



## **I-273 - VARIAÇÃO TEMPORAL DA CONCENTRAÇÃO DE TRIALOMETANOS NA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA: ESTUDO DE CASO EM MUNICÍPIO LOCALIZADO NO QUADRILÁTERO FERRÍFERO-MG**

**Janaína Abreu Alvarenga<sup>(1)</sup>**

Engenheira Sanitarista e Ambiental pelo Centro Universitário do Leste de Minas Gerais (UnilesteMG). Mestranda em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos na Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

**Valter Lúcio de Pádua**

Engenheiro Civil pela UFMG, mestre e doutor em Hidráulica e Saneamento pela EESC-USP, professor adjunto do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFMG.

**Jorge Martins Borges**

Engenheiro Mecânico formado pelo CEFET-MG, Especialista em Engenharia Sanitária e Ambiental pela UFMG, atual Diretor Técnico do SAAE de Itabira-MG.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Av. Augusto de Lima, 361/901 - Centro - Belo Horizonte - MG - CEP:30190-001 - Brasil - Tel: (31) 9202-4361 - e-mail: [janaina\\_abreu@yahoo.com.br](mailto:janaina_abreu@yahoo.com.br)

### **RESUMO**

No Brasil, o agente químico mais amplamente empregado na etapa de desinfecção da água é o cloro, que é utilizado também na pré-oxidação da água bruta em muitas estações de tratamento de água (ETAs). Contudo, o uso do mesmo pode resultar na formação de subprodutos, entre eles os trialometanos (THMs), após a reação do cloro com alguns compostos orgânicos naturais. O presente trabalho tem por objetivo avaliar a concentração de THMs na água de consumo humano de um município localizado no Quadrilátero Ferrífero, em Minas Gerais. Foram analisadas amostras de água bruta e tratada, na entrada e saída do tratamento, respectivamente, e no sistema de distribuição de água, para avaliar a influência do tempo de detenção de água no sistema, durante o período de janeiro a abril de 2009. Foram identificados os seguintes THMs: clorofórmio, bromodiclorometano, dibromoclorometano e bromofórmio, extraídos pela técnica de microextração em fase sólida (SPME) e quantificados por cromatografia gasosa com detector de captura de elétrons. De modo geral, as concentrações de THM obtidas no município em estudo atendem ao padrão de potabilidade estabelecido pela Portaria MS nº 518/2004, cujo limite máximo permitido é 0,1 mg.L<sup>-1</sup>. No entanto, vale ressaltar que o número de amostras ainda não é suficiente para se fazer afirmações acerca da variação temporal da concentração dos subprodutos no município de estudo, visto que esta pode variar em função da variação sazonal da qualidade da água bruta. A periodicidade adequada de amostragem também não pode ser avaliada, uma vez que o número limitado de dados compromete a confiabilidade dos resultados por não permitir o tratamento estatístico das informações.

**PALAVRAS-CHAVE:** Cloro, compostos orgânicos naturais, trialometanos, tratamento de água, qualidade da água.

### **INTRODUÇÃO**

A vital dependência do ser humano com relação à água pressupõe que esta deve apresentar características físicas, químicas, biológicas e radioativas que não causem efeitos adversos à saúde. No entanto, a poluição das águas naturais por contaminantes químicos e biológicos é um problema de âmbito mundial.

O processo de desinfecção da água, visando atender ao padrão microbiológico de potabilidade, é realizado, pela maioria das ETAs brasileiras, através da cloração. Além da inativação de organismos, a desinfecção/oxidação tem por finalidade a oxidação de compostos inorgânicos em estado reduzido, como por exemplo, Fe<sup>+2</sup> e Mn<sup>+2</sup>; remoção de compostos orgânicos que conferem cor à água; controle de sabor e odor; manutenção da estabilidade biológica nos sistemas de reservação e distribuição; e prevenção do crescimento de algas em decantadores e filtros.

Existe uma preocupação com relação à utilização do cloro, tendo em vista sua reação com alguns compostos orgânicos naturais, que acarreta a formação de subprodutos indesejáveis, entre eles os trialometanos, ácidos



haloacéticos, halopicrinas, haloacetoneitrilas, halocetonas, aldeídos, clorohidratos, e outros compostos halogenados que podem causar riscos à saúde pública. A formação destes subprodutos depende, principalmente, do tipo de desinfetante utilizado, dosagem aplicada e residual; natureza da matéria orgânica e sua concentração; presença do íon brometo; temperatura; tempo de contato e pH da água (DI BERNARDO e DANTAS, 2005; PASCHOALATO *et al*, 2005; SINGER *et al*, 2002).

A relação entre o uso de oxidantes em ETAs, suas reações com a matéria orgânica natural (MON) e a formação de compostos capazes de apresentar efeitos adversos à saúde humana foi estudada pela primeira vez na década de 70 (MEYER, 1994). Em 1974, pesquisadores holandeses e americanos foram pioneiros em detectar a presença de subprodutos halogenados, após processos de desinfecção final, em águas para abastecimento público. A partir daquele ano, investigações realizadas nos Estados Unidos mostraram uma possível correlação positiva entre águas de abastecimento público e câncer, o que desencadeou o desenvolvimento de uma série de pesquisas que diagnosticaram a ocorrência de trialometanos em ETAs que utilizavam produtos clorados no processo de desinfecção (MACÊDO *et al*, 2002; MARMO *et al*, 2006).

A Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA), em um estudo no qual foram analisadas amostras de água provenientes de 113 estações de tratamento, detectou a presença de 27 compostos orgânicos com probabilidade de serem causadores de doenças. Nessa relação de compostos, quatro trialometanos (clorofórmio –  $\text{CHCl}_3$ , bromodiclorometano –  $\text{CHBrCl}_2$ , dibromoclorometano –  $\text{CHBr}_2\text{Cl}$  e bromofórmio –  $\text{CHBr}_3$ ) foram considerados muito importantes, porque surgiram com elevada frequência em todas as pesquisas realizadas nas águas de abastecimento cloradas. Como consequência deste estudo, a EPA propôs, em 1978, o limite máximo permissível de  $100 \mu\text{g.L}^{-1}$  de THM para águas de abastecimento. Embora não existissem comprovações de que esses compostos pudessem ser nocivos à saúde humana, o limite foi proposto com objetivos preventivos. Em 1979, o critério adotado de  $100 \mu\text{g.L}^{-1}$  foi regulado, apesar das evidências de carcinogenicidade ter sido obtidas apenas em estudos com animais (MEYER, 1994).

Comparando-se a legislação de alguns países em relação ao valor máximo permitido de trialometanos, que é uma das classes dos subprodutos da cloração das mais bem estudadas, podem ser observadas diferenças significativas: enquanto nos Estados Unidos o padrão de potabilidade para trialometanos total é de  $80 \mu\text{g.L}^{-1}$  ( $0,080 \text{ mg.L}^{-1}$ ), no Canadá e no Reino Unido esse padrão é de  $100 \mu\text{g.L}^{-1}$ . Na França, recomendam-se valores máximos da ordem de  $10 \mu\text{g.L}^{-1}$ , ao passo que no México o padrão é de  $200 \mu\text{g.L}^{-1}$  (AZEVEDO *et al*, 2004; LATIFOGLU, 2003). No Brasil, o valor máximo permitido para esse parâmetro é de  $0,1 \text{ mg.L}^{-1}$ , conforme a Portaria 518 (BRASIL, 2004).

A Organização Mundial de Saúde (OMS) definiu valores guias provisórios para alguns ácidos acéticos clorados, entre eles o ácido monocloroacético, a  $50 \mu\text{g.L}^{-1}$ , e o ácido tricloroacético, a  $100 \mu\text{g.L}^{-1}$ . Destaca-se também que enquanto nos Estados Unidos a concentração total dos cinco ácidos acéticos clorados (HAA5) é limitada a  $60 \mu\text{g.L}^{-1}$  (ácido monocloroacético, ácido monobromoacético, ácido dicloroacético, ácido tricloroacético, e ácido dibromoacético), na legislação brasileira não é feita menção a esta classe de subprodutos da cloração. Tal fato pode advir da falta de dados para estudos epidemiológicos mais conclusivos, mas reforça a necessidade de serem feitas mais pesquisas tanto para estabelecer com segurança os limites máximos destes subprodutos quanto para serem desenvolvidas ou aperfeiçoadas técnicas destinadas à atenuação da formação dos mesmos durante o processo de tratamento de água.

Nas duas últimas décadas e atualmente, tem crescido o interesse pelo uso de desinfetantes alternativos, em decorrência da possibilidade da formação dos subprodutos mencionados anteriormente e verificados quando o cloro livre está presente e a água contém matéria orgânica natural (DI BERNARDO e DANTAS, 2005).

Diferentes trabalhos de pesquisa realizados recentemente avaliaram, em escala de laboratório, a formação de subprodutos em reações de oxidação de substâncias húmicas com cloro livre e outros oxidantes. Assim, este trabalho contempla uma avaliação, em escala real, da formação de trialometanos na água destinada ao consumo humano. Estes subprodutos são aqui avaliados uma vez que constam nos padrões brasileiros de potabilidade, que para o controle da qualidade da água do sistema de distribuição, estabelece uma frequência mínima trimestral de amostragem para a captação em manancial superficial (BRASIL, 2004). No entanto, esta pesquisa contempla uma amostragem de THM mais rigorosa do que a disposta pelas normalizações.



## MATERIAIS E MÉTODOS

### CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE ÁGUA

O sistema de abastecimento estudado atende a aproximadamente 55% da população do município considerado. Situado no Quadrilátero Ferrífero, em Minas Gerais, o manancial que abastece a ETA em estudo vem sendo comprometido, desde a década de 70, pelos efeitos das ações antrópicas na bacia hidrográfica (desmatamentos, lançamentos de efluentes sem tratamento nos cursos d'água e práticas ambientalmente incorretas). Existem indícios de alteração na qualidade e na quantidade das águas do manancial, sendo necessário, em épocas de estiagem, recorrer a soluções emergenciais (captações temporárias) de água em outra bacia (FONSECA, 2002).

A ETA foi construída empregando tecnologia de filtração direta e escoamento ascendente, mas, posteriormente, devido à progressiva deterioração da qualidade da água bruta, foram implantadas as unidade de floculação e decantação. Atualmente a ETA funciona com tecnologia de tratamento convencional (ciclo completo), constituída das etapas de coagulação com sulfato de alumínio, floculação, decantação, filtração, desinfecção com cloro gasoso, correção de pH e fluoretação. O acompanhamento de rotina dos parâmetros de qualidade da água distribuída à população do município é realizado em consonância com as determinações estabelecidas pela Portaria MS nº 518/2004.

### AMOSTRAGENS

Foram realizadas coletas de amostras de água na entrada (medidor Parshall) e saída da estação de tratamento (reservatório) e no sistema de distribuição de água (torneira ligada diretamente à rede de distribuição), em ponto com elevado tempo de detenção da água no sistema de distribuição, conforme preconiza a Portaria nº 518/2004, do Ministério da Saúde. Em cada amostragem, foram efetuadas 3 coletas de água, sendo duas na ETA (na entrada e na saída, para caracterização da água bruta e tratada, respectivamente) e uma na rede de distribuição. Este último ponto foi definido com o objetivo de avaliar a formação de subprodutos em função da distância à ETA, de modo a avaliar a variação espacial da concentração de trihalometanos.

O monitoramento compreendeu duas coletas mensais durante o período de janeiro a abril de 2009, de forma a representar a influência da variação sazonal nas concentrações de THM, que ocorre em função da variação da temperatura e da qualidade da água, além de outros fatores. Vale destacar que este trabalho contempla o monitoramento anual de THM, de forma a abranger pelo menos um ciclo hidrológico. Assim, as amostragens serão realizadas até o mês de dezembro/2009.

As amostras foram coletadas em frascos contendo o agente redutor tiosulfato de sódio e refrigeradas à temperatura de 4°C até o momento de se efetuarem as análises.

### ANÁLISES

A caracterização da água bruta foi realizada através dos parâmetros físico-químicos pH, turbidez, temperatura, cor aparente, alcalinidade total, carbono orgânico total e cloro residual livre. Das amostras coletadas para a execução do ensaio cromatográfico para a identificação e quantificação de trihalometanos, foram monitorados os parâmetros cloro residual livre, cor aparente, pH e temperatura. Todas as análises foram realizadas conforme a metodologia proposta no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2005).

### EXTRAÇÃO E ANÁLISE POR CROMATOGRAFIA EM FASE GASOSA

A técnica de extração de THM utilizada foi a microextração em fase sólida (SPME), que baseia-se na exposição da fibra dentro da amostra de água, permitindo a adsorção dos compostos organoclorados pelo polidimetilsiloxano, de 100 µm de espessura.

Uma alíquota de 10 mL de amostra armazenada a 4°C foi rapidamente coletada e inserida em um frasco do tipo *vial* de 40 mL de capacidade. Em uma extremidade da tampa (equipada com septo de silicone) foi introduzida uma agulha de ponta longa acoplada a uma seringa.



Para a extração, a fibra foi colocada em contato com a parte gasosa da amostra (*headspace*) por 10 minutos, à temperatura de 37 a 40°C, para que fosse atingido o equilíbrio entre o analito em solução e o *headspace*. Durante o período de extração, quando o frasco foi submetido a um sistema de aquecimento para a obtenção de vapores de THMs, foi utilizada agitação magnética. Realizada a extração, a fibra foi retirada do frasco da amostra e inserida no injetor do cromatógrafo a gás, onde os analitos foram termicamente desorvidos sob fluxo de arraste e carregados para a coluna cromatográfica.

A quantificação das concentrações de trihalometanos nas amostras foi realizada por um cromatógrafo a gás (CG), da marca Perkinelmer, modelo Clarus, com detector de captura de elétrons (DCE). As substâncias halogenadas identificadas compreendem o clorofórmio, bromodiclorometano, dibromoclorometano e bromofórmio.

As condições de operação do cromatógrafo foram as seguintes:

- Coluna Elite 5, 30m x 0,25mm DI;
- Temperatura inicial de 40°C por 5 min, rampa de aquecimento 1 numa razão de 5°C/min até 70°C, e rampa de aquecimento 2 numa razão de 10°C/min até 160°C;
- Tempo total de análise: 20 min;
- Temperatura do injetor: 200°C;
- Temperatura do detector: 250°C;
- Gás de arraste: Nitrogênio;
- Vazão do gás de arraste: 1 mL/min.

Os trihalometanos avaliados constam nos padrões brasileiros de potabilidade da água, definidos pela Portaria MS nº 518/2004, que para o controle da qualidade da água do sistema de distribuição, estabelece uma frequência mínima trimestral de amostragem para a captação em manancial superficial (BRASIL, 2004).

## RESULTADOS

De modo geral, as concentrações de THM obtidas no município em estudo atendem ao padrão de potabilidade estabelecido pela Portaria MS nº 518/2004, cujo limite máximo permitido é 0,1 mg.L<sup>-1</sup>. Apenas os valores de THM da amostragem realizada no dia 25/03 ultrapassaram o limite supracitado. No entanto, deve-se mencionar a incoerência obtida nos resultados deste mês com relação às concentrações de COT e THM. Enquanto não houve a detecção de COT na amostra, as concentrações de THM apresentaram os maiores valores, como pode ser observado das figuras 1 e 2. Esta incoerência recai sobre o fato de a formação de subprodutos da desinfecção resultar da reação do cloro residual livre com compostos orgânicos naturais.

Os resultados obtidos para as concentrações de THMs estão apresentados na tabela 1. Vale ressaltar que o pequeno número de dados coletados não permite fazer afirmações acerca da variação sazonal da concentração dos subprodutos no município em questão, pois não representa, por exemplo, o período de estiagem.

**Tabela 1: Determinação de trihalometanos no reservatório e na rede de distribuição.**

Data coleta	Concentração (µg.L <sup>-1</sup> )									
	CF		BDCM		DBCM		BF		THM total	
	Saída ETA	Rede	Saída ETA	Rede	Saída ETA	Rede	Saída ETA	Rede	Saída ETA	Rede
28/1/09	52,2	60,6	5,4	13,2	3,7	5,6	2,3	3,6	63,6	81,8
13/2/09	17,2	28,6	8,0	23,6	4,6	9,1	2,3	2,4	32,1	63,7
27/2/09	52,9	115,3	6,6	1,4	0	0	0	0	59,5	116,7
25/3/09	191,7	325,9	0,5	0	0	0	0	0,7	192,1	326,6
15/4/09	7,4	8,6	0,9	1,6	1,9	0	0	0	10,2	10,2

CF: clorofórmio; BDCM: bromodiclorometano; DBCM: dibromoclorometano; BF: bromofórmio.

Como a reação de formação dos THMs é lenta, ela pode ser iniciada no processo de cloração e continuar ocorrendo até que a água seja utilizada pelo consumidor. Pelos resultados, pode-se observar um aumento nas concentrações de THMs em função do tempo em que a água fica armazenada, uma vez que os valores encontrados na água coletada na ponta de rede foram superiores aos valores encontrados na saída da ETA, de acordo com as figuras 3 e 4. Este aumento da concentração de THM ao longo da rede pode ser atribuído ao



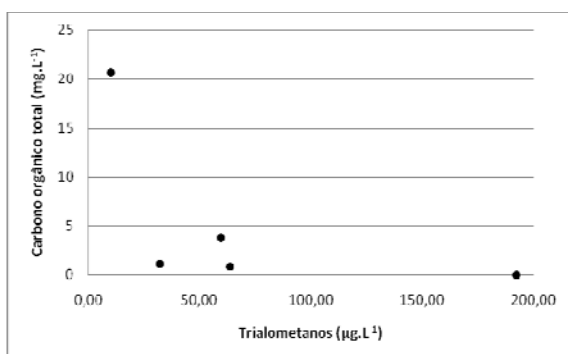
aparecimento de uma demanda de cloro, exercida por compostos orgânicos, que deve ser satisfeita a fim de que seja possível o estabelecimento de concentrações relativamente estáveis de cloro residual livre na fase líquida. O mesmo foi observado em pesquisa realizada por Fernicola e Azevedo (1984), que avaliaram as concentrações de THMs em amostras de água bruta, água coletada nas estações de tratamento, nos reservatórios e nos pontos de distribuição de alguns sistemas de abastecimento de água do Estado de São Paulo, entre agosto e outubro de 1980.

O clorofórmio foi o THM mais encontrado na água, apresentando valores superiores a 50% dos THM totais para todas as amostras analisadas na água da saída da ETA, e superiores a 40% dos THM totais para a água da rede de abastecimento. Nesta última, o clorofórmio chega a representar 98% dos trialometanos totais. Essa concentração relativamente elevada de clorofórmio pode ser explicada pelo maior teor de cloro nas águas devido ao processo de cloração utilizado na estação de tratamento. Entretanto, as análises revelaram também a presença de THMs bromados, o que indica a presença de brometo na água, que pode estar relacionada tanto às características químicas dos solos da região, bem como a adição de reagentes contaminados no processo de tratamento de água ou às atividades antrópicas.

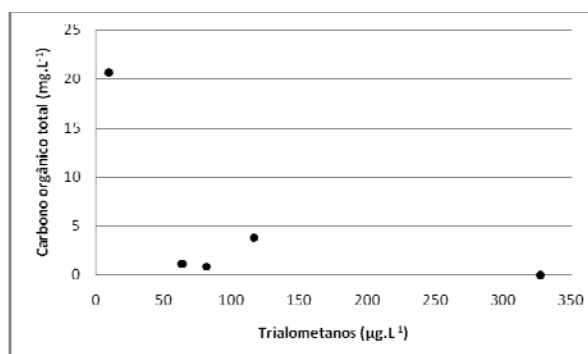
Valores próximos a 85% de clorofórmio em relação aos valores de THMs foram encontrados por outros autores, como por exemplo, valores de cerca de 85% em águas potáveis do município de Viçosa (Carlos, 2002 *apud* Leles, 2005). Tominaga e Midio (1999) relataram valores de cerca de 80% na água distribuída à população do Município de São Paulo, no período de 5/7 a 4/8/1998.

Estes últimos autores acrescentam que, com relação à toxicidade dos THMs, esta refere-se principalmente ao clorofórmio, por ser o composto mais estudado e encontrado em maior concentração que os demais. Contudo, é provável que os outros compostos halogenados tenham efeitos similares.

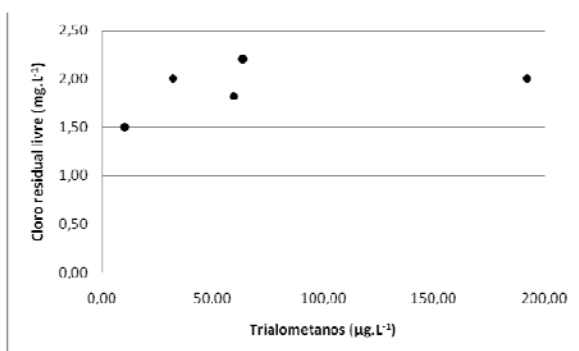
As figuras 1 a 8 relacionam os THMs com outros parâmetros de qualidade da água associados à formação destes subprodutos, representados de janeiro a abril de 2009.



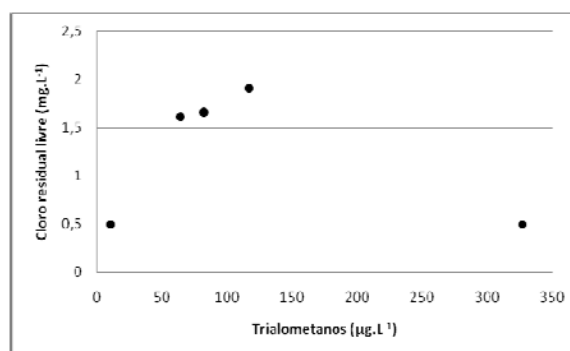
**Figura 1: Relação entre a concentração de THMs e carbono orgânico da água da saída da ETA.**



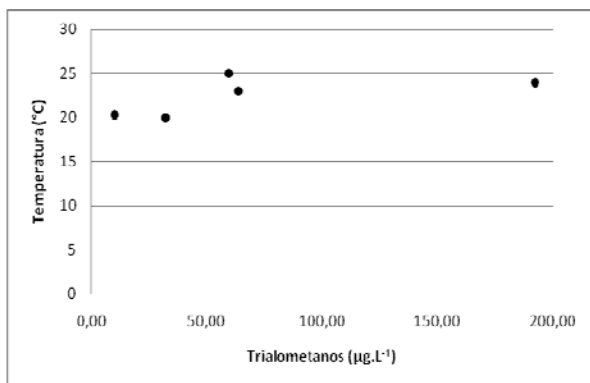
**Figura 2: Relação entre a concentração de THMs e carbono orgânico da água na rede.**



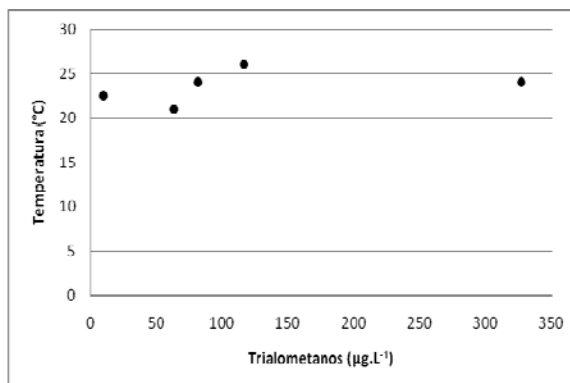
**Figura 3: Relação entre a concentração de THMs e cloro residual da água da saída da ETA.**



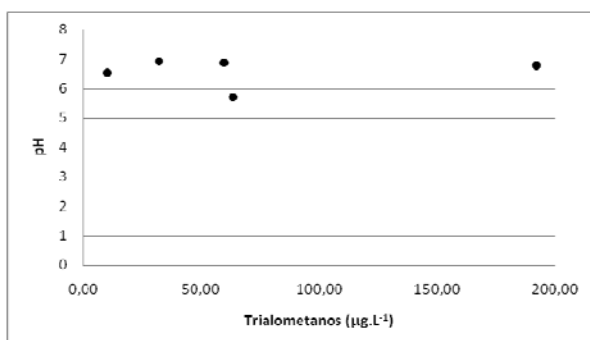
**Figura 4: Relação entre a concentração de THMs e cloro residual da água na rede.**



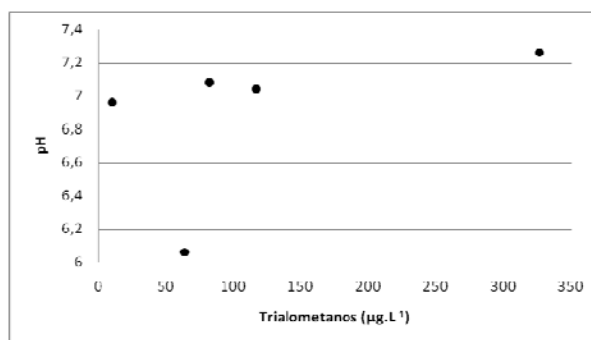
**Figura 5: Relação entre a concentração de THMs e a temperatura da água da saída da ETA.**



**Figura 6: Relação entre a concentração de THMs e a temperatura da água na rede.**



**Figura 7: Relação entre a concentração de THMs e pH da água da saída da ETA.**



**Figura 8: Relação entre a concentração de THMs e pH da água na rede.**

De acordo com as figuras 5 e 6, a variação sazonal nas concentrações de THM parece ocorrer em função das variações da temperatura da água, apresentando pequena relação com a concentração de carbono orgânico total (figuras 1 e 2), cloro residual (figuras 3 e 4) e pH (figuras 7 e 8) e No entanto, o pequeno número de amostras não permite correlacionar as variáveis, pois as sujeitariam a erros acerca da realidade.

## CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, conclui-se que o número de amostras ainda não é suficiente para se fazer afirmações acerca da variação sazonal da concentração dos subprodutos no município de estudo, uma vez que o número limitado de dados compromete a confiabilidade dos resultados por não permitir o tratamento estatístico das informações. Entretanto, a variação sazonal da concentração de THM parece ocorrer em função das variações da temperatura da água, mas é necessária uma maior amostragem para que se possa avaliar a correlação do teor de THM com o cloro residual, pH e carbono orgânico total.

Considerando a importância da etapa de desinfecção da água para saúde pública, sua eficiência não deve ser comprometida na tentativa de se controlar os subprodutos.

A continuidade desta pesquisa poderá fornecer subsídios para uma melhor avaliação da frequência de amostragem mais adequada para os trialometanos, visto que suas concentrações podem variar em função da variação sazonal da qualidade da água bruta.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AZEVEDO, S.M.F.O.; FERREIRA, A.C.S.; VIEIRA, F.M.A.C.; AVELINO, F.F.; BRAGA, F.M.G.; LEMOS, L.; ANDRADE, M.I.R.; JIMENEZ, P.C. Relatório final de pesquisa – Edital de Convocação 001/2000. In: PÁDUA, V.L. (coord.) *Potenciais fatores de risco à saúde decorrentes da presença de cloração na água utilizada para consumo humano*. Programa de Pesquisa em Saúde e Saneamento – DENS, 2004.





2. BRASIL. Portaria MS Nº 518, de 25 de março de 2004. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, n. 59, Brasília, 25 mar. 2004. Seção I.
3. CARLOS, E.A. *Otimização e validação de metodologia para quantificação de trihalometanos em águas*. 2002. Tese (Mostrado em Agroquímica) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002.
4. DI BERNARDO, L.; DANTAS, A.D. *Métodos e técnicas de tratamento de água*. 2. Ed. São Carlos: RiMa, 2005. v. 2. 729 p.
5. FERNICOLA, N.A.G.G.; AZEVEDO, F.A. Water levels of trihalomethanes (THM) in four different supply systems from São Paulo, (Brazil). *Journal of environmental health*. n. 46, p.187-8, 1984.
6. FONSECA, D.P. *O manancial da Pureza e o futuro do abastecimento de água em Itabira (Um estudo propositivo)*. 2002. 68 f. Monografia (Especialização em Análise Ambiental) - Faculdade de Ciências Humanas de Itabira, Itabira, 2002.
7. LATIFOGLU, A. Formation of trihalomethanes by the disinfection of drinking water. *Indoor and built environment*, vol.12, n.6, p.413-417, 2003.
8. LELES, T.C. *Otimização e validação da técnica microextração em fase sólida para determinação de trihalometanos em água*. 2005. 72 f. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) - Universidade Federal de Viçosa, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, Viçosa, 2005.
9. MACÊDO, J.A.B.; ANDRADE, N.J.; CHAVES, J.B.P.; ARAÚJO, J.M.A.; SILVA, M.T.C.; JORDÃO, C.P. Formação de trihalometanos em soluções sanitizantes utilizadas no processo de desinfecção de indústrias de alimentação. *SANARE – Revista Técnica da Sanepar*, v.17, n.17, p.31-48, 2002.
10. MARMO, C.R.; SANTOS, B.V.A.P.; BRESAOLA JÚNIOR, R. Especificação de trihalometanos em ensaios de oxidação com cloro livre. In: *XXX Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitary y Ambiental*. AIDIS: Punta del Este, 2006.
11. MEYER, S.T. O Uso de cloro na desinfecção de águas, a formação de trihalometanos e os riscos potenciais à saúde pública. *Caderno de Saúde Pública*, v.10, n.1, p.99-110, 1994.
12. PASCHOALATO, C.F.P.R.; WIECHETECK, G.K.; LATANZE, R.; TRIMAILOVAS, M.; DI BERNARDO, L. Pré-oxidação com cloro ou permanganato de potássio, coagulação e filtração de água contendo substâncias húmicas e comparação dos subprodutos formados com pós-cloração. In: *23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*. ABES: Campo Grande, 2005.
13. SINGER, P.C.; WEINBERG, H.S.; BROPHY, K.; LIANG, L.; ROBERTS, M.; GRISSTEDE, I. *Relative dominance of haloacetic acids and trihalometanes in treated drinking water*. AWWA Research Foundation. 2002.
14. TOMINAGA, Y.T.; MIDIO, A.F. Exposição humana a trihalometanos presentes em água tratada. *Revista de Saúde Pública*, v.33, n.4, p.413-421, 1999.