



UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS  
CÂMPUS DE PALMAS  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

**DANIELA AGUIAR LIRA**

**AVALIAÇÃO DE TRIHALOMETANOS NO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE  
ÁGUA EM PALMAS-TO**

PALMAS/TO  
2021

**DANIELA AGUIAR LIRA**

**AVALIAÇÃO DE TRIHALOMETANOS NO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE  
ÁGUA EM PALMAS-TO**

Monografia foi avaliada e apresentada à UFT – Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Palmas, Curso de Engenharia Ambiental para obtenção do título de Bacharel e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora.

Orientador: Dr. Emerson Adriano Guarda

**PALMAS/TO  
2021**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins**

---

L768a Lira, Daniela Aguiar.  
AVALIAÇÃO DE TRIHALOMETANOS NO SISTEMA DE  
ABASTECIMENTO DE ÁGUA EM PALMAS-TO. / Daniela Aguiar Lira. –  
Palmas, TO, 2021.  
42 f.

Monografia Graduação - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus  
Universitário de Palmas - Curso de Engenharia Ambiental, 2021.

Orientador: Emerson Adriano Guarda

1. Cloro. 2. Turbidez. 3. Trihalometanos. 4. Cromatografia gasosa. I. Título

**CDD 628**

---

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer  
forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte.  
A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184  
do Código Penal.

**Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os  
dados fornecidos pelo(a) autor(a).**

# FOLHA DE APROVAÇÃO

DANIELA AGUIAR LIRA

## AVALIAÇÃO DE TRIHALOMETANOS NO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA EM PALMAS-TO

Monografia foi avaliada e apresentada à UFT – Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Palmas, Curso de Engenharia Ambiental para obtenção do título de Bacharel e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora.

Data de aprovação: 30/03/2021

Banca Examinadora



---

Prof. Dr. Emerson Adriano Guarda, UFT



---

Ms. Álvaro Alves Martins, UFT



---

Prof. Dr. Sergio Carlos Bernardo Queiroz, UFT

PALMAS, 2021

*Dedico primeiramente ao nosso criador, Deus, o maior orientador de toda a minha caminhada até aqui, pois ele nunca me abandona nos momentos de necessidade. E segundo dedico inteiramente ao meus pais. Os dois maiores incentivadores das realizações dos meus sonhos*

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, por ter permitido que tudo isso pudesse ser concretizado ao longo da minha jornada e não só como universitária, mas em todos os momentos. Segundamente quero agradecer aos meus pais Maria dos Reis Rêgo Aguiar Lira e Euvaldo da Silva Lira, por ter me apoiado e me proporcionado a realização desse sonho. Sem a ajuda deles isso não seria possível.

Agradeço a Universidade Federal do Tocantins pelo seu corpo docente, direção e administração que oportunizaram a janela que hoje vislumbro.

Agradeço todo grupo de docentes do curso de engenharia ambiental, por me proporcionar o conhecimento não apenas racional, mas ao processo de formação profissional dedicado tanto a mim.

Agradeço também a equipe do laboratório LAPEQ, por me ter recebido de braços abertos e por ter contribuído tanto ao meu aprendizado. Que foi crucial para minha desenvoltura no mundo científico. Agradeço em especial ao professor Emerson Adriano Guarda, pela oportunidade a mim oferecida de primeiro poder participar como bolsista Pibic e por após me aceitar como orientanda de TCC.

Agradeço a Larissa Gualberto, técnica do Lapeq, que me ajudou no processo técnico de desenvolvimento do referido trabalho. Foi parte crucial para o melhor desenvolvimento e conclusão deste trabalho. E também ao Waldo Bitencourt por ter me direcionado a este tema do referido trabalho.

Agradeço a todos os amigos, que eu fiz na faculdade ao longo da graduação que com o passar do tempo foi sempre me apoiando e me ajudando nos momentos de dificuldades e a todos os amigos que em nenhum momento me deixou desanimar.

Agradeço a todos que de forma direta ou indireta, estiveram presente durante minha formação, me ajudando de todas as formas possíveis, o meu muito obrigada.

## RESUMO

A água é um recurso finito e insubstituível no dia a dia, utilizado para diversas atividades do nosso cotidiano. A água, se não tratada para o consumo humano, pode ser uma disseminadora de doenças de veiculação hídrica para a população. Para a desinfecção da água e eliminação de patógenos o cloro tem sido o agente químico mais utilizado, devido à alta eficiência e baixo custo. Assim sendo, o objetivo deste trabalho foi de verificar os valores dos parâmetros de cloro e turbidez, distribuídos na região sul do município de Palmas-Tocantins. O cloro foi quantificado pelo equipamento colorímetro digital portátil e a turbidez pelo equipamento turbidímetro del lab, no próprio local de coleta das amostras de água. Para a quantificação dos trihalometanos foi utilizada o equipamento de cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massa (CG-EM). O estudo mostrou que o cloro e a turbidez encontrados, estão de acordo com a portaria de consolidação nº 5, independentemente do ponto de coleta. Com relação a quantificação dos trihalometanos, problemas metodológicos e/ou baixos níveis dessas substâncias, não permitiram a obtenção de resultados conclusivos quanto a presença ou não desses compostos nas amostras.

**Palavras-chaves:** Trihalometanos; Análise cromatográfica e Quantificação.

## **ABSTRACT**

Water is a finite and irreplaceable resource in everyday life, used for various activities in our daily lives. Water, if not treated for human consumption, can be a disseminator of waterborne diseases for the population. For the disinfection of water and the elimination of pathogens, chlorine has been the most used chemical agent, due to its high efficiency and low cost. Therefore, the objective of this work was to verify the values of the chlorine and turbidity parameters, distributed in the southern region of the municipality of Palmas-Tocantins. Chlorine was quantified by the portable digital colorimeter and turbidity by the lab turbidimeter in the water sample collection site. For the quantification of trihalomethanes, gas chromatography equipment coupled with mass spectrometry (CG-EM) was used. The study showed that the chlorine and the turbidity found, are in accordance with Consolidation Ordinance No. 5, regardless of the point of collection. Regarding the quantification of trihalomethanes, methodological problems and / or low levels of these substances, they did not allow obtaining conclusive results regarding the presence or not of these compounds in the samples.

**Keywords:** Trihalomethanes; Chromatographic Analysis and Quantification.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Sistema de abastecimento de água .....	17
Figura 2- Estrutura química dos diferentes compostos dos THM.....	23
Figura 3- Pontos de coleta no sistema de distribuição da região sul .....	29
Figura 4- Padrão de trihalometano.....	33
Figura 5- Espectro do bromofórmio .....	34
Figura 6- Amostra 39 .....	35

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1-Localidades das amostras coletadas .....	28
Tabela 2- Resultado dos parâmetros de cloro livre e turbidez .....	31

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ETA	Estação de tratamento de água
HAA	Ácidos haloacéticos
LMP	Limite máximo permitido
MON	Matéria orgânica natural
NTU	Unidade de turbidez nefelométrica
pH	Potencial hidrogeniônico
SPD	Subprodutos da desinfecção
THM	Trihalometanos
UFT	Universidade Federal do Tocantins
DPD	N, N-dietil-p-fenilenodiamina
Cl <sub>2</sub>	Cloro
TCM	Clorofórmio
BDCM	Bromodiclorometano
DBCm	Dibromoclorometano
TBM	Bromoformio
NF	Nanofiltração
POA	Processo oxidativos
HPLC	Cromatografia líquida de alta eficiência
PCQ	Programa de controle de qualidade
uT	Unidade Turbidez
MO	Matéria Orgânica
VMP	Valor máximo permitido

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
<b>2 OBJETIVOS .....</b>	<b>14</b>
2.1 Objetivo geral.....	14
2.2 Objetivos específicos.....	14
<b>3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>15</b>
3.1 História da água potável .....	15
3.2 Abastecimento público .....	15
3.2.1 Etapas aplicadas no tratamento da água .....	16
3.3 Cloro.....	18
3.4 Turbidez.....	20
3.5 Trihalometano .....	21
3.6 Efeitos dos trihalometanos a saúde .....	24
3.7 Determinação De Trihalometanos.....	25
<b>4 METODOLOGIA .....</b>	<b>27</b>
4.1 Etapa I- determinação de cloro e turbidez .....	28
4.2 Etapa II- Determinação De Trihalometanos (Thms).....	29
<b>5 RESULTADOS E ANÁLISES.....</b>	<b>30</b>
5.1 Etapa I- Resultado Da Determinação De Cloro E Turbidez.....	30
5.2 Etapa II-Resultado Da Determinação De Trihalometanos.....	32
<b>6 CONCLUSÃO.....</b>	<b>35</b>
<b>7 REFERÊNCIAS.....</b>	<b>36</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A água encontra-se disponível sob várias formas, sendo uma das substâncias mais comuns existentes na natureza, cobrindo cerca de 70% da superfície do planeta (BRAGA et al., 2002). A água, sendo um recurso natural, tem diversas finalidades como uso para irrigação, abastecimento humano, navegação entre outros.

A água é um recurso insubstituível para diversas tarefas do dia a dia, mesmo assim pode apresentar muitos riscos à saúde humana, quando não recebe o tratamento adequado para a remoção dos possíveis patógenos. É de extrema importância o monitoramento da qualidade da água de forma contínua, para que doenças de veiculação hídrica possam ser reduzidas ou até mesmo evitadas, assim sendo reduzindo os gastos com a saúde pública e possibilitando o aproveitamento dos benefícios que esta pode trazer (LIMA e SANTOS, 2016). A partir do século XVIII, houve uma preocupação relativa à proliferação de doenças causada pelo consumo de água infectada, onde foram sendo desenvolvidos métodos para o tratamento e desinfecção da água para a eliminação de patógenos (PÁDUA, 2009 apud COSTA et al, 2015).

O cloro ( $\text{Cl}_2$ ) é o agente químico mais utilizado para a desinfecção, sendo empregado em larga escala nas estações de tratamento de água (DANIEL et al., 2001 apud SOARES et al, 2016). As formulações de cloro estão presentes no tratamento de água desde o início da história da desinfecção, datando do início do século XX (COSTA et al, 2015).

Na estação de tratamento de água, no processo de desinfecção, utiliza um agente químico chamado de cloro, cujo objetivo é de eliminar a presença de patógenos na mesma que possa vir a causar doenças a seres humanos. O cloro adicionado pelas estações de tratamento de água, no caminho da ETA (estação de tratamento de água) até as residências pode vir a formar trihalometanos que é um agente altamente prejudicial à saúde e que pode vir a causar câncer e outras doenças. No mecanismo de desinfecção utiliza-se o cloro, que permite a possibilidade de formar substâncias cancerígenas. Essas substâncias são chamadas de subprodutos da cloração, em que nessas reações se destaca os trihalometanos. Cujas formação se dá pela reação dos agentes desinfetantes em relação a matéria orgânica natural. Entre vários fatores que auxiliam na formação dos trihalometanos, o pH é uns dos principais que colaboram para o aumento dos trihalometanos nas redes de abastecimento público onde quanto maior o pH maiores as chances de se formar os trihalomentanos na água. Os

trihalometanos são constituídos basicamente por quatro compostos químicos que são clorofórmio, bromodiclorometano, dibromoclorometano e bromoformio.

O ácido hipocloroso e o íon hipoclorito são os principais responsáveis pela oxidação da matéria orgânica indesejada e a soma de suas concentrações é conhecida como cloro residual livre. Além do processo de desinfecção, conforme preconiza a Portaria nº 518/2004 MS, exige a presença do residual de cloro com concentração mínima de 0,20 mg/L em todo o sistema de distribuição, a fim de garantir a qualidade microbiológica da água. (HENRIQUE et al, 2008).

De forma geral, quando se verifica que o residual de cloro presente na água distribuída a população, está dentro dos limites máximos e mínimos permitidos pela resolução da norma vigente, entende-se que está dentro dos padrões de potabilidade (SOARES et al, 2016).

Outro parâmetro físico-químico importante para avaliação da qualidade da água distribuída à população é a turbidez, indicador da presença de partículas suspensas com tamanho variando desde suspensões grosseiras até os coloides. A presença dessas partículas provoca a dispersão e a absorção da luz, dificultando o processo de passagem dos raios solares e, por conseguinte, prejudicando o processo de fotossíntese das plantas e algas. Essas partículas causam na água uma aparência nebulosa, esteticamente indesejável e potencialmente perigosa (RICHTTER e AZEVEDO NETTO, 2002 apud TENORIO, 2016.)

No município de Palmas, o sistema de abastecimento da cidade, já enfrentou em tempos passados, problemas referentes a produção de água ocasionada pela diminuição da vazão do córrego ribeirão taquarussu. Que geralmente tende a reduzir no período de estiagem (SILVA et al., 2012).

O sistema de abastecimento de água da capital do Tocantins, é composta por um sistema de ciclo completo, e vários estudos tem apresentado que os processos que circundam essa tecnologia não são efetivos na eliminação de substâncias húmicas, algas e seus subprodutos. Que podem auxiliar na formação de THM (MARQUES, et al., 2018).

Assim, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade da água distribuída na região sul de Palmas- TO, utilizando os parâmetros de cloro, turbidez e a quantificação dos trihalometanos.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Avaliar a presença de trihalometanos na água distribuída na região sul de Palmas- TO.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Verificar os valores de cloro na saída da rede de distribuição dos pontos definidos;
- Verificar os valores de turbidez na saída da rede de distribuição dos pontos de coleta definidos;
- Verificar a quantificação dos trihalometanos.

### **3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

#### **3.1 História da água potável**

Nos tempos passados, quando as pessoas consumiam a água sem nenhum tipo de pré-tratamento, havia muitas doenças relacionadas ao consumo da água. E com o passar do tempo, com o uso de ferver a água (após a descoberta do fogo), perceberam que as doenças hídricas foram sendo reduzidas. Desta forma muitos métodos de tratamento da água foram sendo utilizadas no decorrer dos anos. Métodos que incluem a fervura da água sobre o fogo, aquecimento da água sob o sol, imersão do ferro aquecido na água, filtração por cascalho e areia (APEC WATER, 2020).

Após algum tempo, Hipócrates desenvolveu um equipamento cujo objetivo, era filtrar a água. Denominado de “Manga de hipócrates”. No qual era constituído por uma bolsa de pano que tinha a finalidade de filtrar a água da chuva (APEC WATER, 2020).

Com o surgimento de métodos para tornar a água livre de qualquer microrganismo ou contaminação, a cloração é um dos métodos mais simples pois a técnica é de baixo custo e de grande eficácia, se tornando desta forma muito confiável (RODRIGUES e BUENO, 2019).

O cloro foi descoberto em 1774, por Carl Wilhelm Scheele, quando ele fazia experiências com ácido muriático e dióxido de manganês. Em 1930, o cloro era considerado um simples subproduto da fabricação eletrolítica da soda cáustica. E com a segunda guerra mundial, o seu consumo sofreu um grande aumento até chegar no subproduto de desinfecção de água conhecido atualmente (LOURENÇÃO, 2009).

Foi somente a partir do século 19, que a qualidade da água, se tornou algo claro, em relação ao impacto sobre a saúde humana. Pois em meados do século, os superiores municipais de Londres perceberam que as mortes por cólera diminuíram depois que sistemas de tratamento de água foram instalados (APEC WATER, 2020).

#### **3.2 Abastecimento público**

O aumento da densidade demográfica em uma comunidade, faz com que a solução mais viável e eficiente seja a implementação de um sistema público de abastecimento de água, cuja o procedimento sanitário e a solução coletiva sejam a mais indicada devido ser a mais eficiente em relação ao controle de mananciais e da qualidade da água distribuída a população (GOMES, 2019).



Assim a prestação de serviço do saneamento básico é feita pelos estados ou municípios no qual compreendem as atividades de abastecimento de água, tratamento de esgoto entre outras atividades cujo estão regulamentados pela Política Nacional de Saneamento pela lei nº 11.445/2007 (ANA, 2020).

A água captada para consumo humano, vem principalmente de fontes como mananciais de superfícies como rios e reservatórios. Dessa maneira é possível que as mesmas tenham presente microrganismos que eventualmente podem ser maléficos para a saúde (BUENO, 2017).

A potabilização das águas naturais para fins de abastecimento público tem como principal função adequar a água bruta afluyente à estação ao padrão de potabilidade vigente estabelecido pela Portaria de Consolidação PRC nº 05, de 28 de setembro de 2017, do Ministério da Saúde. O tratamento de água consiste basicamente na remoção de partículas suspensas e coloidais, matéria orgânica, micro-organismos e outras substâncias possivelmente deletérias à saúde humana presentes nas águas (GOMES, 2019).

Dessa forma no abastecimento público de água, é aconselhado que seja realizado algum tipo de tratamento da água, para eliminar possíveis patógenos e microrganismo do mesmo. Ainda que seja somente a etapa da desinfecção, que irá usar reagentes como o cloro, para a eliminação ou redução da presença do microrganismo na água (GARBELINI, 2017).

### 3.2.1 Etapas aplicadas no tratamento da água

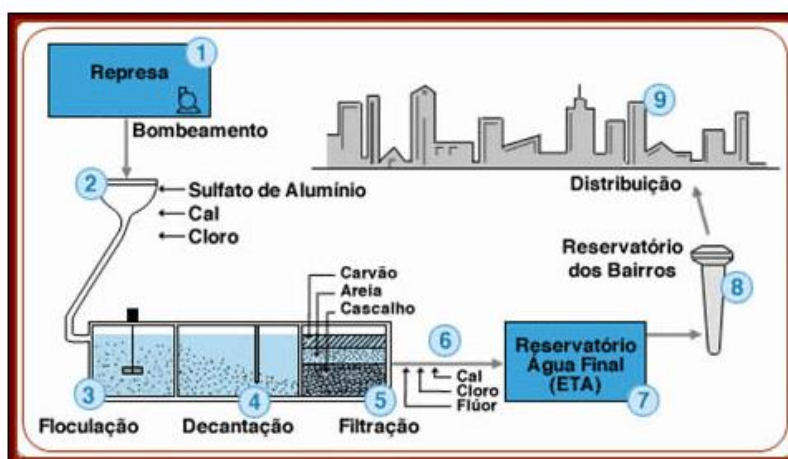
A distribuição em larga escala, ocorre com o tratamento realizado por estações de tratamento de água (ETAs), e as operações aplicadas (coagulação, floculação, decantação, filtração, desinfecção, fluoretação e reservação/distribuição) (GARBELINI, 2017).

As etapas iniciais como coagulação, será adicionado o sulfato de alumínio e cal, cujo os elementos irão proporcionar a formação de flocos, em seguida na floculação irá ocorrer a mistura rápida onde o objetivo é transformar às impurezas que se encontram em suspensão em partículas maiores, ou seja, em flocos que serão removidos pela etapa da decantação (CIS, 2020).

A decantação, ocorre através dos flocos que se depositam no fundo dos tanques por ação da gravidade. Alternativamente, o processo de flotação promove a flutuação dos flocos para a remoção da água (GABERLINI, 2017).

As etapas antecedentes do tratamento de água até chegar na fase de desinfecção, tem objetivo dar a qualidade estética e organoléptica para água, de acordo com a figura 1 (GARBELINI, 2017).

Figura 1: Sistema de abastecimento de água



Fonte: CIS, 2020

O propósito da filtração que antecede a etapa de desinfecção, é separar as partículas e os micro-organismos que não foram retidos nos processos de coagulação e decantação (CIS, 2020).

Após as etapas que antecede a aplicação do cloro, retratado no esquema da figura 1, a etapa 6 que corresponde a aplicação do cloro, sendo a etapa mais importante do processo,

ocorre a adição do cloro na água, cujo o objetivo é proporcionar segurança na remoção completa de bactérias e micro-organismos, cuja não foram removidos por completo no processo anterior de filtração, e que ainda possam existir na mesma (CIS, 2020).

O abastecimento público de água destinado ao consumo humano é constituído por um conjunto de obras civis, materiais e equipamentos, no qual é designado a produção e a distribuição pela encanação de água potável para populações, sob a responsabilidade do poder público (GOMES, 2019).

### 3.3 Cloro

Atualmente cerca de 80% de todos as doenças que ocorrem nos países de terceiro mundo, estão correlacionados a água. Para o controle dessas patologias, diversas substâncias químicas são utilizadas no tratamento da água, sendo o cloro o mais usado mundialmente. De acordo com alguns documentos históricos, retratam que a cloração possibilitou a redução de casos de cólera, disenteria em todo o mundo (FUNASA, 2007).

O cloro é o segundo elemento do grupo 17 da tabela periódica, no qual se encontra no grupo dos halogênios. Ocorre no estado livre na sua forma de molécula diatômica  $Cl_2$ , que não é encontrada na natureza (GARBELINI, 2017).

As doenças de procedência hídricas começaram a ser controladas por causa da utilização de desinfetantes, mais especificamente, o cloro, na fase de desinfecção do tratamento de água, no qual foi aprovado pela APHA em 1886. No Brasil a sua utilização na etapa de desinfecção foi somente a partir de 1926 (ROSALÈM, 2007).

As doenças podem ser causadas por diversos tipos de vírus e microorganismos entre eles como *Giardia*, *Cryptosporidium* e vírus em geral, no qual são constantemente encontrados em águas de mananciais e podem provocar doenças relacionadas a problemas gastrointestinais. Essas enfermidades incluem diarreia, vômito, câibras entre outros riscos. Assim sendo, a água necessita ser desinfetada, cuja ação irá provocar a inativação desses patógenos que representa risco a saúde humana. Todavia, os desinfetantes tendem a reagir com os materiais naturais da água, podendo formar subprodutos, incluindo: (EPA, 2017)

- Trihalometanos (THM),
- Ácidos haloacéticos (HAA),
- Clorito
- Bromato.

De acordo com Rodrigues (2014), a segunda maior porcentagem de produção de SPD (subprodutos da desinfecção) são os ácidos haloacéticos, ficando atrás somente dos THM. Os ácidos haloacéticos são originados do ácido acético, podendo os hidrogênios do grupo metílico serem alterados por cloro ou bromo, e dependendo do grau de alteração, conclui em diversos compostos diferentes.

O resultado do período de contato do cloro com a matéria orgânica permite verificar de forma distinta a formação de cada uma das famílias de subprodutos de cloração, cuja família são clorofórmio, bromodiclorometano, dibromoclorometano e bromoformio. As quantidades de trihalometanos e de ácidos haloacéticos aumentam durante o tempo de contato (RODRIGUES, 2014).

De acordo com o anexo XX da portaria de consolidação número 5, o processo de desinfecção da água através da cloração, cloraminação ou da aplicação de dióxido de cloro, devem ser verificados os tempos de contato e os valores de concentrações residuais de desinfetante na saída do tanque de contato.

O cloro e seus compostos químicos são agentes oxidantes fortes. De forma geral a reação do cloro se eleva com o aumento do pH, e sua velocidade de reação aumenta com a elevação da temperatura. As reações entre o cloro com os compostos inorgânicos redutores como sulfitos, sulfetos e nitrito, são frequentemente muito rápidas (MEYER, 1994 Apud TENORIO, 2016). Os compostos químicos empregados no processo de oxidação são: cloro, bromo, iodo, ozônio e permanganato de potássio (JUNIOR, 2010).

Alguns compostos dissolvidos reagem rapidamente com o cloro, contudo são necessárias algumas horas para que a maior parte das reações de cloro com os compostos se complete (MEYER, 1994 Apud TENORIO, 2016).

De acordo com Junior (2010), a desinfecção pode ser realizada por agentes químicos ou não químicos, e essa desinfecção pode ocorrer através de tais mecanismos como;

- A destruição da estrutura celular
- A interferência no metabolismo com inativação de enzimas
- Interferência na biossíntese e no crescimento celular

O uso do cloro é acentuado devido ao distanciamento das unidades operacionais do sistema de abastecimento em comparação ao centro de consumo. Acarretando nos sistemas de distribuição de água mal projetados e operados, causando um risco a saúde de toda a população, propício ao rápido consumo do residual de cloro (LEAL, 2012).

A modelagem do processo de degradação da qualidade da água, principalmente ao que se refere sobre ao decaimento do cloro,

podem tornar-se uma importante ferramenta operacional de sistemas de abastecimento de água de média e alta complexidade. Onde o uso de tais ferramentas que simulam o comportamento do cloro, permite a obtenção de informações essenciais sobre o comportamento de um sistema, no qual ajustando a concentração de cloro adicionado na estação de tratamento de água para que seja mantida a desinfecção adequada de toda a rede (LEAL, 2012).

A eficácia da desinfecção é dada pelo processo de oxidação ou quebra da parede celular, com a desintegração das células no qual a difusão de um agente no interior celular interfere na sua atividade (JUNIOR, 2010).

De acordo com o artigo 34, do anexo XX da portaria de consolidação número 5, é obrigatório a manutenção de no mínimo 0,2 mg/L de cloro ou 2 mg/L de cloro residual combinado, em toda a extensão do sistema de distribuição.

Para o atendimento do residual mínimo em toda a rede, muitos operadores aplicam doses elevadas de cloro, frequentemente de modo intuitivo, implicando na possibilidade de formação de subprodutos prejudiciais à saúde (LEAL, 2012).

A desinfecção na forma de cloração, é a principal maneira de desinfecção de água embora, em vários países, essa metodologia já se tornou obsoleta. O Brasil utiliza essa técnica principalmente pelo baixo custo, variabilidade de formas comerciais disponíveis e, a mais importante, a capacidade de reduzir os riscos de recontaminação da água distribuída (GARBELINI, 2017).

### **3.4 Turbidez**

A turbidez presente nas águas é usualmente compreendida na faixa de 3 a 500 unidades. A mesma para fins de potabilidade deve ser inferior a uma unidade, pois o controle se baseia na influência que a turbidez tem nos processos de desinfecção já que a mesma minimiza a ação do desinfetante (MINISTÈRIO DA SAÚDE, 2006).

A turbidez é um parâmetro de qualidade da água que corresponde a diminuição da transparência do meio líquido. Ela é causada através do material em suspensão, que dificulta a

passagem dos raios solares pela água (CHAGAS, 2015). Dessa forma, a turbidez das águas é promovida pela dispersão dos raios luminosos devido à presença de partículas em suspensão, como por exemplo: silte, partículas coloidais, micro-organismos, óleo emulsificado entre outros (VIEIRA, 2019).

A turbidez tende a ser maior em cursos d'água, causado pela sua constante agitação, e menor em lagos e represas, em que a velocidade de escoamento é mais baixa o que ajuda a sedimentação das partículas (ROSALÉM, 2007).

A turbidez causa mudanças no meio aquático, alterando a composição do sistema de diversas maneiras. Por exemplo, a turbidez é causada por um grande volume de sedimento em suspensão, que irá provocar uma diminuição na penetração dos raios solares na água alterando a atividade fotossintética de macrófitas e algas sub-superficiais (FAY e SILVA, 2006).

A turbidez é medida através do equipamento chamado turbidímetro onde se compara o espalhamento de um feixe de luz ao passar pela amostra com o espalhamento de um feixe de igual força ao atravessar uma suspensão padrão. Desta forma quanto maior for o espalhamento maior será a turbidez (FAY E SILVA, 2006).

### **3.5 Trihalometanos**

O procedimento de desinfecção da água ocorre rotineiramente na ETA (estação de tratamento de água), pois é necessário para a remoção de organismos patogênicos. A desinfecção utiliza compostos químicos com alto grau de oxidação para a remoção de gosto e de cor, para a oxidação de ferro e manganês, para melhorar o processo de coagulação e a eficiência de filtração, e para impedir o crescimento de algas nos reservatórios de água (OLIVEIRA, 2017).

No processo de desinfecção da água a base de cloro, existe a possibilidade de formação de subprodutos com potencial cancerígeno. Essas substâncias são denominadas de subprodutos da cloração. Entre elas destacam-se os trihalometanos (THM), que se originam das reações entre o cloro e as substâncias orgânicas, os ácidos húmicos e fulvicos presentes na água. (MÂCEDO ET AL,2001). A forma de exposição aos trihalometanos se dá por via oral, ou seja, por consumo da água, mas também por outras formas de exposição, como através da pele ou por vias respiratórias (PINTO E BALTAZAR, 2020).

A reação para a constituição dos trihalometanos, se inicia quando há o contato entre os precursores e o reagente que no caso será o cloro, e irá continuar reagindo enquanto tiver cloro livre disponível no sistema (OLIVEIRA, ARAÚJO e DUARTE, 2020).

O LMP (limite máximo permitido), adotado pela portaria 518, para os THM, é de 100  $\mu\text{g L}^{-1}$ , o que corresponde a soma das concentrações dos quatro principais compostos que são clorofórmio, bromodiclorometano, dibromoclorometanos e bromoformio (CARLOS et al, 2011).

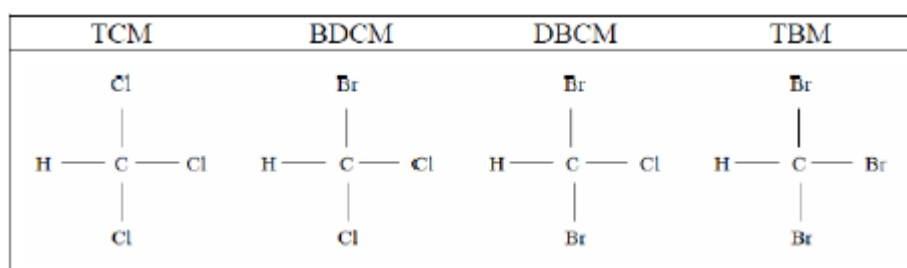
Os trihalometanos são, em estado puro, substâncias líquidas (clorofórmio, bromofórmio) ou sólidas (iodofórmio) à temperatura ambiente (10 a 30°C); de odor característico (uns agradáveis e outros repulsivos); pouco solúveis em água, mas muito solúveis em diluentes orgânicos (ZARPELON e RODRIGUES, 2020).

Os trihalometanos são compostos estáveis, não são facilmente oxidáveis e não são combustíveis e inflamáveis (ZARPELON e RODRIGUES, 2020).

De acordo com Rodrigues (2014), os THM são caracterizados por apresentar um átomo de carbono onde três átomos de hidrogênio são substituídos por diferentes halogêneos como o bromo, o cloro, o iodo e o flúor.

A Figura 2 mostra a estrutura química dos diversos compostos dos trihalometanos, que são: TCM (clorofórmio), BDCM (bromodiclorometano), DBCM (dibromoclorometano) e TBM (bromoformio).

FIGURA 2: Estrutura química dos diferentes compostos da família dos THM.



Fonte: Rodrigues,2014

De acordo com Rosalém (2007), os fatores que atuam na formação de trihalometanos são: o tempo de contato, pH, temperatura, concentração de brometos e iodetos, entre outros. Quando maior o tempo de contato entre o cloro com o material precursor, maior será a formação de trihalometanos. De acordo com Zarpelon e Rodrigues (2020) a formação dos trihalometanos tende a ter uma relação com a temperatura, onde para cada 10°C de incremento, há um aumento de até o dobro na produção de trihalometanos. Já com relação ao

pH, a formação dos trihalometanos se dá com o acréscimo do valor do pH em relação as reações que ocorre com o cloro livre e uma boa parte dos precursores.

A matriz da matéria orgânica também atua na formação de THMs. O tipo e a quantidade desta, aumenta a formação de THMs. A forma como o cloro se apresenta também altera teor de cloro livre, que possui maior poder de oxidação. Assim, quanto maior for a quantidade de cloro no meio, maior a probabilidade da formação de THMs. (ROSALÉM, 2007).

A matéria orgânica natural é formada por uma mistura heterogênea de substâncias incluindo ácidos húmicos, fúlvicos, aminoácidos, hidratos de carbono, lipídios e ácidos orgânicos (RODRIGUES, 2014).

A matéria orgânica natural que são os precursores orgânicos, pode ser retirada através de diversos processos, tais como coagulação reforçada, adsorção em carbono ativado, nanofiltração (NF), troca aniônica e processos oxidativos (POA). Os processos por coagulação são apontados como as melhores tecnologias para o controle de SPD (Subproduto da cloração) (OLIVEIRA, 2017).

Os ácidos húmicos e fulvicos são chamados de 'precursores' dos trihalometanos, cuja reação de formação dos mesmos se inicia quando há o contato entre os reagentes (cloro e precursores) e pode continuar ocorrendo por muito tempo, enquanto houver reagente disponível (principalmente o cloro livre) (MEYER, 1994).

A eliminação dos trihalometanos na água por aeração, somente é eficaz quando ocorrer os casos mais voláteis, onde uma vez formados durante a cloração, sua decomposição é difícil apresentado resistência a oxidação mesmo por agentes como o ozônio. (ZARPELON e RODRIGUES, 2020).

No Brasil, com a necessidade de controlar a quantidade de SPD (subprodutos da desinfecção), a portaria de consolidação anexo XX número 5, define a frequência mínima trimestral para análise das concentrações de trihalometanos no sistema de abastecimento público que operam com águas captadas de mananciais superficiais, visando como valor máximo permitido (VMP) a concentração de 0,1 mg/L para trihalometanos (OLIVEIRA, ARAÚJO e DUARTE, 2020).

De acordo com Carlos et al (2011), a avaliação da qualidade de águas para consumo humano referente a presença de trihalometanos e demais composto orgânico pode ser feita empregando técnicas cromatográficas, especialmente a cromatografia gasosa. Nesta técnica as



substâncias são separadas, identificadas e quantificadas, sendo necessária a etapa previa de extração e concentração.

### **3.6 Efeitos dos trihalometanos a saúde**

A análise do risco em relação a saúde, é um processo que visa avaliar a natureza de sua probabilidade de ocorrer efeitos adversos na saúde, expostos em certos tipos de compostos químicos ou agentes biológicos (DUARTE et al, 2016).

Assim o pesquisador Harris, foi o primeiro a levantar a problemática de que o cloro empregue na ETA, ao reagir com os compostos orgânicos, conseguiria causar efeitos negativos à saúde humana. Desta forma ele forneceu indicações pioneiras da relação da água de abastecimento público com o câncer. (FUNASA,2007). Cujas a reação do cloro com os compostos orgânicos presente na água poderia gerar diversos subprodutos intoleráveis como o próprio trihalometanos (WANG et al., 2012; DRINAM et al., 2012 apud FERREIRO et al., 2017).

Documentalmente, a análise do potencial toxicológico dos subprodutos da cloração, ocorreu nos Estados Unidos a partir de 1971. Naquele local ocorreram o surgimento de casos de debilitação física aguda como vômitos, que estavam correlacionados a presença de contaminantes nas águas potáveis (FUNASA, 2007).

O estudo em relação a quantidade de SPD (subprodutos da desinfecção) presente em águas de abastecimentos público, vinculada a etapa de cloração é uma questão importante já que além desses compostos serem classificados como potencialmente cancerígenos, também foram relacionados a problemas mutagênicos (OLIVEIRA, ARAÚJO e DUARTE, 2020).

De acordo com Silva e Melo (2015) a organização mundial da saúde julga o clorofórmio (um dos compostos que compõe os trihalometanos), como o possível causador de câncer, relacionando o índice de aumento de câncer de cólon e de bexiga com os trihalometanos presentes na água.

De acordo com Zarpelon e Rodrigues (2020), o clorofórmio, um dos compostos dos trihalometanos, é sorvido rapidamente pela mucosa intestinal, no momento que a água é consumida. Desta forma ocorre a distribuição dos tecidos corporais, concentrando-se nas membranas lipídicas e se acumulando nos tecidos adiposos com uma longa vida de resistência média.

Informações toxicológicas retratam que o clorofórmio, em quantidade elevada é carcinógeno nos roedores, cuja metabolismo dos mesmos é qualitativamente semelhante ao do

homem. Investigações recentes demarcaram uma correlação entre os níveis de clorofórmio na água e os carcinomas da bexiga e do intestino baixo (ZARPELON e RODRIGUES, 2020).

De acordo com alguns estudos desenvolvidos em diversos países como em Hong Kong, relacionam o fator potencial de ocorrência de câncer aos trihalometanos, já no Canadá estudos relacionam câncer de estômago com dosagem de cloro nas águas. A quantidade de clorofórmio adicionado a água está associada com câncer de cólon, reto e tórax entre homens e mulheres (SILVA E MELO, 2015).

A descrição do risco relacionado aos trihalometanos deduz usualmente por um indicador adimensional que retrata a quantificação as chances de se adquirir doenças de veiculação hídrica ao longo da vida. (DUARTE et al,2016).

### **3.7 Determinação de trihalometanos**

Atualmente, para determinar os diferentes analitos que se encontram em uma amostra, existe muitas técnicas analíticas instrumentais cromatográficas. O uso da cromatografia a gás para a separação dessas espécies é uma das técnicas mais usuais e utilizadas (STUKER, 2017).

A técnica cromatográfica permite duas possibilidades que são a cromatografia gasosa e a cromatografia líquida, com base nas características dos analitos, escolhe-se a técnica mais adequada para a separação (STUKER, 2017).

A cromatografia gasosa evidência com excelência para a separação, detecção e identificação de compostos voláteis e semivoláteis em misturas complexas (HANTÃO, 2015).

A técnica cromatográfica gasosa tem uma enorme eficiência e versatilidade na análise analítica com a capacidade de obter resultados referente a identificação e quantificação das substâncias amostrais (COSTA E GUEKEZIAN, 2015). Já a técnica cromatográfica líquida está relacionada a cromatografia líquida de alta eficiência, conhecida também pela sigla HPLC. Esta técnica se embasa no uso de fase móvel líquida e pode ser utilizada de diferentes maneiras (STUKER, 2017).

As técnicas cromatográficas encontram-se entre as principais técnicas empregadas no processo de separação e análise de substâncias mais complexas. Isso é causado principalmente

pela sua capacidade de separação dos componentes presentes em misturas em função da eficiência e do poder de resolução das colunas (LANÇAS, 2009).

A cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massa consiste nas etapas de ionização, separação das massas e registro dos íons formados. A inserção no cromatógrafo gasoso a amostra é vaporizada no sistema de injeção operado a vácuo sob altas temperaturas (KARASEK CLEMENT, 1988; GROB, 2004 e MOURÃO, 2018).

Esta técnica é um método frequentemente utilizado em análises de compostos com baixas concentrações devido a sua grande sensibilidade. Indicado principalmente para compostos orgânicos presentes na água cujo estão relacionados a contaminação ambiental (NIKOLAOU et al., 2002; CULEA, COZAR e RISTOIU, 2006 apud MOURÃO, 2018).

A espectrometria de massas tem transformado o modo essencial para a detecção de contaminantes nas águas devido o conteúdo total de informação fornecido por tal técnica (QUINTÃO, 2017).

#### 4 METODOLOGIA

O estudo referente a quantificação dos trihalometanos, ocorreu em amostras de água, derivada da ETA 006, que está localizada na rodovia TO-050, saída para Porto Nacional, região sul do município.

O manancial utilizado para o abastecimento de água da região, é o ribeirão taquarussu, cujo o sistema de tratamento é o convencional, formado pelas etapas de coagulação, floculação, decantação, filtração, desinfecção, fluoretação e distribuição.

As amostras de água foram coletadas aleatoriamente em 8 pontos na rede de distribuição de água na região sul da cidade de Palmas- TO, nos bairros dos Aurenys conforme a Figura 3. Assim que coletadas as amostras foram imediatamente levadas para o LAPEQ (Laboratório de Pesquisa em Química Ambiental e de Biocombustíveis) da Universidade Federal do Tocantins, Campus de Palmas, onde as análises ocorreram.

A região foi escolhida devido às suas características favoráveis para este tipo de estudo, que são: estanqueidade do setor em relação aos setores adjacentes e a existência de pontos de monitoramento bem espaçados no interior dela.

As coletas foram realizadas nos meses de setembro período de seca e no mês de dezembro período chuvoso. Os pontos coletados estão indicados na Tabela 1 e na Figura 3.

Tabela 1: Localidades das amostras coletadas

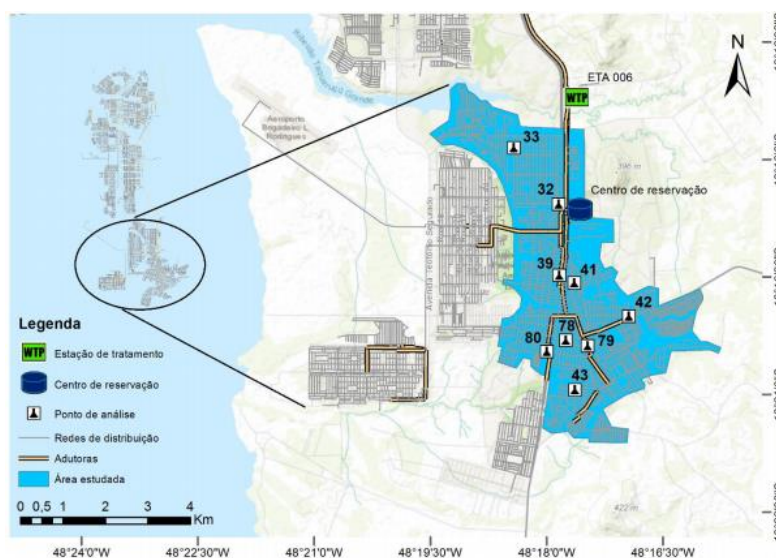
PCQ	LOCALIDADE
80	Setor santa barbara
78	Taquaralto
79	Setor Maria Rosa
42	Setor Morada do Sol 2
41	Avenida Tocantins
39	Aureny 2
32	Aureny 1
33	Setor bertaville

\*PCQ (programa de controle de qualidade)

Fonte: Autor, 2021

Conforme a tabela 1 acima, a coluna referente ao PCQ, que se refere aos números dos pontos das coletas é informada na coluna de localidade, as regiões e setores dos respectivos pontos que ocorreram as coletas de amostras de água.

Figura 3: Pontos de coleta no sistema de distribuição da região sul da cidade de Palmas-TO.



Fonte: Bitencourt, 2018

Já a figura 3, tende a ilustrar a localização exata dos pontos no mapa, referente aos setores informados na tabela 1.

Assim o trabalho consistiu em duas etapas. A primeira etapa consistiu nas análises de cloro e turbidez das amostras coletadas nas tubulações de abastecimento. A segunda etapa consistiu nas análises cromatográficas para a quantificação dos trihalometanos.

#### 4.1. Etapa I: Determinação de cloro e turbidez

Para a determinação de cloro foi utilizado o método DPD colorimétrico (APHA 2005). Neste método o composto DPD é utilizado como o indicador de medida do cloro. Quando a água apresenta uma cor rosada, indica a presença de cloro. Utilizou-se o equipamento colorímetro digital portátil, utilizando o reagente DPD. Primeiro foi preparado o branco, utilizado para zerar o equipamento em uma cubeta de 10ml, (a amostra utilizada para zerar serve como parâmetro para o equipamento na hora da leitura). Em outra cubeta, colocou-se 10 ml da amostra e em seguida adicionou-se o reagente DPD. Em seguida homogeneizou o reagente com a água em movimentos circulares e após colocou no compartimento do equipamento para a leitura do cloro.

Para a determinação da turbidez utilizou-se o equipamento turbidímetro del lab, que mede a quantidade de turbidez presente na água, onde o funcionamento do equipamento consiste em emitir um feixe de luz através da amostra de água e partir disso, as partículas dissolvidas que estão presentes refletem.

#### **4.2. Etapa II: Determinação de trihalometanos (THMs)**

A determinação dos trihalometanos ocorreu em cromatógrafo gasoso acoplado ao espectrometro de massas (CG-EM) da marca Agilent, modelo 7890B, utilizando um padrão misto de calibração de trihalometanos (Clorofórmio, bromodiclorometano, dibromoclorometano e bromofórmio, 100 µg/mL), EPA 501/601, marca Sigma- aldrich-supelco.

O método utilizado foi 8270D US EPA (Semivolatile Compounds) adaptado. As seguintes condições analíticas foram utilizadas: Coluna: Hp-5ms ultra inert (30x250um x 0.25um), a rampa de aquecimento foi de 40°C -1min, aumentando para 100°C em uma taxa de 5°C/min. Depois aumentando para 210°C a uma taxa de 15°C/min, permanecendo por 1 min. O tempo total de corrida foi de 21 min. Aquisição do modo “scan” (35-450). O hélio como gás de arraste, em um fluxo 1,5 mL/min, temperatura do injetor 260°C (splitless); volume injetado 1µL; temperatura do detector (MS) 290°C.

Inicialmente, foi feita a extração dos trihalometanos das amostras de águas coletadas, utilizando-se o método de Sampaio et al., (2011) adaptado. Este consistiu em transferir uma alíquota de 5 mL das 8 amostras para tubos finos com o volume de 12 mL. Após adicionou o solvente n-pentano que em seguida foi levado para a centrifuga e deixado por 1 minuto para a extração. A extração manual ocorreu por agitação durante 1 minuto, no final a amostra foi deixada em repouso por cerca de dois minutos e após ocorreu a separação de fases (água + solvente).

## 5 RESULTADOS E ANÁLISES

Assim como na metodologia, os resultados obtidos foram divididos em duas partes. Na primeira parte os resultados dos parâmetros de turbidez e cloro, e a segunda sobre a quantificação dos trihalometanos na água.

### 5.1. Etapa I: Resultados da determinação de cloro e turbidez

Os resultados obtidos na primeira fase, dos parâmetros de cloro e turbidez, gerados na coleta das amostras são mostrados na tabela 2 abaixo.

Tabela 2: Resultados dos parâmetros de cloro residual livre e turbidez.

PCQ*	Cloro residual(mg/L)	Turbidez inicial (NTU)	Turbidez final (NTU)
33	1,13 mg/L	5,05	4,19
32	1,33 mg/L	0,69	0,52
39	1,33 mg/L	2,05	1,9
41	1,24 mg/L	1,40	0,46
42	1,10 mg/L	3,52	4,08
79	1,08 mg/L	1,69	1,63
78	1,27 mg/L	4,97	1,72
80	1,29 mg/L	2,33	3,46

\*PCQ (programa de controle de qualidade)

Fonte: Autor, 2021

Os valores de turbidez são retratados na tabela 2, com turbidez inicial e turbidez final, onde que a turbidez inicial está relacionada, quando se chega ao local de coleta e ao abrir a torneira, se faz análise de água (pois o tempo que a água ficou retida na tubulação, auxiliou na formação de sólidos suspensos que é o causador da turbidez). Após esperar em torno de 5 minutos com a torneira aberta, é feito novamente uma nova medição, representando desta forma a turbidez final. Que retrata o decaimento do parâmetro.

Esse procedimento foi feito para avaliar a quantidade de sólidos suspensos na água retida da tubulação, que combinado com o residual de cloro forma os THM.

Desta forma, de acordo com o anexo 2 do anexo XX da portaria de consolidação nº 5, estabelece que LMP para qualquer amostra pontual seja de 5 uT (unidade turbidez), certificando o atendimento ao VMP de 5 uT em toda a extensão do sistema de distribuição.

Assim sendo, na coluna de turbidez inicial, mostra que o ponto 33, está acima do VMP pela portaria de consolidação nº5. Cujo o valor alto está relacionado ao tempo que a água consta retida na tubulação. E por isso o adequado é fazer a análise do mesmo após 5 ou 10 minutos que a torneira consta aberta, para que os sólidos suspensos caso esteja na tubulação, sejam lançados pela torneira aberta. Todavia na coluna de turbidez final, consta os valores de acordo com o que preconiza a portaria de consolidação nº5.

Já em relação ao cloro, os valores variaram entre 1,08 a 1,33 mg/L. Estes valores estão dentro da norma estabelecida pelo anexo XX, portaria de consolidação nº5, que apresenta o valor máximo de 2 mg/L. Segundo o artigo 34 do anexo XX da portaria de consolidação nº5. É obrigatória no processo de desinfecção para o tratamento da água, que a concentração mínima deva ser de 0,20 mg/L em toda a extensão do sistema de distribuição para garantir que a qualidade microbiológica da água seja efetiva.

Ainda de acordo com o anexo XX da portaria de consolidação nº5, o artigo 32, no controle do processo de desinfecção da água por meio de cloração, cloraminação ou aplicação de dióxido de cloro, devam ser observados os tempos de contato e os valores de concentrações residuais de desinfetantes na saída do tanque de contato.

O artigo 41, estabelece aos responsáveis pelo controle da qualidade da água de sistema de distribuição elaborar e submeter para análise as amostragens de cada reservatório e rede de distribuição. Ainda de acordo com o artigo 41, parágrafo 3, em todas as amostras coletadas para análises microbiológicas, deve ser efetuada medição de turbidez e de cloro.

Assim sendo, os parâmetros cloro e turbidez são monitorados semanalmente no município de Palmas, nos reservatórios in loco, de cada quadra e setor do município. Os demais parâmetros por exigirem análises mais complexas são encaminhadas aos laboratórios.



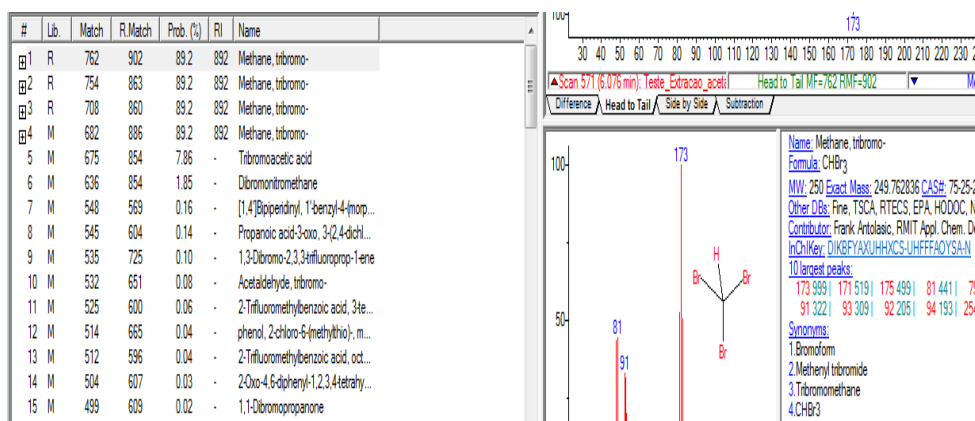
## 5.2. Etapa II: Resultados da determinação de trihalometanos (THMs)

Em relação a segunda etapa, as coletas ocorreram em dezembro de 2020 em uma época de chuva.

A segunda parte consistiu em análises cromatográficas, referente ao levantamento de compostos trihalometanos presente nas amostras de água de abastecimento humano.

A identificação dos picos cromatográficos foi feita por comparação com os padrões da biblioteca interna (NIST) que o equipamento possui. Através dela (clikando em cima do pico), verifica-se há probabilidade (%) daquele pico ser o composto de interesse. A Figura 4, mostra, como exemplo, a identificação do bromofórmio que aparece com 89,2% de probabilidade.

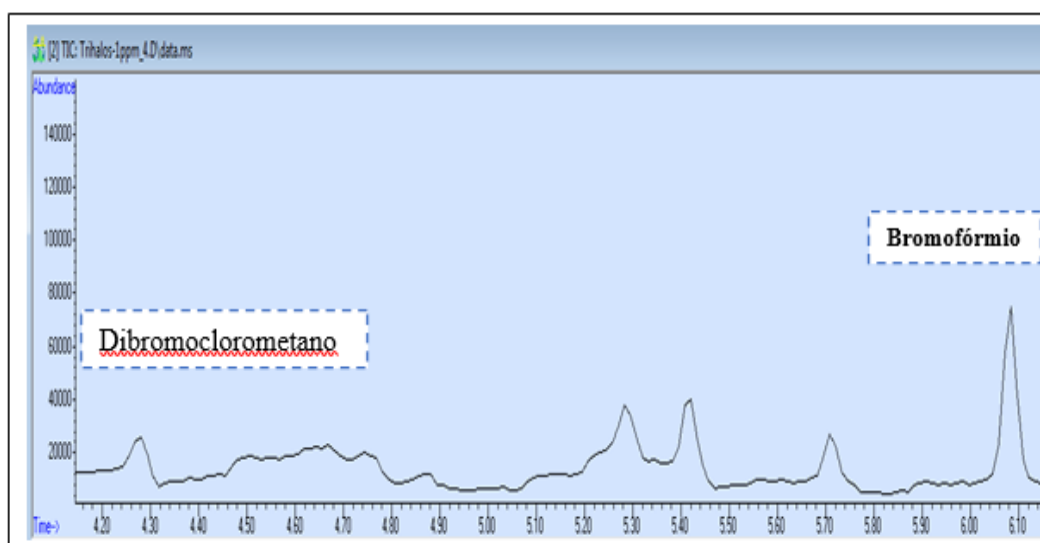
Figura 4: Identificação do Bromofórmio pela biblioteca NIST.



Fonte: Autor, 2021

Inicialmente, a fim de se determinar a efetividade do método de determinação escolhido, realizou-se uma extração e uma análise cromatográfica da solução de padrões de THMs (clorofórmio, bromodichlorometano, dibromoclorometano e bromofórmio). Após a extração com n-pentano, como solvente extrator, um cromatograma foi obtido, e é apresentado na Figura 5.

Figura 5: Padrão de trihalometanos

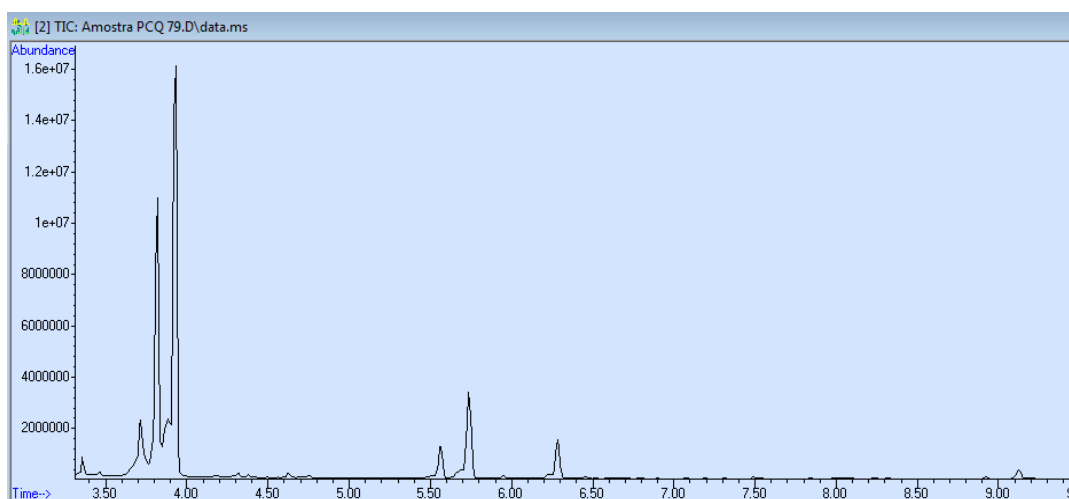


Fonte: Autor, 2021

Com o método aplicado, utilizando o mix de padrões de trihalometanos, foi possível determinar apenas dois dos quatro compostos (Figura 5), sendo eles: dibromoclorometano no tempo de retenção de 4,27 min e bromofórmio em 6,087 min. Os demais não foram detectados. Isto mostra que o método de extração dos padrões, não foi o mais adequado, devido ao tempo de contato ou as características químicas do solvente escolhido para a extração. Além disto o solvente utilizado é de qualidade P.A. (para análise) e não de qualidade cromatográfica, o que pode explicar o excesso de picos no cromatograma.

Mesmo com essa observação partiu-se para a tentativa de identificação na amostra real de água obtida no ponto PCQ 39 (descrito de acordo com a tabela 1). Após a extração líquido-líquido com acetato de etila, o cromatograma foi obtido e apresentado na Figura 6.

Figura 6. Amostra 39



Fonte: Autor, 2021

A amostra teste escolhida foi o (PCQ 39 referente ao setor do aurenny 2), entre os pontos mais distantes da rede de distribuição, esse foi escolhido devido ter uma quantidade de pessoas maior que os demais bairros e por se encontrar mais distante do ponto da rede. Esse fator (distância) está inteiramente relacionado ao tempo de ocorrência de reações de possíveis matérias orgânicas com o cloro presente na rede. Apesar disto, a amostra PCQ 39, não mostrou a presença dos picos relativos ao dibromoclorometano e bromorfórmio, quando comparados com os tempos de retenção dessas substâncias padrões da Figura 5, bem como, quando cada pico contido no cromatograma, foi submetido a avaliação na biblioteca interna (NIST).

Notou-se que apesar dos testes realizados, o método de determinação requer que as condições sejam otimizadas, seja no método de extração, seja na metodologia de análise cromatográfica, para que seja possível determinar todos os THMs. Esta otimização, porém, requer tempo e infelizmente, devido as questões de prazos de entrega do TCC e as questões relativas à pandemia, o processo não pode ser realizado.

## 6 CONCLUSÃO

Segundo os dados avaliados conclui-se que as amostras da região sul de Palmas-TO, tendo as variáveis cloro e turbidez, obtiveram valores conforme estabelecido pelo anexo XX da portaria de consolidação nº5.

Já referente a quantificação dos trihalometanos, não se obteve os valores esperados para a quantificação, pois a amostra escolhida para teste não gerou dados e desta forma, não é possível concluir se as amostras de água da região sul de Palmas têm ou não presença de trihalometanos.

## 7 REFERÊNCIAS

ANA < <https://www.ana.gov.br/regulacao/saiba-quem-regula/saneamento> > acessado dia 17-04-2020

APECWATER: **A história da água potável** <<http://www.freedrinkingwater.com/resource-history-of-clean-drinking-water.htm>> acessado dia 13-11-2020

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G. L.; MIERZWA, J. C.; BARROS, M. T. L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. **Introdução à engenharia ambiental**. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005. p. 73. ISBN 85-7605-041-2.

BITENCOURT, W. C. **Modelagem hidráulica de parâmetros de qualidade da água e trihalometanos na região sul de Palmas-TO**. Universidade Federal do Tocantins. Palmas-To, 2020.

BUENO, F. B. A. **Tratamento de água para abastecimento contendo cianobactérias e microcistina em sistemas constituído por etapas de pré-cloração, coagulação/floculação, flotação e adsorção em carvão ativado**. Dissertação. Universidade de São Paulo, 2017.

CAPOBIANCO, J. P. R. – **Importância da água**. Site Mundo vestibular <<http://mundovestibular.com.br/articles/569/1/IMPORTANCIAAGUA/Paacutegina1.html> 2007.> acessado em 21 de janeiro de 2020.

CARLOS, E. A; NEVES, A. A; REIS, C. et al. Determinação simultânea de trihalometanos e agrotóxicos em água por cromatografia gasosa. **Química Nova**. Vol 34, nº2. São Paulo, 2011.

CIS.< <https://cis-itu.com.br/servicos/agua/>> acessado dia 14-04-2020

COSTA, C. B, GUEKEZIAN, M. Determinação de sulfeto de hidrogênio em gás natural via cromatografia gasosa com detecção de quimiluminescência. **Revista Mackenzie de engenharia e computação**, São Paulo, V.15, nº1, p 64-74,2015.

COSTO, A. M.; SILVA, B. P. C.; CASTRO, R. R. O. **Análise da concentração de cloro livre, cloro total, pH e temperatura em alguns pontos de consumo abastecido pela rede pública de distribuição na cidade de Curitiba\PR**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba-PR, 2015.

CHAGAS, D. S. **Relação entre concentração de sólidos suspensos e turbidez da água medida com sensor de retroespalhamento óptico.** Dissertação do Curso do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Cruz das Almas-Bahia.2015.

CHENG, WEI-PING; LIU, EN-HUA; LIU, JING-GING. A Novel Statistical Model for Water Age Estimation in Water Distribution Networks. **Mathematical Problems In Engineering**, [s.l.], v. 2015, p.1-9, 2015. Hindawi Limited..

DUARTE, A. L. S; RODRIGUES, F. M.; RAMOS, R. A. R. "**Água e saúde: análise do risco da presença de trihalometanos na água para consumo humano.**" 7. ° Congresso Luso-Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável (PLURIS 2016). Viva Editora, 2016.

EPA<<https://www.epa.gov/dwreginfo/stage-1-and-stage-2-disinfectants-and-disinfection-byproducts-rules>> acessado dia 22\05\2020

EPA<<https://19january2017snapshot.epa.gov/sites/production/files/2015-07/documents/epa-8270d.pdf>> acessado dia 03/02/2021

FAY, E. F.; SILVA, C. D. S. (2006). **Índice do uso sustentável da água (ISA-ÁGUA)- região do sub-médio São Francisco.** Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2006..

FERREIRA, F. B. **Avaliação da qualidade da água de Campo Mourão –PR através do programa vigiágua.** Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão.2017

FERREIRO, W. B. et al. **Avaliação do desempenho de coagulantes orgânicos e inorgânicos na remoção de compostos precursores de subprodutos da desinfecção.** Associação Brasileira de Engenharia sanitária e ambiental, 2017.

FUNASA. **Potenciais fatores de risco a saúde decorrentes da presença de subprodutos de cloração na água utilizada para consumo humano.** Engenharia de saúde pública. Brasília,2007.

GARBELINI, E. R. "**Avaliação da formação de trihalometanos em processos de cloração da água, efeito da natureza das matérias orgânica e de processos auxiliares de desinfecção.**" Universidade Federal do Paraná. Curitiba-PR(2017).

GOMES, M. R. **Avaliação da qualidade da água de distribuição em alguns municípios do estado do Ceará.** Universidade Federal do Ceará. Fortaleza-CE,2019.

HANTAO, L. W; TOLEDO, B. R; AUGUSTO, F. Fases estacionárias de líquidos iônicos em cromatografia gasosa: Fundamentos, avanços recentes e perspectivas. **Química nova**. Vol 39, nº1, p 81-93,2016.

HENRIQUE, E. S.; COSTA, S. C.; MOREIRA, V. P. **Determinação do teor de cloro residual livre na água consumida no campus do Paricarana pela comunidade da UFRR**. Universidade Federal de Roraima. Roraima,2008.

JUNIOR, N. V. C. **Caracterização e otimização analítica na determinação de trihalometanos em águas potáveis purga e armadilha acoplada a cromatografia a gás**. Instituto de pesquisas energéticas e nucleares, autarquia associada a universidade de São Paulo. São Paulo,2010.

LANÇAS, F. M. "A Cromatografia Líquida Moderna e a Espectrometria de Massas: finalmente "compatíveis"." **Scientia chromatographica** **1.2** (2009): 35-61.

LEAL E. S. **Modelagem da degradação de cloro residual livre em sistemas de adução de água de abastecimento de porte médio**. Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande-PB.2012.

LIMA, S. C. A.; SANTOS, C. A. B. Educação e saúde pública: Determinação de cloro e Escherichia coli na água utilizada para consumo no IFPE, campus Afogados da Ingazeira. **Revista Ouricuri**. Paulo Afonso,Bahia, V.6, nº2, p.029-041.2016

LIMA, R.M. **Desaguamento do lodo da estação de tratamento de água (ETA 006) da cidade de Palmas-TO, por meio de polímeros e filtração em Geotêxtil**. Universidade Federal do Tocantins. Palmas-TO, 2016.

LOURENÇÃO, J. **Avaliação da resistência de microrganismos patogênicos a desinfecção sequencial com ozônio- radiação ultravioleta e cloro radiação ultravioleta**. Escola de engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. São Carlos-SP,2009.

MACÊDO, J. A. B, ANDRADE, N. J, et al. Cloraminas orgânicas uma solução para evitar a formação de trihalometanos no processo de desinfecção de águas para abastecimento público. **Revista higiene alimentar**, V.15, nº90/91, novembro/dezembro,2001.

MARAQUES, A. T; BRITO, G. R.; MUNIZ, T. **Sustentabilidade**. Pontifícia Universidade Católica de São Paulo. São Paulo-SP.2019

MARQUES, J.A.V et al., Estudo comparativo dos custos com produtos químicos para produção de água a partir de dois mananciais. O caso da cidade de Palmas-TO, Brasil.

**Revista AIDIS**, vol 12, nº 1, 81-92, 2019.

MEDEIROS, H. S. **Uso de sensor de polidriacetileno para detecção de contaminantes químicos e microbiológicos em água potabilizada para consumo humano**. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa-MG.2016.

MEYER, S. T. O uso de cloro na desinfecção de águas, a formação de trihalometanos e os riscos potenciais à saúde pública. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 10, n. 1, p. 99-110, 1994.

MINISTERIO DA SAÚDE. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano**. Cap 4; Pág 47, 2006.

MINISTERIODASAÚDE<[http://site.sabesp.com.br/uploads/file/asabesp\\_doctos/kit\\_arsesp\\_portaria2914.pdf](http://site.sabesp.com.br/uploads/file/asabesp_doctos/kit_arsesp_portaria2914.pdf)> acessado dia 21 de janeiro de 2020

MINISTERIODASAÚDE.Portaria2914<[http://site.sabesp.com.br/uploads/file/asabesp\\_doctos/kit\\_arsesp\\_portaria2914.pdf](http://site.sabesp.com.br/uploads/file/asabesp_doctos/kit_arsesp_portaria2914.pdf)> acessado dia 21 de janeiro de 2020.

MOURÃO, A. O. **Degradação dos ácidos haloaceticos pelo método fenton-like catalisado por magnetita dopada com cobalto e análise por cromatografia gasosa acoplada á espectrometria de massas**. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. Teófilo Otoni- MG, 2018.

OLIVEIRA, D. S. **Avaliação da eficiência de remoção de turbidez em função de variações no comprimento de flocladores tubulares helicoidais**. Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória- ES,2008.

OLIVEIRA, R.R; **Estudo do potencial de formação de trihalometanos na água da lagoa de extremoz-RN**. Instituto Federal de educação, ciência e tecnologia do Rio Grande do Norte. Natal-RN,2017.

OLIVEIRA, R. R; ARAÚJO, A. L. C.; DUARTE, M. A. C. Estudo do potencial de formação de trihalometanos na lagoa de extremoz (RN). **Engenharia Sanitária Ambiental**. Vol 25, nº2. Rio de Janeiro. Mar/abr.2020.

ONU< <https://nacoesunidas.org/acao/agua/>> acessado dia 21 de janeiro de 2020.

PINTO, M. L.; BALTAZAR, A. L. Presença de trihalometanos na água: Potenciais riscos. **Acta Portuguesa de nutrição**. Coimbra, Portugal,2020.



QUINTÃO, F. J. O. **Caracterização dos produtos de degradação dos fármacos metformina, enalapril, captopril e ranitidina, por espectrometria de massas de alta resolução e avaliação da toxicidade após processos oxidativos avançados e cloração.** Universidade Federal do Ouro Preto. Capítulo 2, pg 44. Ouro Preto-MG, 2017.

RODRIGUES, F. M. **Análise do risco da presença de trihalometanos em água para consumo humano, no distrito de Braga.** Dissertação. 2014.

RODRIGUES, A. L. A.; BUENO, S. M. Análise físico-química e microbiológica de água potável em diferentes pontos de coleta da cidade de São José do Rio Preto- SP. **Revista Científica**, 2019.

ROSALÉM, S. F. **Estudo de Identificação e Quantificação de Trihalometanos em Água de Abastecimento.** Diss. Dissertação (Mestrado), 135 f. Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo, 2007.

SAMPAIO, V. C. S. et al., Avaliação do método de extração líquido-líquido na análise cromatográfica de trihalometanos em água de abastecimento humano. **Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e ambiental**, 2011.

SANEPAR<<http://www.sanepar.com.br/sanepar/sanare/v17/TRIHALOMETANOS.htm>>  
acessado dia 22\05\2020

SANTOS, W. B. **Modelagem de degradação de cloro residual livre na rede de distribuição de água da cidade de campina Grande-PB.** Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande.2017.

SILVA, B. H. L.; MELO, M. A. Trihalometanos em água potável e riscos de câncer: Simulação usando potencial de interação e transformação de Backlund. **Quimica Nova**. Vol 38. Nº3. São Paulo. Mar,2015.

SILVA, G.G et al., Tratamento de água de reservatórios por dupla filtração, oxidação e adsorção em carvão ativado granular. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. Vol 17. nº 1. Rio de Janeiro. Jan\Mar, 2012.

SOARES, S. S et al. **Avaliação de métodos para determinação de cloro residual livre em águas de abastecimento público.** **Semina: Ciências exatas e tecnológicas**, Londrina, V37, Nº 1 p. 119-130, jan/jun 2016

STUKER, M. **Determinação de resíduos de agrotóxicos em água empregando micro-extração líquido-líquido dispersiva (DLLME) e cromatografia líquida de alta eficiência**

**com detecção por arranjo de diodos (HPLC-DAD).** Universidade Federal de Santa Maria, centro de ciências naturais e exatas departamento de químicas. Santa Maria-RS,2017.

**TENORIO, M. A. Análise dos padrões de potabilidade de água para o consumo humano- Porto Velho- RO, Brasil.** Centro Universitário São Lucas –UNISL. Curso de ciências Biológica Porto Velho,2016

**VIEIRA, M. R. "Os principais parâmetros monitorados pelas sondas multiparâmetros são: pH, condutividade, temperatura, turbidez, clorofila ou cianobactérias e oxigênio dissolvido."** Agencia Nacional das Aguas–ANA-2015 (2019).