

SAÚDE E QUALIDADE DA ÁGUA: Análises Microbiológicas e Físico-Químicas em Águas Subterrâneas

Renata de Souza Santos¹

Tainara Mohr²

Resumo

Este trabalho apresenta resultados obtidos a partir da determinação de parâmetros físico-químicos e microbiológicos de águas subterrâneas utilizadas para consumo humano. Duas amostras de água foram coletadas de poços subterrâneos localizados na cidade de Chiapetta e uma amostra na cidade de Santo Antônio das Missões, ambas as cidades localizadas na Região Noroeste do estado do Rio Grande do Sul. O objetivo deste trabalho foi avaliar e comparar os resultados obtidos pelas análises com os valores máximos permitidos de acordo com a Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde, a qual trata da qualidade da água para consumo humano e o seu padrão de potabilidade. Os resultados obtidos da análise de pH variou de 5,65 a 6,98, com uma média de 6,26, a dureza variou de 53,4 a 86,7 mgL⁻¹CaCO₃, com uma média de 66,94; de condutividade elétrica variou de 66,3 a 172,5 µS/cm, com uma média de 134,16 µS/cm, de turbidez variou de 0,104 a 1,360 NTU, com uma média de 0,573 NTU, de alcalinidade variou de 3,375 a 17,875 mgL⁻¹CaCO₃, com uma média de 11,708 mgL⁻¹CaCO₃. Dos resultados obtidos da análise microbiológica houve alteração em apenas uma das amostras, tanto para coliformes totais quanto para *Escherichia coli*.

Palavras-chave: Água subterrânea. Análise microbiológica e físico-química.

Health and Water Quality: Microbiological and Physical-Chemical Water Underground

Abstract

This paper presents results obtained from the determination of physico-chemical and microbiological parameters of groundwater used for human consumption. Two water samples were collected from groundwater wells located in the city of Chiapeta and a sample in the city of Santo Antônio das Missões, both cities located in the Northwest Region of Rio Grande do Sul. The objective of this study was to evaluate and compare the results obtained the analysis, with the maximum values allowed in accordance with Ordinance No. 2.914/2011 of the Ministry of Health, which comes to the quality of water for human consumption and its potability standards. The results of the analysis of pH ranged from 5.65 to 6.98 with an average of 6.26, the hardness ranged from 53.4 to 86.7 mgL⁻¹CaCO₃ with an average 66.94; conductivity electric ranged from 66.3 to 172.5 µS/cm, with an average of 134.16 µS/cm, turbidity ranged from 0.104 to 1.360 NTU, with an average of 0.573 NTU alkalinity ranged from 3.375 to 17.875 mg L⁻¹CaCO₃, with an average of 11,708 mgL⁻¹CaCO₃. The results of microbiological analysis was no change in only one of the samples for both total coliforms and *Escherichia coli*.

Keywords: Groundwater. Microbiological and physical chemistry.

¹ Mestranda em Educação nas Ciências do Programa de Pós - Graduação Stricto Sensu pela Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – Unijuí. renata.quimica0210@gmail.com

² Licencianda em Química pela Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – Unijuí.

Introdução

A água é fundamental para a existência dos seres vivos, sendo a constituinte mais abundante da matéria viva, chegando a um porcentual médio de 75% desta. Atua como solvente universal, dispersando compostos orgânicos e inorgânicos; é indispensável às reações químicas biológicas que se desenvolvem em soluções; é veículo de transporte que faz o intercâmbio das substâncias intra e extracelular; desempenha um papel de grande relevância como reagente nas transformações moleculares; regula a temperatura corporal, entre outros benefícios (Soares, 1997).

Além deste papel biológico indispensável para a vida, ela também se torna imprescindível para a indústria, agricultura e, conseqüentemente, para a economia. Embora mais de 70% do planeta seja constituído de água, somente cerca de 3% desta se encontra disponível para o aproveitamento humano (Organização..., 2006). Mais de 7 mil pessoas no ano de 2006 participaram de seminários, reuniões e encontros para a elaboração do Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), que foi aprovado pelos membros do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), estabelecendo diretrizes e políticas públicas para o uso racional da água no País até 2020 (Brasil, 2011).

Segundo dados do Ministério do Meio Ambiente, a água doce disponível no planeta equivale a 2,5%, e as águas subterrâneas correspondem a 30%, ou seja, 10.530.000 km² e cerca de 11,6% da água doce disponível nos mananciais do planeta estão localizados no Brasil. Mesmo com toda essa abundância, no entanto, esta água doce se distribui nas regiões de maneira irregular. A Região Sudeste, onde se encontra 42,65% da população, tem a sua disponibilidade apenas 6% dos recursos hídricos; a Região Norte do país, que tem apenas 6,98% da população brasileira, conta com 68% dos mesmos recursos, a Região Centro-Oeste possui 15,7% de recursos para 6,41% da população; a Região Nordeste conta com apenas 3,3% de recursos hídricos para 28,91% da população, e, enfim, a Região Sul, com 6,5% de recursos para uma população corres-

pondentes a 15,5% (Brasil, 2011). A Região Sul conta também com um grande reservatório subterrâneo de água doce das Américas e um dos maiores do mundo, que é o Aquífero Guarani, que se localiza na Bacia Sedimentar do Paraná, abrangendo o Brasil, Argentina, Uruguai e Paraguai.

A intensa utilização da água associada ao crescimento populacional e industrial acarreta a geração de fontes poluidoras, contribuindo para agravar sua escassez, resultando na necessidade crescente do acompanhamento das alterações de sua qualidade. Faz parte do gerenciamento dos recursos hídricos o controle ambiental, de forma a impedir que problemas decorrentes da poluição da água venham a comprometer seu aproveitamento múltiplo e integrado, de modo a colaborar para a minimização dos impactos negativos ao meio ambiente (Braga, 2002).

A água subterrânea, além de ser econômica, é considerada mundialmente uma fonte imprescindível de abastecimento para o consumo humano, principalmente para populações que não têm acesso à rede pública de abastecimento ou mesmo para aqueles que, tendo acesso, têm o fornecimento irregular. Suas fontes de contaminação estão, em geral, associadas a despejos de resíduos domésticos, industriais e ao chorume oriundo de aterros de resíduos sólidos, que, quando dispostos de forma inadequada, podem poluir e contaminar os lençóis freáticos com micro-organismos patogênicos (Freitas; Brilhante; Almeida, 2001). Assim, a forma como o homem usa e ocupa o solo reflete diretamente na qualidade da água que se encontra a sua disposição (Di Bernardo et al., 2002).

Para que a água seja considerada potável é necessário que haja um tratamento adequado seguindo normas do Ministério da Saúde da Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011, que trata da qualidade da água para consumo humano e o seu padrão de potabilidade (Brasil, 2011). No Brasil, por exigência legal, a água natural para consumo humano não deve apresentar risco à saúde do consumidor. Isso quer dizer que micro-organismos patogênicos devem estar ausentes, especificamente coliformes

termotolerantes e *Escherichia coli*. Por se tratar de amostras únicas, coliformes totais não são tolerados.

Os parâmetros microbiológicos e físico-químicos determinam as características de potabilidade necessárias para que a água seja propícia para o consumo humano. Esses parâmetros são regulamentados por normas e/ou padrões definidos em portarias do Ministério da Saúde (Richter; Netto, 1999).

A ineficiência de um controle na qualidade e tratamento das águas para o consumo pode acarretar em vários problemas à saúde da população, com o aparecimento de doenças como disenteria bacilar, cólera, salmonelose, ancilostomose, ascaridíase, hepatite infecciosa, poliomielite, etc., piorando consideravelmente sua qualidade de vida, conforme salienta Filho (1984).

A contaminação das águas subterrâneas provém de vários fatores. Neste caso originam-se do fato de as cidades em questão não possuírem atividades industriais relevantes, mas atividades agrícolas com uso de fertilizantes e pesticidas, os quais possuem nutrientes como nitrogênio, fósforo e potássio, com o nitrogênio na forma de nitrato, sendo o principal contaminante (Feitosa; Manoel Filho, 2000). Os resíduos sólidos dispostos de forma inadequada podem acarretar doenças de veiculação hídrica que ocorrem por ingestão de água contaminada, como amebíase, febre tifoide, gastroenterite, hepatite, salmonelose, cólera ou, também, por contato, como nas verminoses e esquistossomose.

Sabendo que os recursos hídricos subterrâneos são uma alternativa de grande eficiência para o consumo humano por apresentarem disponibilidade de água, buscou-se analisar alguns parâmetros físico-químicos e microbiológicos para avaliar e comparar com os valores máximos permitidos pela legislação vigente. Atento a tais questões que envolvem a saúde pública, o presente trabalho tem por finalidade analisar parâmetros microbiológicos e físico-químicos quanto aos níveis de pH, turbidez, dureza, condutividade, alcalinidade, coliformes totais e *Escherichia coli*.

Metodologia

Preparo das soluções e dos materiais

Antes de realizar a coleta das águas a serem analisadas, foi feito no laboratório o preparo das soluções de EDTA 0,01 mol L⁻¹ e de H₂SO₄ 0,01 mol L⁻¹ para as análises de dureza e alcalinidade, respectivamente. Também foi preparado o meio de cultura com caldo de Fluorocult para as análises microbiológicas. Todos os materiais, meios de cultura e soluções utilizados foram esterilizados em autoclave a 1 atm por 30 minutos.

Coleta das amostras

A coleta da água para as análises físico-químicas e microbiológicas foi realizada em três pontos, sendo dois de poços subterrâneos localizados na cidade de Chiapeta e uma amostra de um poço subterrâneo da cidade de Santo Antônio das Missões, ambos localizados no Estado do Rio Grande do Sul. As amostras foram identificadas como B1, B2 e B3 respectivamente.

As amostras foram coletadas seguindo as recomendações do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Antes da coleta a torneira foi flambada (esterilizada com álcool e fogo) e as amostras para as análises microbiológicas coletadas em frascos de DBO, com capacidade de 250 mL. As amostras para as análises físico-químicas foram coletadas em recipiente de 2 litros, os quais foram colocados em caixa de isopor para o transporte até o laboratório para efetuar as análises.

No laboratório, os procedimentos descritos pelo *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* foram utilizados para a determinação dos parâmetros microbiológicos da água quanto à presença de coliformes totais e *Escherichia coli*, e também as análises físico-químicas que incluem a determinação do pH, alcalinidade, turbidez, condutividade e dureza.

A determinação de dureza e alcalinidade foram realizadas pelo método de titulação, condutividade, turbidez e pH por meio de aparelhos específicos para cada parâmetro.

Resultados e Discussão

O padrão de potabilidade, segundo o Ministério da Saúde Portaria nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011, é um conjunto de valores permitidos como parâmetros de qualidade da água para consumo humano. Como o presente trabalho é apenas de cunho investigativo e não objetiva determinar a potabilidade das amostras analisadas, vale ressaltar que os parâmetros analisados são insuficientes para determinar com segurança se a água é própria para o consumo e se realmente não apresenta nenhum risco à saúde, como a presença de substâncias químicas inorgânicas, as quais não foram analisadas.

Análises Microbiológicas

A *E. coli* e os coliformes totais são os mais importantes indicadores da poluição de águas, sendo estes micro-organismos detectados rapidamente por técnicas que consistem na adição de substratos enzimáticos para a detecção de β -D-galactosidase, que

indica a presença de coliformes totais, e de β -D-glucoronidase, que indica a presença de *E. coli*. (Silva et al., 2000).

Para a determinação da presença dos micro-organismos (coliformes totais e *E. coli*) utilizou-se a técnica de substrato cromogênico e o meio de cultura Fluorocult. Esta técnica é bastante eficiente e rápida, pois permite a obtenção dos resultados em 48 horas.

O uso das técnicas dos substratos cromogênicos permite determinar simultaneamente coliformes totais e termotolerantes ou *E. coli*. O produto é denominado ReadyCult Coliformes (Merck), que apresenta em sua composição 5-bromo-4-cloro-3-indol- β -D-galactopiranosídeo (X-GAL), substrato cromogênico para a enzima β -galactosidase, produzida pelos coliformes totais hidrolizando-o em bromo-cloro índigo.

Nesta técnica, a presença de coliformes totais é confirmada pela alteração na coloração do meio, de levemente amarelo para azul esverdeado. A presença de *Escherichia coli* é detectada pela observação de fluorescência azul esverdeada, sob luz ultravioleta (300nm); isto se deve à ação da enzima β -glucoronidase sobre o substrato 4-metilumbeliferil- β -D-glucoronídeo (MUG); o produto resultante 4-metilumbeliferona é fluorescente sob luz ultravioleta (Merck, 2003). Na Tabela 1 estão os resultados das análises realizadas.

Tabela 1 – Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas

AMOSTRA	RESULTADOS						
	Números de tubos positivos (NPM/100 mL)		PH	Dureza total em mg CaCO ₃ /L	Condutividade (μS/cm)	Turbidez (NTU)	Alcalinidade mg L ⁻¹ CaCO ₃
	Coliformes totais	E. coli					
B1	0 (<1,1)	0 (<1,1)	5,65	86,7	172,5	1,360	17,875
B2	10 (> 23,0)	2 (> 2,2)	6,98	53,4	163,7	0,256	13,875
B3	0	0	6,15	60,7	66,3	0,104	3,375

Fonte: Elaboração dos autores.

A Portaria nº 2.914/2011 estabelece o padrão microbiológico da água para o consumo humano e determina a ausência de positividade de coliformes totais e *Escherichia coli* por 100 mL de amostras de água analisada. Sendo assim, as amostras B1 e B3 podem ser consideradas próprias para o consumo no que se refere à análise microbiológica, pois em 100 mL de água não foi detectada nenhum coliforme total e nem *Escherichia coli*. Os resultados obtidos para a amostra B2, no entanto, indicaram que a mesma está contaminada por micro-organismos indicadores de contaminação fecal.

Análises Físico-Químicas

pH (Potencial Hidrogeniônico)

O termo pH é uma grandeza que varia de 0 a 14 e indica a intensidade de acidez ($\text{pH} < 7,0$), neutralidade ($\text{pH} = 7,0$) ou alcalinidade ($\text{pH} > 7,0$) de uma solução aquosa. A influência do pH na água afeta, de forma bastante relevante, principalmente os ecossistemas aquáticos e a fisiologia das diversas espécies, assim como pode influenciar também a precipitação de elementos químicos tóxicos como metais pesados (Piveli; Kato, 2005). O pH é um parâmetro muito importante, pois indica a acidez ou alcalinidade das soluções. Por meio dele pode-se ter noção da qualidade de dejetos industriais lançados na água (Macedo, 2000).

Praticamente todas as etapas de tratamento da água dependem do valor do pH, como os processos de neutralização, precipitação, coagulação, desinfecção e controle à corrosão, determinação da alcalinidade e do CO_2 e também no equilíbrio ácido-base. As águas naturais possuem o pH na faixa de 4 a 9 (Clesceri; Greenger; Eaton, 1998). Para o pH, a Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde estabelece padrões de potabilidade para consumo humano, sendo permitida uma faixa de 6 a 9,5. Valores acima de 8,5 para o pH da água podem estar associados à incrustação de carbonatos de cálcio, enquanto valores inferiores a 6,5 são propícios a

processos de corrosão de materiais como concreto e certos metais. Os resultados obtidos de pH das amostras estão apresentados na Tabela 1.

Os resultados obtidos quanto aos valores do pH das amostras indicam que as amostras B2 e B3 estão em conformidade com a faixa do pH indicado na legislação vigente, pois estas preconizam que a água para o consumo humano deve estar entre a faixa de pH 6,0 a 9,5. Enquanto a amostra B1 mostrou-se fora dos padrões, sendo considerada um pouco ácida para o consumo humano, as demais amostras se encaixaram na faixa de acidez determinada pela Portaria vigente, que é de 6,0 a 9,0. Obteve-se, todavia, uma média de 6,26 entre as amostras.

Dureza

A dureza total é calculada como sendo a soma das concentrações de íons cálcio e magnésio na água, expressos como carbonato de cálcio. A dureza de uma água pode ser temporária ou permanente. A dureza temporária, também chamada de dureza de carbonatos, é causada pela presença de bicarbonatos de cálcio e magnésio. Esse tipo de dureza resiste à ação dos sabões e provoca incrustações. É denominada de temporária porque os bicarbonatos, pela ação do calor, se decompõem em gás carbônico, água e carbonatos insolúveis que se precipitam.

Águas com elevada concentração de dureza podem ter um sabor desagradável, produzir efeitos laxativos e reduzir a formação de espumas, o que implica um maior consumo de sabão. Causam incrustações nas tubulações de água quente, caldeiras e aquecedores, tendo seu uso industrial limitado. Do ponto de vista sanitário, não há evidências de que a dureza cause problemas; pelo contrário, alguns estudos mostram que, em áreas com maior dureza na água, há uma redução na incidência de doenças cardíacas (Motta, 1996 apud SPERLING)

A dureza permanente, também chamada de dureza de não carbonatos, é em razão da presença de sulfatos, cloretos e nitratos de cálcio e magnésio.

Resiste também à ação dos sabões, mas não produz incrustações por serem seus sais muito solúveis na água e não se decompõe pela ação do calor.

A determinação da dureza das águas foi realizada pelo método titulométrico com EDTA. A reação ocorre em um meio com pH 10. Por esse motivo é utilizada uma solução tampão e o indicador Ericromo T, que apresenta sua viragem de rosa (por causa da formação de um complexo com Ca^{2+} e Mg^{2+}) para azul. O EDTA é um reagente que forma complexos com metais sempre na razão de reação 1:1. A titulação estima, portanto, o número total de mol de metais que reagem com EDTA.

Pela adição de EDTA à solução colorida, ocorre a formação de um complexo estável e não dissociado do EDTA com íons Ca^{2+} e Mg^{2+} , separando-se o corante. Quando a quantidade de EDTA for suficiente para complexar todo o cálcio e o magnésio, a solução toma a cor azul original do corante, o que indica o fim da titulação. Os resultados obtidos da análise de dureza estão descritos na Tabela 1.

A Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde estabelece para dureza o teor de 500 mg/L em termos de CaCO_3 como o valor máximo permitido para água potável, sendo considerado níveis de 0 – 75 mg/L CaCO_3 água branda ou mole; 75 – 150 moderadamente dura; 150 – 300 dura e acima de 300 muito dura. As amostras B2 e B3 podem ser consideradas águas do tipo branda ou mole, enquanto a amostra B1 moderadamente dura. Como média entre as amostras obteve-se um valor de 66,94 mg/L CaCO_3 .

Condutividade

A condutividade elétrica da água é uma medida da capacidade desta em conduzir corrente elétrica, sendo proporcional à concentração de íons dissociados em um sistema aquoso. Esse parâmetro não identifica quais são os íons presentes na água, mas é um indicador importante de possíveis fontes poluidoras (ZUIN; IORIATTI; MATHEUS, 2009).

A condutividade elétrica da água é a capacidade que ela tem de transmitir corrente elétrica, considerando que esta depende da presença e do teor de sais dissolvidos (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , NH_4^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , NO_2^- , HCO_3^-). Não representa nenhum risco à saúde humana, mas, pelo seu valor, pode-se calcular a concentração de Sólidos Totais Dissolvidos (STD), o qual oferece risco, pois, quando em excesso, tornam a água desagradável ao paladar, corroendo as tubulações e o seu consumo pode causar o acúmulo de sais na corrente sanguínea, possibilitando a formação de cálculos renais. Os resultados obtidos podem ser observados na Tabela 1.

O valor máximo recomendado de acordo com a Portaria do Ministério da Saúde nº 2.914/2011 para os STD, é 1.000 mg/L. Quanto aos valores de condutividade, não estão referenciados por esta portaria. Entre as amostras obtivemos uma média de 134,16 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Turbidez

A turbidez indica a transparência da água. Este parâmetro se deve à presença de substâncias em suspensão ou coloidais e as medidas são feitas baseando-se na intensidade luminosa que atravessa a água. A determinação da turbidez é pelo método nefelométrico, adotado nas atividades de controle de poluição da água e de verificação do parâmetro físico nas águas consideradas potáveis. O método é baseado na comparação da intensidade de luz espalhada pela amostra em condições definidas, com a intensidade da luz espalhada por uma suspensão considerada padrão. Quanto maior a intensidade da luz espalhada maior será a turbidez da amostra analisada. O turbidímetro é o aparelho utilizado para a leitura, o qual é constituído de um nefelômetro, sendo a turbidez expressa em unidades nefelométricas de turbidez (UNT). Os resultados obtidos estão descritos na Tabela 1.

Segundo a Portaria nº 2.914/011, o valor máximo permitido para a turbidez de água potável é de 5,0 NTU. No caso das águas subterrâneas normalmente não apresentam problemas de excesso de turbidez, como indicam os resultados obtidos das

amostras avaliadas no presente estudo. Em alguns casos, águas ricas em íons Fe podem apresentar uma elevação de sua turbidez quando entram em contato com o oxigênio do ar. Ambas as amostras obtiveram valores abaixo do permitido, porém entre as amostras obteve-se uma média de 0,573 NTU.

Alcalinidade

A alcalinidade é a medida da capacidade que a água tem de neutralizar ácidos, isto é, a quantidade de substâncias na água que atua como tampão. Esta capacidade é decorrente da presença de bases fortes, fracas e de sais de ácidos fracos. Os compostos que são responsáveis pela alcalinidade são os carbonatos CO_3^{2-} , bicarbonatos HCO_3^- e os hidróxidos (OH^-).

A determinação de alcalinidade em amostras de águas e efluentes pode ser pelo método, indicando alcalinidade superior a $20 \text{ mg L}^{-1} \text{ CaCO}_3$ ou então inferior a $20 \text{ mg L}^{-1} \text{ CaCO}_3$. Geralmente águas mais profunda, como poços subterrâneos, que são objeto de nosso estudo, contêm alcalinidade superior a $20 \text{ mg L}^{-1} \text{ CaCO}_3$. Os resultados obtidos das análises do presente estudo foram valores abaixo de $20 \text{ mg L}^{-1} \text{ CaCO}_3$, e a média entre as amostras foi de $11,708 \text{ mg L}^{-1} \text{ CaCO}_3$, porém podem ser observados na Tabela 1.

Os resultados mostram que há pouca alcalinidade nas águas testadas, principalmente na amostra B3, a qual teve um valor muito abaixo do esperado por se tratar de águas subterrâneas, que, como mencionado anteriormente, geralmente possui valores superiores a $20 \text{ mg L}^{-1} \text{ CaCO}_3$.

Conclusão

O principal objetivo deste trabalho foi analisar e comparar com a Legislação alguns parâmetros utilizados para detectar fatores que interferem na qualidade de águas subterrâneas. Sabe-se que é necessária uma análise de todos os parâmetros estabelecidos pelo Ministério da Saúde das águas

provenientes de qualquer uma das amostras para confirmar se as mesmas são consideradas próprias para o consumo humano, sem oferecer riscos, afinal se trata da saúde da população e implica responsabilidade muito grande dos órgãos responsáveis.

Com relação às águas dos poços B1 e B3, os resultados, quando comparados com os padrões de potabilidade da Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde (Brasil, 2011), mostraram que todos os parâmetros analisados estão de acordo com o estabelecido, ou seja, a água não oferece risco à população e pode ser consumida sem nenhum problema.

Os resultados dos testes de alcalinidade, condutividade e turbidez da amostra B3 foram diferentes do esperado, pois, se tratando de águas subterrâneas, acreditávamos que os valores seriam mais altos. Constatou-se também que as águas analisadas possuem um grau de dureza branda a moderada. Essa é uma característica bastante evidente em águas subterrâneas e percebe-se que nessas regiões há incrustações em tubulações em razão da precipitação de carbonatos de cálcio e maior consumo de sabão pela água dura.

No poço B2 os resultados não foram satisfatórios, principalmente no parâmetro microbiológico, pois 100% das amostras apresentaram coliformes totais, e 20% destas continham também *Escherichia coli*, indicando que esta água está imprópria para o consumo. Os valores obtidos indicam que o consumo dessa água nestas condições pode acarretar problemas para a saúde dos consumidores, tais como a febre tifoide, febre paratifoide, disenteria bacilar e cólera, entre outras.

Uma das medidas de controle da qualidade das águas destes poços seria um acompanhamento mais frequente das avaliações físico-químico e microbiológicas, com o consequente tratamento no caso de resultados insatisfatórios, assim como uma maior fiscalização dos órgãos competentes para que sejam cumpridas as normas de potabilidade recomendadas. Por se tratar de uma região rural onde, muitas vezes, não há nenhum monitoramento ou planejamento no momento da perfuração destes

poços, deve-se levar em conta a área em que estes se encontram para que não tenha nenhum problema de contaminação desta água.

Agradecimento

Os autores agradecem à professora Anagilda Bacarin Gobo, pela ajuda na condução experimental.

Referências

- BRAGA, B. *Introdução à engenharia ambiental*. São Paulo: Prentice Hall, 2002.
- BRASIL, Ministério da Saúde. Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html>. Acesso em: 23 jan. 2013.
- CLESCERI, L. S.; GREENGERG, A. E.; EATON, A. D. *Standard Methods of the Examination of Water and Wastewater*. 20. ed. Washington: American Public Health Association (APHA); American Water Works Association (AWWA); Water Environmental Federation (WEF), 1998. (Cap. 9, Seção 9215).
- DI BERNARDO, L. et al. *Ensaio de tratabilidade de água e dos resíduos gerados em estações de tratamento de água*. São Carlos, SP: Rima, 2002; Edgar Blucher, 1999.
- FEITOSA, F. A. C.; MANOEL FILHO, J. *Hidrogeologia – conceitos e aplicações*. 2. ed. Fortaleza: CPRM/ REFO; LABHID-UFPE, 2000. 391 p il.
- FILHO, D. F. *Tecnologia de água*. 3. ed. São Paulo: Nobel, 1984.
- GUIMARÃES, J. R.; NOUR, E. A. A. Tratando nossos esgotos: processos que imitam a natureza. *Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola – química ambiental*, p. 19-30, 2001.
- FREITAS, M. B.; BRILHANTE, O. G.; ALMEIDA, L. M. Importância da análise de água para a saúde pública em duas regiões do Estado do Rio de Janeiro: enfoque para coliformes fecais, nitrato e alumínio. *Cadernos de Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v. 17, n. 3, p. 651-660, 2001.
- MACEDO, J. A. *Águas & águas*. São Paulo; editora Varela, 2000. 1.000p.
- MANUAL de métodos de análise microbiológica da água. Campinas: Itai; Núcleo de Microbiologia, 2001. 99p. (Manual Técnico).
- MERCK products, 2003. Disponível em: <<http://pb.merck.de/>>.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. ONU. *Água para consumo humano. Relatório de desenvolvimento humano*. Nova York: ONU, 2006. Capítulo 2.
- PHILIPPI, J. A.; PELICIONI, M. *Educação ambiental e sustentabilidade*. Barueri, SP: Manole, 2005.
- PIVELI, R. P.; KATO, M. T. *Qualidade das águas e poluição: aspecto físico químico*. São Paulo: Abes, 2005
- RICHTER, C. A.; NETTO, J. M. *Tratamento de água: tecnologia atualizada*. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 1999.
- ROCHA, J. C. et al. *Introdução à química ambiental*. 2. ed. Porto Alegre, Bookman, 2009.
- ROCHA, C. M. B. M. et al. Avaliação da qualidade da água e percepção higiênicosanitária na área rural de Lavras, Minas Gerais, Brasil, 1999-2000. *Cadernos de Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v. 22, n. 9, p. 1.967-1.978, set. 2006
- SILVA, N.; SILVEIRA, N. F. A.; JUNQUEIRA, V. C. A.; CATANÚSIO NETO, R. Manual de métodos de análise microbiológica da água. Campinas: ITAL/ Núcleo de Microbiologia, 2000. 99p. (Manual Técnico).
- SOARES, J. L. *Biologia*. São Paulo: Scipione, 1997.
- SPERLING, M. V. Noções de qualidade das águas. In: _____. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. 2. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG, 1996. p. 11-50. v. 1. cap. 1.
- ZUIN, V. G.; IORIATTI, M. C. S.; MATHEUS, C. E. O emprego de parâmetros físicos e químicos para a avaliação da qualidade de águas naturais: uma proposta para a educação química e ambiental na perspectiva CTSA. *Química Nova na Escola*, v. 31, n. 1, p. 3-8, 2009.

Recebido em: 22/10/2013

Aceito em: 4/2/2014