

I-251 – AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE FORMAÇÃO DE TRIALOMETANOS DAS ÁGUAS PARA ABASTECIMENTO DE LONDRINA - PR E TESTE DE SIMULAÇÃO DO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

Letícia Ayumi Furuta⁽¹⁾

Graduanda em Engenharia Civil – Universidade Estadual de Londrina.

Vilson Gomes da Assunção Júnior

Engenheiro civil (2013) e Mestrando em Engenharia de Edificações e Saneamento – Universidade Estadual de Londrina. Engenheiro Civil da Companhia de Saneamento do Paraná.

Barbara Fornaciari

Bacharela em Química (2017) – Universidade Estadual de Londrina, Mestranda em Química – Instituto de Química – Universidade de São Paulo.

Emily Giany Assunção

Engenheira civil (2014) - Universidade Estadual de Londrina - UEL, Mestre em Engenharia de Edificações e Saneamento (2017) e Doutoranda em Engenharia civil -UEL.

Elisa Yoko Hirooka

Farmacêutica e Bioquímica - Universidade Estadual de Londrina - UEL (1976), Mestre em Ciência de Alimentos - UEL (1981) e Doutora em Engenharia de Alimentos - Universidade Estadual de Campinas (1984). Professora do Departamento de Ciência e Tecnologia em Alimentos da UEL.

Endereço⁽¹⁾: Departamento de Construção Civil - Rod. Celso Garcia Cid PR445 Km380 Campus Universitário Cx Postal 10.011 - Bairro Perobal – Londrina – PR - CEP 86057-970 – Brasil - Tel: (43) 3371-5826 – e-mail: leticiafuruta@gmail.com

RESUMO

Visando o controle da ocorrência de cianobactérias e compostos associados aos eventos de gosto e odor (*taste and odor* - T&O) é comum na prática o uso inadvertido da pré-cloração, que quando realizado em mananciais com elevadas concentrações de matéria orgânica/cianobactérias, pode acarretar na lise celular com consequente liberação de metabólitos secundários cuja remoção é limitada no tratamento por ciclo completo ou ainda, favorecer a formação de subprodutos da oxidação - SPOs indesejáveis considerados potencialmente prejudiciais à saúde. Considerando que os organismos fitoplanctônicos também se constituem em potenciais precursores de SPOs, com destaque aos trialometanos – TAMs, este trabalho teve como objetivo avaliar o potencial de formação de trialometanos - TAMs dos mananciais de abastecimento de Londrina – PR, além de analisar a eficiência de suas estações de tratamento de águas (ETA A e ETA B) na remoção de precursores. Na ETA A, houve redução do potencial de formação de trialometanos na água após tratamento de 69,1 e 67,4% nos tempos de 3 e 7 dias respectivamente. Na ETA B, houve redução do potencial de formação de trialometanos na água após tratamento de 69,2 e 58,5% nos tempos de 3 e 7 dias respectivamente. O potencial de formação de trialometanos – PFTAM tanto para as amostras de água bruta-AB quanto filtrada-AF resultou superior na ETA B. De forma geral, as concentrações referentes aos ensaios PFTAM das águas tratadas resultaram superiores às obtidas no Teste de Simulação do Sistema de Distribuição – SDS, devido às condições potencializadas e controladas no primeiro ensaio. No teste SDS as amostras de água tratada-AT das ETAs A e B apresentaram-se em conformidade com a Portaria 2914/2011 em termos de trialometanos totais.

PALAVRAS-CHAVE: Subprodutos da oxidação, hipoclorito de cálcio, cromatografia gasosa.

INTRODUÇÃO

O enriquecimento artificial dos corpos d'água com nitrogênio, fósforo e outros nutrientes em excesso, sob certas condições ambientais de temperatura, incidência de luz e velocidade de ventos, pode conduzir à quebra do equilíbrio biológico do meio aquático e favorecer o aparecimento de florações ou “blooms” de determinadas espécies de cianobactérias.

Assim, muitos eventos de gosto e odor (*taste and odor* - T&O) têm sido associados aos compostos orgânicos voláteis (*volatile organic compounds* – VOCs) produzidos por cianobactérias (Watson, 2003), especialmente

em ambientes aquáticos de cidades de médio e grande porte. A ocorrência desses compostos tem causado sérios problemas aos sistemas de abastecimento relacionados à vulnerabilidade da confiança do consumidor em relação à qualidade da água distribuída e aos sistemas de tratamento, por requerer processos específicos para remoção e implicar em custos adicionais ao tratamento.

Visando o controle de suas consequências, estes fatos têm motivado o uso inadvertido da pré-cloração, que quando realizado em mananciais com elevadas concentrações de cianobactérias, pode promover a lise celular com consequente liberação de metabólitos secundários cuja remoção é limitada no tratamento por ciclo completo, ou ainda, favorecer a formação de subprodutos da oxidação - SPOs indesejáveis considerados potencialmente carcinogênicos, mutagênicos e teratogênicos.

De acordo com Singer (1994), os principais fatores que influenciam a formação de SPOs são: pH, tempo de contato, temperatura, natureza e concentração da matéria orgânica natural - MON, dosagem de cloro aplicada, residual de cloro livre e concentração de brometos. A MON é considerada o principal precursor de SPOs, sendo que a natureza do material orgânico depende da vegetação existente na bacia hidrográfica e das espécies de organismos fitoplanctônicos presentes na água. Assim, acredita-se que os organismos fitoplanctônicos também se constituem em potenciais precursores de SPOs, com destaque aos trialometas - TAMs.

O sistema de abastecimento de água dos municípios de Londrina e Cambé é formado por duas Estações de Tratamento de Água – ETAs que realizam a captação em dois mananciais superficiais distintos, tendo um deles apresentado histórico de ocorrência de cianobactérias nos últimos anos. Assim, é de fundamental importância a investigação do potencial de formação de TAMs dos mananciais de abastecimento e das águas tratadas neste sistema, possibilitando estimar a eficiência das ETAs de Londrina - PR na remoção de precursores de TAMs.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para realização deste experimento foram coletadas águas em duas estações de tratamento de água de Londrina-PR, a ETA A e a ETA B. Foram coletadas três amostras de cada ETA na mesma data (16 de maio de 2016), sendo elas:

AB - Água Bruta: amostra coletada na chegada da água na estação de tratamento de água;

AF - Água Filtrada: amostra coletada após o tratamento completo e antes da desinfecção com cloro;

AT - Água Tratada Clorada: amostra coletada após o tratamento completo e a desinfecção com cloro.

As amostras coletadas foram caracterizadas segundo os parâmetros físicos e químicos pH, alcalinidade, temperatura, turbidez, condutividade elétrica, cor verdadeira, dureza, carbono orgânico dissolvido, e cloro livre, segundo as metodologias analíticas indicadas em APHA, AWWA, WEF (2012). Os parâmetros, métodos analíticos e equipamentos utilizados na caracterização das amostras são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Parâmetros, métodos de análise e equipamentos utilizados na caracterização física e química das amostras.

Parâmetros	Método / Referência (APHA, AWWA, WEF, 2012)	Equipamento (modelo/marca)
pH	Potenciométrico SM 4500	pHmetro: Digimed DM-2P Agitador: FISATOM 761
Alcalinidade (mg CaCO ₃ L ⁻¹)	Titulação potenciométrica SM 2320 B	pHmetro: Digimed DM-2P Agitador: FISATOM 761 Titulador: METROHM
Temperatura (°C)	Termômetro de Hg	-
Turbidez (uT)	Método Nefelométrico SM 2130 B	Turbidímetro: HACH2100Q
Condutividade elétrica (μS cm ⁻¹)	Método do eletrodo de platinum SM 2510B	Condutivímetro DM-3P
Cor verdadeira (uH)	Espectrofotométrico filtrado em membrana 0,45 μm SM 2120 C	Espectrofotômetro Agilent Technologies Cary 60 UV- Vis
Dureza (mg CaCO ₃ L ⁻¹)	Titulométrico SM 2340 C	pHmetro: Digimed DM-2P Agitador: FISATOM 761 Titulador: METROHM
Carbono Orgânico Dissolvido - COD (mg L ⁻¹)	Combustão a alta temperatura – filtrado em membrana 0,45 μm SM 5310 B	Analizador de COT e N: Vario TOC Select / Elementar
Cloro Livre (mg L ⁻¹)	Método Colorimétrico – DPD SM 4500-Cl G	Colorímetro: HACH DR/890

O experimento para avaliação do potencial de formação de trialometanos (PF - TAMs) com cloro foi realizado utilizando as águas bruta (AB) e filtrada (AF) e o teste de simulação do sistema de distribuição para simular a formação de trialometanos (SDS - TAMs) foi realizado utilizando a água tratada (AT) após a cloração (Figura 1).

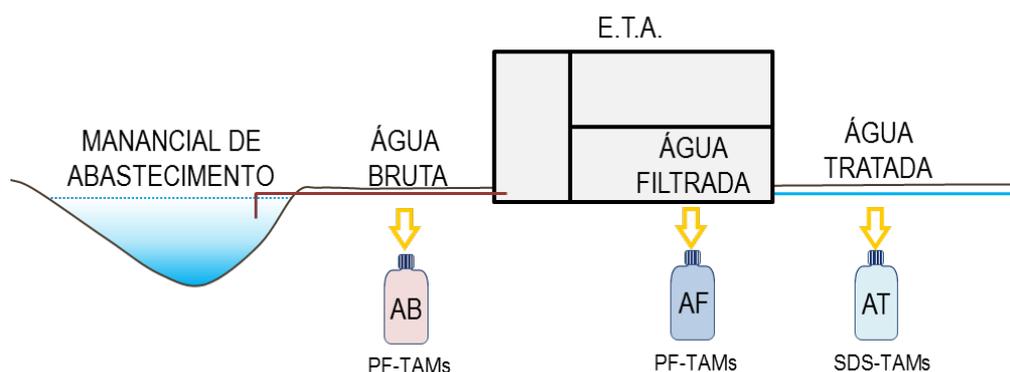


Figura 1: Esquema das águas coletadas e seus respectivos ensaios

Os experimentos para avaliação do potencial de formação de SPOs com cloro foram realizados segundo método 5710 A e B de APHA, AWWA, WEF (2005) com adaptações, para os tempos de 3 e 7 dias. As águas brutas e tratadas foram submetidas a várias dosagens de cloro (hipoclorito de cálcio) em pH 7,0 (corrigido por meio de adição de tampão fosfato a 2%) e mantidas no escuro à temperatura de 25°C, a fim de possibilitar a obtenção das condições máximas de formação de SPOs. Segundo o método, as amostras selecionadas devem apresentar, sob as condições descritas acima, concentrações de cloro residual livre entre 3,0 e 5,0 mg L⁻¹ após os tempos de contato de 3 e 7 dias. As condições experimentais empregadas são relacionadas na Tabela 2.

Tabela 2: Condições experimentais empregadas para determinação do potencial de formação dos subprodutos organohalogenados – PFSPOs

Estação de Tratamento	ETA A		ETA B	
	Água bruta AB	Água filtrada AF	Água bruta AB	Água filtrada AF
Dosagem de cloro (hipoclorito de cálcio) (mg L ⁻¹)	5, 7, 9, 11 e 13	4, 5 e 6	5, 7, 9, 11 e 13	4, 5 e 6
Volume de amostra (mL)	50			
Temperatura (°C)	25 ± 0,2			
Volume de tampão pH 7,0 (mL)	1			
Tempo de contato (dia)	3 e 7			
Desclorante	Tiosulfato de sódio			

Após cloração, as amostras foram imediatamente e cuidadosamente transferidas para frascos âmbar fechados com tampa de pressão sob tampa roscável para armazenamento, evitando-se a formação de bolhas e preenchendo-se totalmente os frascos. Para cada concentração inicial de cloro, foram armazenadas duas alíquotas de 22 mL destinadas à medida de cloro residual livre e à determinação do PFTAMs no tempo de 3 e 7 dias.

O Teste de Simulação do Sistema de Distribuição - SDS foi realizado utilizando condições de qualidade de água, pH, temperatura e tempo reais do sistema de distribuição, utilizando a água clorada na própria estação de tratamento. Os tempos de reação foram de 1, 3, 5 e 7 dias e as amostras, após esses quatro períodos, foram descloradas, extraídas em fase líquida e analisadas por cromatografia gasosa com detector de captura de elétrons - CG-DCE.

ANÁLISE DE SUBPRODUTOS DA OXIDAÇÃO

As amostras foram descloradas com adição de 100 µL de solução de tiosulfato de sódio a 0,025 N e a seguir foram submetidas à concentração/extração líquido-líquido – LLE. Para concentração/extração, foram adicionados a um frasco de 20 mL 3,00 g de sulfato de sódio, 1,00 g de sulfato de cobre, 10 mL da amostra desclorada, 10 µL de solução de diclorometano 10 g.L⁻¹ em MTBE e 1,0 mL de éter terc-metil butílico – MTBE grau HPLC da marca Panreac. O frasco foi vedado e agitado manualmente vigorosamente por 3,0 minutos. Após esse tempo, a amostra foi acondicionada em um freezer (-22°C) para o congelamento da fase inorgânica, remanescendo a fase orgânica líquida sobrenadante e analisados no prazo máximo de 14 dias após a extração.

As análises quali-quantitativas de TAMs formados foi realizada conforme método 551.1 EPA (1995), por cromatografia gasosa com detector de captura de elétrons – GC-ECD, da marca Agilent Technologies modelo 7820A com injeção manual. A coluna cromatográfica foi a J&W DB-1, 30m x 0,32 mm ID, 0,25 µm de filme, o gás de arraste foi o nitrogênio 5.0 ECD com fluxo de 1,0 mL min⁻¹ e 10 mL min⁻¹ de *make up*, a temperatura do injetor foi de 160°C, temperatura do detector foi de 290°C, com taxa de repartição de amostra (*split*) de 2:1 e volume de injeção de 1,0 µL. A configuração de forno foi: 35°C por 22 min; rampa para 145°C a 10°C min⁻¹ e mantendo por 2 min, rampa para 225°C a 20°C min⁻¹ e mantendo por 15 min; resultando em aproximadamente 50 min de corrida.

A avaliação da eficiência das estações de tratamento de águas – ETAs na remoção de precursores de TAMs foi realizada comparando-se os resultados de PFTAMs formados na amostra de água bruta e na amostra de água tratada filtrada (não clorada).

RESULTADOS OBTIDOS E DISCUSSÃO

A caracterização física e química das amostras de água bruta, filtrada e tratada, coletada nas estações de tratamento de água A e B é apresentada na Tabela 3.

Tabela 3: Caracterização física e química das amostras de água bruta-AB, filtrada-AF e tratada-AT das ETAs A e B

Parâmetros	ETA A			ETA B		
	AB	AF	AT	AB	AF	AT
pH	6,97	6,65	6,70	7,09	6,80	6,78
Alcalinidade (mg CaCO ₃ L ⁻¹)	23,5	14,3	11,1	19,7	14,2	10,8
Temperatura (°C)	15,1	14,3	20,2	15,0	15,6	20,2
Turbidez (uT)	102	0,17	0,37	33,4	0,27	0,36
Condutividade elétrica (µS cm ⁻¹)	72,8	102,6	97,9	59,6	70	68,3
Cor verdadeira (uH)	829	2,0	3,0	87	< 1,0 ¹	< 1,0 ¹
Dureza (mg CaCO ₃ L ⁻¹)	26,6	32,5	34,1	19,7	16,8	18,1
Carbono Orgânico Dissolvido - COD (mg L ⁻¹)	< 0,5 ¹	< 0,5 ¹	< 0,5 ¹	2,5	1,2	1,5
Cloro Livre (mg L ⁻¹)	< 0,1 ¹	< 0,1 ¹	1,4	< 0,1 ¹	< 0,1 ¹	1,6

* Resultados inferiores aos limites de quantificação dos métodos.

De acordo com a Tabela 3, verifica-se que apesar da cor verdadeira da água bruta do manancial A (829 uH) ser superior à do manancial B (87 uH), a água proveniente do manancial B apresenta maior quantidade de carbono orgânico dissolvido - COD (2,5 mgL⁻¹) do que o manancial A (inferior a 0,5 mg L⁻¹). A elevada concentração de COD do manancial B pode ser explicada devido ao fato deste ter uma ampla bacia de drenagem e possivelmente receber efluentes domésticos, industriais e agrícolas.

A Tabela 4 apresenta os resultados do ensaio de potencial de formação de triclorometano - TCM, diclorobromometano - DCBM, dibromoclorometano - DBCM, tribromometano - TBM e o total de trihalometanos - TTAM para as águas bruta-AB e filtrada-AF das estações de tratamento - ETAs A e B.

Tabela 4: Resultados do ensaio de potencial de formação de TAMS para as amostras de água bruta-AB e filtrada-AF das ETAs A e B.

Amostra	Dosagem de cloro (mg L ⁻¹)	Tempo de contato (dias)	Concentração de cloro residual livre (mg L ⁻¹)	Potencial de formação de TAMS (µg L ⁻¹)					
				TCM	DCBM	DBCM	TBM	TTAM	
ETA A	AB	7,0	3	3,7	89,0	11,5	0,7	<1,0 ¹	101,2
		9,0	7	3,6	130,1	11,1	0,7	<1,0 ¹	141,9
	AF	4,0	3	3,7	23,7	6,0	1,6	<1,0 ¹	31,3
		4,0	7	3,0	37,9	6,7	1,7	<1,0 ¹	46,3
ETA B	AB	9,0	3	3,9	145,3	16,5	0,5	<1,0 ¹	162,3
		9,0	7	3,2	177,8	11,4	0,4	<1,0 ¹	189,6
	AF	4,0	3	3,5	40,7	8,3	0,9	<1,0 ¹	50,0
		4,0	7	3,1	69,4	8,6	0,8	<1,0 ¹	78,7

(1) Resultados inferiores ao limite de quantificação do método

De acordo com a Tabela 4, para todos os ensaios, o potencial de formação de triclorometano – TCM foi superior as outras espécies de trialometanos analisadas, e que não foram formadas concentrações significativas de DBCM e TBM. Segundo Symons et al. (1993) quanto maior a razão molar entre brometos e cloro livre na amostra, maior a formação dos compostos bromados. Pode-se concluir que a razão molar de brometos e cloro livre na amostra era baixa. A Figura 2 apresenta o potencial de formação de trialometanos – PFTAM em $\mu\text{g L}^{-1}$ das águas bruta e filtrada das ETAs A e B nos tempos de reações de 3 e 7 dias.

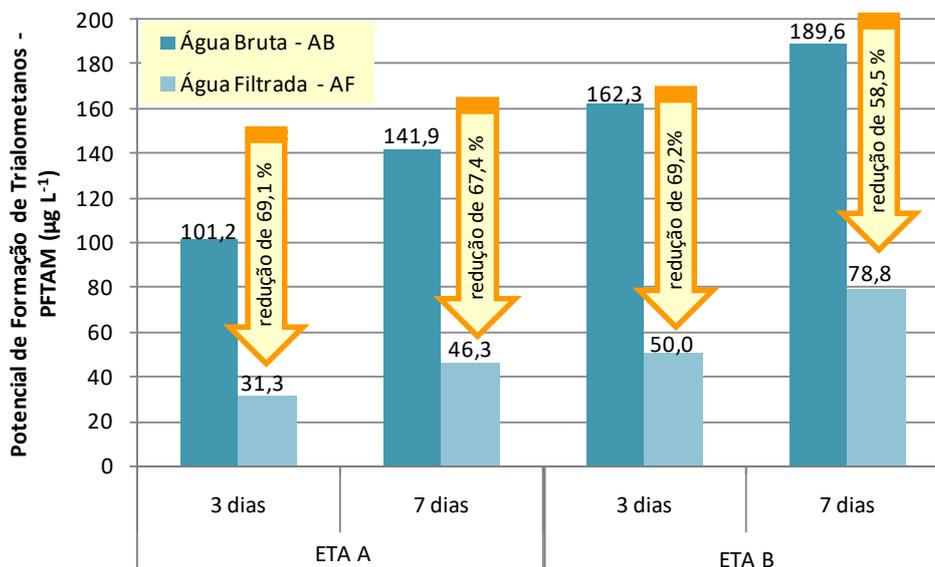


Figura 2: Potencial de formação de trialometanos das amostras de água bruta-AB e filtrada-AF das ETAs A e B nos tempos de reação de 3 e 7 dias

De acordo com a Figura 2, em relação a ETA A, após o tratamento houve redução de 69,1 e 67,4% do potencial de formação de trialometanos, para os tempos de reação de 3 dias e 7 dias, respectivamente. Em relação a ETA B, após o tratamento houve redução de 69,2 e 58,5% do potencial de formação de trialometanos, para os tempos de reação de 3 dias e 7 dias, respectivamente. Pode-se concluir que a redução do potencial de formação de trialometanos no tratamento foi da ordem de 60 a 70%.

De forma geral, a água da ETA A, tanto bruta quanto filtrada, apresentou valores inferiores de potencial de formação de trialometanos comparada aos da ETA B, o que evidencia a necessidade de adoção de medidas de controle e monitoramento de possíveis precursores da água referente a ETA B. O resultado da caracterização química (Tabela 3) corrobora com esse resultado uma vez que a amostra de água bruta-AB da ETA B apresentou maior concentração de carbono orgânico dissolvido ($2,5 \text{ mgL}^{-1}$) do que a água bruta-AB da ETA A (inferior a $0,5 \text{ mgL}^{-1}$).

Verifica-se ainda na Figura 2 que o PFTAM das amostras de água bruta-AB das ETAs A e B para os tempos de contato de 3 e 7 dias foram superiores ao limite estabelecido pela Portaria 2914/2011. No entanto, após o tratamento, mesmo com as condições potencializadas, a formação de subprodutos resultou inferior aos limites estabelecidos pela portaria, o que evidencia a eficiência do tratamento na remoção de precursores de TAMs.

A Tabela 5 apresenta os resultados de formação de triclorometano - TCM, diclorobromometano - DCBM, dibromoclorometano - DBCM, tribromometano - TBM e o total de trialometanos - TTAM no Teste de Simulação do Sistema de Distribuição de Água - SDS. Os tempos de reações foram de 1, 3, 5 e 7 dias.

Tabela 5: Resultados do ensaio de sistema de distribuição simulado - SDS para as amostras de água tratada-AT das ETAs A e B.

Amostra	Dosagem de cloro (mg L ⁻¹)	Tempo de contato (dias)	Concentração de cloro residual livre (mg L ⁻¹)	Potencial de formação de TAMs (µg L ⁻¹)				
				TCM	DCBM	DBCM	TBM	TTAM
ETA A - AT	1,4	1	1,3	13,7	3,3	1,1	0,3	18,4
		3	1,0	13,8	4,7	1,1	0,3	19,9
		5	0,8	16,5	4,8	1,3	<0,1 ¹	22,6
		7	0,6	21,2	6,8	1,4	0,3	29,7
ETA B - AT	1,6	1	0,7	32,0	9,1	1,0	<0,1 ¹	42,2
		3	0,2	32,3	9,6	1,3	0,4	43,6
		5	0,1	35,6	10,0	1,1	<0,1 ¹	46,7
		7	0,1	42,3	11,3	1,2	<0,1 ¹	54,8

(1) Resultados inferiores ao limite de quantificação do método

De acordo com a Tabela 5, verifica-se que o consumo de cloro livre para as amostras de água tratada-AT na ETA B foi superior ao da ETA A, assim como a formação de TTAMs. Novamente, verifica-se uma baixa concentração das espécies que contém bromo.

A Figura 3 apresenta os valores de formação de trialometanos em µg L⁻¹ da água tratada da ETA A e B nos tempos de reação de 1, 3, 5, e 7 dias, referente ao Teste de Simulação do Sistema de Distribuição - SDS.

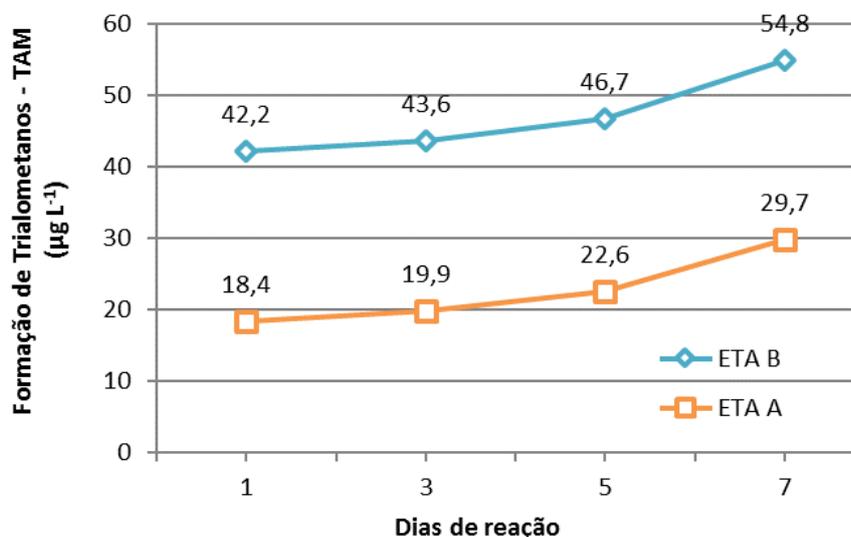


Figura 3: Formação de trialometanos em µg L⁻¹ da água tratada das ETAs A e B nos tempos de reação de 1, 3, 5, e 7 dias

De acordo com a Figura 3 a água tratada da ETA A apresentou menor formação de trialometanos em relação à ETA B. Este resultado corrobora com a caracterização química das amostras (Tabela 3) uma vez que a quantidade de carbono orgânico dissolvido da água filtrada proveniente da ETA B foi de 1,2 mg L⁻¹, valor superior ao encontrado para água filtrada proveniente da ETA A, que foi inferior a 0,5 mg L⁻¹.

De forma geral, como esperado, as concentrações referentes aos ensaios de Potencial de formação de trialometanos - PFTAM das águas tratadas resultaram superiores às obtidas no Teste de Simulação do Sistema de Distribuição - SDS, devido às condições potencializadas e controladas no primeiro ensaio.

Segundo a Portaria 2914/2011 o valor de trialometanos totais presentes na água de abastecimento é limitado a 100 µg L⁻¹. Portanto, de acordo com a Figura 3 as águas produzidas pelas ETAs A e B, mesmo com o tempo

de reação de 7 dias estão em conformidade com a Portaria 2914/2011 em termos de trihalometanos totais.

CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

As amostras de água bruta, filtrada e clorada da ETA A apresentaram concentrações de carbono orgânico dissolvido inferiores aos da ETA B.

As amostras de água bruta e filtrada da ETA A apresentaram potenciais de formação de trihalometanos inferiores aos da ETA B.

Na ETA A, houve redução do potencial de formação de trihalometanos na água após tratamento de 69,1 e 67,4% nos tempos de 3 e 7 dias respectivamente.

Na ETA B, houve redução do potencial de formação de trihalometanos na água após tratamento de 69,2 e 58,5% nos tempos de 3 e 7 dias respectivamente.

Tanto nos ensaios de potencial de formação de trihalometanos quanto no teste de simulação do sistema de distribuição de água, a formação de trihalometanos bromados foi muito inferior a formação de triclorometano.

De forma geral, como esperado, as concentrações referentes aos ensaios de Potencial de formação de trihalometanos - PFTAM das águas tratadas resultaram superiores às obtidas no Teste de Simulação do Sistema de Distribuição – SDS, devido às condições potencializadas e controladas no primeiro ensaio.

As amostras de água tratada-AT das ETAs A e B apresentaram-se em conformidade com a Portaria 2914/2011 em termos de trihalometanos totais.

AGRADECIMENTOS

À Companhia de Saneamento do Paraná pelo auxílio logístico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA, AWWA, WEF (2012). Standard Methods for the examination of water & wastewater 22st Edition.
2. BRANDÃO, C. C.; AZEVEDO, S. M. F. O. (2001). Cianobactérias tóxicas: Impactos na saúde pública e processos de remoção em água para consumo humano. Ministério da Saúde, FUNASA (Ed). Brasília-DF, Brasil.
3. BRASIL. Portaria MS 2914/2011, 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 República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 14 dez. 2011.
4. SYMONS, J. M.; KRASNER, S. W.; SIMMS, L. A.; SCLIMENTI, M. J. Measurement of THM and precursor concentrations revisited: the effect of bromide ion. **Jour. AWWA**, 85(1):51. 1993.
5. SINGER, P. C. Control of Disinfection By-Products in Drinking Water JEE-ASCE, vol. 120, n. 4, p: 727-744, Aug. 1994, USA.
6. UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY-USEPA (1995). Method 551.1. Determination of chlorination disinfection byproducts, chlorinated solvents, and halogenated pesticides/herbicides in drinking water by liquid-liquid extraction and gas chromatography with electron-capture detection. CD-ROM Revisão 1. Set.1995, Ohio, USA.
7. WATSON, S.B. (2003). Cyanobacterial and eukaryotic algal odour compounds: signals or by-products? A review of their biological activity. *Phycologia* 42, 332–350.