

## COEFICIENTES CINÉTICOS DE DEGRADAÇÃO DE CLORO RESIDUAL LIVRE EM TRECHOS DE REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA DE UMA CIDADE DE PORTE MÉDIO

Whelton Brito dos Santos (\*), George Antonio Belmino da Silva, Amanda Laurentino Torquato, Cícero Fellipe Diniz de Santana, Mônica de Amorim Coura

\* Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, wheltonbrt@gmail.com

### RESUMO

A necessidade de fornecer água potável aos usuários vem demandando cada vez mais cuidados gerenciais por parte dos responsáveis pelos sistemas de abastecimento de água. Nesse cenário, a modelagem dos sistemas de abastecimento de água apresenta-se como uma importante ferramenta de gestão, principalmente pela capacidade de simular a degradação do Cloro Residual Livre (CRL), através dos seus coeficientes cinéticos. O presente trabalho tem como objetivo a determinação dos coeficientes cinéticos de degradação de CRL em determinados trechos da rede de distribuição de água da cidade de Campina Grande – PB. A determinação dos coeficientes de degradação no volume do escoamento ( $k_b$ ) foi realizada pelo teste da garrafa e posteriormente com o auxílio do EPANET 2.0 foram obtidos os coeficientes de decaimento com a parede ( $k_w$ ) para os dois trechos de rede analisados. Foram obtidos valores médios de  $k_b$  para os Trechos I e II de  $0,144 \text{ dia}^{-1}$  e  $0,147 \text{ dia}^{-1}$  e de  $k_w$  de  $0,08$  e  $0,02 \text{ m/dia}$ , respectivamente. Dessa forma, os valores encontrados revelam o comportamento da degradação do CRL nos trechos de rede do sistema de abastecimento de água estudado.

**PALAVRAS-CHAVE:** Coeficientes cinéticos, Rede de distribuição, Cloro, Teste da garrafa.

### INTRODUÇÃO

O sistema de abastecimento de água é composto por diversas unidades, entre elas o manancial, estações elevatórias de água bruta e tratada, estação de tratamento de água, reservatórios e rede de distribuição de água, sendo a estação de tratamento responsável pela garantia da potabilidade da água.

A desinfecção é a etapa do tratamento responsável pela qualidade microbiológica da água, através da adição de um agente desinfetante que destrói ou inativa organismos patogênicos. É realizada por agentes físicos e/ou químicos, sendo o cloro o agente mais utilizado nas estações de tratamento de água, por ser eficiente na destruição de organismos patogênicos, de fácil aplicação, baixo custo e garantir um residual que protege a água na rede de distribuição. Porém, apresenta as desvantagens de conferir à água, em alguns casos, sabor e odor e, por ter um potencial reativo elevado, reagir com compostos orgânicos formando substâncias organocloradas prejudiciais à saúde (RICHTER, 2009).

O residual de cloro é essencial para manter a qualidade microbiológica ao longo da rede de distribuição até o usuário final. Durante este percurso, devido a diversos fatores como idade da tubulação, vazamentos e grandes distâncias entre os sistemas de tratamento e os centros de consumo, esse agente ao reagir com substâncias presentes na massa líquida pode ter sua capacidade de desinfecção reduzida ou eliminada.

Assim, conhecer o processo de degradação da qualidade da água, principalmente do cloro, é de extrema importância, pois sua compreensão e modelagem fornecem informações para o controle e vigilância dos sistemas de abastecimento de água.

O presente trabalho tem como objetivo a determinação dos coeficientes cinéticos de degradação de cloro residual livre em determinados trechos da rede de distribuição de água da cidade de Campina Grande – PB.

### METODOLOGIA

Para fins de estudo foram utilizados dois trechos da rede de distribuição de água da cidade de Campina Grande – PB, cujo Sistema de Abastecimento de Água (SAA) atende a uma demanda de quase meio milhão de

peças. A rede de distribuição é composta por quatro zonas de pressão (Zonas A, B, C e D), sendo que as tubulações analisadas estão situadas na zona de Pressão B, situada no Bairro da Prata. A Figura 1 apresenta os trechos estudados.



**Figura 1. Identificação dos trechos analisados Fonte: Google Earth**

A Tabela 1 e a Figura 1 apresentam as características e localização dos trechos, que estão situados em área de interesse social, contendo uma grande diversidade de clínicas médicas, escolas, igrejas, a tradicional Feira da Prata e o reservatório R5, responsável pelo abastecimento da Zona B.

**Tabela 1– Características dos trechos**

| Trechos   | Material        | Diâmetro (mm) | Comprimento (m) | Coordenadas                   |
|-----------|-----------------|---------------|-----------------|-------------------------------|
| Trecho I  | Cimento amianto | 50            | 281,32          | 7°13'20.97"s<br>35°53'52.83"o |
| Trecho II | PVC             | 75            | 165,0           | 7°13'20.12"s<br>35°53'43.77"o |

Para a determinação do coeficiente de decaimento do CRL no volume do foi utilizado o teste da garrafa ou *Bottle test*, que consiste em coletar amostras de água na rede, acondicioná-la em vidros âmbar e mantê-los sob condições controladas de temperatura e luminosidade e posterior determinação do CRL em intervalos regulares de tempo.

Em cada trecho foram realizadas três campanhas, coletando 36 amostras em frascos do tipo Winkler de 300 ml em pontos intermediários dos trechos, sendo essas amostras armazenadas em caixa térmica, levadas a laboratório para a determinação das concentrações de CRL, em triplicata, pelo método titulométrico DPD-SFA, conforme estabelecidos por APHA (2012). O teste teve duração de 90 minutos, com 15 minutos de intervalo entre uma determinação e outra. Todas as análises foram realizadas sempre no período da manhã. A fim de determinar a temperatura média de estudo foi utilizado um termômetro de bulbo com precisão de  $\pm 1,0^{\circ}\text{C}$ .

A determinação do coeficiente  $k_b$  foi realizada pelo método gráfico, conforme estabelecido por ROSSMAN (2000). A constante foi determinada por meio da declividade da linha da reta do gráfico dos valores do logaritmo da relação entre as concentrações pelo tempo  $t$  e a concentração inicial, em função do tempo.

O coeficiente de reação com a parede da tubulação ( $k_w$ ) foi estimado pelo método da tentativa e erro, através da constante  $k_b$  obtida no teste da garrafa e do modelo hidráulico desenvolvido no EPANET 2.0. O modelo hidráulico (Figura 2) utilizado na determinação de  $k_w$  foi o mesmo de Nascimento et al. (2016).

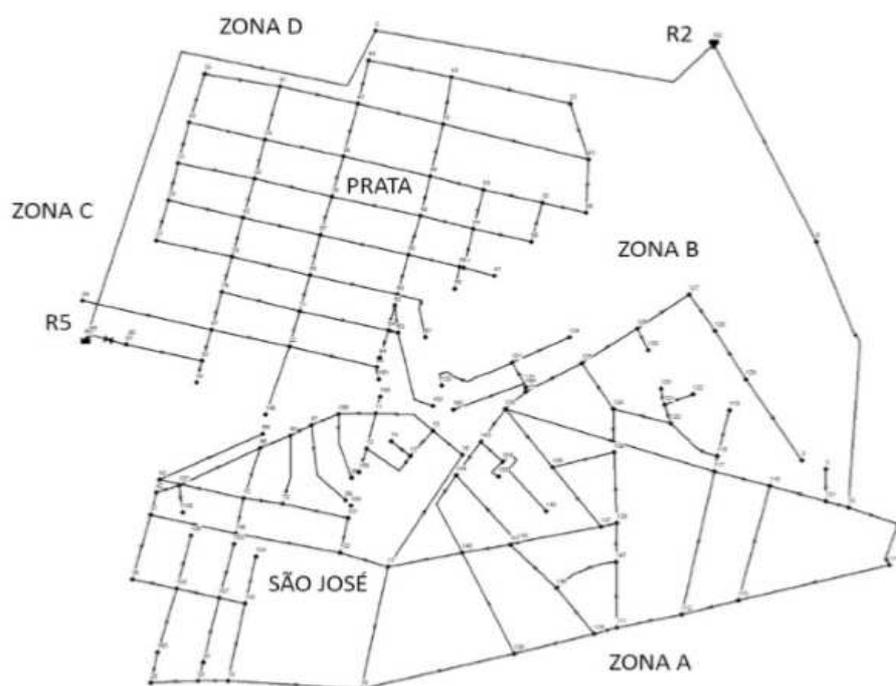


Figura 2. Modelo hidráulico no EPANET. Fonte: Nascimento et al. (2016).

Nascimento et al. (2016), fornece alguns dados relativos a rede em questão, como a vazão total consumida, consumo per capita de 1502,3 m<sup>3</sup>/dia e 176 L/hab.dia, respectivamente. A duração escolhida para a simulação foi de 168 horas, com início a zero hora.

Os valores adotados para os coeficientes de rugosidade, 120 para cimento amianto e 135 para PVC, utilizados pela fórmula de Hazen-Williams e requeridos pelo EPANET 2.0, foram estabelecidos a partir dos materiais das canalizações.

Para a determinação do consumo-base em cada nó, foi realizado o levantamento do número de lotes através de plantas baixas do bairro e das imagens de satélite do *Google Earth*, e admitido uma média de 3,3 habitantes por lote, conforme o Plano Municipal de Saneamento Básico da cidade de Campina Grande (PMSB, 2014). O produto da população atendida apresentada pelo nó e o consumo per capita do bairro possibilita a determinação do consumo-base para cada nó (NASCIMENTO, 2016).

Assim, pelo método da tentativa e erro que visa reduzir a diferença entre os valores de CRL simulados e os observados em campo até que os valores das concentrações observadas sejam maiores ou iguais aos simuladas pode ser estimando o valor de  $k_w$ .

## RESULTADOS

O decaimento do CRL ao longo do tempo, determinado pelo teste da garrafa, em seus respectivos dias de análise, pode ser visualizado nas Figuras 3 e 4, respectivamente.

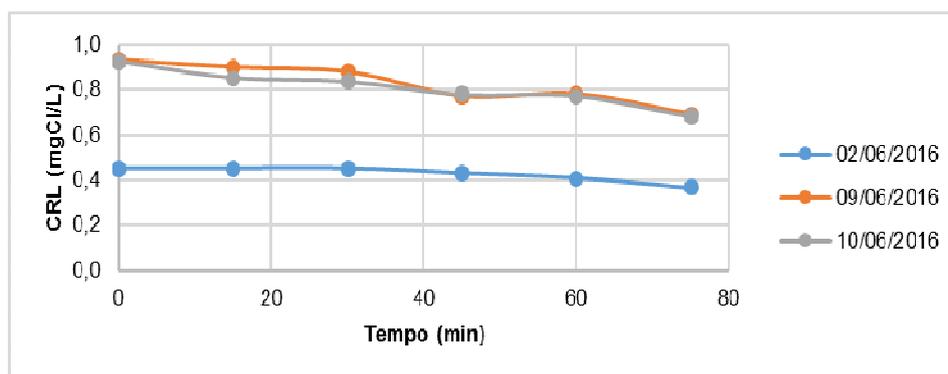


Figura 3. Decaimento do CRL determinado pelo teste da garrafa no Trecho I

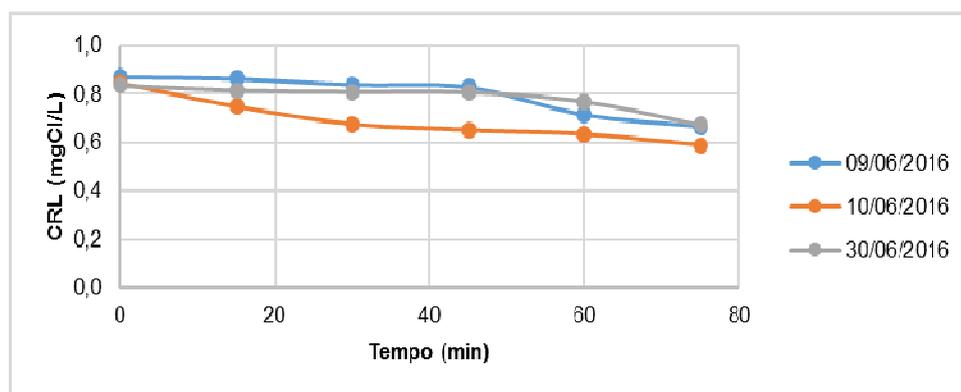


Figura 4. Decaimento do CRL determinado pelo teste da garrafa no Trecho II

Como pode ser observado, o decaimento do CRL apresenta comportamento semelhante a uma reação de primeira ordem. Então, para a determinação de  $k_b$  foi utilizado o método proposto por ROSSMAN (2000). Os valores de  $k_b$  obtidos pelo teste da garrafa estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Valores de  $k_b$  obtidos pelo teste da garrafa

|           |                            | 02/06/2016 | 09/06/2016 | 10/06/2016 |
|-----------|----------------------------|------------|------------|------------|
| Trecho I  | $k_b$ (dia <sup>-1</sup> ) | 0,115      | 0,163      | 0,154      |
|           | $R^2$                      | 0,80       | 0,92       | 0,94       |
| Trecho II | $k_b$ (dia <sup>-1</sup> ) | 0,154      | 0,192      | 0,096      |
|           | $R^2$                      | 0,84       | 0,94       | 0,72       |

Os valores médios de  $k_b$  para os Trechos I e II foram de 0,144 dia<sup>-1</sup> e 0,147 dia<sup>-1</sup>, respectivamente, para a temperatura média de 26,9 °C em ambos os trechos.

Após determinação dos coeficientes de decaimento no volume do escoamento, foi realizada a simulação com o EPANET para a estimar os valores de  $k_w$  sendo verificanda a diferença entre os valores de CRL observados em campo e os simulados.

No início da simulação foram atribuídos para os nós os valores de qualidade igual a zero e o valor de  $k_b$  com sinal negativo, já que se trata de uma reação de decaimento. Para a execução da simulação foi utilizado como qualidade inicial os valores médios de CRL da saída do R5 e como valores finais as médias das concentrações observadas no final dos Trechos I e II.

Para os ajustes de  $k_w$  pelo método da tentativa e erro foi realizada a simulação a partir do valor zero e posterior variação em intervalos de 0,01. Os valores ajustados de  $k_w$  e seus respectivos resíduos para os Trecho I e II, estão ilustrados da Figura 5.

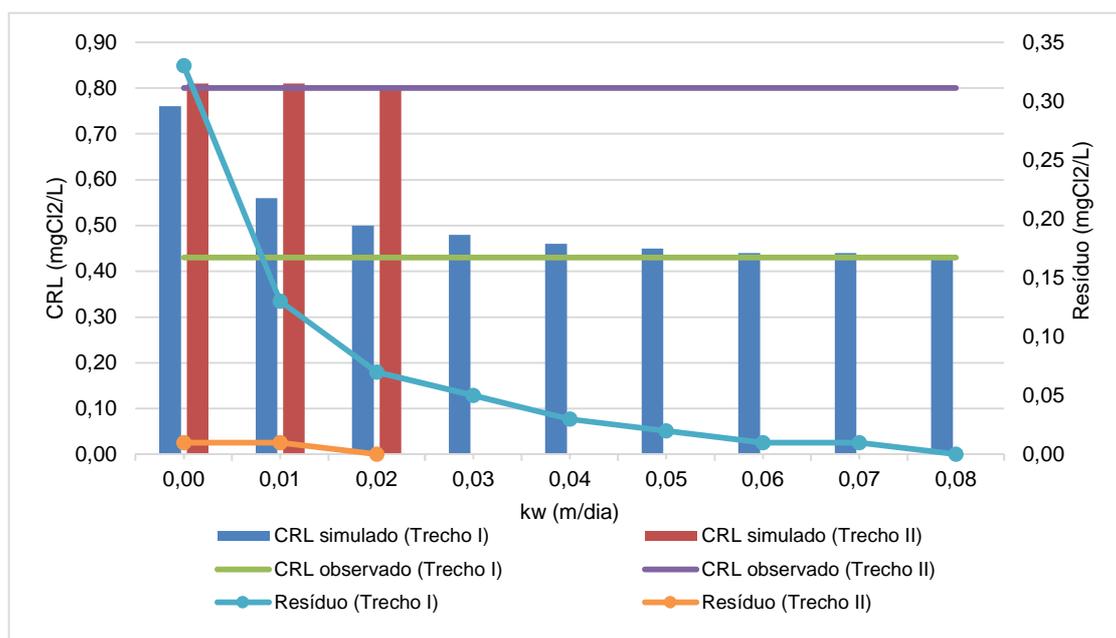


Figura 5. Valores ajustados de kw e seus respectivos resíduos para os Trechos I e II.

Para o valor da constante de decaimento na parede igual a zero, foram observados valores de CRL acima dos simulados, em ambos os trechos, evidenciando a existência da degradação do CRL nas paredes das tubulações. Dessa maneira, foi realizado o ajuste de  $k_w$ , obtendo-se os valores de 0,08 e 0,02 m/dia para os Trechos I e II, respectivamente.

## CONCLUSÕES

A determinação dos coeficientes cinéticos de degradação de CRL tanto no volume do escoamento como na parede das tubulações foi satisfatória, pois mostrou o comportamento da degradação da substância estudada ao longo dos trechos da rede de abastecimento de água.

Desta forma pode ser observada a necessidade da determinação desses coeficientes para outros tipos de tubulações com características diferentes, pois o uso de coeficientes confiáveis permite a realização de simulações do comportamento do desinfetante na rede de distribuição de água e possibilita diagnosticar as vulnerabilidades do sistema.

Este estudo permite subsidiar a elaboração de cenários de alterações de infraestrutura e operacionais na estação de tratamento e em outras unidades do sistema, bem como a elaboração de programas de manutenção, a fim de manter uma desinfecção adequada e atender à legislação vigente.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA, A.W.W.A. WEF, 2012. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**.
2. Nascimento, R. S., Curi, R. C., Curi, W. F., Oliveira, R., Santana, C. F. D., Meira, C. M. B. S. **Simulação de alterações numa ETA convencional de porte médio para a produção de água segura**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos. V. 21, n. 2, p. 439-450, jun. 2016.
3. Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB). Secretaria de Planejamento. **Diagnóstico da Situação dos Serviços de Saneamento Básico**. In: Conferência Municipal de Saneamento Básico de Campina Grande, 1., 2014, Campina Grande. Anais...Campina Grande: UFCG, 2014.
4. Richter, C.A. **Água: métodos e tecnologia de tratamento**. São Paulo: Blucher, 2009. 340p.
5. Rossman, L. A. (2000) **EPANET 2 users manual**. Environmental Protection Agency, Cincinnati, Oh. Set. 2000. Disponível em: < <http://nepis.epa.gov/Adobe/PDF/P1007WWU.pdf>>. Acessado: 21 de julho de 2016.