

## **I-012 - DESINFECÇÃO QUÍMICA E CONTROLE DE QUALIDADE DE ÁGUA EM REGIÃO SEMI-ÁRIDO ORIENTAL DA PARAIBA**

**Maniza Sofia Monteiro Fernandes<sup>(1)</sup>**

Graduada em Engenharia Sanitária Ambiental pela UEPB, Mestranda em Engenharia Química pela UFCG

**Lazaro Ramon dos Santos Andrade**

Graduado em Licenciatura em Biologia pela UEPB,, Pós – graduando em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela FURNE

**Weruska Brasileiro Ferreira**

Engenheira Química pela UFPB, Mestre em Engenharia Química pela UFCG e Doutora em Engenharia Química pela UFCG

**Kepler Borges Franca**

Engenheiro Químico pela UFPB, Doutor pela University of Kent at Canterbury na área de transferência de massa. Atualmente é professor associado ao Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal de Campina Grande.

**Márcia Izabel Cirne França**

Engenheira Química pela UFPB, Mestre em Engenharia Química pela UFCG e Doutora em Engenharia Química pela UFCG

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Epitácio Pessoa 417 - Centro - Campina Grande - PB - CEP: 58400.025 - Brasil - Tel: +55 (83) 8849 9721 - e-mail: maniza-f@hotmail.com

### **RESUMO**

No Brasil, principalmente no Semiárido a utilização de cisternas tem sido implementada para captar e armazenar água de chuva, como também de água transportada por carros-pipa. Em ambos os casos a qualidade da água pode ser afetada por diversos fatores, tornando-se irrelevante garantir a qualidade destas. Porém, como a água obtida é a única fonte disponível, os moradores da região são obrigados a consumi-la, muitas vezes sem qualquer tipo de tratamento, pelo desconhecimento do que essa atitude pode acarretar para sua saúde e de sua família. O presente trabalho objetivou efetuar um estudo dos processos de desinfecção química, avaliando a eficiência do poder de desinfecção de vários agentes oxidantes como: Dióxido de cloro, Hipoclorito de sódio, cloro orgânico e ozônio, também avaliou a possível formação de subprodutos da desinfecção previstos na Portaria de potabilidade 2914/11MS para garantir que águas consumidas possam estar dentro dos padrões de potabilidade. De acordo com os resultados obtidos pode-se constatar que apesar de todos formaram trihalometanos o que menos favoreceu a formação foi o cloro orgânico.

**PALAVRAS-CHAVE:** Cisternas, Contaminação, Desinfecção.

### **INTRODUÇÃO**

O Semiárido caracteriza-se principalmente pela irregularidade das chuvas e pela má qualidade das águas disponíveis. Diversas comunidades do Semiárido nordestino sofrem todos os anos com a falta de água, fato esse que contribui de forma significativa para a proliferação de inúmeras doenças de veiculação hídrica. A disponibilidade de água na região esta caracterizada pela marcante diferença entre o período chuvoso, com precipitações concentradas em 3 a 4 meses do ano e o seco, prolongado e com alta taxa de evapotranspiração (BRASIL, 2005).

As principais fontes de abastecimento de água para essa região são cisternas que captam água de chuvas, carros-pipa, açudes e poço. A população desses locais, geralmente mulheres e crianças, é obrigada a caminhar longos percursos até o manancial mais próximo, levando para casa uma água de alternativas que na maioria das vezes apresentam irregularidades nos parâmetros de potabilidade, de modo que se faz necessário a aplicação de tratamentos físico, químico, ou biológicos.



Segundo a UNICEF (2008), o tanque para armazenamento de água pluvial é uma categoria especial de recipiente de armazenamento de água em casa. O fato da água estar armazenada em tanque de água pluvial significa que podem existir vias de contaminação potencial (rachaduras, difícil limpeza, manejo) e, por estar localizado fora da residência, muitas vezes é mais propenso à contaminação por animais e insetos. Longo tempo de armazenamento pode causar problemas de qualidade, incluindo o crescimento de algas (se não protegida da luz) e larvas do mosquito.

Quando se fala da qualidade da água entende-se que essa atenda aos padrões de potabilidade impostas pelos órgãos responsáveis quando o seu fim é para consumo humano, pois não vale ter uma água em quantidade se não for de boa qualidade porque essa é desfavorável a saúde humana. Desta forma, manter a água potável e constantemente disponível ao homem é uma das obrigações dos órgãos governamentais fiscalizadores, mas não é apenas responsabilidade pública e, sim de toda a sociedade por se tratar de bem essencial (SILVA, 2004).

As águas podem ter sua qualidade deteriorada por agentes de origem inorgânica, como metais e outros compostos inorgânicos, ou os de origem orgânica, como é o caso dos coliformes e de outros compostos provenientes de esgotos domésticos ou industriais. Ressalta-se que a decomposição natural da matéria orgânica, quando acumulada, pode causar mudanças importantes na concentração de oxigênio e nos valores de pH, com consequências irreparáveis para diversos seres vivos (MULLER, 2001).

Segundo o Ministério da Saúde (2007) a identificação dos microrganismos patogênicos na água é, quase sempre, morosa, complexa e onerosa. Por tal razão, tradicionalmente recorre-se à identificação dos organismos indicadores de contaminação, na interpretação de que sua presença indicaria a introdução de matéria de origem fecal (humana ou animal) na água e, portanto, o risco potencial da presença de organismos patogênicos.

A água potável não deve conter microorganismos patogênicos devendo estar livre de bactérias indicadoras de contaminação fecal pertencentes a um grupo de bactérias denominadas coliformes, sendo o principal representante desse grupo de bactérias a *Escherichia coli* (FUNASA, 2006). A 2914/11MS do Ministério da Saúde estabelece que sejam determinados na água para aferição de sua potabilidade a presença de coliformes totais e *Escherichia coli* e a contagem de bactérias heterotróficas.

Logo é necessário um tratamento por desinfetantes químicos. O agente oxidante mais comum utilizado no processo de desinfecção de águas de abastecimento é o cloro, que destrói ou inativa os organismos causadores de enfermidades, esta ação é realizada à temperatura ambiente e em tempo relativamente curto, porém pode formar subprodutos na presença de substâncias orgânicas na água tais como trihalometanos, por esta razão é preciso um estudo aprofundado de várias alternativas que não causem danos a saúde.

O presente trabalho tem por objetivo estudar possíveis técnicas de desinfecção com diversos agentes oxidantes que seja eficiente na inativação de microorganismos e que minimize a formação de subprodutos, para que garanta a potabilidade da água consumida que são armazenadas em cisternas da comunidade de Uruçu, localizado no semiárido oriental do estado da Paraíba.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em São João do Cariri- PB situado no cariri paraibano, à 186,622 km da capital João Pessoa. Possui uma população de 4.438 habitantes, segundo o censo demográfico do IBGE de 2007. Sua área é de 701,86 km<sup>2</sup>, representando 1,2435% do Estado da Paraíba.

A região apresenta clima seco, Semi-Árido, solos rasos, subsolo derivado do embasamento cristalino, vegetação típica da caatinga, relevo ondulado e altitude variando entre 450 a 550 m. O município está localizado na bacia hidrográfica do rio Taperoá, inserida na região do Cariri Paraibano, mais precisamente na Mesorregião da Borborema.

A segunda etapa constitui na utilização das técnicas de desinfecção das águas coletadas nas cisternas (Figura 1) das comunidades em questão, foram utilizados quatro caixas de água todas com volume de 300 litros (Figura 2) destas, três para cloração: C<sub>1</sub> com hipoclorito de sódio, C<sub>3</sub> Dicloroisacionurato de sódio todas iniciaram o

tratamento com 5mg.L<sup>-1</sup> e cloro livre, C<sub>2</sub> com dióxido de cloro e a C<sub>4</sub> utilizou-se 10 mg de ozônio por litro. Após este estudo, verificou-se qual desinfetante apresentou maior eficiência para que fosse utilizado nas águas da cisterna *in loco* em todos os estudos de desinfecção realizados foram efetuados análises de trihalometanos.



Figura 1: Cisterna da comunidade de Uruçu



Figura 2: Caixas de água com desinfetantes

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Durante o estudo na comunidade de Uruçu representado na Tabela 1, verifica-se que após a cloração houve uma inativação dos microorganismos, ocorrendo nova contaminação observada pelo crescimento de bactérias heterotróficas depois de 26 dias da realização da desinfecção, em consequência principalmente da manipulação da água pelos habitantes da comunidade que utilizavam para consumo. Todos os agentes oxidantes utilizados apresentaram desempenho satisfatório para inativação de microorganismo e mesmo ocorrendo o crescimento de bactérias heterotróficas após 26 dias, observa-se que foi um crescimento discreto que não compromete a qualidade da água. É importante ressaltar que, destes desinfetantes utilizados o dióxido de cloro foi que apresentou menor tempo de proliferação de bactérias heterotróficas conforme observa-se na Tabela 1. Com relação ao ozônio apesar do mesmo ser um poderoso oxidante, mas em razão de não favorecer a manutenção de uma concentração residual na água permite que ocorra rapidamente o crescimento de microorganismos, como pode ser constatado na Tabela 1.

**Tabela 1: Comparação de resultados de coliformes e heterotróficas estudadas na escala piloto.**

Descrição	Tempo	Coliformes		
		NMP/100ml Coliformes totais	MNP/100ml <i>E. coli</i>	Heterotróficas
<b>Amostra bruta</b>	Início	655,4	8,2	1140
	7 dias	275,2	Ausente	360
	26 dias	2022,4	88,2	705
	52 dias	1217,4	6,2	260
<b>Hipoclorito de sódio</b>	Início	Ausente	Ausente	Ausente
	30 minutos	Ausente	Ausente	Ausente
	07 dias	Ausente	Ausente	Ausente
	16 dias	Ausente	Ausente	Ausente
	26 dias	Ausente	Ausente	10
	39 dias	Ausente	Ausente	10
	52 dias	Ausente	Ausente	Ausente
<b>Dióxido de cloro</b>	Início	Ausente	Ausente	Ausente
	30 minutos	Ausente	Ausente	Ausente
	07 dias	Ausente	Ausente	Ausente
	16 dias	Ausente	Ausente	Ausente
	26 dias	Ausente	Ausente	10
	39 dias	Ausente	Ausente	30
	52 dias	356,4	Ausente	200

(...Continuação)				(Continua...)
<b>Dicloroisacionurato de sódio</b>	Início	Ausente	Ausente	Ausente
	30 minutos	Ausente	Ausente	Ausente
	07dias	Ausente	Ausente	Ausente
	16 dias	Ausente	Ausente	Ausente
	26 dias	Ausente	Ausente	10
	39 dias	Ausente	Ausente	Ausente
	52 dias	Ausente	Ausente	20
<b>Ozônio</b>	Início	Ausente	Ausente	Ausente
	30 minutos	Ausente	Ausente	Ausente
	07dias	Ausente	Ausente	2105
	16 dias	124,8	Ausente	440
	26 dias	4	Ausente	10
	39 dias	6,2	Ausente	20
	52 dias	2	Ausente	Ausente

Durante este estudo também foi efetuado a determinação da concentração de cloro livre na água desinfetada apresentado na Tabela 2, o desinfetante que manteve a concentração residual por mais tempo e em maiores concentrações foi o dicloroisocionurato de sódio, pois apenas após 52 dias houve uma redução significativa no cloro residual livre, permanecendo ainda uma concentração superior ao mínimo permitido de cloro livre pela Portaria nº 2419/11 do MS que foi de  $0,8\text{mg.L}^{-1}$  e cloro livre.

O Hipoclorito de sódio apresentou uma diminuição significativa do teor do cloro livre após 39 dias da desinfecção, o dióxido de cloro apresentou uma maior instabilidade química, talvez em razão das condições de temperatura da localidade e o pH da água.

**Tabela 2: Resultados do cloro livre para diferentes desinfetantes.**

Descrição	Tempo	Cloro livre mg/L
<b>Amostra Bruta</b>	Início	0
	7 dias	0
	26 dias	0
	52 dias	0
<b>Hipoclorito de sódio</b>	Início	5
	30 minutos	5
	07dias	5
	16 dias	5
	26 dias	3
	39 dias	2
	52 dias	1
<b>Dióxido de cloro</b>	Início	5
	30 minutos	5
	07dias	5
	16 dias	5
	26 dias	1,5
	39 dias	0,5
	52 dias	0,5

		(Continua...)
<b>(...Continuação)</b>  <b>Dicloroisacionurato de sódio</b>	Início	5
	30 minutos	5
	07 dias	5
	16 dias	5
	26 dias	3
	39 dias	2
	52 dias	0,8

A Tabela 3 representa a concentração dos trihalometanos totais (THM) após desinfecção da água, no qual foi utilizados três tipos de desinfetantes para avaliar a concentração de Trihalometanos: Hipoclorito de sódio, dióxido de cloro e dicloroisocianurato de sódio da água proveniente de cisterna. Nos resultados obtidos, constatou-se que ocorreu a formação de THM em todos os tratamentos da desinfecção em estudo, no entanto o que apresentou a menor concentração de THM foi o Dicloroisacionurato de sódio. Ressaltando que, a Portaria Nº 2914/11 permite até 80µg/L de Trihalometanos totais.

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 3 das análises de THMs, onde estão inserido os valores determinados de: trihalometanos totais, clorofórmio, bromofórmio, bromodiclorometano e diclomoclorometano. Verifica-se que dos subprodutos formados que constituem os THMs, o clorofórmio foi o que apresentou uma maior formação. Este resultado esta em concomitância com a literatura, pois conforme Di Bernardo 2008, dos THM sempre ocorre maior formação de clorofórmio.

Assim verifica-se que, apesar dos desinfetantes contendo cloro na sua constituição terem apresentado excelente desempenho na inativação de microorganismos, tem-se que ter cautela no seu uso para tratamento de águas para consumo humano devido a possível reação química com os compostos orgânicos presentes na água que favorecem a formação de subprodutos, como os THMs, a preocupação dos sanitaristas com a presença de THMs em água para consumo humano é em razão do seu potencial carcinogênico.

Dentre os agentes oxidantes aplicados neste estudo, o que promoveu a maior formação de THMs foi hipoclorito de sódio que atingiu concentrações acima do nível máximo permitido pela USEPA – Agencia do meio ambiente dos EUA é de 80µg.L<sup>-1</sup>. Na França o valor máximo de THM permissível é de 10 µg.L<sup>-1</sup>, conforme Libânio (2008). Os demais desinfetantes utilizados apresentaram concentrações de THMs baixas, sendo o composto dicloroisocianurato o que favoreceu a menor formação de THM, concentração de quase 5 vezes menor que o hipoclorito de sódio aplicado. Com relação ao dióxido de cloro também houve uma menor formação de THM atingindo concentração em torno de 3 vezes menor que hipoclorito de sódio.

**Tabela 3: Ensaios de thrialometanos e respectivos resultados.**

Ensaio µg/L	Hipoclorito de sódio (AMOSTRA 1)	Dióxido de cloro (AMOSTRA 2)	Dicloroisocianurato (AMOSTRA 3)
Thrialometanos totais	76,3	27,5	16,2
Clorofórmio	75,1	26,6	16,2
Bromofórmio	--	--	--
Bromodiclorometano	1,2	0,9	--
Dibromoclorometano	--	--	--



## CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos conclui-se que:

- Os agentes oxidantes hipoclorito de sódio, dióxido de cloro, dicloroisocianurato e ozônio apresentaram excelente eficiência na inativação bacteriológica.
- Hipoclorito de sódio, dióxido de cloro e dicloroisocianurato tem excelente performance na manutenção da concentração residual de cloro livre, permitindo manter a qualidade da água em termos bacteriológicos.
- O ozônio foi o que mais favoreceu a recontaminação das águas, em razão do mesmo não manter concentração residual na água após sua aplicação.
- Hipoclorito de sódio foi que favoreceu a maior formação de THM de todos os agentes desinfetantes estudados.

Desta forma, para garantir a qualidade bacteriológica das fontes de abastecimento de água e minimizar os riscos de doenças é preciso protegê-las através de medidas como a utilização de desinfetantes e que os mesmos possam proporcionar uma maior concentração residual na água e que favoreça a menor formação de subprodutos como THM.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BRASIL. Nova Delimitação do Semi-Árido Brasileiro. Ministério da Integração Nacional. 2007.
2. BRASIL, **PORTARIA N.º 2914**, Ministério da Saúde, 12 de Dezembro de 2011.
3. CETESB. **Índice de Qualidade das águas**, 2008. Disponível em <<http://www.cetesb.sp.gov.br>> acessado em 06/12/2010.
4. DI BERNARDO, L.; PAZ, L. P. S. **Seleção de tecnologias de Tratamento de água**. Ed. LDiBe. São Carlos, 2008.
5. FUNASA. **Manual Prático de Análises de Água**. Disponível em: <<http://www.funasa.gov.br>> Acessado em 06 de Dezembro 2010.
6. LIBÂNIO, M. **Fundamentos de Qualidade em Tratamento de Água**. Editora Átomo. Campinas, SP, 2 ed., 2008.
7. MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Inspeção Sanitária em Abastecimento de Água**. Brasília: Secretária de Vigilância em Saúde, 2007.
8. MULLER, S. **Gestão Ambiental de Recursos Hídricos**. Belo Horizonte: Ecolatina, 2001.
9. SILVA, G. S. **Um Novo Índice de Qualidade das Águas para Proteção da Vida Aquática Aplicado ao Rio Atibaia, Região De Campinas/Paulínia-SP**. 2004. Tese de doutorado. Universidade Estadual de Campinas, São Paulo.