 0,19	0,10± 0,19	0	0,11± 0,19	0	0
Cloreto (mg de cloreto /L expresso em Cl)	2,48± 0,2	2,59± 0,2	1,95± 0,3	2,59± 0,3	2,48± 0,2	2,7± 0,3	1,84± 0,3	3,56± 0,3

O parâmetro OC é um indicativo de matéria orgânica oxidável, sendo assim, pode-se estimar a quantidade de matéria orgânica presente na água avaliada. Ao se analisar os resultados expressos na Tabela 3, infere-se que o teor de matéria orgânica encontra-se inversamente proporcional ao teor de OD. Em todas as amostras, a concentração de OC revelou-se maior do que a concentração de OD. De acordo com a Resolução Conama n. 357/2005 (águas da classe I), todas as amostras são reprovadas levando-se em consideração o parâmetro OD. Preconiza-se um valor mínimo de 6 mg/ L de OD. Dentre as amostras, o maior valor encontrado foi o referente à fonte 7 (0,84 mg/ L \pm 0,05), sendo ele consideravelmente abaixo do valor mínimo exigido. O fato do valor de OC estar mais elevado do que a concentração de OD, insinua a possível presença de determinados microrganismos nas águas. Estes, ao utilizarem a matéria orgânica, consomem consideráveis parcelas de OD. Resultados semelhantes foram observados em outros trabalhos da mesma estirpe, como no caso de Bueno, Galbiatti e Borges (2005). Contudo, estes resultados não indicam acertadamente que os mananciais subterrâneos contêm matéria orgânica. Esta pode ter sido inserida à água no decorrer do seu percurso desde a nascente até o ponto de coleta do usuário.

Avaliando-se os resultados encontrados para a determinação de fósforo total (Tabela 3), infere-se que todas as amostras encontram-se dentro do valor máximo permitido pela Conama 357/2005 (águas de classe 1) de 0,1 mg de P/ L. Não houve uma oscilação discrepante entre as concentrações de fósforo nas amostras. Somente a amostra 5 encontra-se no limiar permitido, se destacando entre as outras. Nesta fonte, é importante descobrir a origem do fósforo presente na água, a fim de se inviabilizar o seu aumento. Esses valores podem também variar dependendo do índice pluviométrico do período. Este elemento pode ser oriundo da formação geológica do local, de práticas agrícolas adjacentes e/ou devido a algum foco de poluição, como depósitos de lixo e despejo de esgoto, nas imediações (TOLEDO; NICOLELLA, 2002).

Ao se avaliar os resultados obtidos para a determinação de sólidos totais dissolvidos (Tabela 4), infere-se que todas as amostras encontram-se aceitáveis. O valor máximo permitido pela Conama n. 357 (águas da classe 1) é de 500 mg de resíduo seco/L. Já a Portaria 518 prescreve um valor máximo permitido de 1000 mg de resíduo seco/L. Segundo as duas legislações, as águas de todas as fontes naturais encontram-se dentro dos padrões. Não houve diferenças discrepantes entre os resultados das fontes no quesito sólidos totais dissolvidos, sendo que o maior valor encontrado foi de 90 mg de resíduo seco/L na água da Fonte 3. Pereira e Quinária (2007) encontraram valores consideravelmente maiores de sólidos totais dissolvidos em suas análises de águas de cacimbas (fontes naturais) em um município do Ceará. Contudo, a diferença discrepante pode

TABELA 3 Resultados referentes a oxigênio consumido, oxigênio dissolvido e fósforo

Parâmetro	Pontos de coleta							
	1	2	3	4	5	6	7	8
OC*/L	1,39± 0,2	1,64± 0,1	2,06± 0,3	2,37± 0,3	3,67± 0,3	2,09± 0,1	2,26± 0,2	1,78± 0,3
OD*/L	0,83± 0,1	0,71± 0,01	0,73± 0,1	0,66± 0,01	0,8± 0,01	0,66± 0,1	0,84± 0,1	0,64± 0,1
Fósforo (mg de P/L)	0,04± 0,02	0,03± 0,02	0,02± 0,01	0,04± 0,02	0,10± 0,01	0,04± 0,01	0,01± 0,01	0,03± 0,01

TABELA 4 Resultados referentes a sólidos totais dissolvidos, sólidos fixos e sólidos voláteis

Parâmetro	Pontos de coleta							
	1	2	3	4	5	6	7	8
STD* (mg de resíduo seco/L)	26,67	43,33	90	33,33	33,33	46,67	46,67	40
SF* (mg de resíduo seco/L)	13,33	26,66	23,33	10	33,33	23,33	26,66	36,66
SV* (mg de resíduo seco/L)	6,66	6,66	13,33	3,33	10	13,33	13,33	20

ser explicada levando-se em consideração a constituição geológica do local e o volume pluviométrico da região. No município de Muriaé, (MG), as chuvas são mais freqüentes, assim há uma maior renovação dos reservatórios subterrâneos não havendo um acúmulo de sólidos dissolvidos. Em todas as amostras o teor de sólidos fixos foi mais elevado. Esse achado comprova dados já determinados na literatura. Geralmente os sais inorgânicos (sólidos fixos) encontram-se em maior quantidade do que matéria orgânica (sólidos voláteis) em águas subterrâneas (MACÊDO, 2003).

Os resultados obtidos referentes aos parâmetros microbiológicos estão compilados de forma sucinta na Tabela 5, de forma a expressar os resultados em ausência (-) e presença (+) de coliformes totais e coliformes termotolerantes.

As análises microbiológicas revelaram que todas as fontes avaliadas apresentaram águas qualificadas de acordo com a Portaria 518. Nela preconiza-se a nulidade quanto ao número de unidades formadoras de colônias em 100 mL de amostra. Tanto para coliformes totais quanto para coliformes termotolerantes (fecais), o resultado encontrado foi nulo, isto é, não houve crescimento bacteriano. Portanto, quanto às análises microbiológicas, as águas podem ser consideradas qualificadas.

III – Considerações finais

A avaliação periódica da qualidade físico-química e microbiológica de fontes de águas naturais é extremamente importante para se inviabilizar influências negativas aos seus usuários. A partir dos dados obtidos no trabalho, conclui-se que, levando-se em consideração alguns parâmetros, as águas apresentaram-se dentro das especificações exigidas pelas legislações pertinentes. No entanto, alguns resultados não apresentaram valores satisfatórios. Nos parâmetros dureza total, alcalinidade total, cloreto, fósforo total e sólidos totais dissolvidos, os resultados encontrados foram aceitáveis para as águas de todas as fontes naturais. Os valores obtidos para os parâmetros oxigênio consumido e oxigênio dissolvido, não se enquadram nos padrões de qualidade preconizados nas legislações consideradas em nenhuma das amostras analisadas. Nos parâmetros pH e cloro residual, somente algumas fontes apresentaram valores satisfatórios. No caso do potencial hidrogeniônico, somente a Fonte 5 enquadra-se no padrão prescrito na Portaria 518. No parâmetro cloro residual, segundo a Portaria 518, somente as Fontes 1, 2 e 3 enquadram-se no padrão; já de acordo com a Conama 357 (águas da classe 1), somente as Fontes 5, 7 e 8 são satisfatórias.

Deve-se ressaltar que não há uma legislação específica que estabeleça padrões de qualidade para as águas subterrâneas. Assim, foram considerados

aqueles constantes em legislações que não exprimem de forma adequada e bem organizada os padrões referentes aos parâmetros avaliados.

Não há um controle efetivo da qualidade das águas utilizadas como soluções alternativas de consumo, a não ser aquelas exploradas com intuitos comerciais. A ilusão de que as águas de fontes naturais são espontaneamente qualificadas muitas vezes impossibilita a implantação de programas de monitoramento. Além disso, não há uma catalogação de todos os pontos onde se encontram as fontes de águas naturais. Esse fato dificulta o trabalho dos órgãos responsáveis pela qualidade dos recursos subterrâneos do município de Muriaé e compromete a saúde dos usuários. Estando em perímetros urbanos, as fontes analisadas necessitam de um cuidado maior a fim de se evitarem as contaminações. O trajeto percorrido desde a nascente até o ponto de coleta pelo usuário deve ser conservado, sendo preconizada uma distância segura de focos de poluição.

As fontes de águas naturais necessitam de medidas preventivas para se evitar a sua contaminação, além de serem necessários programas de monitoramento atuantes. Deve-se ressaltar ainda a importância da conscientização dos usuários das soluções alternativas de consumo à respeito da qualidade da água utilizada. O emprego de procedimentos simples que eliminem possíveis contaminantes deve ser preconizado e divulgado. Além disso, é de suma importância que sejam realizados estudos sobre métodos rápidos e eficazes de tratamentos prévios antes de se utilizarem as águas.

Referências bibliográficas

BRANCO, S. M. **Água: origem, uso e preservação**. 2. ed. São Paulo: Moderna, 2003.

BRASIL. Portaria n. 518, de 25 de março de 2004. O Ministério da Saúde aprova normas e padrões de potabilidade da água destinada ao consumo humano. **Diário Oficial**, Seção 1, p. 266-70, Brasília, 2004.

BUENO, L. F.; GALBIATTI, J. A.; BORGES, M. J. Monitoramento de variáveis de qualidade da água do Horto Ouro Verde - Conchal - SP. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, SP, v. 25, n. 3, p. 742-748, set./dez. 2005.

COELHO, V. M. T.; DUARTE, U. Perímetro de proteção para fontes naturais de águas subterrâneas. **Revista Águas Subterrâneas**, São Paulo, n. 17, p. 77-91, maio 2003.

CONAMA. Resolução n. 357 do Conselho Nacional de Meio Ambiente, de 18 de março de 2005. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2005.

D'AGUILA, P. S. et al. Avaliação da qualidade de água para abastecimento público do Município de Nova Iguaçu. **Caderno Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 16, n. 3, p. 791-798, jul./set. 2000. Disponível em: <<http://www.probac.com.br/docs/catalogo.pdf>>. Acesso em: 26 set. 2009.

FERREIRA, C. S. et al. Monitorização da qualidade da água subterrânea na Escola Superior Agrária de Coimbra. **Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos (APRH)**. [2007 ou 2008]. Disponível em: <http://www.esac.pt/Emas@school/EMAS@SCHOOL/Publicacoes/Comunicacoes/APRH/APRH_sub.pdf>. Acesso em: 25 set. 2009.

FINOTTI, A. R.; CAICEDO, N. O. L.; RODRIGUEZ, M. T. R. Contaminações subterrâneas com combustíveis derivados de petróleo: toxicidade e a legislação brasileira. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos – RBRH**, Porto Alegre, v. 6, n. 2, p. 29-46, abr./jun. 2001.

HAMAN, D. Z.; BOTTCHER, D. B. Home Water Quality and Safety. University of Florida, **Cooperative Extension Service**, Circular 703, Florida, 1986.

INSTITUTO DA ÁGUA. **Estudo dos recursos hídricos subterrâneos do Alentejo**: nascentes do Alentejo. Centro de Geologia, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, 2000.

LASTORIA et al. Qualidade da água do Aquífero Guarani para irrigação, na bacia do Ribeirão Salobra em Terenos-MS, Brasil. In: **II Congresso Aquífero Guarani**, p. 51-5, Ribeirão Preto, 2008.

MACÊDO, J. A. B. de. **Métodos laboratoriais de análises físico-químicas e microbiológicas**. 2. ed. Belo Horizonte-MG: CRQ-MG, 2003.

MELO, J. L. S.; DANTAS, J. de M; CESAR, G. M. Avaliação preliminar da qualidade das águas dos poços artesianos do Campus Universitário da UFRN-Natal/RN. In: **XXVII Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria Y Ambiental**, Porto Alegre/RS., 2000.

MORITA, T.; ASSUMPCÃO, R. M. V. **Manual de soluções, reagentes e solventes**. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda, 1968.

MURIAÉ - 150 anos de História. **Revista Comemorativa do Sesquicentenário de Muriaé - 1855-2005**. Administração 2005-2008, Prefeitura Municipal de Muriaé.

PEREIRA, C. D; QUINÁIA, S. P. Estudo do coeficiente de distribuição de Cr em águas naturais. **Ambiência - Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais**, Paraná, v. 3, n. 1, jan./abr. 2007.

PRATTE-SANTOS, R. **O monitoramento do rio Jucu Braço Sul: caracterização dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos**. ES. 2007. Monografia (Bacharel em Ciências Biológicas). Centro Universitário Vila Velha, Espírito Santo, 2007.

RAMIRES, I. et al. Avaliação da concentração de flúor e do consumo de água mineral. **Revista Saúde Pública**, São Paulo, v. 38, n. 3, p. 459-65, jun./2004.

REBOUÇAS, A. da C. Água e desenvolvimento rural. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 15, n. 43, p. 327-344, set./dez. 2001.

SILVA, A. B. Evolução química das águas subterrâneas. **Revista Águas Subterrâneas**, São Paulo, n. 7, p. 5-12, s/m, 1983.

TINOCO, M. P. **Águas subterrâneas**. São José dos Campos: KMR, 2006.

TOLEDO, L. G. de; NICOLELLA, G. Índice de qualidade de água em microbacia sob uso agrícola e urbano. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 59, n. 1, p. 181-186, jan./mar. 2002.

TUNDISI, J. G. Ciclo hidrológico e gerenciamento integrado. **Ciência e Cultura**, Campinas, v. 55, n. 4, p. 31-33, out./dez.2003.