

I-155 - AVALIAÇÃO DE FATORES ENVOLVIDOS NA FORMAÇÃO DE SUBPRODUTOS DA DESINFECÇÃO

Nathalia Sandim de Matos⁽¹⁾

Engenheira Ambiental pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. – (UFMS); Mestre Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos pela UFMS.

Ingrid Cecilia Walker⁽²⁾

Engenheira Ambiental pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Mestranda em Saneamento e Recursos Hídricos no Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais.

Thais Caregnatto Thomé⁽⁴⁾

Engenheira Ambiental pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais.

Marcelo Campos⁽³⁾

Gestor Ambiental pela Universidade Estácio de Sá; Mestre em Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos pelo Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais (PGTA) da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

Carlos Nobuyoshi Ide⁽⁵⁾

Engenheiro Civil pela Universidade Estadual de Mato Grosso, atual UFMS. Doutor em Recursos Hídricos e Saneamento pela Universidade Federal de Rio Grande do Sul. Professor Titular na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

Endereço⁽¹⁾: Cidade Universitária s/n – Campo Grande – MS - CEP: 79070900 - Brasil - Tel: (67) 3345-7499 - e-mail: Nathalia.matos@ufms.br

RESUMO

No processo de desinfecção realizado por Estações de Tratamento de Água (ETAs), o cloro é largamente utilizado devido a seu custo-benefício frente a outros desinfetantes. Essa etapa é essencial à potabilização da água, pois, é nela que os micro-organismos patogênicos se tornam inativos. Entretanto, estudos comprovaram que alguns subprodutos da desinfecção, em especial os Trihalometanos Totais (THMs), podem ser prejudiciais à saúde humana, podendo apresentar caráter carcinogênico. Desta maneira, objetivou-se, neste trabalho, analisar a concentração de subprodutos da desinfecção (SPDs) no sistema de tratamento de água (SAA) de uma capital brasileira e elaborar um protocolo de monitoramento e controle de subprodutos da desinfecção, analisando os possíveis precursores e os processos realizados em cada etapa de tratamento, visando a otimização dessas etapas. Os resultados de SPDs no sistema apresentaram-se satisfatórios, com concentrações pequenas e distantes do valor máximo permitido em legislação e este Guia de estratégias para mitigar a formação de Subprodutos da Desinfecção apresenta-se como ferramenta de auxílio para ETAs que geram alto teor de THMs.

PALAVRAS-CHAVE: Cloração, Trihalometanos totais, Tratamento de água, Organoclorados.

INTRODUÇÃO

O investimento das agências de abastecimento de água em fornecer água em melhor padrão de qualidade é peça fundamental para operação das políticas de saúde pública. É fato que essa preocupação advém de estudos que comprovam a água como um dos principais veículos transmissores de doenças.

Ainda, caracterizando esta preocupação, a Organização Mundial da Saúde (OMS), relatou que 80% de todas as doenças que se alastram nos países do Terceiro Mundo estão relacionadas à água. E, para o controle dessas patologias, substâncias químicas devem ser utilizadas no tratamento da água, sendo o cloro um dos principais deles. Os registros históricos mostram que a cloração possibilitou a redução de casos de cólera, disenteria e febre tifóide em todo o mundo (Brasil, 2001).

A utilização de produtos derivados do cloro, num sistema de abastecimento de água, ocorre após o tratamento da mesma, ou até mesmo no pré-tratamento. O tratamento prévio em águas, normalmente ocorre naquelas que possuem alto teor de algas ou cor.

Pesquisas têm mostrado que muitos desses agentes, por serem oxidantes muito fortes podem gerar alguns subprodutos da desinfecção (SPDs) que, apesar da pequena concentração, podem ser danosos aos usuários de águas tratadas e ao meio ambiente (PROSAB, 2001).

Esses subprodutos são gerados a partir da reação entre compostos orgânicos naturais e o cloro. Em águas naturais a presença da matéria orgânica pode ser derivada, principalmente, da decomposição da vegetação terrestre, resultando especialmente de ácidos húmicos e fúlvicos e da decomposição de vegetais aquáticos e algas.

Desta maneira, para realizar um estudo de rastreabilidade, ou ainda de controle de formação de SPDs, deve-se atentar às concentrações de THMs em um sistema. Isso ocorre devido as numerosas pesquisas abordando os Trihalometanos Totais e por sua expressiva concentração frente a outros SPDs, esse grupo é considerado indicador de outros organoclorados.

Neste contexto, este trabalho foi elaborado a fim de analisar a concentração de subprodutos da desinfecção (SPDs) no sistema de tratamento de água (SAA) de uma capital brasileira e elaborar estratégia para contenção de formação e monitoramento e controle de subprodutos da desinfecção, analisando os possíveis precursores e os processos realizados em cada etapa de tratamento, visando a otimização dessas etapas.

OBJETIVO

A partir de resultados de boletim de análise de uma concessionária de abastecimento de água, realizar a avaliação comparativa entre fatores que influenciam a formação de THMs e a concentração dos mesmos. E, ainda, identificar quais técnicas podem ser substituídas ou adicionadas ao tratamento para melhorar a qualidade da água.

MATERIAIS E MÉTODOS

CARACTERÍSTICAS DO LOCAL DE ESTUDO

Este trabalho foi desenvolvido tomando-se como base um Sistema de Abastecimento de Água (SAA), localizado no Estado de Mato Grosso do Sul, região Centro-Oeste do Brasil. Tal sistema abastece uma cidade de aproximadamente 870 mil habitantes em uma área de 8902,951 km² (IBGE, 2017).

A micro bacia do estudo em questão ocupa a área de 360 km². O lago da represa possui volume de aproximadamente 4 milhões de m³ e a área da captação é de 97 hectares.

Ainda, segundo consta no Plano de Manejo da Área de Proteção Ambiental - APA do manancial em questão, existe a predominância de acordo com o modelo de classificação climática de Köppen, o clima do tipo Aw, definido como Clima quente e úmido com chuvas de verão. Tendo como característica a ocorrência de 4 a 5 meses secos e temperatura do mês mais frio superior a 18° C.

A fonte de captação do sistema é mista, sendo 50% de água superficial, e os outros 50% por poços profundos. Foram realizados levantamentos in loco, observando a rotina do SAA e utilizados dados fornecidos pela empresa de saneamento, para a realização de avaliação de qualidade da água bruta, que sofre processo de tratamento para abastecimento público.

Utilizou-se, também, como ferramenta, estudos anteriores realizados neste corpo hídrico e na região de drenagem do mesmo, considerando que há Plano de Manejo e estudos científicos são corriqueiramente realizados na bacia de interesse.

Através da avaliação da rotina realizada in loco foi possível identificar as etapas do processo de tratamento, considerando os efeitos químicos e físicos dos processos e, ainda, as etapas posteriores do SAA, que são reservação e distribuição.

A base teórica para a elaboração de diretrizes que podem diminuir a concentração de subprodutos da desinfecção foi realizada através de pesquisas bibliográficas, centralizando nos precursores de formação de SPDs e nas técnicas de combate aos mesmos.

Desta maneira, o Sistema de Abastecimento de Água foi avaliado de forma crítica, como um processo de produção de água potável, com foco na possível formação de SPDs e remoção dos mesmos, resultando em um procedimento para identificação e controle de precursores, e consequentemente, dessa contaminação em SAA.

QUALIDADE DA ÁGUA

Foram fornecidos boletins de análise da água tratada e do manancial (bruta) dos últimos quatro anos, período de 2014 a 2017, resultando em quatro boletins anuais de análise, realizados pela concessionária do SAA. Esses boletins foram solicitados à concessionária de água e disponibilizado mediante a permissão da diretoria da empresa.

As análises da água tratada completa, abordando todas as análises requeridas pela legislação de potabilidade são realizadas semestralmente. Foram fornecidos a este estudo os resultados de análises anuais, realizadas nos primeiros semestres de 2014 a 2017.

Conforme estabelecido em legislação, o laboratório a realizar esse tipo de análise deve ser terceirizado e possuir a o certificado de Acreditação perante o Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia - INMETRO. São de interesse desse estudo, as análises de pH, Concentração de íons brometos e cloretos, Cloro residual livre, Temperatura e Trihalometanos Totais, Ácidos Haloacéticos, Bromato e Clorito. Estes compostos são analisados conforme os parâmetros e técnicas da metodologia Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA et al., 2012).

Os resultados obtidos nas análises foram utilizados como base para a elaboração das etapas de monitoramento e controle de variáveis de qualidade e de operação do sistema.

AValiação DAS ETAPAS DE TRATAMENTO DO SAA

Através de visitas in loco na Estação de Tratamento de Água da concessionária, foi possível verificar desde a captação de água, o tratamento completo, que consiste em coagulação, floculação, decantação, filtração, desinfecção até a reservação de água, que ocorre em quatro reservatórios apoiados.

Todos os produtos utilizados no processo de tratamento foram também relacionados, bem como os controles operacionais e monitoramento adotados na ETA, especialmente aqueles voltados para os SPDs.

Assim, a influência dos precursores e dos fatores acima expostos foram utilizados como base para elaboração de um protocolo de monitoramento e controle de formação de subprodutos da desinfecção. O tratamento de água e técnicas operacionais da empresa de saneamento, que forneceu os resultados de suas análises, foram utilizados como referência para elaboração deste estudo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

VARIÁVEIS DE QUALIDADE DA ÁGUA DO SAA

Na Tabela 1 estão demonstradas as análises referentes as medições de algumas variáveis de qualidade. Estes parâmetros, segundo a literatura, possuem forte correlação com a formação de subprodutos da desinfecção. Deve-se ressaltar que esses valores são respectivos aos boletins de análise de subprodutos da desinfecção, ou seja, são pontuais.

Tabela 1: Parâmetros Gerais de qualidade

Parâmetros gerais de qualidade						
	Unidade	2014	2015	2016	2017	VMP*
pH	-	6,87	6,99	6,84	6,67	9,0
Temperatura	°C	23,7	23,4	25,5	26,6	-
Turbidez	NTU	4,6	<1,0	5,5	1,7	100,0
Trihalometanos Totais	µg.L ⁻¹	<10	<10	18,5	18,5	100,0
Ácidos haloacéticos	µg.L ⁻¹	-	9,6	2,5	2,5	80,0

*VMP: Valor Máximo Permitido em legislação

Todos resultados apresentados, conforme apresentado em tabela, atenderam a especificação da Portaria de Potabilidade MS 5/2017.

O valor de pH se manteve próximo a faixa da neutralidade, com características levemente ácidas, comum às fontes de captação superficial devido à presença de ácidos orgânicos provenientes de decomposição da matéria orgânica, como material vegetal, por exemplo. Sendo assim, a influência é direta com a presença de SPDs em água.

Outra variável de interesse é a temperatura, neste caso, apresentou maior influência sob os resultados de Trihalometanos totais, grupo considerado indicativo de SPDs. Nos anos de 2014 e 2015, em que a temperatura esteve na faixa de 23°C os valores de THMs permaneceram abaixo do limite de quantificação do aparelho, abaixo de 10 µg.L⁻¹, enquanto que nos anos de 2016 e 2017, em que a temperatura estava maior de 25°C os valores de THMs praticamente dobraram.

Em estudo anterior (Stevens *et al.*, 1976), foi comprovado que a partir da variação de temperatura de 2°C (inverno) e 28°C (verão) a variação da concentração de THMs, nessas situações, foram de 30 a 200 µg.L⁻¹, respectivamente. Segundo Paschoalato *et al.* (2005), a concentração de THMs aumenta com o aumento do pH. Quanto aos valores de Trihalometanos Totais, é importante ressaltar que o valor nos últimos dois anos de análise praticamente dobrou. Conforme dito anteriormente, essa amostra é pontual e a influência da qualidade da água no momento da coleta é de forte influência.

Segundo a concessionária de abastecimento de água, não ocorreram alterações significantes no manancial ou no tratamento de água durante esse período, a não ser a alteração da turbidez em épocas de chuva. Entretanto, ao correlacionar os dados das campanhas de coleta não houve uma correlação tão forte quanto os parâmetros de temperatura e pH.

Outro grupo de SPDs que se apresentou distante do máximo permitido em legislação foram os Ácidos Haloacéticos (HAAs). Conforme Rodriguez *et al.* (2007), há pouca informação disponível sobre a evolução de HAAs em estações de tratamento de água. Entretanto, é um grupo de subprodutos da desinfecção com cloro, que merece atenção por ser possivelmente nocivo à saúde humana e por ser um dos grupos mais representativos em concentração de SPDs.

VARIÁVEIS DE CONTROLE OPERACIONAL

O cloro adicionado na fase de desinfecção da água tratada é o Hipoclorito de Sódio (12%). O método de cloração utilizado é o de cloração simples, essa metodologia é comumente utilizada em Estações de Tratamento de Água, na qual não há preocupação de satisfazer a demanda de cloro na água (Knapik, 2015).

Segundo informou a concessionária de água são adicionados, diariamente, 600 litros de Hipoclorito de Sódio ao SAA, considerando que são tratados aproximadamente 106.632 m³/dia de água, ou seja, 0,006 mL de Hipoclorito de Sódio a cada litro de água.

Após a dosagem de cloro a mistura contendo o reagente e água ficam em torno de dois (2) minutos na câmara de contato, sofrendo uma rápida agitação e seguindo para o reservatório para cumprir o restante do tempo de contato para a distribuição - cerca de 6 minutos, considerando a temperatura de 25°C.

Na saída desse tratamento, com periodicidade de uma hora, é realizado o monitoramento da concentração de cloro residual livre. Essa manobra é realizada com a intenção de controlar a concentração do elemento, dessa forma, garantindo o atendimento a legislação pertinente.

Desta maneira, analisando as intervenções realizadas por neste SAA através do Manancial, Variáveis de Qualidade e Controle Operacional e, principalmente, comparando a legislação brasileira, em que o Valor Máximo Permitido para concentração de Trihalometanos Totais é de $100 \mu\text{g.l}^{-1}$, e o máximo valor encontrado na água de abastecimento da concessionária estudada foi de $18,5 \mu\text{g.l}^{-1}$.

Sendo assim, além de se enquadrar no Padrão de Potabilidade estabelecido através da Portaria MS 05/2017, pode-se afirmar que é eficaz no controle (ambos, remoção de precursores e formação) de subprodutos da desinfecção. No entanto, o processo poderia ser otimizado utilizando algumas estratégias que serão apresentadas a seguir.

ESTRATÉGIAS PARA MITIGAR A FORMAÇÃO DE SUBPRODUTOS DA DESINFECÇÃO

Foram identificadas as fases de um tratamento convencional realizado em Estações de Tratamento de Água, sendo as etapas relacionadas aos possíveis precursores e aos riscos formação de subprodutos da desinfecção, conforme representado em fluxograma, Figura 1.

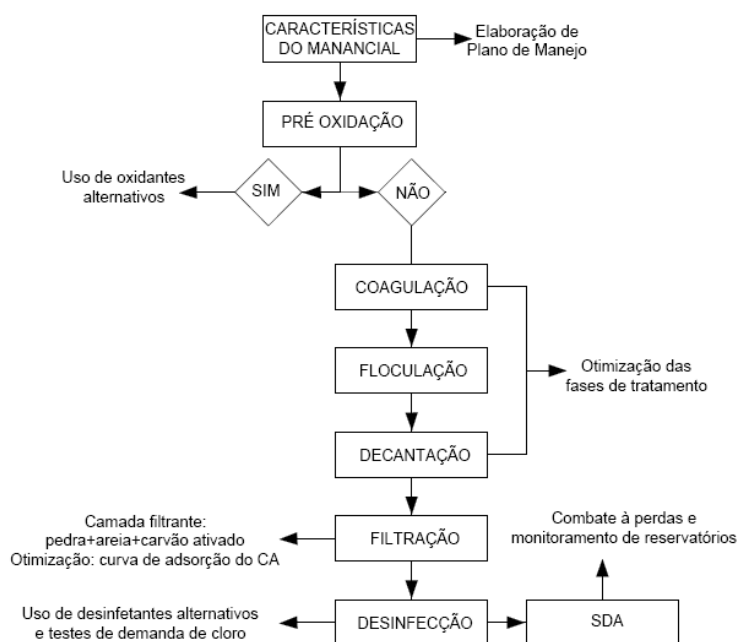


Figura 1. Fluxograma de estratégias para mitigar a formação de subprodutos da desinfecção

DO MANANCIAL

A qualidade da água em um corpo hídrico é consequência da preservação da bacia a que pertence. Sendo assim, no caso do uso para abastecimento de água público, torna-se interessante a criação de Unidade de Conservação (UC).

A partir do enquadramento do espaço territorial e seus recursos como UC pelo Poder Público, projetos que garantam a proteção adequada devem ser aplicadas. A elaboração de Plano de Manejo é viável por ser o documento técnico mediante o qual, com fundamento nos objetivos gerais de uma unidade de conservação, se estabelece o seu zoneamento e as normas que devem presidir o uso da área e o manejo dos recursos naturais, inclusive a implantação das estruturas físicas necessárias à gestão da unidade (BRASIL, 2000).

A elaboração de regras a partir da execução de um Plano de Manejo, no qual prevê a conservação do solo e a minimização do uso de materiais poluentes. De certa forma, criam ferramentas que auxiliam a contenção de formação de subprodutos da desinfecção aquelas que previnem a o aumento de matéria orgânica e outros precursores no curso d'água.

Na bacia de ocupação onde está inserido o córrego Guariroba, são adotadas algumas normas que auxiliam na preservação da qualidade do curso d'água e consequentemente, uma menor formação de SPDs.

O uso moderado de fertilizantes na área também auxilia na prevenção de precursores de THMs, pois, evitando o carreamento de fertilizantes que contém alto teor de fósforo, diminui a possibilidade de formação exagerada de algas e consequente eutrofização do reservatório.

Apoiado pela Resolução CONAMA nº 302/02 e CONAMA nº 303/02, as porcentagens destinadas a Reserva Legal e Área de Preservação Permanente protegem as margens dos rios e evita o escoamento superficial do solo e demais partículas, protegendo a qualidade do corpo hídrico.

Diante do apresentado neste item, pode-se considerar que qualquer intervenção realizada no sentido de preservação da bacia onde o curso d'água está inserido é válida, pois a existência de precursores de SPDs será reduzida.

ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA

Para que o tratamento de água seja eficaz é necessário caracterizar a água bruta, e além disso, manter o monitoramento contínuo. No caso de prevenção a formação de SPDs devem ser observados os parâmetros de Cor, DBO, Cianobactérias, Turbidez, Concentração de íons cloretos e brometos, Carbono Orgânico Dissolvido e Absorbância no Ultravioleta UV 254 nm. Sendo que estes dois últimos parâmetros são indicados pela CESTESB (2016) para realização de correlação desses compostos com a concentração de precursores de trihalometanos.

Em águas que necessitam realizar a pré-cloração, recomenda-se a utilização de oxidantes alternativos, que são: dióxido de cloro, permanganato de potássio, cloroaminas, ozônio e radiação ultravioleta.

As etapas de coagulação, floculação e decantação são fundamentais no processo de remoção de compostos coloidais e suspensos. As substâncias húmicas, que conferem cor à água são precursoras de THMs e reagem com os coagulantes, sendo assim realizar otimização da fase de coagulação é necessário, isso pode ocorrer através de jar-test em diferentes concentrações de coagulante.

Quanto a floculação, para a otimização da mesma, técnicas como o monitoramento do gradiente de velocidade para evitar a quebra do floco é essencial para manter as partículas suspensas e coloidais agrupadas e auxiliar na fase de decantação.

No decantador, a manutenção adequada de remoção de lodo é importante para manter a eficiência do mesmo. Recomenda-se que em decantadores já existentes e que a estrutura do mesmo não está prejudicando a eficiência do tratamento, a conversão de um decantador convencional para laminar.

A filtração é a etapa em que todas partículas que não ficaram retidas no decantador devem ser adsorvidas na camada filtrante. A combinação das camadas de pedra, areia e carvão ativado são ótimas para ocorrer adsorção de matéria orgânica e outros precursores. A otimização ocorre quando a partir de testes obtém a curva de adsorção do carvão ativado.

Após a realização de todas as fases anteriores, com ideal de otimização, ocorre a desinfecção da água, mais conhecida como fase de cloração por ser o cloro o desinfetante utilizado em larga escala. Caso existam resquícios de matéria orgânica em água a cinética de formação dos THMs acontece, sendo assim a utilização de compostos alternativos de cloro, os mesmos indicados para fase de pré-tratamento. Apesar dessa recomendação, é importante salientar que, não se tem estudos sobre a formação dos subprodutos relativos a esses processos de desinfecção e se podem ser nocivos à saúde humana. Entretanto, são uma opção frente ao uso de cloro e seus derivados.

A utilização de hipoclorito de sódio, sob aspectos de preço, eficiência e outros fatores, apresenta-se com o maior custo-benefício às ETAs. Neste caso, a otimização é uma saída, a partir de realização de testes de demanda de cloro para que não haja em larga escala cloro residual livre, entendendo as características da água que está realizando a cloração e o decaimento em todo sistema de distribuição.

Realizar testes de demanda de cloro é importante para diminuir a quantidade de cloro residual livre em águas e, consequentemente, reduzir a probabilidade de formação de Trihalometanos Totais, pois é um dos fatores que contribuem com a formação dos mesmos.

Alternativa a esse uso também apresenta-se a cloroaminação, que corresponde à adição de composto nitrogenado (amônia) e do derivado do cloro simultaneamente. Esta cloração possui menor poder oxidante, entretanto possui maior estabilidade, permanecendo um residual na rede de distribuição. BORGES et al. (2001), obtiveram sucesso ao utilizar a técnica em águas de abastecimento da cidade de Campinas.

A cloração ao break-point ocorre sob condições controladas, adicionando-se cloro até que a demanda seja satisfeita. Neste caso, ocorria da mesma maneira que a recomendação da otimização da cloração, pois é previsto em lei que haja no mínimo $0,2 \text{ mg.L}^{-1}$ de cloro residual livre e máximo de 2 mg.L^{-1} .

SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

O Sistema de Distribuição de Água (SDA) é composto por reservatórios e rede de distribuição. A má vedação do reservatório, ocorrida por possíveis rachaduras na estrutura, ocasiona vazamentos, esta situação o torna vulnerável, podendo acarretar a intrusão de contaminantes. Desta maneira, estes contaminantes em contato com a água recém clorada, expõe o líquido a ocasião de formação dos subprodutos da desinfecção.

Ainda, manobras de manutenção da rede de água e o desgaste que ocasiona perdas na rede de água pode contribuir com a entrada de precursores de THMs no sistema.

O combate a perdas e monitoramento contínuo da situação de reservatórios são medidas que previnem esses tipos de contaminação da água.

CONCLUSÃO

O Guia de estratégias para mitigar a formação de Subprodutos da Desinfecção elaborado neste trabalho, apresenta-se como uma ferramenta de auxílio às Estações de Tratamento de Água que possuem altas concentrações de THMs ou mesmo que queiram diminuí-las, no sentido de detecção de falhas de tratamento ou possíveis ajustes operacionais.

Recomenda-se a aplicação desse método em Estação de Tratamento a fim de comprovar a eficiência da estratégia.

A concentração máxima de Trihalometanos totais encontrado neste trabalho foi de $18,5 \text{ } \mu\text{g.L}^{-1}$, satisfatória quando comparada a legislação brasileira que define como Valor Máximo Permitido $100 \text{ } \mu\text{g.L}^{-1}$. Considerando, então, a água segura para o consumo e de boa qualidade.

São parâmetros de monitoramento: pH; temperatura; demanda de cloro; íons cloreto e brometo; tempo de contato; UV 254nm; COT; Cianobactérias; Turbidez; Cor.

O monitoramento também deve ser realizado em redes de distribuição e reservatórios, considerando que as perdas e má vedação de reservatórios são corriqueiros na rotina de um Sistema de Abastecimento de Água.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA; AWWA; WEF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22nd edition. Washington DC: American Public Health Association, 2012.
2. BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. Potenciais fatores de risco à saúde decorrentes da presença de subprodutos de cloração na água utilizada para consumo humano. - Brasília: Funasa, 2007. 126 p.
3. BORGES, J. T., GUIMARÃES, J. R., EBERLIN, M. N. Determinação de trihalomentos em águas de abastecimento público utilizando a técnica MIMS (Membrane Introduction Mass Spectrometry). In: congresso brasileiro de engenharia sanitária e ambiental, 21.,2001, João Pessoa,PB :ABES, 2001.
4. CETESB, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Apêndice E - Significado Ambiental e Sanitário da Variáveis de Qualidade das Águas e dos Sedimentos e Metodologias Analíticas e de Amostragem. 52 p. 2016.
5. IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades, Mato Grosso do Sul, Campo Grande. Disponível em: <www.cidades.ibge.gov.br>. Acesso em: novembro de 2017.
6. KUMARI, M. & GUPTA, S. K. Modeling of trihalomethanes (THMs) in drinking water supplies: a case study of eastern part of India.Springer-Verlag Berlin Heidelberg. Vol. 22. p. 12615–12623. 2015.
7. PASCHOALATO, C. F. P. R. Efeito da Pré-Oxidação, Coagulação, Filtração e Pós-Cloração na Formação de Subprodutos Orgânicos Halogenados em Águas Contendo Substâncias Húmicas. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, 2005.
8. PROSAB, Rede Cooperativa de Pesquisas. Modelos Alternativos de Desinfecção da água/Luiz Antonio Daniel (coordenador). Rio de Janeiro. ABES, 2001.
9. RODRIGUEZ, M. J & SÉRODES, J B. Spatial and Temporal Evolution of Trihalometanes in Three Water Distribution Systems. Water Research. Vol 35. n 6. p. 1572-1586. 2001.
10. STEVENS, A. A., SLOCUM, C.J. SEEGER. D.P. ROBECK, G.G. Chlorination of organics in drinking water. J. Am. Water Works Association. v. 68. 1976.