



QUALIDADE DA ÁGUA NA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ

Sigmar Miranda dos Santos¹

Luiz Henrique Biscaia Ribeiro da Silva²

Guilherme Melluzzi Neto³

Célia Regina Granhen Tavares⁴

RESUMO: A água consumida pode ser um agente de transmissão de doenças. Toda água fornecida à população deve passar por um tratamento adequado. No entanto, a qualidade da água pode ser prejudicada nas tubulações ao longo da distribuição. O presente trabalho teve por objetivo analisar a qualidade da água no decorrer de alguns pontos dentro da rede de distribuição da Universidade Estadual de Maringá. As amostras foram coletadas diretamente da rede. A qualidade da água foi analisada e verificado o atendimento aos padrões de potabilidade da Portaria 2.914/2011. Os resultados mostraram que apenas uma das amostras não atendeu aos padrões de potabilidade, por ser possivelmente de um local de pouco uso e conseqüentemente com um longo período de permanência. Pode-se afirmar que a qualidade da água na rede de distribuição da UEM atende aos padrões da Portaria, mas deve-se atentar para locais onde pode haver um longo período de permanência.

Palavras-chave: qualidade da água; redes de distribuição de água; potabilidade.

ABSTRACT: Water can be a diseases spread agent. Water distribution for human consumption requires adequate treatments. However, water quality can be impaired along its distribution. The study objective was to analyze water quality along the water distribution network of the State University of Maringá. Samples were collected directly from the network. Water quality was analyzed and verified according to the water drinking standards from No. 2.914/2011 Ordinance. Overall, water quality along the distribution network met the water drinking standards, however one sampled point showed lower residual chlorine and higher presence of heterotrophic bacteria. Those values were associated to the low use of point 2, hence water has a long period of permanence at this point inducing its contamination. Water quality along the distribution network can be considered meeting the standards of the Ordinance, but attention should be taken in situations where there are long period of water permanence.

Keywords: water quality, water distribution network, drinking standards.

INTRODUÇÃO

A água para consumo humano pode ser um grande agente de transmissão de enfermidades, principalmente as diarreicas de origem infecciosa (ISAAC-MARQUEZ *et al.*, 1994 *apud* AMARAL *et al.*, 2003). Em 1996, a Organização Mundial de Saúde estimou que mais de cinco milhões de pessoas morriam todos os anos em decorrência de doenças ligadas ao consumo de água insegura devido ao saneamento inadequado (HELLER; PÁDUA, 2010). Já no Brasil, cerca de 29 pessoas morrem por dia por doenças causadas

¹ Mestre em Engenharia Urbana pela UEM. E-mail: sigmar_miranda@hotmail.com

² Mestre em Engenharia Química pela UEM. E-mail: luizhbiscaia@gmail.com

³ Mestrando em Engenharia Urbana pela UEM. E-mail: gui.mlz@gmail.com

⁴ Doutora em Engenharia Química pela UFRJ. E-mail: celiagranhen@gmail.com

pela má qualidade da água (LEITE, 2003 *apud* SCURACCHIO; FARACHE FILHO, 2011). Na área rural do país, por exemplo, um dos maiores problemas em relação à contaminação das águas e a transmissão de doenças é a ausência de monitoramento da qualidade (MISRA, 1975 *apud* AMARAL *et al.*, 2003).

Portanto, pode-se concluir que uma boa qualidade da água é primordial para a saúde. Segundo a OMS, o tratamento da água para consumo humano é a melhor maneira de se reduzir a mortalidade causada por doenças de veiculação hídrica (ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, 2000 *apud* SCURACCHIO; FARACHE FILHO, 2011). No Brasil, a água proveniente de sistemas ou de soluções alternativas de abastecimento, para o fornecimento à população, deve atender aos padrões de potabilidade estabelecidos na Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde. Essa Portaria estabelece que a água fornecida coletivamente deva passar por um processo de desinfecção ou cloração, e atender a determinados parâmetros microbiológicos, físicos e químicos.

Segundo Souza e Santos (2016), essa nova legislação que substituiu a Portaria nº 514/2004 trouxe grandes avanços, como a restrição à novos defensivos agrícolas e a diminuição do limite máximo de turbidez na saída do sistema de tratamento. Os mesmos autores ainda citam que o Brasil é considerado pioneiro quanto ao estabelecimento de padrões para a identificação de cianobactérias, para avaliar a presença algas produtoras de toxinas. No que diz respeito ao saneamento, Souza e Santos (2016) citam ainda que existe uma disparidade no país, não só nos índices de atendimento, mas também no quesito tratamento de água. Segundo reportado pela PNSB (IBGE, 2010), o tratamento convencional é mais comum nos municípios com mais de cem mil habitantes. Já naqueles com população de até vinte mil habitantes, a água distribuída à população passa apenas por uma desinfecção simples. Essa prática não está relacionada à qualidade da água fornecida pelo manancial, mas sim pela limitação da capacidade financeira desses municípios.

Nas Estações de Tratamento de Água, mais especificamente na etapa de desinfecção, o cloro é o produto mais utilizado (HELLER; PÁDUA, 2010). No entanto, o uso do cloro pode causar a formação de subprodutos como os trihalometanos, que são prejudiciais à saúde. Na Holanda não se permite a desinfecção com cloro (SOUZA; SANTOS, 2016). Mesmo após o tratamento, a Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da

Saúde exige que seja mantida uma concentração mínima do cloro na rede de distribuição. Isso é para evitar possíveis contaminações até os pontos de consumo.

No entanto, a água pode ter sua qualidade prejudicada ao longo do percurso nas tubulações (LARSON, 1966 *apud* PIEREZAN, 2009). A falta de fluxo da água dentro da rede pode ser um dos causadores da deterioração de sua qualidade (VASCONCELOS *et al.*, 1996 *apud* PIEREZAN, 2009). Segundo Heller e Pádua (2010), no projeto do dimensionamento de reservatórios de água, a questão da qualidade costuma ser um item secundário. Porém, deve-se considerar a demanda local e atentar para o tempo de permanência da água no reservatório, regulando o ciclo de enchimento-esvaziamento. Se o tempo de detenção for muito longo, favorece o crescimento de bactérias nitrificantes, o que causa uma redução na concentração do cloro utilizado na desinfecção. A nitrificação do sistema de distribuição causa entre outros problemas o aumento das populações de bactérias heterotróficas.

Os traçados das redes de distribuição também têm influência sobre a qualidade da água, podendo estes ser de dois tipos: redes ramificadas – nas quais os condutos secundários derivam de uma tubulação principal; e redes malhadas – tubulação pode ser ligada pelas duas extremidades, formando anéis na rede, ou seja, as malhas (HELLER; PÁDUA, 2010). As redes malhadas possuem vantagens tanto para o escoamento hidráulico quanto para a qualidade da água, pois permitem o fluxo de água em ambos os sentidos das tubulações. Isso permite que seja possível realizar manutenções na rede sem interromper o abastecimento de longos trechos da mesma. Quanto à qualidade evita as chamadas pontas mortas (HELLER; PÁDUA, 2010), localizadas nas extremidades da rede, onde normalmente a concentração de cloro tende a cair (BELEZA, 2005). Os tipos de traçados de redes são apresentados na Figura 1.

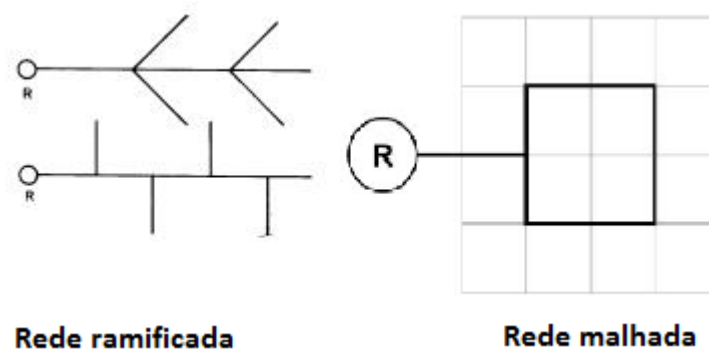


Figura 1: Tipos de traçados de redes de distribuição.
Fonte: Heller e Pádua (2010).

Considerando que o sistema de abastecimento de água da Universidade Estadual de Maringá (UEM) pode ser considerado como uma pequena rede de distribuição ramificada, buscou-se verificar se a qualidade da água poderia ser deteriorada ao longo do percurso até os pontos de consumo local. Em razão disso, o presente estudo teve como objetivo avaliar a qualidade da água em diferentes pontos da rede de distribuição da UEM, em relação ao atendimento aos padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde. Foram analisados indicadores microbiológicos e físico-químicos (pH, cloro residual, flúor, turbidez, cor aparente, coliformes totais e bactérias heterotróficas).

MATERIAIS E MÉTODOS

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A água utilizada na UEM é fornecida pela Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR) e deve obrigatoriamente atender aos padrões de potabilidade da Portaria nº 2.914/2011. O sistema de distribuição interno de água da universidade é formado por três redes ramificadas (Figura 2) e é responsável por abastecer toda a comunidade universitária, composta de estudantes, professores e demais funcionários, totalizando uma população de cerca de 24.000 pessoas. O campus universitário tem uma área de 1 milhão de m². A rede 1 corresponde a parte mais antiga da universidade, e as redes 2 e 3 são mais novas. Pelo fato de ser muito pequena, a rede 3 não foi analisada no presente trabalho. As informações referentes à rede de distribuição foram fornecidas pela Diretoria de Serviços e Manutenção da UEM.

AMOSTRAGEM

Conforme citado por Heller e Pádua (2010), a configuração de rede do tipo ramificada, como as redes de distribuição da UEM, pode ser prejudicial à qualidade da água. Assim, foram escolhidos preferencialmente pontos diretos no início e no final da rede interna de distribuição para a coleta das amostras, os locais podem ser observados na Figura 2. Como o objetivo era avaliar o comportamento da qualidade da água na rede, procurou-se evitar a coleta onde houvesse reservatórios locais, pois, o período de armazenagem poderia influenciar os resultados.

A coleta foi realizada no período da manhã, no dia 12 de dezembro de 2016, ou seja, em uma segunda-feira. Isso foi decidido em razão de haver um consumo de água muito reduzido no fim de semana, já que as atividades da UEM são mais intensas de segunda à sexta. Como o consumo é menor nesses dias, o tempo de residência da água nas tubulações é maior. A intenção também era avaliar se essa circunstância poderia prejudicar a qualidade da água. No total foram coletadas cinco amostras conforme citadas a seguir:

1. Amostra 1 – coletada na entrada de água do reservatório principal, ou seja, a água fornecida pela SANEPAR;
2. Amostra 2 – coletada no início da rede interna da UEM, logo após a passagem pelo reservatório principal. Essa amostra foi coletada em uma torneira localizada na parte externa;
3. Amostra 3 – coletada próximo ao final da rede 2 (bloco M19) em uma torneira externa;
4. Amostra 4 – coletada próximo ao final da rede 1 (bloco 2) em uma torneira externa;
5. Amostra 5 – coletada em um bebedouro com filtro (bloco 1).

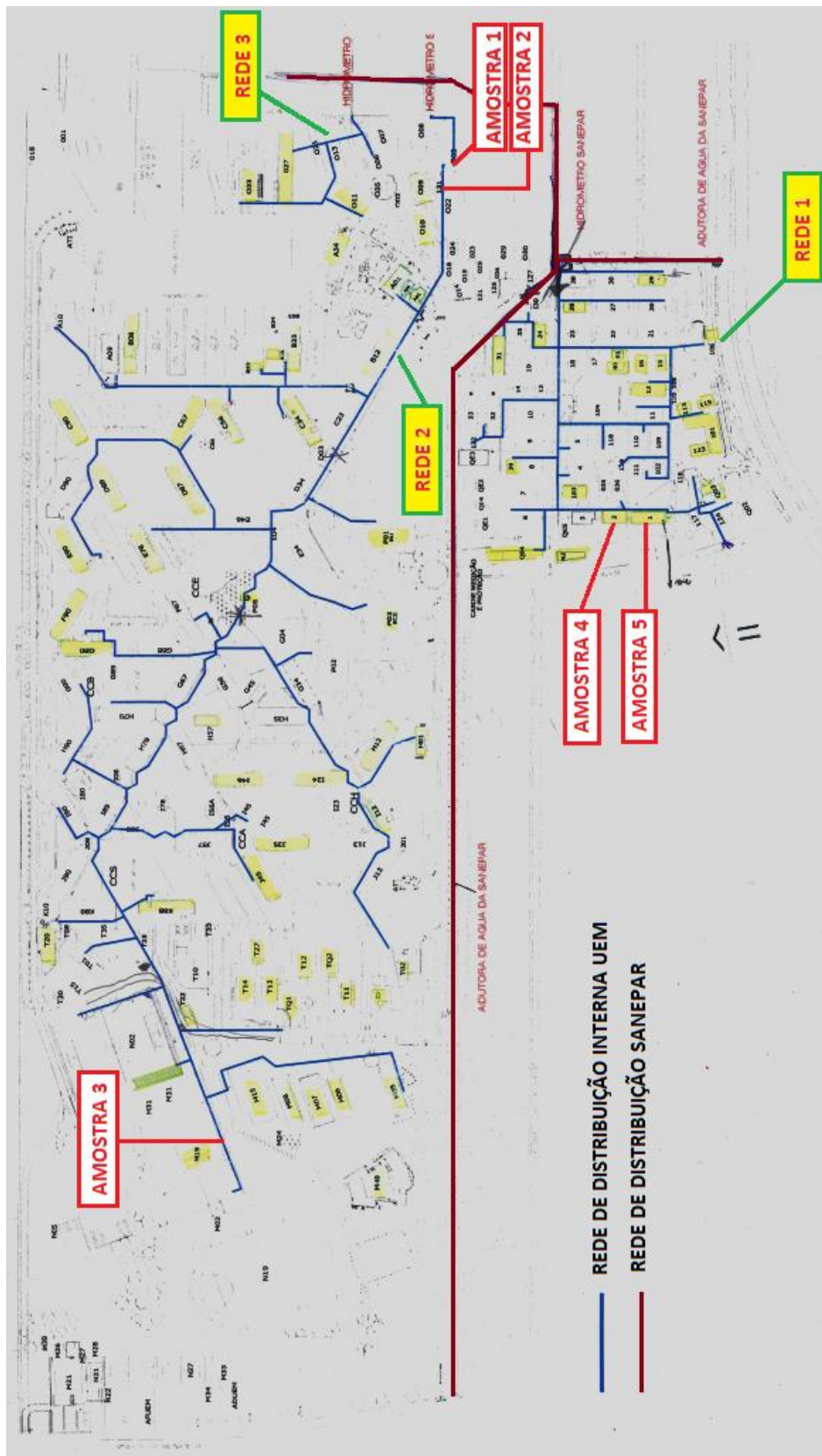


Figura 2: Rede de distribuição de água da UEM.
Fonte: Departamento de Serviços e Manutenção (UEM).

Para evitar uma possível contaminação das amostras, os locais de coleta foram devidamente esterilizados com álcool 70% e deixou-se um fluxo contínuo de água durante 3 minutos. Para as amostras destinadas à análise de bactérias heterotróficas utilizou-se de frascos plásticos esterelizados, fornecidos pelo Laboratório de Microbiologia da UEM. Para as destinadas à análise de coliformes totais foram utilizados frascos de vidro. Todos foram devidamente esterilizados em autoclave por um período de trinta minutos. Para as amostras destinadas às análises de flúor e cloro residual foram utilizados frascos de plástico, que foram fornecidos pelo Laboratório de Saneamento e Meio Ambiente da UEM. Durante a etapa de coleta, as amostras foram conservadas refrigeradas em uma caixa térmica até o transporte aos laboratórios.

DETERMINAÇÃO DO pH

O pH das amostras foi medido diretamente no local. Foi utilizado o medidor digital multifunções HQ40D HACH.

DETERMINAÇÃO DAS CONCENTRAÇÕES DE CLORO RESIDUAL E FLÚOR

As concentrações cloro residual e flúor foram determinadas no Laboratório de Saneamento de Meio Ambiente da UEM. Foi utilizado o método fotométrico, seguindo os procedimentos do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA) (AWWA). Os resultados foram apresentados em mgL^{-1} .

DETERMINAÇÃO DA TURBIDEZ

Para a determinação da turbidez foi utilizado o turbidímetro portátil 2100P HACH. Os resultados foram apresentados em unidades nefelométricas de turbidez (NTU ou UNT).

DETERMINAÇÃO DA COR APARENTE

A medição da cor aparente foi realizada por meio do espectrofotômetro DR/2010 HACH. Os resultados foram expressos em mg PtCoL⁻¹, que é equivalente a unidade Hazen (uH).

CONTAGEM DE COLIFORMES TOTAIS

A inoculação foi realizada por meio da adição de 1 mL de cada amostra às placas para a contagem de coliformes totais. As mesmas foram incubadas a uma temperatura de 34 °C durante um período de 24 horas. Após esse período foi contada a quantidade de colônias de coliformes presentes.

CONTAGEM DE BACTÉRIAS HETEROTRÓFICAS

Esta análise foi realizada no Laboratório de Microbiologia da UEM. Foi utilizada a metodologia do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA) (AWWA). Os resultados foram expressos em unidades formadoras de colônias (UFC).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todos os resultados apresentados neste artigo são discutidos quanto ao atendimento aos padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde. Quanto ao valor do pH, todas as amostras ficaram em acordo com os valores estabelecidos. A Portaria recomenda que esteja na faixa de 6,0 a 9,5 em todo o sistema de distribuição. Os resultados estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - pH das amostras.

Amostra	pH
1	6,44
2	6,41
3	6,44
4	6,57
5	6,45
Média (\bar{x})	6,462
Desvio padrão (s)	0,062209

Fonte: Os autores.

A respeito do cloro residual livre, a Portaria recomenda que o teor máximo em qualquer ponto de abastecimento seja de 2 mgL⁻¹, sendo que o valor mínimo permitido deve ser de 0,2 mgL⁻¹. Quanto a esse parâmetro, apenas a amostra 2 não atendeu ao padrão estabelecido pela Portaria (Tabela 2). Isso pode indicar um longo período de permanência da água neste ponto, o que pode ter levado à degradação do cloro.

Tabela 2 - Concentração de cloro.

Amostra	Cloro (mgL ⁻¹)
1	0,686
2	0,120
3	0,856
4	0,876
5	1,56
Média (\bar{x})	0,8196
Desvio padrão (s)	0,514778

Fonte: Os autores.

Com relação à concentração de flúor, todas as amostras atenderam ao padrão de potabilidade da Portaria, que é de 1,5 mgL⁻¹ no máximo. Os resultados são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Concentração de flúor.

Amostra	Flúor (mgL ⁻¹)
1	0,68
2	0,61
3	0,84
4	0,58
5	0,64
Média (\bar{x})	0,670
Desvio padrão (s)	0,10198

Fonte: Os autores.

A respeito da turbidez e cor aparente, todas as amostras ficaram dentro dos limites estabelecidos pela Portaria, que são 5 uT e 15 uH respectivamente. Os valores são apresentados nas Tabelas 4 e 5.

Tabela 4 - Turbidez.

Amostra	Turbidez (ntu)
1	1,38
2	1,11
3	1,05
4	1,01
5	0,72
Média (\bar{x})	1,054
Desvio padrão (s)	0,236072

Fonte: Os autores.

Tabela 5 - Cor aparente.

Amostra	Cor aparente (uH)
1	7
2	7
3	8
4	6
5	8
Média (\bar{x})	7,2
Desvio padrão (s)	0,83666

Fonte: Os autores.

Quanto à presença de coliformes totais, todas as amostras apresentaram resultado negativo, conforme pode ser observado na Tabela 6. Este é um indicativo muito importante quanto à segurança para o consumo, pois sabe-se que a presença de coliformes está ligada à ocorrência de doenças de veiculação hídrica.

Tabela 6 - Presença de coliformes totais.

Amostra	Coliformes totais
1	Ausente
2	Ausente
3	Ausente
4	Ausente
5	Ausente

Fonte: Os autores.

No que se refere à presença de bactérias heterotróficas, a Portaria estabelece que não seja ultrapassado o limite de 500 UFC mL⁻¹. Para as amostras coletadas, apenas a de número 2 apresentou um valor acima do permitido, os resultados podem ser observados na Tabela 7. Este resultado pode estar relacionado à baixa concentração de cloro residual

livre, pois foi justamente neste ponto em que a concentração o desinfetante ficou abaixo do teor mínimo estabelecido pela Portaria, que é de 0,2 mgL⁻¹. Isso pode indicar um longo período de permanência da água na rede de distribuição, o que se justifica pelo fato de o ponto onde foi coletada esta amostra ser uma torneira externa situada em um local de difícil acesso, e provavelmente com pouco uso. Conforme visto na bibliografia, este tipo de situação pode prejudicar a qualidade da água. Em razão dessa discrepância, a amostra de número 2 foi descartada no cálculo da média e do desvio padrão.

Tabela 7 - Contagem de bactérias heterotróficas.

Amostra	Bactérias Heterotróficas (UFC mL⁻¹)
1	<1
2	>500*
3	<1
4	<1
5	5
Média (\bar{x})	2
Desvio padrão (s)	2

Fonte: Os autores.

CONCLUSÃO

De um modo geral, a água da rede de abastecimento da UEM atende aos padrões de potabilidade estabelecidos na legislação brasileira, apenas uma das amostras não apresentou valores em acordo com o padrão de potabilidade estabelecido na Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde. Isso se deveu, provavelmente, a um longo período de permanência da água na tubulação, uma vez que o ponto no qual a amostra foi coletada é uma torneira externa, em um local de difícil acesso, não sendo utilizada para consumo. Percebe-se que mesmo sendo um ponto no início da rede de distribuição, como é o caso desta amostra, um local pode se tornar uma “ponta morta” se não for utilizado periodicamente, fazendo com que a qualidade da água seja prejudicada pelo longo tempo de residência na tubulação.

Considerando o percentual de amostras não conformes para o cloro residual, resultados semelhantes foram obtidos por Campos, Farache Filho e Faria (2002) na avaliação da qualidade sanitária da rede de abastecimento da cidade de Araraquara – SP. Estes autores obtiveram 8,11% de amostras não conformes para cloro; considerando o pH e concentração de flúor, estes valores ficaram em 13,51% e 5,4% respectivamente. Entretanto, a qualidade da água dessa rede foi classificada como satisfatória por estes autores, pois não houve presença de coliformes em nenhuma das amostras. De modo análogo, os resultados do presente trabalho também foram negativos para a presença de coliformes.

Com relação à amostra coletada no bebedouro, mesmo ficando sua qualidade dentro do padrão de potabilidade, a quantidade de bactérias heterotróficas foi maior do que nas demais amostras que atenderam ao padrão. De maneira semelhante, na pesquisa realizada por Scuracchio e Farache Filho (2011) na análise da qualidade de águas fornecidas em creches da cidade de São Carlos – SP, a porcentagem de amostras que não atenderam à legislação quanto ao limite de bactérias heterotróficas foi maior naquelas coletadas nos filtros do que aquelas provenientes dos reservatórios ou da rede. É preciso que os filtros dos bebedouros passem por manutenção e limpeza periódica, para que se possa ter uma água de boa qualidade para consumo.

Deve-se ter especial cuidado com aqueles pontos em que a água pode ter um longo tempo de residência, seja nos reservatórios ou na tubulação. Também não se pode afirmar que a água dos bebedouros seja própria para consumo, seria necessário um estudo mais específico em vários deles. No entanto, considerando a qualidade da água disponibilizada pela rede, se houver uma correta limpeza e manutenção nos reservatórios locais e nos filtros desses bebedouros, pode-se ter a garantia de uma água própria para o consumo humano.

AGRADECIMENTOS

À CAPES pelo apoio aos pesquisadores. Aos setores da Universidade Estadual de Maringá que colaboraram com o estudo: ao Laboratório de Saneamento e Meio Ambiente; ao Laboratório de Microbiologia; ao Laboratório de Gestão, Controle e Preservação Ambiental; aos Laboratórios da Engenharia Química pelo uso dos equipamentos; à equipe

da Diretoria de Serviços e Manutenção; ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana.

REFERÊNCIAS

AMARAL, L. A. et al. Água de consumo humano como fator de risco à saúde em propriedades rurais. **Revista Saúde Pública**. v. 37, n.4, 2003, p. 510-514.

BELEZA, J. M. B. B. Simulação das concentrações de cloro residual e tri-halometanos em redes de distribuição de água para consumo humano. 185 f. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia do Ambiente) - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2005.

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. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 14 dez. 2011. Seção 1, p. 39.

CAMPOS, J. A. D. B.; FARACHE FILHO, A.; FARIA, J. B. Qualidade sanitária da água distribuída para consumo humano pelo sistema de abastecimento público da cidade de Araraquara – SP. **Alimentos e Nutrição**. v. 13, n. 1, 2002, p. 117-129.

HELLER, L.; PÁDUA, V. L. **Abastecimento de água para consumo humano**. 2. ed. Belo Horizonte: UFMG, v. 1 e 2, 2010.

PIEREZAN, M. L. Monitoramento Contínuo do Cloro em Sistemas de Distribuição de Água para Abastecimento. 150 f. **Dissertação** (Mestrado em Tecnologias Ambientais) - Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2009.

SCURACCHIO, P. A.; FARACHE FILHO, A. Qualidade da água utilizada para consumo em escolas e creches no município de São Carlos - SP. **Alimentos e Nutrição**. v. 22, n.4, 2011, p. 641 - 647.

SOUZA, M. M. D.; SANTOS, A. S. P. Água potável, água residuária e saneamento no Brasil e na Holanda no âmbito do Programa de Visitação Holandês - DVP: *Dutch Visitors Programme*. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. v. 21, n.2, 2016, p. 387-395.