

## Avaliação da concentração de cloro residual livre na rede de distribuição de água em um bairro de Itabaiana/SE

Augusto César Rezende Azevedo<sup>1</sup>; Maria Carolina Carvalho Santos<sup>2</sup>; Anderson de Jesus Lima<sup>3</sup>;  
Denise Conceição de Gois Santos Michelan<sup>4</sup>; Luciano Evangelista Fraga<sup>5</sup>.

**RESUMO:** Toda água distribuída coletivamente à população, deve passar pela etapa de desinfecção. Assim, considerando água para todos os consumidores, faz-se necessária adição de mínima concentração de agente desinfectante, a fim de reduzir riscos microbiológicos. Diante disso, objetivou-se avaliar a concentração de cloro residual livre, no bairro Porto, Itabaiana/SE. Inicialmente, realizou-se a identificação do perfil do bairro em estudo, quantificação do número de economias consumidoras de água e estimativa da população atendida. De posse desses dados estabeleceu-se 16 pontos amostrais representativos, dos quais 14 tiveram concentração de cloro residual avaliada a partir do método colorimétrico DPD através da análise espectrofotométrica, caracterizados em janeiro/2019. Os resultados das análises foram comparados com o limite de 0,2 mg L<sup>-1</sup> estabelecido pela Portaria n° 5/2017 do Ministério da Saúde. Como resposta, a área de estudo possui perfil residencial, com aproximadamente 6 mil habitantes. Dentre os pontos avaliados, apenas 3 apresentaram concentração de cloro residual em desacordo com a legislação: P1 (0,17 mg L<sup>-1</sup>±0,013), P13 (0,10 mg L<sup>-1</sup>±0,02) e P5 (2,16 mg L<sup>-1</sup>±0,10). Dessa maneira, pode-se considerar a qualidade da água satisfatória em relação ao parâmetro de desinfecção para combater características microbianas. Para estudo mais completo recomenda-se monitoramento de mais parâmetros relativos à qualidade de água.

**Palavras-chave:** Água potável, DPD e desinfecção.

### INTRODUÇÃO

O Brasil possui grande magnitude hídrica disponível em seu território, contudo, sua distribuição natural gera conflitos em muitas localidades, decorrentes da quantidade de água disponível nas mesmas. O semiárido nordestino, não está aquém dessa realidade brasileira, no qual é a região que mais sofre com essa irregularidade na distribuição, decorrentes de grandes períodos de seca e pequenos períodos de chuva (COLLISCHONN; DORNELLES, 2008) influenciados pelos índices pluviométricos, de modo a comprometer o abastecimento de água.

Com base nesse abastecimento de água, segundo o Instituto Trata Brasil (2015), cerca de 100 milhões de brasileiros não têm acesso a coleta de esgoto e 35 milhões de brasileiros não possuem acesso ao serviço de abastecimento de água potável, se desdobrando em grandes números de casos de doenças relacionados a falta de saneamento básico, principalmente pelo consumo de água não segura. Para que a água tratada seja considerada potável, é necessário que possua características físicas, químicas e biológicas que não afetem a saúde da população, sendo condizentes com o exigido pela Portaria de Consolidação (PRC) do Ministério da Saúde (MS) n° 5 de 03 de outubro de 2017, Anexo XX (BRASIL, 2017).

<sup>1</sup> Graduando do curso Engenharia Civil, Universidade Federal de Sergipe, Avenida Marechal Rondon, s/n, Jardim Rosa Elze, São Cristóvão, SE, CEP: 49100-000, augustotocesarezende@gmail.com (apresentador do trabalho);

<sup>2</sup> Graduando do Curso Química Licenciatura, Universidade Federal de Sergipe, Av. Vereador Olímpio Grande s/n, Itabaiana - SE, CEP: 49500-000. carol\_a\_ata@hotmail.com;

<sup>3</sup> Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Sergipe, Avenida Marechal Rondon, s/n, Jardim Rosa Elze, São Cristóvão, SE, CEP: 49500-000, andersoncivil2014@gmail.com;

<sup>4</sup> Professora da graduação e Mestrado em Engenharia Civil, Universidade Federal de Sergipe, Avenida Marechal Rondon s/n, Jardim Rosa Elze, São Cristóvão, SE, CEP 49000-000, denise\_gois@yahoo.com.br.

<sup>5</sup> Professor do Departamento de Química Licenciatura, Universidade Federal de Sergipe, Av. Vereador Olímpio Grande s/n, Itabaiana - SE, CEP: 49500-000, lucianofraga2004@yahoo.com.br.

Dessa maneira, a maior parte dos mananciais abastecedores não possuem águas com qualidade suficiente para consumo humano, sendo necessário a aplicação de algum tipo de tratamento em Estações de Tratamento de Água (ETA). Nas ETAs convencionais a água bruta captada nos mananciais é submetida a etapas de tratamentos: coagulação na mistura rápida, floculação, decantação, filtração, correção de pH, desinfecção e fluoretação. Em seguida a água segue para reservatórios, e posteriormente é distribuída à população pela rede de abastecimento (RICHTER, 2009.)

Para reduzir os riscos microbiológicos da água distribuída, o processo de desinfecção é primordial, pois consiste na inativação de microrganismo patogênicos, a partir da adição de algum agente desinfectante, em geral, o cloro (Libânio, 2010). A cloração finaliza o processo de tratamento da água para torná-la própria para o consumo, sendo necessária a manutenção de concentração mínima de cloro na rede de distribuição, geralmente monitorada pela concentração de cloro residual livre (CRL) na água.

Dessa maneira, o Anexo XX da PRC nº 5/2017 do MS exige a presença do residual de cloro livre com concentração mínima de 0,20 mg L<sup>-1</sup>, recomenda uma concentração máxima de 2,0 mg L<sup>-1</sup>, e estabelece o valor máxima permitido de 5,0 mg L<sup>-1</sup> em todo o sistema de distribuição (BRASIL, 2017). Cabe salientar que a cloração pode produzir efeitos indesejáveis, como o aparecimento de subprodutos na forma de trihalometanos (THM), com significativo potencial carcinogênico, ou da liberação de gosto e odor, sobretudo, quando da presença de compostos fenólicos, devido à formação do cloro-fenol (MEYER, 1994).

Dentre os métodos que podem ser empregados para determinar a concentração de cloro residual livre na água da rede de distribuição se destacam o método iodométrico e o N,N – dietil-p-fenilendiamina (DPD). O método DPD baseia-se na sua reação instantânea do cloro com N,N-dietil-p-fenilendiamina (DPD) em meio de tampão fosfato (pH 6,2). O produto da reação entre DPD e cloro ativo caracteriza-se por coloração vermelha com espectro molecular UV-Vis, típico de máxima absorvância em comprimento de onda de 515 nm. É possível, com esse método, identificar as formas livres e combinadas do cloro. Contudo, há nesse método a limitação de ser empregado apenas em amostras com baixos teores de cloro (0,2 mg L<sup>-1</sup> a 5 mg L<sup>-1</sup>) (GARCEZ, 2004).

De acordo com Helbling e Vanbriesen (2007), a demanda de cloro pode ser um indicador substituto para a contaminação microbiana do sistema de distribuição de água e sua utilidade pode ser reforçada em locais do sistema de distribuição de água que mantêm um maior residual de cloro livre. Diante disso, este trabalho objetivou avaliar o comportamento da concentração de cloro residual na água da rede de distribuição em um bairro da cidade de Itabaiana/SE.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi conduzido no Bairro Porto na cidade de Itabaiana/SE, que é abastecido por um reservatório elevado localizado no mesmo bairro, sob responsabilidade da Companhia de Saneamento de Sergipe – DESO. Foi realizada a identificação do perfil do bairro partir de pesquisa de campo, de maneira a permitir a quantificação e classificação das edificações. De posse da quantidade de edificações/economias, estabeleceu-se a quantidade de pontos amostrais seguindo as recomendações da Diretriz Nacional do Plano de Amostragem da Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano elaborada pelo Ministério da Saúde (BRASIL, 2014).

O procedimento amostral buscou seguir as recomendações do Guia Nacional de Coleta e Preservação de amostras (CETESB, 2011). Este guia recomenda que análises de cloro residual livre em águas de abastecimento devem ser realizadas em campo, a água deve ser coletada de torneiras que recebam água diretamente da rede de distribuição, após dois ou três minutos de aberta. Isso se dá devido a tendência de decaimento da concentração de cloro na fase líquida em função do tempo (Ferreira Filho; Sakaguti, 2008). Na impossibilidade de as análises serem feitas *in loco*, buscou-se seguir as recomendações de condicionamento e transporte das amostras. Dessa maneira, as amostras foram armazenadas em garrafas de Politereftalato de etileno (PET) de 300 mL, previamente higienizadas e transportadas em caixas térmicas de isopor com bolsas de gelo, à temperatura de acondicionamento de 4°C±2°C.

As análises da concentração de cloro residual livre foram realizadas no Laboratório de Pesquisa em Química II (LAPEQ II) do Departamento de Química (DQCI) da Universidade Federal de Sergipe (UFS), campus Itabaiana. Todos os reagentes utilizados têm grau de pureza P.A. e foram de procedência Sepsol. Os materiais utilizados para a coleta e análise foram previamente posicionados em banho de HNO<sub>3</sub> a 10 % v/v por 24 h, enxaguados com água destilada e secos antes de sua utilização. O equipamento utilizado para o monitoramento da concentração de cloro residual livre foi o espectrofotômetro UV/Vis UV1800, utilizando cubeta de quartzo de 1,0 cm de caminho ótico (Hellma e Beckmann). Foram registrados espectros de absorção molecular na região de 200 a 800 nm. Todas as análises foram realizadas em triplicatas.

A quantificação de cloro residual ativo presente na amostra de água foi determinada pelo procedimento: alíquotas de 10000 µL das amostras de água foram adicionadas a alíquotas de 1000 µL de solução tampão fosfato e 1000 µL de solução indicadora DPD. Essa reação entre o DPD e o cloro residual livre presente nas amostras de água produziu coloração vermelhada, e monitorou-se as reações por espectrofotometria de absorção molecular UV-VIS, observando a máxima absorbância de cloro residual livre em comprimento de onda de 515 nm.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da pesquisa de campo estão apresentados na **Tabela 1**. Trata-se de um bairro com perfil residencial, mas com representativa quantidade de estabelecimentos comerciais e residências em construção.

**Tabela 1.** Caracterização do bairro em estudo

Finalidades das edificações	Quantidade
Residências simples	884
2 Pavimentos residenciais	51
2 Pavimentos misto (residencial e comercial)	46
3 Pavimentos residencial ou misto	10
Estabelecimentos comerciais	75
Estabelecimentos públicos	10
Residências desocupadas ou ligações inativas	68
Garagens	22
Número de economias	1215

Considerando o número de economias, ou seja, as ligações ativas, pôde-se fazer estimativa da população atendida da área de estudo pela rede de abastecimento de água. Para tal, adotou-se que cada economia era composta por 5 pessoas. Logo, a população estimada foi de 6.075 habitantes.

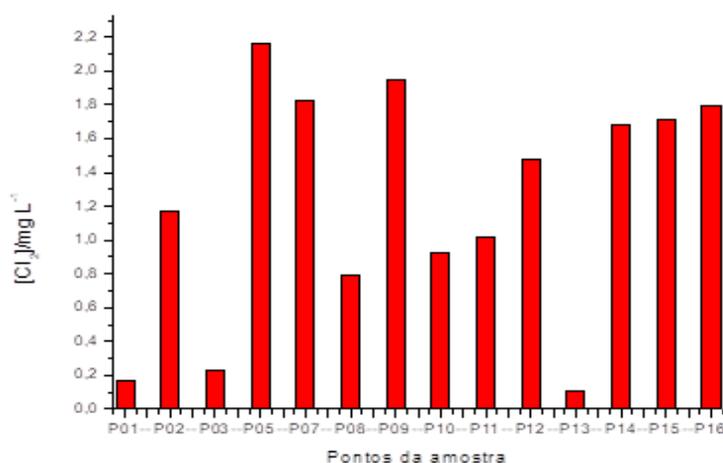
Adotando o estabelecido por Brasil (2014) seria necessário um total de nove amostras para avaliar satisfatoriamente a qualidade da água no que diz respeito à concentração de cloro residual livre (CRL). Por questão de segurança estabeleceu-se 16 pontos amostrais representativos para o estudo, distribuídos na área de pesquisa. As coletas foram realizadas em janeiro/2019 contando com amostras de 14 dos 16 pontos pré-estabelecidos. Os resultados das análises são apresentados na **Tabela 2**, enquanto que a **Figura 1** representa graficamente essas determinações.

A legislação brasileira estabelece que a água distribuída deve conter teor mínimo de cloro residual de 0,2 mg L<sup>-1</sup> e recomenda a concentração máxima de 2 mg L<sup>-1</sup>, na medida que estabelece 5 mg L<sup>-1</sup> de cloro residual livre como valor máximo permitido para água para o consumo humano.

A partir da análise dos dados (Figura 2), observou-se que dos 14 pontos analisados 11 deles (85%) estavam em concordância com a legislação vigente, no que diz respeito a concentração de cloro residual livre, com suas concentrações compreendidas entre 0,2 mg L<sup>-1</sup> e 1,95 mg L<sup>-1</sup>. A exceção se encontra nos pontos P1, P5 e P13.

**Tabela 2.** Média e desvio padrão da concentração do cloro residual livre determinados pelo método DPD, n= 3.

Pontos	[Cl <sub>2</sub> ]/mg L <sup>-1</sup>	Pontos	[Cl <sub>2</sub> ]/mg L <sup>-1</sup>	Pontos	[Cl <sub>2</sub> ]/mg L <sup>-1</sup>
P1	0,1718 ± 0,0317	P7	1,8290 ± 0,1112	P13	0,1029 ± 0,0158
P2	1,1727 ± 0,0902	P8	0,7872 ± 0,0962	P14	1,6867 ± 0,1109
P3	0,2314 ± 0,0238	P9	1,9529 ± 0,1514	P15	1,7096 ± 0,1395
P4	-	P10	0,9249 ± 0,0963	P16	1,7923 ± 0,1395
P5	2,164 ± 0,0963	P11	1,0167 ± 0,1145		
P6	-	P12	1,4802 ± 0,0419		



**Figura 1.** Média das concentrações de cloro residual livre nos pontos amostrais determinados pelo método DPD, n=3.

O ponto P5 apresentou uma concentração de CRL levemente acima do recomendado pela legislação, 2,16 mg L<sup>-1</sup>. No entanto, não ultrapassou o valor máximo permitido pelo Ministério da Saúde que é de 5 mg L<sup>-1</sup>. Já se esperava que P5 apresentasse concentração de cloro residual livre superiores aos demais, haja vista que este ponto situa-se vizinho ao reservatório elevado usado na distribuição, que logicamente possui concentração de cloro superior aos pontos mais distante da rede de distribuição, fato que pode ser constatado a partir da análise dos Relatórios de Monitoramento Mensal de Abastecimento de Água da DESO (DESO, 2018).

No que se refere aos pontos P1 e P13, ambos apresentaram concentrações de cloro residual livre abaixo do exigido, 0,17 mg L<sup>-1</sup> e 0,10 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente. Considerando o desvio padrão obtido para as análises, não pode-se descartar a hipótese de que P1 atinja o valor mínimo recomendado, o que não ocorre com P13. Ao analisar a rede de distribuição não se constatou influência da distância desse ponto ao reservatório na concentração de cloro, tendo em vista que em pontos com distâncias semelhantes, não apresentaram o mesmo comportamento.

Sendo assim, considera-se a hipótese de que as chuvas que ocorreram no dia de coleta tenham provocado algum tipo de diluição, ou que a interrupção do fornecimento de água registrado no dia anterior, tenha provocado decréscimo na concentração de cloro residual, uma vez que a interrupção do fluxo no sistema de abastecimento de água pode provocar significativa redução na qualidade da água (Vasconcelos et al., 1996 apud Silva, 2017). Adicionalmente, pode-se levar em consideração a rápida degradação e instabilidade do cloro residual livre (CETESB, 2011), que pode ter provocado decréscimo da concentração de CRL até que a análise fosse feita.

Cabe ressaltar que a quantidade de análises realizadas, frequência da coleta e os poucos resultados negativos não produzem um panorama de certificação de qualidade totalmente representativo, de maneira a se dizer que a qualidade da água distribuída é insatisfatória. Um cenário ideal deve contar com mais frequências de análises por um longo período, associando às análises de cloro residual parâmetros como cor, turbidez, pH, temperatura, coliformes, entre outros.

## CONCLUSÕES

1. Dos 14 pontos amostrais avaliados quanto a concentração de cloro residual livre somente três estavam em desacordo com a PRC nº 5/2017 do Ministério da Saúde, Anexo XX;
2. Os pontos P1 ( $0,17 \text{ mg L}^{-1} \pm 0,013$ ) e P13 ( $0,10 \text{ mg L}^{-1} \pm 0,02$ ) apresentaram concentração de cloro residual inferior do permitido pela legislação, mas considerando o desvio padrão amostral não se pode descartar a hipótese de que P1 atenda o exigido.
3. O ponto P5 ( $2,16 \text{ mg L}^{-1} \pm 0,10$ ) apresentou concentração de cloro residual levemente superior ao recomendado, no entanto, esta concentração não ultrapassou o valor máximo permitido pela legislação;
4. Os resultados foram satisfatórios no tocante as concentrações de cloro residual livre, sendo recomendada análises em outros meses associada ao monitoramento de outros parâmetros.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRASIL, M. S. Diretriz Nacional do Plano de Amostragem da Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano, Secretaria de Vigilância em Saúde. Brasília. 2014.
- BRASIL, M. S. PRC nº 5/2017. Portaria de consolidação nº 5 de 03 de outubro de 2017. 2017, Anexo XX.
- CETESB. Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos. Brasília: ANA, 2011.
- COLLISCHONN, A.; DORNELLES, F. Introduzindo Hidrologia. Porto Alegre: IPH UFRGS, 2008.
- DESO. Monitoramento Mensal de Sistema de Abastecimento de Água - Sistema de Distribuição: Gerência de Controle e Vigilância da Qualidade. Aracaju: Companhia de Saneamento de Sergipe, 2018.
- FERREIRA FILHO, S. S.; SAKAGUTI, M. Comportamento cinético do cloro livre em meio aquoso e formação de subprodutos da desinfecção. Engenharia Sanitária e Ambiental, [s. l.], v. 13, n. 2, p. 198–206, 2008.
- GARCEZ, L. N. Manual de procedimentos e técnicas laboratoriais voltado para análise de águas e esgotos sanitários e industrial, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2004. Disponível em: <[http://www.leb.esalq.usp.br/leb/disciplinas/Fernando/leb360/Manual%20de%20Tecnicas%20de%20Laboratorio\\_Aguas%20e%20Esgotos%20Sanitarios%20e%20Industriais.pdf](http://www.leb.esalq.usp.br/leb/disciplinas/Fernando/leb360/Manual%20de%20Tecnicas%20de%20Laboratorio_Aguas%20e%20Esgotos%20Sanitarios%20e%20Industriais.pdf)>. Disponível em: 22 fev. 2019.
- HELBLING, D. E.; VANBRIESEN, J. M. Free chlorine demand and cell survival of microbial suspensions. Water Research, New York, v. 41, n. 19, p. 4424-4434, 2007.
- INSTITUTO TRATA BRASIL. Instituto Trata Brasil. [s.d.]. 2015. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br>>. Acesso em: 28 nov. 2018.
- LIBÂNIO, M. Fundamentos de qualidade e tratamento de água. 3º ed. Campinas: Editora Átomo, 2010.
- MEYER, S. T. O uso de cloro na desinfecção de águas, a formação de trihalometanos e os riscos potenciais à saúde pública. Cad. saúde pública., Rio de Janeiro, 10 (1): 99-110, jan/mar, 1994.
- RICHTER, C. A. Água: métodos e tecnologia de tratamento. São Paulo: Blucher, 2009.
- SILVA, G. A. B. Da. Decaimento de cloro residual livre em reservatórios de distribuição de água da cidade de Campina Grande - PB. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2017. Disponível em: <<http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/bitstream/riufcg/1536/1/GEORGE%20ANTONIO%20BELMINO%20DA%20SILVA%20-20DISSERTA%C3%87%C3%83O%20%28PPGECA%29%202017.pdf>>. Acesso em: 13 mar. 2019.
- VASCONCELOS, J. et al. Characterization and Modeling of Chlorine Decay in Distribution Systems. AWWARF.1996.