

ANÁLISE DA CONCENTRAÇÃO DE TRIHALOMETANOS EM UM SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA ENTRE OS ANOS DE 2015 E 2020

DOI: <http://dx.doi.org/10.55449/congea.13.22.IX-001>

Thiago de Norões Albuquerque (*)

* Instituto Federal do Maranhão – Buriticupu, Thiago.albuquerque@ifma.edu.br

RESUMO

Em decorrência dos processos de tratamento de água que para obter a qualidade desejada se utiliza de uma variedade de produtos químicos, passa a ser recorrente a formação de produtos indesejados ao longo do processo de potabilização das águas, de modo que pouco se sabe sobre os efeitos adversos a saúde que podem ser gerados por esses. Os trihalometanos, um dos subprodutos gerados pela reação do cloro com matéria orgânica dispersa nas águas, tem ganhado notoriedade devido a possibilidade de efeitos adversos que podem ser produzidos a saúde humana. Nesse contexto, o objetivo do trabalho foi avaliar a variação das concentrações de trihalometanos no sistema de abastecimento de água de Fortaleza-CE, entre os anos de 2015 a 2020, identificando o cumprimento ou não da legislação vigente e possíveis causas da variação de seus quantitativos. Os dados de qualidade foram obtidos por meio da plataforma do governo estadual denominada Ceará Transparente, sob processo de número 5792475, coletadas através do histórico de dados da empresa concessionária de abastecimento público. Foi observado que para todos os pontos de amostragem houveram períodos com valores de trihalometano superior ao permitido pela legislação vigente, com exceção do ano de 2017. Por fim, foi observado que as concentrações de trihalometanos tem se apresentado de maneira elevada na rede de distribuição atingindo valores até 3 vezes superior ao permitido pela legislação vigente e a elevação dos valores tem se mostrado mais intensa a partir dos anos de 2018.

PALAVRAS-CHAVE: Tratamento de água, Potabilidade, Subprodutos.

INTRODUÇÃO

Os trihalometanos são classificados como subprodutos do processo de desinfecção gerados pela reação de substâncias químicas, principalmente derivadas do cloro com as frações de matéria orgânica, em sua maioria, provenientes de compostos húmicos dispersos na água ou decorrentes do crescimento de biofilme junto as tubulações.

De acordo com Gaberlini (2017), no processo de formação dos trihalometanos as reações de desinfecção realizadas pelo cloro permitem a ligação de átomos de carbono com hidrogênio e halogênios disponíveis no meio, originando uma de suas principais estruturas denominada de Clorofórmio. Entretanto, por existirem outros compostos dispersos no meio, como bromo e iodo, uma fração do cloro passa a reagir com esses elementos possibilitando também a geração de outros compostos como Bromofórmio, Bromodiclorometano, Dibromoclorometano (GABERLINI, 2017).

Com o avanço do conhecimento a respeito dos subprodutos gerados na desinfecção de águas para abastecimento humano e a atribuição a tais compostos do significativo potencial tóxico e cancerígeno, maior atenção tem se feito necessária pelos Órgãos Públicos de Saúde para com esses compostos (ALBUQUERQUE, 2021). Assim, entendendo que o consumo regular de águas com concentração superior a 0,1 mg/L dessa substância pode ser nocivo à saúde, passa a ser necessário a realização do controle das concentrações máximas desses compostos além da limitação dos precursores de sua formação (BRASIL, 2021, JIMÉNEZ-ANTILLÓN; QUESADA-DELGADO; ROMERO-ESQUIVEL, 2022).

Segundo Borda, Guerrero e Moreno (2021), fatores climáticos podem influenciar positivamente a disponibilidade de precursores para formação dos trihalometanos de modo que em períodos específicos pode inclusive ser recomendado a paralisação da utilização de compostos a base de cloro para desinfecção de águas destinadas ao abastecimento humano, tais resultados foram obtidos avaliando-se a planta de tratamento de água de Cundinamarca na Colômbia.

Ademais, os custos associados ao consumo de cloro e prejuízos produzidos a saúde pública pela formação dos trihalometanos tende a ser mais elevando quanto maior a rede de abastecimento, isso ocorre devido ao maior tempo de contato entre o biofilme e o cloro que possibilita incremento na formação desses compostos e devido as dosagens intercalares na rede que são necessárias para atender os quantitativos de cloro exigidos nas normativas vigentes (CERRATO, 2021).

Desse modo, o objetivo do trabalho foi avaliar a variação das concentrações de trihalometanos no sistema de abastecimento de água de Fortaleza-CE, entre os anos de 2015 a 2020, identificando o cumprimento ou não da legislação vigente e possíveis causas da variação de seus quantitativos.

METODOLOGIA

Os dados de trihalometanos para o município de Fortaleza, entre os anos de 2015 a 2020, foram obtidos por meio da plataforma do governo estadual denominada Ceará Transparente, sob processo de número 5792475, coletadas através do histórico de dados da empresa concessionária de abastecimento público.

Os dados contemplam quatro pontos de amostragem distribuídos no município de Fortaleza com os seguintes endereços: Rua Abel Garcia, nº 1155; Rua Alberto Montezuma, nº 219; Rua Domingos Jaguaribe, nº 484; Rua Jorge Acurcio, nº 1102, (Figura 01). Para cada ponto de amostragem temos uma coleta por campanha, sendo verificado no período de 2015 a 2020 um total de 23 campanhas (Tabela 01).



Figura 01 – Imagem dos pontos de amostragem no Município. Fonte: Google Earth (2022).

Tabela 01 – Período de Coleta e Histórico de Precipitação Mensal. Fonte: Autor (2022).

Período de Coleta				Histórico de Precipitação	
Ano	Mês de coleta	Ano	Mês de coleta	Mês	Volume (mm)
2015	Janeiro	2018	Março	Janeiro	156,4
	Abril		Junho	Fevereiro	187,0
	Junho		Setembro	Março	336,9
	Setembro		Dezembro	Abril	385,0
	Dezembro		Março	Maiio	229,0
2016	Março	2019	Junho	Junho	130,0
	Junho		Setembro	Julho	69,7
	Setembro		Dezembro	Agosto	20,0
	Dezembro		Abril	Setembro	13,6
2017	Março	2020	Junho	Outubro	9,5
	Dezembro		Setembro	Novembro	9,8
			Dezembro	Dezembro	37,1

Foi avaliado através do software livre (LibreOffice), a variação das concentrações de trihalometanos a cada coleta e correlacionado a os valores recomendados pela legislação vigente que disciplina a qualidade de água para consumo humano, Portaria do Ministério da Saúde de nº 888 de 2021. Posteriormente os dados de trihalometanos foram relacionados à os volumes de precipitação verificados para o município no período avaliado. Os dados de precipitação foram coletados no site do Instituto Nacional de Meteorologia e consideraram a série histórica entre 1991 a 2020 para conjectura do volume mensal precipitado na região.

Ademais, foi realizado a Correlação de Pearson entre os dados dos anos de 2019 e 2020 para as frações de trihalometanos na saída da ETA e o cloro residual, e das frações de trihalometanos com as concentrações totais de trihalometanos para os pontos de amostragem.

RESULTADOS

Os relatórios disponibilizados pela companhia de saneamento apresentam em seus resultados apenas uma casa decimal para os ensaios de trihalometanos, o que dificulta a precisão dos dados trabalhados. De maneira geral, foi observado que para todos os pontos de amostragem houveram períodos com valores de trihalometano superior ao permitido pela legislação vigente (Tabela 02), ocorrendo apenas para o ano de 2017 inexistência de resultados em desacordo para o parâmetro avaliado.

Tabela 02 – Amostras em desconformidade por ponto de amostragem. Fonte: Autor (2022).

Ponto de Amostragem	Número de amostras em desconformidade/ano					
	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Rua Abel Garcia, n° 1155	2	1	0	1	3	2
Rua Alberto Montezuma, n° 219	0	0	0	2	2	3
Rua Domingos Jaguaribe, n° 484	0	0	0	2	1	4
Rua Jorge Acurcio, n° 1102	1	1	0	2	2	4
Saída da ETA	0	0	0	0	0	0

De acordo com Hoffmann et al., (2020), no desenvolvimento dos processos de clarificação das águas a redução dos valores de turbidez e cor aparente são essenciais, objetivando diminuir a quantidade de matéria orgânica dispersa no meio que pode contribuir para a formação de trihalometanos durante o processo de desinfecção. Para Matos et al., (2017), a observação de amostras em desconformidade para os quantitativos de trihalometanos na rede de distribuição podem ser explicadas, entre outros, devido à má vedação dos reservatórios presentes nos sistemas de abastecimento, além de rachaduras e vazamentos presentes nas tubulações que acarreta introdução de contaminantes que passam a reagir com o residual de cloro presente na água tratada.

O ponto com maior quantidade de amostras em desconformidade foi o localizado na Rua Jorge Acurcio, n° 1102. Esse ponto de amostragem obteve 43% de suas análises com valor superior ao permitido. Ademais, observa-se que o quantitativo de amostras em desconformidade tem se intensificado entre os anos de 2018 a 2020, obtendo-se também os maiores valores para esse período, com concentrações que atingem até 0,3 mg.L⁻¹, sendo essa três vezes maior que o padrão de qualidade requerido pela Portaria do Ministério da Saúde de n° 888 de 2021 (Gráfico 01).

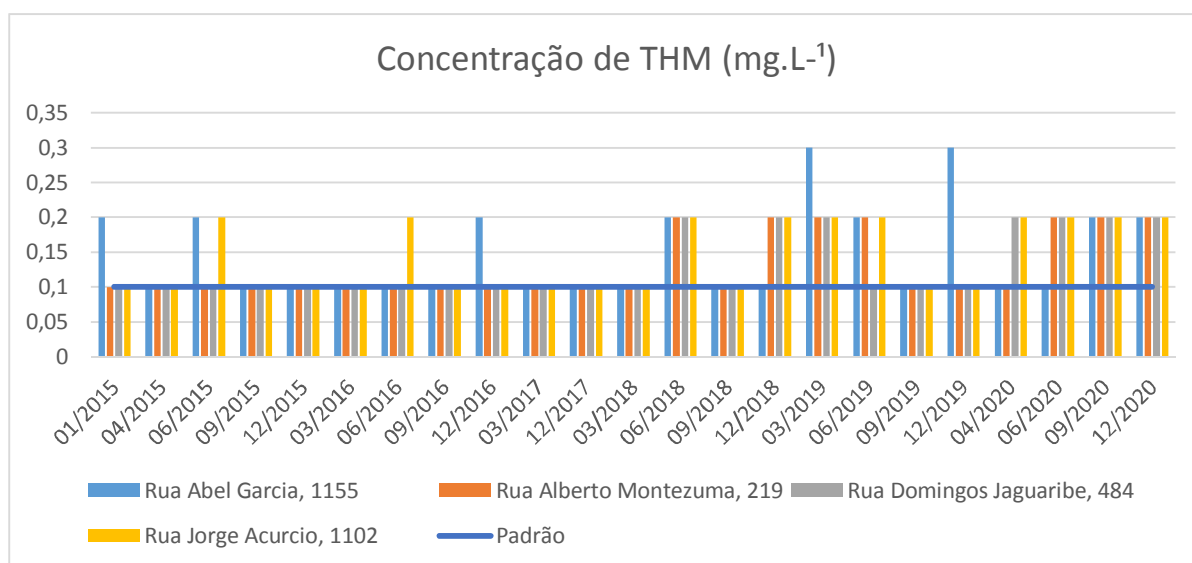


Figura 02 – Concentração de THM por período de coleta. Fonte: Autor (2022).

Segundo Bitencour (2020), a identificação de elevadas concentrações de trihalometanos na rede de abastecimento ocorre, pois, as tubulações de água são um habitat ideal para reprodução de bactérias heterotróficas e autotróficas que se

manifestam através do biofilme. Desse modo, esse tenderá a reagir com o residual de cloro presente nas águas. Além disso, as redes de abastecimento com elevado tempo de detenção hidráulico ou trecho de final de linha favorecem de maneira mais intensa o crescimento dos biofilmes e por consequência das concentrações de trihalometanos, desde que ainda exista cloro residual disponível nas águas para continuidade das reações.

A manifestação de desconformidade para as concentrações de trihalometanos vem ocorrendo mais intensamente a partir dos anos de 2018, conforme verificado na Tabela 02. Entretanto, não foi observado relação entre a variação das precipitações mensais e a geração de trihalometanos na rede de distribuição ou na saída da estação de tratamento de água. Isso pode ser explicado, pois as precipitações tenderão a influenciar apenas a qualidade da água bruta no sistema, com a alteração de cor e turbidez, como as águas passam pelo processo clarificação as precipitações deixam de ser representativas, pois a matéria orgânica dispersa no meio é removida durante o tratamento.

Se comparado as águas disponibilizadas para abastecimento populacional pela estação de tratamento de água, essas continuamente tem apresentado qualidade satisfatória independente dos valores de precipitação mensais (Tabela 03). Propõem-se que a intensificação das concentrações de trihalometanos a partir de 2018 vem ocorrendo na própria rede de abastecimento municipal, seja pelo processo de reação entre o excedente de cloro para desinfecção e o biofilme disperso nas tubulações ou pela introdução de matéria orgânica em detrimento do rompimento das tubulações de distribuição de água.

Segundo o Plano Municipal de Saneamento Básico de Fortaleza (2014), a rede de distribuição do Município de Fortaleza tem, em média, 4.667 km de extensão. Os diâmetros dos tubos variam entre 32 e 1.600 mm e são constituídos por diferentes materiais. No setor de amostragem do estudo foi identificado a precariedade das tubulações com rompimentos frequentes e alguns pontos das tubulações em ferro fundido com histórico de obstruções e vazamentos que tende a ser agravado com o passar dos anos, caso não ocorra manutenção adequada e substituição dos trechos afetados.

Ademais, no mesmo plano consta que a rede de distribuição é composta por 10 analisadores de cloro residual, sendo que 4 destes também desempenham a função de recloração das águas. Esse processo ocorre com a finalidade de atender as dosagens mínimas de cloro estabelecidas por norma, porém, dosagens excessivas acabam por favorecer o excesso de cloro livre que passa a reagir com o biofilme disperso no meio elevando as concentrações dos subprodutos, conforme verificado entre a saída da ETA e os pontos de amostragem (Tabela 03).

Segundo Miranda (2018), foram observados incrementos de duas a quatro vezes a concentração de trihalometanos em rede de distribuição para aumento do tempo de contato entre o cloro e o biofilme de 6 para 48 horas.

Tabela 03 – Frações de THM na Saída da ETA. Fonte: Autor (2022).

Concentração de THM na Saída do tratamento				
Espécie	12/2019	06/2020	09/2020	12/2020
Bromodiclorometano ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	33,12	30,93	45,02	53,16
Bromofórmio ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	0	0	0	0
Clorofórmio ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	74,52	56,49	68,53	72,64
Dibromoclorometano ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	10,42	8,1	14,34	20,42
Trihalometanos Total (mg.L^{-1})	0,1	0,1	0,1	0,1
Cloro residual livre (mg.L^{-1})	3,01	3,78	3,89	2,15
Valores de THM na Rede de Distribuição (mg.L^{-1})				
Rua Abel Garcia, 1155	0,3	0,1	0,2	0,2
Rua Alberto Montezuma, 219	0,1	0,2	0,2	0,2
Rua Domingos Jaguaribe, 484	0,1	0,2	0,2	0,2
Rua Jorge Acurcio, 1102	0,1	0,2	0,2	0,2

Na avaliação da correlação entre as dosagens de cloro e as frações de trihalometanos obtidas na saída do sistema de tratamento de água, foi identificado uma correlação forte negativa, indicando que à medida que o cloro passa a ser consumido na reação com as frações orgânicas dispersas no meio as concentrações de subprodutos tendem a aumentar (Tabela 04).

Tabela 04 – Correlação entre a dosagem de cloro e formação das frações de THM. Fonte: Autor (2022).

Correlação	
Frações de THM na Saída da ETA	Cloro
Bromodichlorometano	-0,567357647
Clorofórmio	-0,633987698
Dibromoclorometano	-0,707868254

De acordo com Oliveira, Araujo e Duarte (2020), essa correlação pode ser explicada devido ao consumo do cloro residual livre nas reações com a matéria orgânica dispersa no meio que tenderão a ter continuidade enquanto existir reagentes. Ademais, a correlação tenderá a ser mais forte com o clorofórmio e com o dibromoclorometano, pois esses são os principais compostos formados nas reações.

Com relação a correlação entre as frações de trihalometanos na saída da ETA e os trihalometanos totais observados nos pontos de amostragem, foi verificado que o Bromodichlorometano e o Dibromoclorometano apresentam correlação positiva, de modo que se concentrações altas desses compostos foram observadas na saída da ETA maiores serão as concentrações de trihalometanos totais observadas nos pontos de amostragem da rede de distribuição (Tabela 05). Para o clorofórmio foi identificado para o primeiro ponto de monitoramento correlação positiva e para os demais correlação negativa.

Tabela 05 – Correlação entre as frações de THM e THM totais nos pontos de amostragem. Fonte: Autor (2022).

Correlação			
Amostragem (THM totais)	Bromodichlorometano	Clorofórmio	Dibromoclorometano
Rua Abel Garcia, 1155	0,08566957	0,908816108	0,175768874
Rua Alberto Montezuma, 219	0,475109611	-0,532972042	0,358786712
Rua Domingos Jaguaribe, 484	0,475109611	-0,532972042	0,358786712
Rua Jorge Acurcio, 1102	0,475109611	-0,532972042	0,358786712

O fato de o clorofórmio apresentar correlação positiva para o primeiro ponto de monitoramento e negativa para os demais ocorre devido a suas propriedades químicas. Segundo Cesco (2007), o clorofórmio entre as frações de trihalometanos é aquele que se forma em maior quantidade e de forma mais rápida após a reação do cloro com o biofilme, seguido pelo bromodichlorometano e depois pelo dibromoclorometano. Assim, é natural que concentrações elevadas de clorofórmio estejam associadas e compoendo de maneira mais intensa os elevados valores de trihalometano nos pontos iniciais da rede de distribuição e tendam a apresentar correlação negativa em pontos mais distantes, em decorrência de seu decaimento ao longo do tempo. As demais frações, por terem reações mais tardias, se manifestam de maneira mais fraca nos pontos iniciais de monitoramento da rede de distribuição e mais intensamente em pontos mais distantes.

CONCLUSÃO

As concentrações de trihalometanos tem se apresentado de maneira elevada na rede de distribuição atingindo valores até 3 vezes superior ao permitido pela legislação vigente. A elevação dos valores tem se mostrado mais intensa a partir dos anos de 2018 e estimasse que essa ocorra em virtude da precariedade das tubulações de distribuição de água que apresentam rompimentos frequentes, obstruções e vazamentos requerendo manutenção adequada e substituição dos trechos afetados.

Na avaliação da correlação entre as dosagens de cloro e as frações de trihalometanos obtidas na saída do sistema de tratamento de água, foi identificado uma correlação forte negativa. Entre a correlação das frações de trihalometanos na saída da ETA e os trihalometanos totais observados nos pontos de amostragem, foi verificado que o Bromodichlorometano e o Dibromoclorometano apresentam correlação positiva e para o clorofórmio identificado para o primeiro ponto de monitoramento correlação positiva e para os demais correlação negativa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALBUQUERQUE, Thiago de Norões *et al.* **Avaliação de Trihalometanos na Rede de Abastecimento de Água de um Município do Estado do Ceará.** In: Congresso Nacional de Meio Ambiente, 18., 2021, Poços de Caldas. **Anais [...]**. Poços de Caldas: [S.I.], 2021. p. 1-12.
2. BITENCOURT, Waldo Coelho. **Modelagem Hidráulica de Parâmetros de Qualidade da Água e Trihalometanos na Região Sul de Palmas-TO.** 2020. 63 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Tocantins, Palmas, 2020.
3. BORDA, Olga; GUERRERO, Ariel; MORENO, Andrea. **Estudio de los Niveles de Trihalometanos (THMS) En Muestras de Agua Potable, Provenientes de Una Planta Regional Ubicada En el Departamento de Cundinamarca, Colombia.** In: Laccei International Multi-Conference For Engineering, Education, and Technology, 19., 2021, Virtual Edition. **Anais [...]**. Virtual Edition: Laccei, 2021. p. 1-9.
4. BRASIL. Portaria nº 888, de 2021. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Portaria Gm/Ms Nº 888, de 4 de Maio de 2021.** Brasília.
5. CERRATO, Erikson Alexander Nuñez *et al.* Determinación de la Presencia de Trihalometanos Totales (TTHM's) en Agua para Consumo Humano, Provenientes de Aguas Subterráneas de la Ciudad de Guatemala. **Agua, Saneamiento & Ambiente**, Tegucigalpa, v. 16, p. 1-13, 2021.
6. CESCO, Décio Dias. **Avaliação em Escala Real da Formação de THMs em Águas de Abastecimento.** 2007. 85 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2007.
7. GARBELINI, Ellery Regina. **Avaliação da Formação de Trihalometanos Em Processos de Cloração da Água. Efeito da Natureza da Matéria Orgânica e de Processos Auxiliares de Desinfecção.** 2017. 122 f. Tese (Doutorado) - Curso de Química, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2017.
8. HOFFMANN, Nora Katia Saavedra del Aguila *et al.* Avaliação da Qualidade da Água Bruta e Tratada de Estação de Tratamento de Água Em Goiânia, Goiás. In: SILUBESA, 19., 2020, Pernambuco. **Anais [...]**. Pernambuco: Abes, 2020. p. 1-11.
9. JIMÉNEZ-ANTILLÓN, Joaquín; QUESADA-DELGADO, Sidney; ROMERO-ESQUIVEL, Luis G.. Remoción de Materia Orgánica Natural por Tratamiento Convencional de Agua en un Río Tropical. **Tecnología En Marcha**, [s. l.], v. 35, p. 48-60, 2022.
10. MATOS, Nathalia Sandim de *et al.* Avaliação De Fatores Envolvidos Na Formação de Subprodutos da Desinfecção. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 30., 2019, Rio Grande do Norte. **Anais [...]**. Rio Grande do Norte: Abes, 2019. p. 1-8.
11. MIRANDA, Jacqueline Peixoto. **Trihalometanos em Tanques Residenciais de Armazenamento de Água Tratada. Formação In Loco Versus Transferência Externa.** 2018. 159 f. Tese (Doutorado) - Curso de Química, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2018.
12. OLIVEIRA, Rafaela Ribeiro de; ARAÚJO, André Luis Calado; DUARTE, Marco Antonio Calazans. Estudo do Potencial de Formação de Trihalometanos na Lagoa de Extremoz (RN). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Natal, v. 25, p. 315-322, 2020.
13. Prefeitura Municipal de Fortaleza - CE. **Plano Municipal de Saneamento Básico de Fortaleza.** Fortaleza: [S.I.], 2014. 193 p.