

**TRIALOMETANOS EM ÁGUA TRATADA, APÓS CLORAÇÃO COM
HIPOCLORITO DE SÓDIO, HIPOCLORITO DE CÁLCIO, CLORO GASOSO E
DICLOROISOCIANURATO DE SÓDIO, UTILIZANDO CROMATÓGRAFO GASOSO
ACOPLADO A ESPECTROMETRO DE MASSA, SISTEMA *PURGE AND TRAP*.**

Augusto Cesar Troli ⁽¹⁾; Dr. Carlos Noboyoshi Ide ⁽¹⁾; Felizana Maria Maia da Silveira
Palhano ⁽¹⁾; Dra. Marcia Helena Rizzo da Matta ⁽²⁾;

Resumo

Foi investigado a formação de trialometanos em amostras de água, após tratamento convencional, com quatro tipos diferentes de desinfetantes, hipoclorito de sódio, hipoclorito de cálcio, dicloroisocianurato de sódio e cloro gasoso, com a dosagem aproximada de 2 mg.L⁻¹ de cloro, utilizando a técnica de cromatografia gasosa com espectrometria de massa e sistema *purge and trap*. Para este trabalho foi utilizada a água captada do rio Paraguai em Corumbá/MS, com teor elevado de matéria orgânica, propiciando maior formação de trialometanos. Os valores obtidos apresentaram boa repetibilidade de resultados de trialometanos nas duplicatas das amostras, sendo obtido maior formação destes com os desinfetantes hipoclorito de sódio e hipoclorito de cálcio.

Abstrat

Trihalomethanes formation have been investigated in water samples, after conventional treatment, with four diferents types of disinfectant, sodium hypochlorite, calcium hypochlorite, sodium dichloroisocyanurate and chlorine gas, with a level near to 2 mg. L⁻¹ of chlorine, using gas chromatography with mass spectrometer and sistem purge and trap. For this work had been used the water of river Paraguai in Corumbá/MS, with high level of organic substance, facilitate the formation of trihalomethanes. The results had been obtained showed good repetition of results of trihalomethanes in samples duplicates, been obtained high formation with the disinfectants sodium hypochlorite and calcium hypochlorite.

Palavras-chave Trialometanos; águas de abastecimento; cloração.

INTRODUÇÃO

A água tem influência direta sobre a saúde, a qualidade de vida e desenvolvimento do ser humano. Para a Organização Mundial da Saúde (OMS) e seus países membros, todas as pessoas, em quaisquer estágios de desenvolvimento e condições sócio-econômicas, têm o direito de ter acesso a um suprimento adequado e seguro de água potável (OPAS/OMS, 2001).

Sendo uma necessidade absoluta para a vida, a água deve ter uma qualidade apropriada, livre de quaisquer organismos que possam causar enfermidades, de minerais e substâncias orgânicas que produzem efeitos fisiológicos adversos.

De acordo com a Organização Mundial da Saúde e Organização Panamericana da Saúde (OPAS/OMS, 2001), cerca de um quarto dos 4,8 bilhões de pessoas dos países em desenvolvimento continua sem acesso a fontes de água adequadas, enquanto metade deste total não está servida por serviços apropriados de saneamento.

Ocorre, no mundo, quatro bilhões de casos de diarreia por ano, com 2,2 milhões de mortes, a maioria entre crianças de até cinco anos. Água segura, higiene e saneamento adequados podem reduzir de um quarto a um terço, os casos de doenças diarreicas (OPAS/OMS, 2001).

Por estas razões, em muitos casos, é necessário que a remoção destes patogênicos seja feita através dos processos de desinfecção, cujo principal objetivo é destruir os microrganismos disseminadores dessas doenças.

O agente químico mais comum utilizado no processo de desinfecção de águas de abastecimento e residuárias é o cloro, que destrói ou inativa os organismos causadores de enfermidades, sendo que esta ação se dá à temperatura ambiente e em tempo relativamente curto (Azevedo Netto, *et al.* 1987).

Sua aplicação é simples exigindo equipamentos de baixo custo. A determinação de sua concentração na água é fácil, sendo relativamente seguro ao homem nas dosagens normalmente adotadas para desinfecção da água. Fornecem uma quantidade remanescente que protege a água de posteriores contaminações (Tominaga e Mídio, 1999).

No entanto, a utilização do cloro como agente desinfetante pode formar subprodutos na presença de substâncias orgânicas na água, tais como os trialometanos (TAMs). Por esta razão várias pesquisas vêm sendo realizadas com o objetivo de encontrar outras alternativas de desinfecção que causem menos prejuízos à saúde. Este trabalho discute a formação de trialometanos em água tratada após a desinfecção com as mesmas concentrações de cloro dos produtos hipoclorito de sódio, hipoclorito cálcio, cloro gasoso e dicloroisocianurato de sódio.

CARACTERÍSTICAS DOS DERIVADOS CLORADOS

Por questões tecnológicas de produção, de custo, armazenamento, transporte e facilidade na aplicação são largamente empregados os derivados clorados de origem inorgânica, como gás cloro, ou hipoclorito de sódio ou hipoclorito de cálcio.

Dos produtos apresentados, o mais utilizado atualmente, em função do custo e da disponibilidade do produto é o hipoclorito de sódio. Apresenta-se na forma líquida, cujo manuseio requer cuidados especiais para evitar perdas (Macêdo e Barra, 2001).

O cloro gasoso é de difícil manuseio, exigindo para seu uso, equipamento especial e pessoal bem capacitado. É comercializado na forma líquida, em cilindros de aço, onde se encontra comprimido. Do estado líquido, forma em que é 1,5% mais denso que a água, o cloro reverte-se à forma gasosa, quando liberado em condições atmosféricas (Andrade e Macêdo, 1996; Macêdo e Barra, 2001).

O hipoclorito de cálcio é utilizado em tratamento de água e principalmente em piscinas, sendo que a presença do íon cálcio facilita o processo de incrustações e apresenta problemas de solubilidade (Macêdo e Barra, 2001).

Surge na década de setenta, derivados clorados orgânicos, denominados de cloraminas orgânicas, destacando-se o dicloro isocianurato de sódio e o ácido tricloro isocianúrico (Dychdala, 1977; Dychdala, 1991; Odlaug e Pflug, 1976; Leitão, 1976; Blatchley III, 1994; Blatchley III e Xie, 1995 *apud* Macêdo e Barra, 2001).

Os compostos clorados orgânicos têm seu uso expandido no Brasil. São comercializados na forma de pó, possui uma maior estabilidade ao armazenamento do que os compostos clorados inorgânicos, por exemplo, os derivados clorados de origem orgânica possuem um prazo de validade que varia de três a seis meses, chegando a no máximo um ano, enquanto os orgânicos, chegam a alcançar um prazo de validade de três a cinco anos. Também são mais estáveis em solução aquosa, o que implica numa liberação mais lenta de ácido hipocloroso e conseqüentemente, permanecem efetivos por períodos de tempos maiores mesmo na presença de matéria orgânica (Macêdo e Barra, 2001).

Os riscos relacionados ao processo de cloração da água estão associados muito mais aos seus subprodutos do que com os agentes utilizados (Daniel *et al.*, 1990 *apud* Tominaga e Midio, 1999).

A Tabela 1 apresenta as fórmulas químicas e teor de cloro dos principais compostos clorados.

A Tabela 1-Fórmulas químicas e teor de cloro dos principais compostos clorados.

Derivados clorados inorgânicos	Fórmulas
Hipoclorito de sódio (12%)	NaClO
Hipoclorito de cálcio (65%)	Ca(ClO) ₂
Gás cloro (100%)	Cl ₂
Derivados clorados orgânicos	Fórmulas
Acido tricloro isocianúrico *(90%)	C ₃ N ₃ O ₃ Cl ₃
Ácido dicloro isocianúrico* (65%)	C ₃ N ₃ O ₃ Cl ₂ H

Fonte: Dychdala (1977) *apud* Macêdo e Barra (2001) (*)Disponíveis nas formas de sais de sódio e potássio.

Dentre os compostos clorados orgânicos o dicloroisocianurato de sódio apresentam ausência de substâncias indesejáveis e metais pesados sendo extremamente seguros para o manuseio e inócuos ao serem hidrolizados. Outra vantagem em relação ao uso do composto clorado orgânico dicloroisocianurato de sódio é o pH da solução a 1%, que varia de 6,0 a 8,0, enquanto o pH do hipoclorito de sódio e/ou de cálcio varia de 11,0 a 12,5, que é cáustico. A Tabela 3 apresenta os valores do pH para os principais derivados clorados (Macêdo e Barra, 2001).

A Tabela 2-apresenta os valores do pH das soluções desinfetantes a 1%.

Tabela 2-Valores do pH das soluções desinfetantes a 1%.

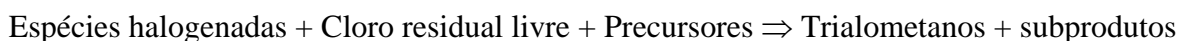
Derivado clorado	pH da solução a 1%
Hipoclorito de sódio	11,5 - 12,5
Hipoclorito de cálcio	10,5 - 11,5
Dicloroisocianurato de sódio	6 - 8
Acido tricloroisocianúrico	2,7 - 2,9

Fonte: Dychdala (1991) *apud* Macêdo e Barra (2001).

TRIALOMETANOS

No tratamento de água o cloro se combina com várias substâncias remanescentes, como a amônia, nitratos e que podem reagir com o cloro livre levando à formação de diversos subprodutos, entre eles os denominados (TAMs) trialometanos (Ribeiro, 2001).

A formação é representada pela equação 1:



Os TAMs são compostos de carbono simples, substituídos por halogênios e possuem a fórmula geral CHX_3 , onde X pode ser cloro, bromo, possivelmente iodo, ou combinações a partir dos mesmos. Aparecem, principalmente na água potável, como produtos resultantes da reação entre substâncias químicas que se utilizam no tratamento oxidativo (cloro livre) e matérias orgânicas (ácidos húmicos e fúlvicos) naturalmente presentes na água (Lawrence, 1989; Santos, 1988; Symons *et al.* 1981 *apud* Tominaga e Mídio, 1999). Sua formação está, portanto, relacionada ao uso do cloro (Tominaga e Midio, 1999).

Os ácidos húmicos e fúlvicos, também denominados de precursores dos TAMs, são resultantes da decomposição da vegetação. A maioria destes ácidos contém radicais cetona, que podem produzir halofórmios após a reação com o cloro (Lawrence, 1989; Symons *et al.*, 1981 *apud* Tominaga e Midio, 1999).

Vários fatores como a temperatura ambiente, pH do meio, concentração e tipo de cloro, características dos precursores e outros podem influenciar esta reação (Symons *et al.*, 1981 *apud* Tominaga e Midio, 1999).

A Tabela 3 apresenta as fórmulas químicas e denominações dos trialometas.

Tabela 3-Fórmulas químicas e denominações dos trialometas.

Fórmula Química	Denominações
1. CHCl_3	Triclorometano, clorofórmio
2. CHBrCl_2	Bromodiclorometano
3. CHBr_2Cl	Dibromoclorometano
4. CHBr_3	Tribromometano, Bromofórmio
5. CHCl_2I	Dicloroiodometano
6. CHClBrI	Bromocloroiodometano
7. CHClI_2	Clorodiodometano
8. CHBr_2I	Dibromoiodometano
9. CHBrI_2	Bromodiodometano
10. CHI_3	Triiodometano, Iodofórmio

Fonte: Symons (1981) *apud* Tominaga e Midio (1999).

Normalmente os TAMs, encontrados na água de abastecimento cloradas, são as espécies cloradas e bromadas conforme tabela 3. São predominantes os compostos 1 e 2; os compostos 3 e 4 são freqüentemente encontrados e os compostos 5 e 6 já foram detectados mas são menos comuns. Portanto, quando se faz referência aos TAMs, na realidade estão sendo mencionados apenas os quatro primeiros compostos (Symons *et al.*, 1981 *apud* Tominaga e Midio, 1999).

Processos alternativos de desinfecção da água, que evitam a formação dos TAMs, são aqueles que não utilizam cloro livre, tais como: cloraminas (cloro combinado), dióxido de cloro, ozonização e radiação ultravioleta (Gordon *et al.*, 1993; Miller, 1993; Moser, 1983 *apud* Tominaga e Midio, 1999). Entretanto, estes podem levar a formação de outros subprodutos, conforme o teor de matéria orgânica presente na água, sendo que seus efeitos sobre a saúde humana ainda não foram completamente avaliados (Bull, 1993 *apud* Tominaga e Midio, 1999).

No início da década de 70, descobriu-se que o clorofórmio e outros TAM eram produzidos durante a cloração da água (Ballar, *et al.*, 1974; Bull, 1993 *apud* Tominaga e Midio, 1999). Esta informação revestiu-se de grande importância em virtude da conclusão de um bioensaio sobre a carcinogenicidade do clorofórmio realizado pelo "National Cancer Institute", EUA (Singer, 1983 *apud* Tominaga e Midio, 1999).

Desde a descoberta inicial dos TAM, muita coleta de dados tem sido realizada. Estudos epidemiológicos, particularmente nos Estados Unidos, têm sido feitos para avaliar a presença dessas substâncias orgânicas na água e sua correlação com o câncer (Bull, 1982; Cech, 1987; Craum, 1993; Page, 1976; Young, 1987 *apud* Tominaga e Midio, 1999). Todavia, ainda é relativamente pouco conhecido o real efeito para a saúde humana causado por esses compostos presentes em baixas concentrações (ppb e ppt) na água de consumo humano.

O resultado positivo para esse bioensaio levou, rapidamente, ao estudo de um valor limite de concentração máxima aceitável para esses compostos e, em 1979, a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (Environmental Protection Agency - EPA) aconselhou que o limite máximo para a soma das concentrações dos TAMs (clorofórmio ou triclorometano + bromodichlorometano + dibromoclorometano + bromofórmio ou tribromometano) deveria ser de $100 \mu\text{g.L}^{-1}$ na água para consumo humano (Richardson, 1988; Singer, 1993 *apud* Tominaga e Midio, 1999).

No Brasil, a Portaria 1469 de 29/12/2000 do Ministério da Saúde também estabelece os procedimentos e responsabilidades relativas ao controle, vigilância e como padrão de qualidade limite máximo permissível de $100 \mu\text{g.L}^{-1}$, para a soma dos quatro compostos que compõem os trialometanos. Em seu artigo 13 cita que, após a desinfecção, a água deve conter um teor mínimo de cloro residual livre de $0,5 \text{ mg.L}^{-1}$, sendo obrigatória a manutenção de, no mínimo, $0,2 \text{ mg.L}^{-1}$ em qualquer ponto da rede de distribuição. A legislação recomenda que o teor máximo de cloro residual livre (CRL), em qualquer ponto de abastecimento, seja de $2,0 \text{ mg.L}^{-1}$ (Ministério da Saúde, 2000).

METODOLOGIA

As amostras de água utilizadas foram as provenientes do rio Paraguai, em Corumbá/MS, coletadas após o processo de tratamento convencional (sem cloração nem fluoretação). Nelas foi realizada a cloração aproximada em 2 mg.L^{-1} , utilizando-se os produtos químicos: hipoclorito de sódio, cloro gasoso, hipoclorito de cálcio e dicloroisocianurato de sódio, respectivamente. Dados como residual de cloro foram obtidos de hora e hora, para verificar a estabilidade da cloração em águas com presença de material orgânico. Após um período de contato de três (3) horas, as amostras foram transferidas para frascos especiais (vial de 40 mL), onde se fez a determinação de trialometanos totais. Foram retiradas as amostras da água antes da cloração, denominadas de branco, para certificação da ausência de trialometanos ou de pequena incidência, com o seu devido desconto do total obtido.

Nos procedimentos experimentais para determinação de trialometanos, foi utilizado o método *Purge and Trap*, Capillary-Column Gas Chromatographic/Mass Spectrometric, através da técnica 6210 D de acordo com o STANDARD METHODS FOR EXAMINATION FOR WATER AND WASTERWATER, 20ª Edition.

Na extração, os compostos orgânicos voláteis foram transferidos através da purgação da amostra líquida para a fase de vapor por borbulhamento, através de gás inerte hélio. O vapor foi arrastado para uma coluna de retenção constituída de carboxen B/Carboxen 1000 & 1001, onde foram adsorvidos os compostos orgânicos. Depois de completada a purgação, a coluna foi aquecida em temperatura programada, ocorrendo dessorção dos compostos orgânicos. Os mesmos foram arrastados para a coluna capilar do cromatógrafo, onde ocorreu a separação dos compostos os quais foram transferidos para o espectrômetro de massa, bombardeados por elétrons, quebrados suas cadeias e identificados pelos íons de quantificação.

Para a quantificação de trialometanos nas amostras utilizou-se o método da adição do padrão interno, neste caso o fluorbenzeno de peso molecular 96 e fórmula $\text{C}_6\text{H}_5\text{F}$, o qual é usado para medir a resposta relativa em referência a outros compostos da amostra.

Os equipamentos utilizados nas análises foram: amostrador automático Archon (Varian); *Purge and Trap* (Tekmar 3000); cromatógrafo gasoso modelo 3400 Cx (Varian) acoplado a espectrômetro de massa modelo Saturn 2000 (Varian). As amostras foram analisadas nas seguintes condições:

Amostrador automático Archon

Volume de amostra: 5 mL
Adição automática de padrão interno

Purge and Trap

Tempo de purgação: 11 minutos

Temperatura de dessorb de 40°C até 250°C

Tempo de dessorb: 2 minutos

Cromatógrafo gasoso modelo 3400 Cx, usa Coluna capilar: DB-5MS, de 30 metros de comprimento; 0,25 mm de diâmetro interno e filme de 0,25 µm (5% Phenyl Methylpolysiloxane); temperatura de trabalho de -60°C a 325°C. A seguinte programação foi utilizada:

Temperatura da coluna	Programação
40°C	por 2,5 min a 0°C/min
130°C	por 0,0 min a 35°C/min
145°C	por 0,0 min a 4°C/min
Tempo de corrida cromatográfica	8 min
Sistema de injeção	split
Gás de arraste	Hélio
Vazão do gás de arraste	30 mL/min

A Tabela 4 apresenta os métodos e referências utilizados para determinação dos parâmetros físico-químicos e bacteriológicos analisados nas amostras do rio Paraguai, após tratamento convencional.

Tabela 4-Referências e métodos utilizados para determinação de parâmetros físico-químicos e bacteriológicos.

Parâmetros	Método	Unidade	Referência
Condutividade	Condutivímetro	µS.cm ⁻¹	Standard Methods, 1998
Alcalinidade	Titulometria potenciométrica	mg. L ⁻¹ CaCO ₃	Standard Methods, 1998
Cor aparente (545nm)	Espectrofotométrico	PtCo	Standard Methods, 1998
Dureza	Titulométrico do EDTA	mg. L ⁻¹ CaCO ₃	Standard Methods, 1998
pH	Potenciométrico	-	Standard Methods, 1998
Turbidez	Espectrofotométrico	F T U.	Standard Methods, 1998
Oxigênio consumido	Titulométrico permanganometria	mg.L ⁻¹ O ₂	Standard Methods, 1998
Cloretos	Titulometria Argentometria	mg.L ⁻¹ Cl ⁻	Standard Methods, 1998
Cloro residual	Espectrofotométrico	mg.L ⁻¹ Cl ₂	Standard Methods, 1998
Coliformes totais e fecais	Membrana filtrante	UFC/100mL	Standard Methods, 1998

RESULTADOS

As amostras de água foram coletadas na Estação de Tratamento de Água, na cidade de Corumbá/MS, proveniente do rio Paraguai, após tratamento convencional. Este rio recebe afluentes que drenam as águas do Pantanal, que são ricas em matéria orgânica.

A tabela 5 apresenta os valores em mg.L^{-1} , de residual de cloro, em relação ao tempo de contato dos desinfetantes hipoclorito de sódio, hipoclorito de cálcio, gás cloro e dicloroisocianurato de sódio.

Tabela 5-Valores de residual de cloro, em relação ao tempo de contato dos desinfetantes.

Tempo de contato	DESINFECÇÃO DA AMOSTRA COM							
	Hipoclorito de sódio (residual de cloro- $\text{mg.L}^{-1} \text{Cl}_2$)		Hipoclorito de cálcio (residual de cloro- $\text{mg.L}^{-1} \text{Cl}_2$)		Dicloro isocianurato de sódio(residual de cloro- $\text{mg.L}^{-1} \text{Cl}_2$)		Cloro gasoso (residual de cloro- $\text{mg.L}^{-1} \text{Cl}_2$)	
	Amostra 16.05.02	Amostra 22.05.02	Amostra 16.05.02	Amostra 22.05.02	Amostra 16.05.02	Amostra 22.05.02	Amostra 16.05.02	Amostra 22.05.02
Imediato	2,0*	1,94**	2,5*	2,10**	2,0*	2,04**	2,0*	1,94**
Após 1 horas	1,9*	1,31**	1,8*	1,32**	1,1*	1,64**	0,8*	1,22**
Após 2 horas	1,4*	1,01**	1,0*	1,29**	0,9*	1,50**	0,5*	0,98**
Após 3 horas	1,1	0,89**	0,8*	1,13**	0,5*	1,37**	0,3*	0,85**
Após 4 horas	-	0,77**	-	1,00**	-	1,27**	-	0,68**
Após 5 horas	-	0,66**	-	0,87**	-	1,20**	-	0,53**

* Método usado: colorimétrico(DPD). **Método usado: espectrofotômetro(DPD).

A estabilidade do residual de cloro nas amostras, em relação ao tempo de contato com os desinfetantes, demonstrou que apesar do conteúdo de matéria orgânica nelas contidas, expresso em valores de oxigênio consumido, conforme a Tabela 6, os desinfetantes dicloroisocianurato de sódio e o hipoclorito de cálcio, apresentaram maiores resultados de residual de cloro, em relação aos demais desinfetantes, demonstrado na Tabela 5.

A Tabela 6 apresenta os resultados dos parâmetros físico-químicas analisados nas amostras do rio Paraguai, após tratamento convencional.

Tabela 6-Resultados dos parâmetros físico-químicos analisados nas amostras do rio Paraguai, após tratamento convencional.

Parâmetros	Unidade	Resultado	
		16.05.02	22.05.02
Condutividade	$\mu\text{S.cm}^{-1}$	77,5	77,5
Alcalinidade	$\text{mg.L}^{-1} \text{CaCO}_3$	16	11
Cor aparente (545nm)	PtCo	12	2
Dureza	$\text{mg.L}^{-1} \text{CaCO}_3$	30	34
pH	-	6,9	6,4
Turbidez	FTU	1	1
Oxigênio consumido	$\text{mg.L}^{-1} \text{O}_2$	3,7	2,5
Cloretos	$\text{mg.L}^{-1} \text{Cl}^-$	3.5	0,5

Os valores de pH obtidos não foram ajustados, antes do processo de desinfecção, para reproduzir as condições reais do sistema de operação da Estação de Tratamento de Água.

A Tabela 7 apresenta os resultados de análises bacteriológicas da água, após tratamento convencional com desinfecção de hipoclorito de sódio, cloro gasoso, hipoclorito de cálcio e com dicloroisocianurato de sódio. O residual de cloro inicial nas amostras foi próximo de 2mg.L^{-1} . Os ensaios bacteriológicos foram realizados após três (3) horas de contato com o agente desinfetante.

Tabela 7-Resultados de análises bacteriológicas da água após cloração com quatro diferentes desinfetantes.

Produto	Resultados			
	Amostra do dia 16.05.02		Amostra do dia 22.05.02	
	Coliformes totais (UFC/100mL)	Coliformes fecais (<i>E. coli</i>) (UFC/100mL)	Coliformes totais (UFC/100mL)	Coliformes fecais (<i>E. coli</i>) (UFC/100mL)
Hipoclorito de sódio	0	0	0	0
Hipoclorito de cálcio	0	0	0	0
Cloro gasoso	0	0	04	0
Dicloroisocianurato de sódio	0	0	79	0

A eficiência da cloração das amostras com os desinfetantes hipoclorito de sódio e hipoclorito de cálcio foram satisfatórias, uma vez que a quantidade de coliformes fecais e totais atenderam os padrões bacteriológicos de potabilidade da Portaria 1469/2000, o que não ocorreu na amostra do dia 22 de maio de 2002, em relação aos coliformes totais, utilizando os desinfetantes cloro gasoso e dicloroisocianurato de sódio.

Na tabela 8, pode-se verificar os valores obtidos de análises cromatográficas da água após tratamento convencional com desinfecção de hipoclorito de sódio, cloro gasoso, hipoclorito de cálcio e dicloro isocianurato de sódio, quanto a formação de trialometanos. Os resultados foram obtidos, após três (3) horas de contato com o agente desinfectante, sendo o valor inicial de residual de cloro nas amostras de aproximadamente 2mg.L⁻¹. Todos os valores obtidos já levam em consideração os resultados das amostras em branco.

Tabela 8-Concentrações de clorofórmio encontradas nas amostras após desinfecção.

DESINFETANTE UTILIZADO	THM Amostra 16.05.02		THM Amostra 22.05.02		UNIDADE
	Hipoclorito de sódio	40,78*	43,46*	22,88*	
Hipoclorito de cálcio	37,11*	38,29*	23,97*	25,97*	µg.L ⁻¹ (ppb)
Dicloro isocianurato de sódio	27,67*	24,49*	16,47*	17,15*	µg.L ⁻¹ (ppb)
Cloro gasoso	25,71*	26,47*	13,93*	14,84*	µg.L ⁻¹ (ppb)

*Clorofórmio: único composto encontrado dentre as quatro espécies de trialometanos, que são formadas em maior proporção.

A figura 1 apresenta as áreas correspondentes aos picos de clorofórmio, encontrados nos cromatogramas obtidos, a partir da extração das amostras cloradas no dia 16 de maio de 2002.

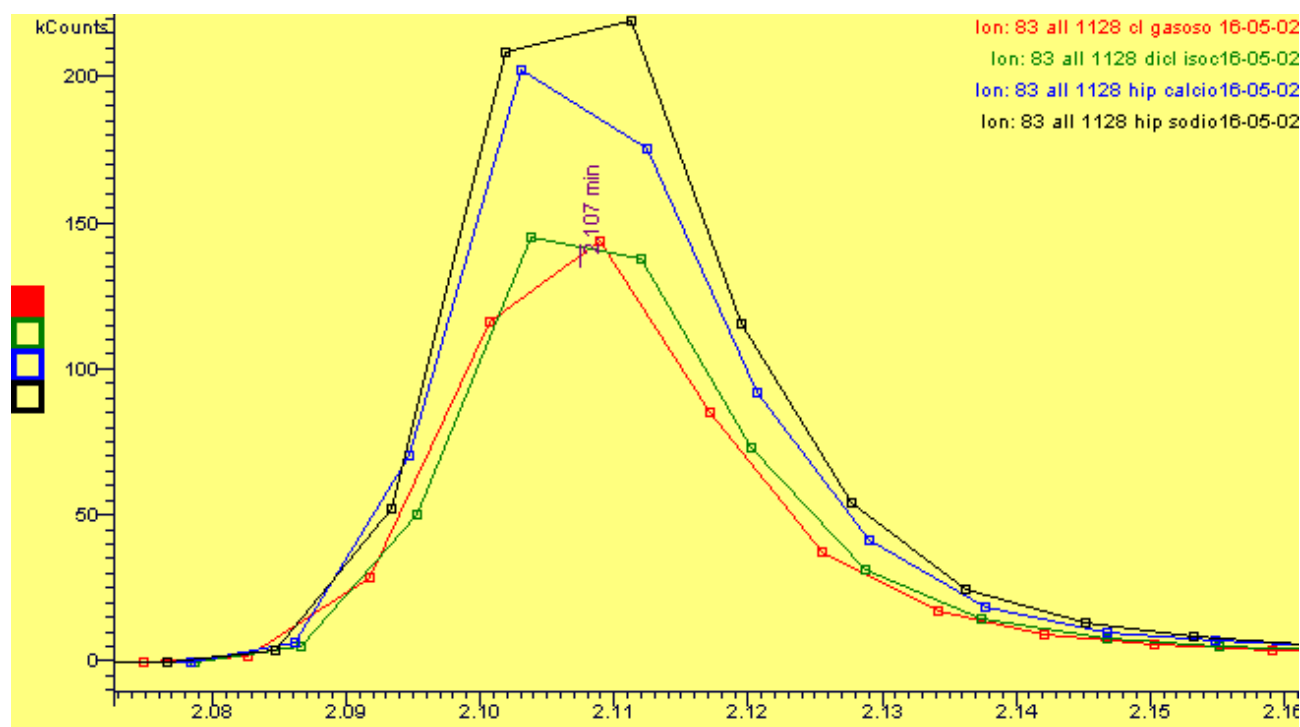


Figura 1-Superposição dos cromatogramas dos picos correspondentes ao clorofórmio

A figura 2 apresenta as áreas correspondentes aos picos de clorofórmio, encontrados nos cromatogramas obtidos, a partir da extração das amostras cloradas no dia 22 de maio de 2002.

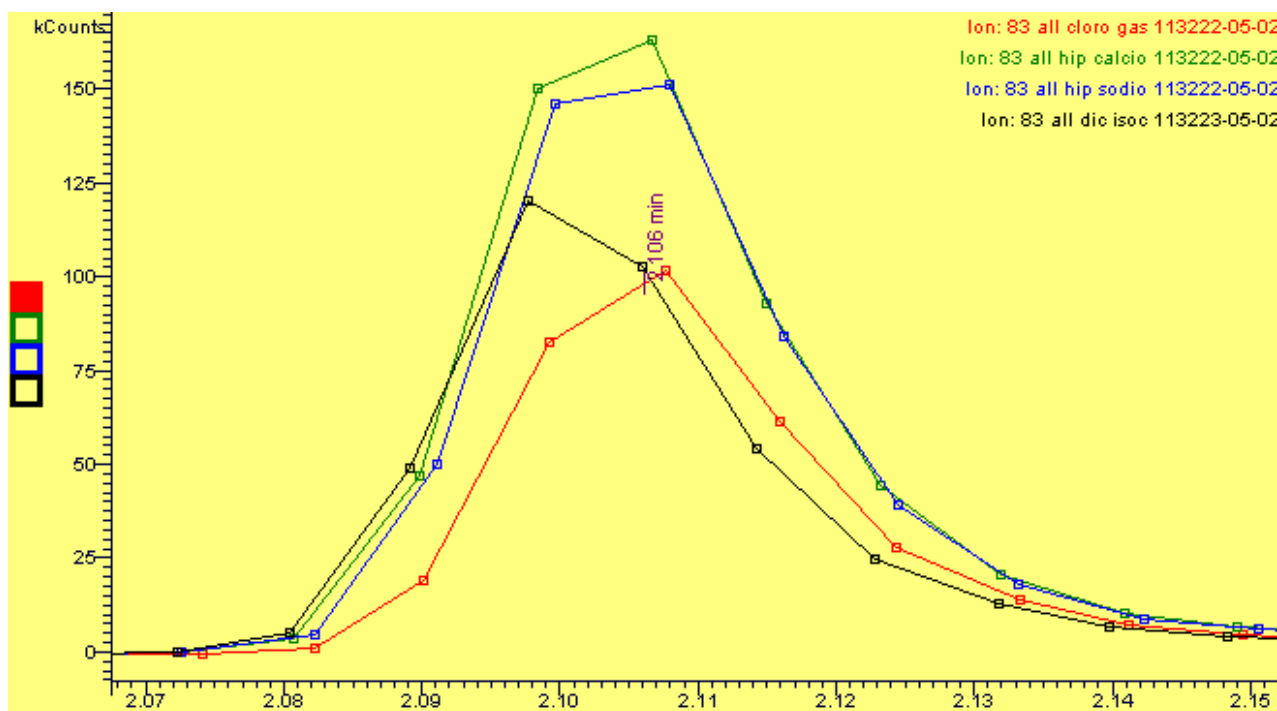


Figura 2-Superposição dos cromatogramas dos picos correspondentes ao clorofórmio.

Ao clorar as amostras de água, obtidas após tratamento convencional provenientes do rio Paraguai em Corumbá/MS, com os desinfetantes hipoclorito de cálcio e hipoclorito de sódio, observa-se maior formação de trialometanos (clorofórmio) em comparação com os desinfetantes cloro gasoso e dicloro isocianurato de sódio. Existe maior formação de trialometanos na amostra de 16 de maio de 2002, pois a mesma apresenta maior teor de oxigênio consumido, portanto maior quantidade de matéria orgânica carbonada; isto é, com maior proporção em compostos precursores na formação de trialometanos.

Pode-se observar que o método utilizado para a determinação de trialometanos, por cromatografia gasosa acoplada a espectrômetro de massa e sistema *purge and trap*, apresentou boa repetibilidade nos resultados em duplicata de amostra.

A Portaria 1469 de 29 de dezembro de 2000, do Ministério da Saúde, limita a concentração máxima de trialometanos em água potável para consumo humano em 100 microgramas por litro ($\mu\text{g.L}^{-1}$), sendo que os valores encontrados neste estudo foram inferior ao valor máximo permitido.

CONCLUSÕES:

O estudo demonstrou que apesar do conteúdo de matéria orgânica nas amostras após tratamento convencional, os valores obtidos de trihalometanos (clorofórmio), estão dentro dos limites da Portaria 1469/2000.

AGRADECIMENTOS

A CAPES pelo incentivo através da bolsa de estudos concedida ao Programa de Pós Graduação em Tecnologias Ambientais da UFMS.

A SANESUL pelo apoio dos técnicos e do uso dos equipamentos e materiais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, N.; MACÊDO, J. **Higienização na indústria de alimentos**. São Paulo: Varela, 1996. 182p.

AZEVEDO NETTO, J. M.; PARLATORE, A.; ROSSIN A.; MANFRINI, C.; HESPANHOL I.; CAMPOS J.R. *et al.* **Técnica de abastecimento e tratamento de água**. v.2. 3 ed. São Paulo: CETESB; 1987.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE/ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE; **Água e Saúde**. 30/05/2001. Disponível em < <http://www.opas.org.br>> Acesso em 10 de abril de 2002.

BRASIL Ministério da Saúde Portaria nº1469, de 29 de dezembro de 2000 publicada no DOU nº1- E de 2/1/2001, Seção 1, p. 19 e republicada por incorreções no DOU nº7- e de 10/1/2001, Seção 1, p.26.

MACÊDO, J.; BARRA, M. **Derivados clorados de origem orgânica uma solução para o processo de desinfecção de laticínios e para desinfecção de água potável**. Disponível em < <http://www.aguaseaguas.ufjf.br/artigos>. Acesso em 02/04/2002.

RIBEIRO, L.; FASANARO, R.; LAPOLLI, F. **Dióxido de cloro: suas características e aplicação na desinfecção de águas residuárias**. XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental ABES- Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. Disponível em: <<http://www.ingenieroambiental.com/info/desinfeccion>> Acesso em 13/04/2002.

TOMINAGA, M; MÍDIO, A. **Exposição humana a trihalometanos presentes em água tratada** revista de Saúde Pública São Paulo: v.33 n.4, 1999.