



## 9806 - ESTUDO DO DECAIMENTO DE CLORO RESIDUAL LIVRE EM RESERVATÓRIOS DE SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO E POTENCIAL INFLUÊNCIA DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

**Larissa Lima de Arruda Melo<sup>(1)</sup>**

Técnica em Química pelo IFAL, graduanda em Engenharia Química pela UFAL e atualmente estagiária na Companhia de Saneamento de Alagoas – CASAL, integrando o Núcleo Estratégico-Operacional de Geoprocessamento e Geomodelagem, atuando efetivamente no monitoramento da qualidade da água armazenada em reservatórios.

**Wanderson da Silva<sup>(2)</sup>**

Engenheiro Civil, com pós-graduação em Geoprocessamento e Georreferenciamento de Imóveis Rurais e Urbanos; Administração de Banco de Dados (Oracle, com instruções SQL). Atualmente é Técnico Industrial em Edificações e Saneamento na CASAL e Supervisor de Gestão de Perdas de Água. Trabalhou na Implementação do Geoprocessamento no Controle de Processos Operacionais do Sistema Produtor de Água de Maceió, Modernização do Cadastro Técnico do Sistema de Saneamento em Maceió.

**Endereço<sup>(1)</sup>**: Rua Dos Damasqueiros, 252 – Residencial Recando das Árvores – Cruzeiro do Sul – Maceió – Alagoas – CEP: 57120-000 – Brasil – Tel: +55 (82) 99914-0118 – e-mail: [larissa.lima@casal.al.gov.br](mailto:larissa.lima@casal.al.gov.br)

### RESUMO

A desinfecção com cloro é um dos métodos mais utilizados nas Estações de Tratamento de Água (ETA), visto que essa etapa garante que a água tratada esteja isenta de microrganismos patogênicos. De acordo com a Portaria N° 2914/2011 do Ministério da Saúde, a concentração de cloro na água tratada deve estar entre 2,0 a 0,2 mg/L, contudo, essa concentração pode variar ao longo da rede de distribuição, pois pode ocorrer reações no seio do líquido ou com a parede da tubulação. Quanto ao primeiro fenômeno, este pode ser verificado no armazenamento da água no reservatório, uma vez que muitas variáveis podem acelerar esse processo. O monitoramento da qualidade da água dentro do reservatório é deficiente na maioria das companhias, contudo, este cenário precisa ser alterado, uma vez que boa parte da água tratada é armazenada em reservatórios antes de ser destinada ao consumidor, podendo sofrer alguma mudança na sua qualidade. Diante disso, o presente trabalho tem como objetivo estudar o decaimento de cloro em alguns reservatórios da Companhia de Saneamento de Alagoas – CASAL, avaliando os parâmetros que podem interferir nas reações de decaimento e na qualidade de água.

**PALAVRAS-CHAVE:** Reservatório, Decaimento de Cloro, Qualidade da Água.

### 1. INTRODUÇÃO

De acordo com a Portaria N° 2914/2011 do Ministério da Saúde, as companhias de saneamento devem fornecer uma água potável que esteja dentro dos padrões de qualidade para o consumo humano. Além de passar pelas etapas de tratamento convencionais, como coagulação, floculação, decantação e filtração, a etapa de desinfecção é essencial para combater microrganismos patogênicos prejudiciais à saúde, inativando-os ou os destruindo, a fim de garantir uma água que esteja dentro dos padrões pré-estabelecidos (PEREIRA, 2009).

Muitas estações de tratamento de água utilizam o cloro (Cl<sub>2</sub>) como agente químico desinfectante, sendo usado em larga escala, podendo ser encontrado nas formas líquida, sólida ou gasosa. Quando dissolvido em água, o cloro gasoso sofre hidrólise, formando íons hidrogênio, cloreto e o ácido hipocloroso (HOCL), sendo este último dissociado em íons hidrogênio e hipoclorito (OCI). Os agentes responsáveis pela oxidação da matéria orgânica indesejada são o ácido hipocloroso e o íon hipoclorito, cuja soma desses componentes correspondem às concentrações conhecidas de cloro residual livre (RODRIGUES E SCALIZE, 2016).

Alguns parâmetros podem influenciar no consumo do cloro residual ao longo da distribuição, como condições hidráulicas (vazão e pressão), velocidade do escoamento, tempo de residência na tubulação, diâmetro da mesma, reações na massa líquida entre o cloro residual com substâncias orgânicas e inorgânicas, como amônia, sulfeto, íons ferro, íons de magnésio e matéria orgânica; e reações de decaimento nas paredes da tubulação, as



quais são influenciadas pelo material, idade e pela presença ou não de biofilme na tubulação, sendo bastante frequente em tubulações compostas por ferro fundido (SALGADO, 2008).

Modelos de qualidade da água assumem reações cinéticas de primeira ordem simples para o decaimento de cloro nos sistemas de abastecimento de água, em que o decaimento relacionado ao escoamento é representado pela constante cinética  $K_b$ , e o decaimento relacionado com reações próximas à parede das tubulações é bem representada pela constante cinética  $K_w$  (SALGADO, 2008).

Muitos sistemas de distribuição armazenam a água tratada em reservatórios antes de destiná-la ao consumidor, devido à necessidade de abastecimento constante. Estocada, a água pode sofrer alteração na sua qualidade, principalmente na concentração de cloro, ocasionando seu decaimento, comprometendo, assim, sua confiabilidade. A depender de como ocorre a entrada e a saída da água no reservatório, podem existir diversos modelos de mistura dentro dos reservatórios, sendo os principais definidos pelo EPANET como escoamento em Êmbolo FIFO (*“first in, first out”*), Mistura Completa, Mistura com dois compartimentos e escoamento em Êmbolo LIFO (*“last in, first out”*). O modelo de escoamento em êmbolo FIFO considera que o volume de água é dividido em camadas, não havendo mistura entre elas parcela a entrar é a primeira a sair. O modelo de mistura completa admite que há uma mistura completa e instantânea entre a água de chegada e a residente. O modelo de escoamento em êmbolo LIFO é caracterizado pela divisão da água armazenada em parcelas de água de entrada que também não se misturam, sobrepondo-se umas sobre as outras, entrando e saindo pelo fundo do reservatório (EPANET, 2000). Cada tipo de mistura apresenta sua característica, influenciando diretamente na qualidade da água armazenada.

Quando a água é dividida em camadas, ocorre um fenômeno chamado de estratificação, em que os estratos formados apresentam temperaturas e características distintas. Uma vez que a temperatura influencia diretamente o as reações químicas e biológicas, assim como a manutenção do ecossistema aquático como um todo, este parâmetro deve ser levado em conta quando se trata de qualidade de água. Quando o volume de água apresenta temperatura constante, pode-se afirmar que a água está uniformemente misturada. No entanto, quando há variação de temperatura, principalmente, acima de 24 °C, ocorre diferença de densidade das parcelas de água, estando as mais pesadas situadas no fundo do corpo líquido (GÊNOV A et al., 2002). Além da temperatura, outros fatores que deve ser levado em consideração quando se deseja realizar um estudo da qualidade da água no reservatório são a forma como ocorre os jatos de entrada e saída de água, a idade da água no reservatório, o seu tempo de estocagem e a velocidade de enchimento dos reservatórios, com o objetivo de propor melhorias ao processo de estocagem (PIZARRO, 2012).

Devido ao elevado risco de deteriorização, deve ser realizado periodicamente um controle do estado que se encontram as águas armazenadas em reservatórios, tanto quanto à concentração de cloro residual livre, quanto à presença de outros parâmetros físico-químicos que interferem no consumo de cloro, como a presença de bactérias e matéria orgânica; sulfato, nitrito, ferro e amônia (PEREIRA, 2009).

Diante disso, foi realizado um estudo para determinar a qualidade da água armazenada em alguns reservatórios da Companhia de Saneamento de Alagoas, constituintes do sistema de distribuição que abastece um Distrito de Medição de Controle, o DMC 116. Foram analisados o reservatório enterrado Poço de sucção da Estação de Tratamento Cardoso (R-02 Cardoso), o reservatório SE (semi-enterrado) R-02A e o reservatório SE (semi-enterrado) R-02. A partir do reservatório R-02 a água desce por gravidade abastecendo o DMC 116, a qual está sendo alvo de estudo relacionado à modelagem hidráulica e à modelagem de qualidade da água.

## 2. OBJETIVO(S)

O presente trabalho tem como objetivo avaliar a qualidade de águas armazenadas em reservatórios, verificando a influência de possíveis contaminantes no decaimento de cloro residual e avaliando a qualidade de água estocada.

## 3. METODOLOGIA



Inicialmente, foram realizadas coletas de água nos reservatórios que fazem parte do sistema de distribuição que abastecem o DMC116, localizado no bairro Trapiche da Barra, pertencente à capital alagoana. Esta região está sendo alvo de estudo de modelagem hidráulica e de modelagem de qualidade da água, uma vez que a mesma foi recentemente capeada e apresentou, em alguns pontos, concentrações de cloro abaixo da concentração mínima permitida pela legislação. As coletas foram iniciadas no reservatório denominado como Poço de sucção R-02 (R-02 Cardoso), localizado na ETA Cardoso, que abastece o reservatório SE R-02A que, conseqüentemente, abastece o SE R-02. Este último é abastecido tanto pelo R-02A quanto pela ETA Pratygy.

Na ETA Cardoso, foram coletadas amostras de três pontos: saída de água da ETA, água proveniente do poço PB-06 que abastece o Poço de sucção R-02, e da água armazenada neste.

Nos demais reservatórios, devido às suas estruturas, foi preciso subir em sua cobertura a fim de localizar pontos de ventilação e demais aberturas, priorizando a chegada, meio e saída da água.

O reservatório R-02A, possui duas câmaras, separadas internamente, sem conexão entre si. Existiam três pontos de acesso na sua cobertura, um na primeira câmara e dois na segunda, porém, só foi possível realizar a coleta no ponto da câmara 1 devido à facilidade de acesso, conforme a Figura 1a. Não foi possível identificar a tubulação de chegada da água da ETA Cardoso, somente da proveniente do poço PBL-08, que abastecia a segunda câmara. Como a abertura de entrada desta tubulação era restrita, ficou inviável o manuseio do frasco coletor neste local. Do mesmo modo, o segundo ponto de coleta teve de ser descartado pelo baixo nível de água durante o experimento, não sendo possível alcançá-lo.

Já o reservatório SE R-02 apresentou apenas dois pontos de fácil acesso, um próximo à chegada e outro no meio do reservatório, realizando coletas em ambos.

O material de coleta foi preparado de modo a reduzir o máximo de interferentes que ocasionassem deturpação nos resultados obtidos. O frasco coletor, apresentado na Figura 1b, foi construído com materiais que oferecessem relativa resistência à força e à pressão da água de entrada. As garrafas destinadas à coleta de água eram de vidro não reativo, seguindo a metodologia do teste garrafa, segundo Santos et al. (2016), e foram devidamente lavadas, envolvidas por papel alumínio e fita adesiva, a fim de evitar qualquer interferência da luz solar. Segue abaixo o procedimento realizado em cada amostragem executada:

1. A partir da primeira amostra coletada, determinou-se imediatamente o pH, a temperatura e a concentração de cloro residual livre, fazendo-se uso de um pHmetro de piscina, um termopar digital e um colorímetro digital portátil, da marca Hach, que apresenta uma precisão de  $\pm 0,03$  mg/L e leitura no comprimento de onda de 525 nm;
2. Os dados obtidos em campo foram registrados numa planilha para organização dos resultados posteriormente;
3. Para análise posterior de decaimento de cloro e parâmetros físico-químicos, uma segunda alíquota foi coletada, destinando uma parcela para ambientação da garrafa, sendo o conteúdo descartando, seguido de preenchimento do volume total do recipiente;
4. Para análises microbiológicas, outra parcela de água foi devidamente coletada, evitando contato com o recipiente e a amostra, sendo armazenada em frascos de plástico apropriados;
5. Cada recipiente foi devidamente identificado, mantendo as amostra em temperatura ambiente, conservando, assim, suas características de origem;
6. Após as coletas, as amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Análises de Água da Casal para serem analisadas.



a)



b)

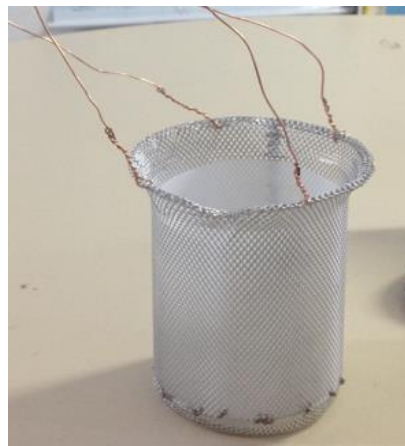


Figura 1: a) Coleta de água no reservatório SE R-02A e b) Frasco coletor de água em reservatórios.

Após a coleta, foi dado prosseguimento às análises de alguns parâmetros físico-químicos, como pH, cor, turbidez, condutividade elétrica, amônia, nitrato e ferro, e microbiológicos, as quais foram baseadas no Manual de Procedimento Experimental do laboratório da companhia. Em paralelo, se precedeu a análise de decaimento de cloro residual livre utilizando o método DPD colorimétrico. Este método é considerado bastante simples por fornecer resultados rápidos e confiáveis para medições de campo e no laboratório, visto que o DPD (*N,N*-dietil-*p*-fenilendiamina) reage rapidamente com o cloro livre, tornando a coloração da solução rósea, de modo que quanto maior for a concentração de cloro na amostra, maior a intensidade da coloração e vice-versa (SOARES et al., 2016).

Para o estudo de decaimento de cloro, foi preciso determinar o intervalo de tempo de medição da concentração de cloro restante na amostra, empregando DPD na forma de pastilha, o mesmo usado na determinação de cloro nas amostras durante a coleta. Devido à demanda de análises paralelas às do cloro, foi escolhido um intervalo de tempo de 24 horas. No momento de cada leitura, foi analisado o pH e a temperatura das amostras a fim de verificar uma possível influência entre os parâmetros. Após três dias de análises, com os dados da concentração inicial e demais, foi construído um gráfico relacionando o  $\text{Log}(C_t/C_0)$  em função do tempo (h). Considerando uma reação de primeira ordem, o gráfico obtido deve ser uma linha reta, cujo coeficiente angular corresponde ao coeficiente cinético de reação no seio do líquido, o  $K_b$ .

Além disso, foram realizadas análises físico-químicas para verificar os parâmetros de pH, cor aparente, turbidez, condutância específica, amônia, nitrato e ferro total. O objetivo dessa análise foi avaliar o grau da qualidade das águas armazenadas no reservatório, bem como avaliar a relação entre esses parâmetros com o consumo de cloro.

#### 4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS

Os dados obtidos em campo e a partir das análises realizadas no laboratório de pH, cloro residual e temperatura constam na Tabela 1, identificando os pontos coletados, data e hora.

Tabela 1. Dados de concentração de cloro residual livre, pH e temperatura obtidos dos reservatórios analisados.

| Ponto       | Data       | Tempo (h) | Temperatura (°C) | Concentração Cl <sup>-</sup> (ppm) | pH          |
|-------------|------------|-----------|------------------|------------------------------------|-------------|
| ETA Cardoso | 25/04/2018 | 08:45     | 27,2             | >2,50(inicial)                     | 4,1 + (0,9) |
|             | 25/04/2018 | 15:26     | 24,4             | 2,48                               | 4,4 + (0,9) |
|             | 26/04/2018 | 16:05     | 25,2             | 2,32                               | 4,5 + (0,9) |
|             | 27/04/2018 | 16:06     | 25,4             | 2,10                               | 4,5 + (0,9) |



|                               |             |       |      |               |             |
|-------------------------------|-------------|-------|------|---------------|-------------|
| Poço PB-06                    | 25/04/2018  | 8:55  | 27,5 | 0,00          | 3,5 + (0,9) |
|                               | 25/04/2018  | 09:02 | 27,3 | >2,5(inicial) | 3,6 + (0,9) |
| Poço Sucção R-02 Cardoso      | 25//04/2018 | 15:33 | 24,3 | 2,49          | 3,6 + (0,9) |
|                               | 26/04/2018  | 16:12 | 25,5 | 1,89          | 4,0 + (0,9) |
|                               | 27/04/2018  | 16:11 | 24,7 | 1,73          | 3,5 + (0,9) |
|                               | 25/04/2018  | 10:00 | 27,6 | 1,54(inicial) | 3,7 + (0,9) |
| R-02S Câmara 1 (lado direito) | 25//04/2018 | 15:39 | 24,3 | 0,90          | 3,5 + (0,9) |
|                               | 26/04/2018  | 16:16 | 25,2 | 0,52          | 3,6 + (0,9) |
|                               | 27/04/2018  | 16:15 | 25,1 | 0,26          | 3,4 + (0,9) |
|                               | 25/04/2018  | 10:48 | 27,3 | 1,58(inicial) | 3,7 + (0,9) |
| R-02 Próximo à chegada        | 25//04/2018 | 15:43 | 24,3 | 1,43          | 3,5 + (0,9) |
|                               | 26/04/2018  | 16:24 | 25,3 | 0,90          | 3,7 + (0,9) |
|                               | 27/04/2018  | 16:25 | 25,1 | 0,49          | 3,6 + (0,9) |
|                               | 25/04/2018  | 11:00 | 27,3 | 1,58(inicial) | 3,8 + (0,9) |
| R-02 Meio do reservatório     | 25//04/2018 | 15:47 | 24,1 | 1,44          | 3,6 + (0,9) |
|                               | 26/04/2018  | 16:30 | 25,5 | 0,79          | 3,7 + (0,9) |
|                               | 27/04/2018  | 16:30 | 25,3 | 0,66          | 3,6 + (0,9) |

A amostra de água tratada da ETA Cardoso e a colhida do reservatório Poço de sucção R-02 apresentaram a mesma concentração, uma vez que a água do poço PB-06 não recebia nenhum tipo de pré-tratamento antes de ser encaminhada. Como a faixa de leitura do clorímetro digital utilizado é de 0,00 a 2,50 mg/L, não foi possível medir exatamente a concentração de cloro das amostras analisadas, porém o equipamento indicou um valor acima do limite máximo de leitura. Como é realizado o controle pela CCPO (Central de Controle de Produção e Operacional), tanto do nível de água quanto de alguns parâmetros da água tratada, foi verificado que no dia e próximo ao horário da coleta (08:45), às 8:00 horas a concentração de cloro estava em torno de 3,72 mg/L. Mesmo apresentando uma concentração acima da estabelecida pela Portaria N° 2914/2011 do Ministério da Saúde, entre 0,2 e 2,00 mg/L, é necessário isto pois ao longo da rede de distribuição a concentração de cloro tende a diminuir devido às reações que podem ocorrer tanto no seio do líquido, quanto com o material constituinte da parede da tubulação. Diante disso, é preciso garantir uma quantidade de cloro suficiente, de modo que a água que chega ao consumidor esteja dentro das especificações.

No reservatório R-02A e no R-02, a concentração de cloro residual livre foi, respectivamente, 1,54 a 1,58 mg/L, estando dentro da faixa de cloro aceitável para água tratada. Visto que uma pequena parcela de água do reservatório R-02A é encaminhada para o reservatório R-02, sendo boa parte do seu abastecimento oriundo da ETA Pratygy, este fato justifica a concentração de cloro mais elevada no R-02 do que no R-02A.

Os resultados obtidos de pH evidenciaram que as águas analisadas apresentaram características ácidas, estando fora dos padrões estabelecidos pela legislação, que é de 6,50 a 9,00. Ao realizar a calibração do pHmetro usado nas medições, foi detectado um erro de leitura, aproximado, de 0,9. A partir disso, pode-se dizer que o pH real das amostras estavam entre 3,4 a 4,3.

No momento das coletas, todas as amostras estavam em temperatura ambiente, variando de 27,3°C a 27,6°C, permanecendo praticamente constante. Embora as amostras tenham sido mantidas a temperatura ambiente, a mudança de cenário influenciou no abaixamento da temperatura das mesmas, como observado, em torno de 3 °C. Uma vez que a constante de decaimento de cloro é proporcional à temperatura, esta diminuição pode ter influenciado na medição desse parâmetro.

A constante de decaimento de cloro no seio do líquido – K<sub>b</sub> –, considerando uma cinética de primeira ordem, pode ser obtida a partir da Equação 1 que expressa a taxa de reação:



$$dC/dt = K_b C$$

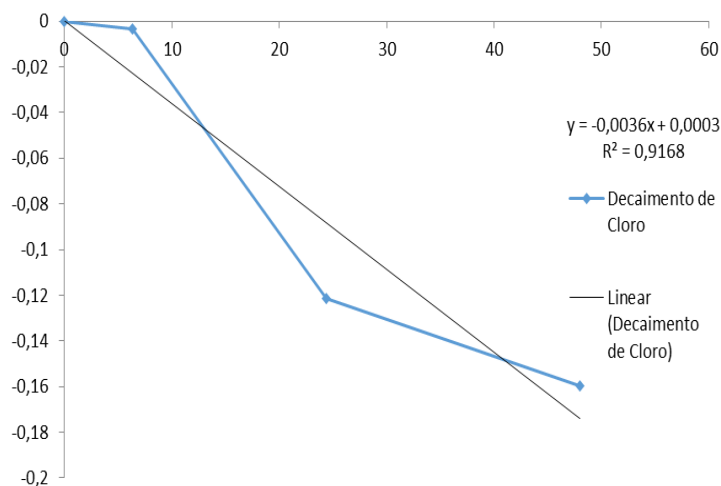
Equação (1)

Integrando de  $C_0$  (concentração inicial) a  $C_t$  (concentração em qualquer tempo  $t$ ), obtemos a Equação 2:

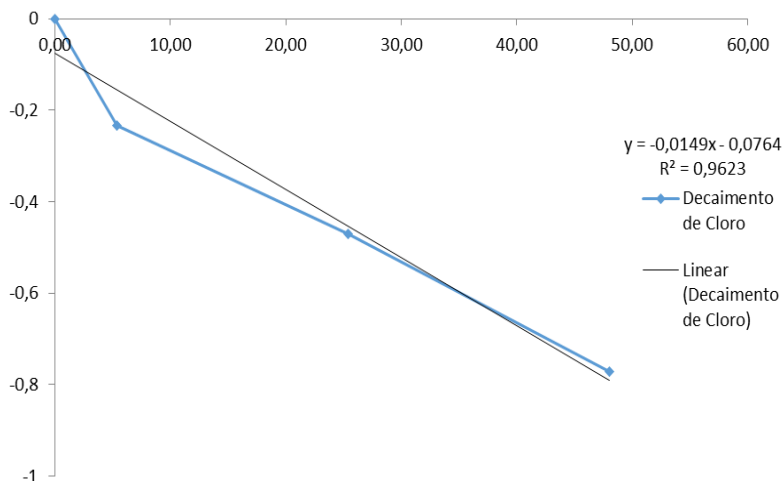
$$\ln(C_t/C_0) = K_b t$$

Equação (2)

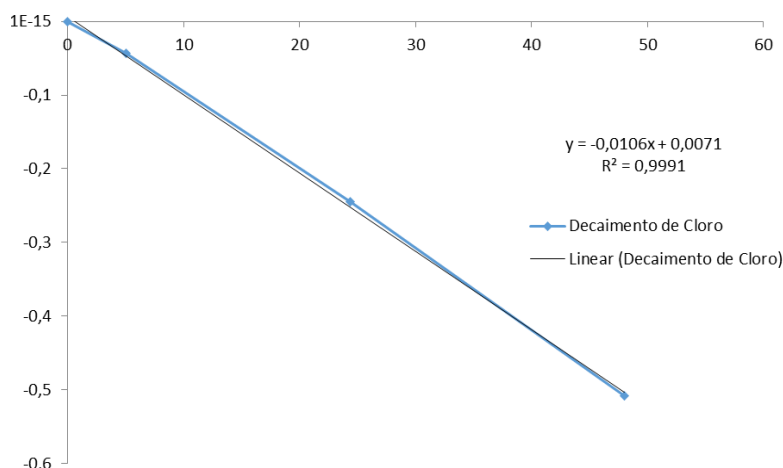
A representação gráfica dessa equação é uma reta, obtida a partir da relação entre  $\ln(C_t/C_0)$  versus tempo (h), em que o coeficiente angular corresponde ao valor da constante de decaimento no seio do líquido  $K_b$ . Este coeficiente foi determinado para as amostras do Poço de sucção R-02 Cardoso, reservatório SE R-02A e para os pontos do reservatório SE R-02, cujo resultado está apresentado nas Figuras de 2 a 5.



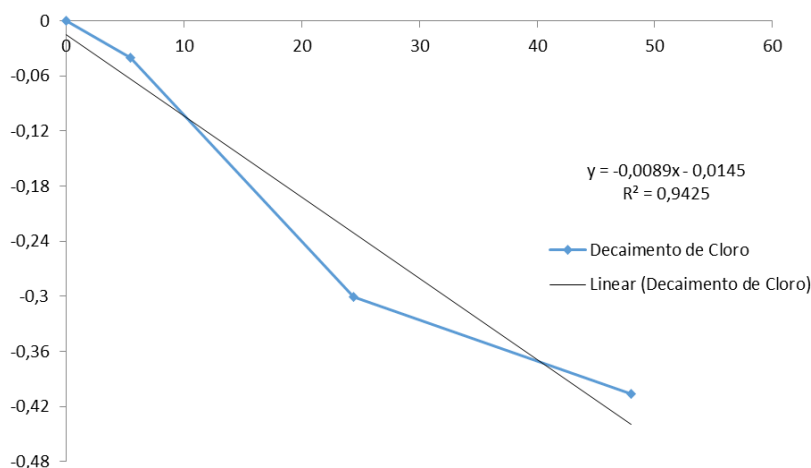
**Figura 2: Gráfico obtido para determinação da constante cinética  $K_b$  a partir do decaimento de cloro no Poço de Sucção R-02 ETA Cardoso.**



**Figura 3: Gráfico obtido para determinação da constante cinética  $K_b$  a partir do decaimento de cloro no cloro no reservatório R-02A Câmara 1 (lado direito).**



**Figura 4: Gráfico obtido para determinação da constante cinética  $K_b$  a partir do decaimento de cloro no reservatório R-02 (próximo à chegada).**



**Figura 4: Gráfico obtido para determinação da constante cinética  $K_b$  a partir do decaimento de cloro no reservatório R-02 (meio do reservatório).**

Conforme os resultados obtidos graficamente, nota-se que apenas o coeficiente de decaimento de cloro obtido a partir das análises da amostra do reservatório R-02 próximo à chegada foi o mais confiável por apresentar um coeficiente de determinação próximo a 1 (um) ( $R^2 = 0,9991$ ), que é o desejado. Este resultado foi satisfatório, visto que este reservatório abastece a DMC 116.

Na Tabela 2 consta o tratamento estatístico de dados dos resultados obtidos para o  $K_b$ , avaliando o coeficiente de variação, a média aritmética (MA), desvio médio (DM) e desvio padrão (DP).

**Tabela 2: Tratamento estatístico dos dados obtidos do estudo de decaimento de cloro.**

| Amostra                  | $R^2$  | $K_b$ ( $\text{dia}^{-1}$ ) | MA    | DM    | DP    |
|--------------------------|--------|-----------------------------|-------|-------|-------|
| Poço sucção R-02 Cardoso | 0,9168 | -0,0864                     |       |       |       |
| R-02A                    | 0,9623 | -0,3576                     |       |       |       |
| R-02 próx. Chegada       | 0,9991 | -0,2544                     | 0,228 | 0,456 | 0,466 |
| R-02 meio reservatório   | 0,9425 | -0,2136                     |       |       |       |



Para realização dos cálculos, os valores de  $K_b$  foram transformados para a unidade  $\text{dia}^{-1}$ , cuja unidade é usada pelo EPANET. Diante desses resultados, observa-se um desvio padrão relativamente baixo, pelo fato dos valores obtidos do  $K_b$  não distarem muito uns dos outros, considerando um resultado satisfatório.

O resultado das análises físico-químicas e microbiológicas das seis amostras estão apresentados na Tabela 3.

**Tabela 3: Resultado das análises físico-químicas das amostras coletadas.**

| Amostras<br>Parâmetros                                      | Água<br>tratada<br>– ETA<br>Cardoso | Poço<br>PB-06 | Poço de<br>Sucção<br>R-02 –<br>ETA<br>Cardoso | Reservatório<br>SE R-02A<br>(lado<br>direito) | Reservatório<br>SE R-02<br>(próximo à<br>chegada) | Reservatório<br>SE R-02<br>(meio do<br>reservatório) | Valor<br>Máximo<br>Permitido<br>(VMP) |
|---|-------------------------------------|---------------|---|---|---|--|---------------------------------------|
| pH  | 4,55                                | 4,22          | 4,52  | 4,57  | 4,60  | 4,84   | 6,0 a 9,5                             |
| Cor aparente (UC)   | 16,00                               | 6,00          | 15,00   | 16,00   | 9,00  | 10,00  | 15,00                                 |
| Turbidez (NTU)  | 6,76                                | 0,70          | 6,74  | 6,36  | 1,98  | 2,19   | 5,00                                  |
| Condutância<br>Específica<br>( $\mu\text{hms/cm}$ )         | 32,80                               | 36,70         | 34,30   | 37,80   | 30,60   | 29,30  | -                                     |
| Amônia (mg/L<br>$\text{NH}_3$ )                             | 0,19                                | 0,08          | 0,17  | 0,17  | 0,11  | 0,11   | 1,5                                   |
| Nitrato (mg/L N)  | 3,34                                | 1,73          | 3,23  | 3,71  | 1,10  | 1,09   | 10,00                                 |
| Ferro Total (mg/L<br>Fe)                                    | 0,08                                | 0,12          | 0,10  | 0,15  | 0,11  | 0,14   | 0,30                                  |
| Bacteriológico<br>(Coliformes Totais<br>e Escherichia Coli) | -                                   | -             | -   | -   | -   | -  | -                                     |

De acordo com os resultados, com exceção do pH e da turbidez em alguns pontos, todos os parâmetros estavam dentro dos padrões determinados pela Portaria N° 2914/11.

O pH ácido pode ser uma característica do tipo da água oriunda do manancial superficial Catolé ou devido à formação de ácido hipocloroso decorrente da reação da água com o cloro (SOARES et al., 2016). Como a água bruta encontrava-se com alto teor de sólidos suspensos e, conseqüentemente, elevada turbidez, foi preciso acionar o sistema de coagulação, utilizando barrilha para proporcionar um pH adequado à ação do coagulante (pH neutro). Contudo, no dia da coleta, a bomba dosadora de barrilha estava com problemas técnicos, por isso a água apresentou acidez considerável.

Como citado anteriormente, a água tratada da ETA Cardoso apresentou cor e turbidez acima dos valores máximos permitidos pela legislação vigente, repercutindo diretamente nos resultados apresentados pelo Poço de sucção R-02 Cardoso e no reservatório SE R-02A, os quais estavam no limite e um pouco acima deste, visto que o período em que se realizou o estudo foi marcado por chuvas intensas na região, propiciando numa água com partículas indesejáveis. A partir de dados anteriores, a água bruta da captação apresentou excelente qualidade e com uma turbidez adequada. Para esses dois parâmetros, a água contida no reservatório R-02 apresentou valores aceitáveis.

Existem muitos fatores que contribuem com o decaimento de cloro no seio do líquido, mas os que se destacam são a dosagem de cloro aplicada, pois quanto maior a dosagem maior será o seu decaimento; a concentração de matéria inorgânica oxidável, já que a oxidação de compostos inorgânicos presentes na água, como amônia, sulfetos, íons de ferro e de manganês, é bastante rápida, acontece rapidamente com o cloro; o teor de matéria orgânica, material que reage de forma lenta com o cloro por ser menos reativo; o pH, tendo uma relação direta





no decaimento de cloro; e a temperatura da água, uma vez que seu aumento ocasiona um aumento na velocidade de decaimento do agente desinfetante, principalmente quando há consumo por parte da matéria orgânica (PEREIRA, 2009). De acordo com esta análise, verificou-se a partir dos dados experimentais que a concentração de cloro diminuiu, cerca de 60%, em decorrência da alta concentração de cloro inicial na água tratada. Como as temperaturas das amostras estavam bem próximas, pode-se dizer que este fator não influenciou na diminuição da concentração.

Embora, os resultados obtidos de amônia, nitrato e ferro total tenham atingido a exigência da Portaria Nº 2914/11, não podemos descartar a interação desses compostos com o cloro, visto que o mesmo encontrava-se bastante disponível no seio do líquido. Contudo, a água apresentou excelente qualidade. O parâmetro de condutividade específica não tem limites na portaria referenciada anteriormente, variando os resultados entre 29,30 e 37,80 µhms/cm.

Os resultados microbiológicos foram satisfatórios, apresentando-se nulos para todas as amostras. Isto evidencia um bom desempenho do sistema de desinfecção da água tratada, a qual apresentou confiabilidade e segurança quanto ao consumo e uso em geral.

## 5. CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES

A partir dos resultados obtidos das análises de decaimento de cloro residual livre, verificou-se um decaimento significativo em função do tempo, evidenciando que quanto maior a concentração de cloro maior a velocidade do decaimento deste composto. Dentre as amostras analisadas, foi obtido um resultado satisfatório para o coeficiente cinético de reação no seio do líquido, o  $K_b$ , correspondente à amostra do reservatório R-02, cujo coeficiente de determinação apresentou-se bem próximo de 1 (um) ( $R^2 = 0,9991$ ). Além disso, as análises destinadas à avaliação de parâmetros físico-químicos foram bastante satisfatórias quanto à qualidade de água, embora alguns apresentaram certa incoerência com os limites estabelecidos pela legislação, em virtude de algumas características presentes na água bruta.

As perspectivas futuras deste trabalho são a determinação do tipo de mistura característico de cada reservatório, uma vez que este fator interfere na qualidade da água estocada; relacionar os resultados de decaimento do cloro nos reservatórios com os que serão obtidos do decaimento de cloro analisado ao longo da rede de distribuição da DMC 116; repetir este estudo em outra estação a fim de verificar o comportamento do decaimento de cloro residual livre e dos parâmetros físicos e químicos analisados.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. PEREIRA, R. F. Calibração do coeficiente de decaimento do cloro ( $k_w$ ) em redes de abastecimento de água utilizando o método iterativo do gradiente hidráulico alternativo (migha). Fortaleza, 2009. Dissertação de mestrado – Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Universidade Federal do Ceará, 2009.
2. SOARES, S. S.; ARRUDA, P. N.; LOBÓN, G. S.; SCALIZE, P. S. *Avaliação de métodos para determinação de cloro residual livre em águas de abastecimento público. Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas*, v. 37, n. 1, p. 119-130, jan./jun. 2016.
3. SALGADO, S. R. T. Estudo dos parâmetros do decaimento do cloro residual em sistema de distribuição de água tratada considerando vazamento. São Carlos, 2008. Dissertação de mestrado – Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, 2008.
4. PIZARRO, R. G. N. P. A mistura em reservatórios de sistemas de distribuição de água – um estudo de caso. Porto, 2012. Dissertação de mestrado – Faculdade de Engenharia - Universidade do Porto, 2012.
5. ARORA, M.L., BARTH, E., UMPHRES, M.B. *Technology evaluation of sequencing batch reactors. Journal Water Pollution Control Federation*, v.57, n.8, p. 867-875, ago. 1985.
6. DATAR, M.T., BHARGAVA, D.S. *Effects of environmental factors on nitrification during aerobic digestion of activated sludge. Journal of the Institution of Engineering (India), Part EN: Environmental Engineering Division*, v.68, n.2, p.29-35, Feb. 1988.



7. FADINI, P.S. Quantificação de carbono dissolvido em sistemas aquáticos, através da análise por injeção em fluxo. Campinas, 1995. Dissertação de mestrado-Faculdade de Engenharia Civil-Universidade Estadual de Campinas, 1995.
8. SANTOS, W. B.; SILVA, G. A. B.; TORQUATO, A. L.; SANTANA, C. F. D.; COURA, M. A. Coeficientes cinéticos de degradação de cloro residual livre em trechos de rede de distribuição de água de uma cidade de porte médio. Trabalho apresentado no VII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, Campina Grande, 2016.
9. RODRIGUES, M. F. S.; SCALIZE, P. S. Estudo sobre o decaimento de cloro residual em águas distribuídas em redes de abastecimento. Trabalho apresentado no XIV Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Ambiental, Brasília, 2016.