

I-091 - DEFINIÇÃO DOS PONTOS DE COLETA EM REDES DE DISTRIBUIÇÃO UTILIZANDO A MODELAGEM MATEMÁTICA PARA SIMULAÇÃO DE DECAIMENTO DO CLORO RESIDUAL LIVRE

Nora Katia Saavedra del Aguila Hoffmann⁽¹⁾

Doutora em Hidráulica e Saneamento pela EESC – USP. Professora associada da Escola de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Goiás (EECA/PPGEAS/UFG).

Luciano de Oliveira⁽²⁾

Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Uberlândia. Mestre em Engenharia Ambiental e Sanitária pela Escola de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Goiás (EECA/PPGEAS/UFG).

Endereço⁽²⁾: Rua 20, Quadra 47, Lote 02A, - JK Nova Capital - Anápolis - GO - CEP: 75114-410 - Brasil - Telefone: (62) 9 9353 5370 - e-mail: oliveira.luciano.eng@gmail.com

RESUMO

Na elaboração dos planos de amostragem para monitoramento dos parâmetros de qualidade, os pontos de coleta de água nas redes de distribuição geralmente são escolhidos aleatoriamente. No caso específico das análises para obtenção das concentrações de cloro residual livre (CRL), muitas vezes são escolhidos pontos onde os valores mínimos ou máximos permitidos pela legislação poderiam causar prejuízos mais significativos se comparados a outros, como por exemplo, na água que abastece escolas e hospitais ou em pontos supostamente mais sujeitos ao decaimento do desinfetante. Considerando este problema, uma alternativa que permita avaliar o decaimento do cloro residual livre ao longo das tubulações foi estudada neste trabalho. A proposta foi a utilização da modelagem matemática através do software EPANET para prever o comportamento do CRL como método que poderá auxiliar a tomada de decisão dos técnicos responsáveis pelo monitoramento deste parâmetro da qualidade.

O estudo foi realizado em um sistema de abastecimento com redes de distribuição abastecidas por um reservatório elevado, alimentado por água de manancial subterrâneo. Os resultados mostraram que o software EPANET foi adequado para simulações da qualidade da água, sendo possível determinar, através da avaliação dos tempos de percurso, o nó crítico que possivelmente estará mais sujeito a valores de concentração de CRL menores que 0,2 mg/L, definido como o mínimo permitido na legislação brasileira

PALAVRAS-CHAVE: Modelagem Matemática, EPANET, Decaimento do Cloro, Plano de Amostragem.

INTRODUÇÃO

Geralmente o monitoramento dos parâmetros da qualidade da água em pontos específicos da rede de abastecimento, inclusive o cloro residual livre, é determinado por um plano de amostragem que se torna a principal opção na gestão técnica, inclusive para verificar o atendimento à legislação. Esta forma de acompanhamento pode não ser a mais adequada, devido a que os períodos e locais de coleta das amostras não sejam representativos e não demonstrem o comportamento real do desinfetante no sistema de abastecimento.

A legislação brasileira não determina critérios para a escolha dos pontos de amostragem e fixa o número e a frequência de coleta de amostras nas redes em função da população atendida por um determinado sistema de abastecimento. Na prática é comum adotar pontos extremos na rede, pontos considerados mais críticos (junto a hospitais, escolas, etc.), entre outras alternativas. A inexistência de uma metodologia para a seleção de pontos de amostragem em redes de distribuição pode comprometer sensivelmente a eficácia do monitoramento da amostragem (NETO *et al.*, 2000). Atualmente os requisitos previstos na portaria consolidada PRC-5 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2017) continuam exigindo apenas uma distribuição uniforme das coletas ao longo do período em pontos representativos do sistema de distribuição, combinando critérios de abrangência espacial e pontos estratégicos.

De forma a satisfazer os requisitos regulamentares e as necessidades dos consumidores em relação à qualidade da água tratada, as entidades gestoras sentem a necessidade de compreender melhor os movimentos e

transformações que a água destinada ao consumo humano está sujeita dentro dos sistemas de distribuição. A portaria consolidada PRC-5 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2017) determina que os valores mínimos e máximos permitidos das concentrações de CRL na rede de distribuição são 0,2 mg/L e 2,0 mg/L.

A modelagem matemática da qualidade da água, inclusive com o emprego de programas de computador, representa uma alternativa viável para que se possa conhecer e assegurar um desempenho satisfatório do desinfetante ao longo da rede, através da geração de dados de simulação para diversos cenários de funcionamento que indiquem as melhorias necessárias na infraestrutura e nos procedimentos de manutenção e operação, auxiliando na previsão do comportamento deste parâmetro da qualidade da água na busca de ações operacionais mais eficazes.

É possível criar modelos hidráulicos e de qualidade que prevejam as propriedades da água através do sistema de distribuição de água no tempo e no espaço, utilizando o conhecimento de comportamento físico-químico da água e a modelagem computacional (SALDARRIAGA *et al.*, 2016).

A simulação de diferentes cenários que ocorrem em uma rede de distribuição de água pode ser realizada utilizando uma ferramenta poderosa, o modelo matemático, sem a realização de experimentação física (MARTÍNEZ-SOLANO *et al.*, 2017).

O software EPANET pode ser usado em diferentes tipos de aplicações na análise de sistemas de distribuição, dentre estas, o projeto do programa de amostragem. O simulador pode ajudar a avaliar estratégias de gerenciamento alternativas para melhorar a qualidade da água em todo um sistema (MADZIVHANDILA *et al.*, 2017). A avaliação do tempo de percurso permite conhecer o funcionamento hidráulico de um sistema. É possível verificar os caminhos preferenciais, pontos de menor movimento ou de estagnação que podem, por exemplo, serem escolhidos para coleta e análise de amostras para o controle da qualidade da água (COELHO *et al.*, 2006).

A tomada de decisão para escolha dos pontos de amostragem é auxiliada somente com o modelo de simulação, sendo a única ferramenta que identifica com clareza estes locais (COELHO *et al.*, 2006).

A importância do conhecimento sobre o comportamento das concentrações do cloro residual livre na água transportada, ao longo do tempo nas tubulações das redes de distribuição até o ponto de consumo, demonstra a necessidade de estudos detalhados que permitam o gerenciamento adequado através da definição de pontos críticos para coleta visando o atendimento às expectativas dos órgãos fiscalizadores e dos consumidores em relação à qualidade da água.

A intenção deste trabalho foi a construção de modelos hidráulicos e de qualidade da água utilizando o software EPANET, para avaliar o decaimento do cloro residual livre em redes de distribuição de água, que possam servir de referência para aplicação nas rotinas operacionais de sistemas de abastecimento de água, mais especificamente na definição dos pontos de coleta água mais susceptíveis às baixas concentrações de cloro residual livre.

MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo compreendeu o sistema de abastecimento de água do Condomínio Terras Alphaville, localizado na cidade de Anápolis, no estado de Goiás (Brasil). A primeira ligação de água realizada pela concessionária responsável pelo sistema de abastecimento ocorreu no dia 13/10/2015. Conforme pode ser observado na figura 01, é composto por um poço profundo, cuja bomba submersível recalca água bruta até o reservatório elevado (Rel) de concreto projetado para abastecer as redes de distribuição do condomínio composto por 336 lotes. A quantidade de ligações de água existente no mês de maio de 2018 foi igual a 24 (Saneago, 2018). A população atendida, considerando o número igual a 3,21 habitantes por domicílio para a cidade de Anápolis (IBGE, 2010), é estimada de aproximadamente 77 pessoas.

A cloração é realizada por equipamento gerador de cloro a partir da reação eletroquímica do cloreto de sódio. A solução é aplicada diretamente no reservatório de distribuição.

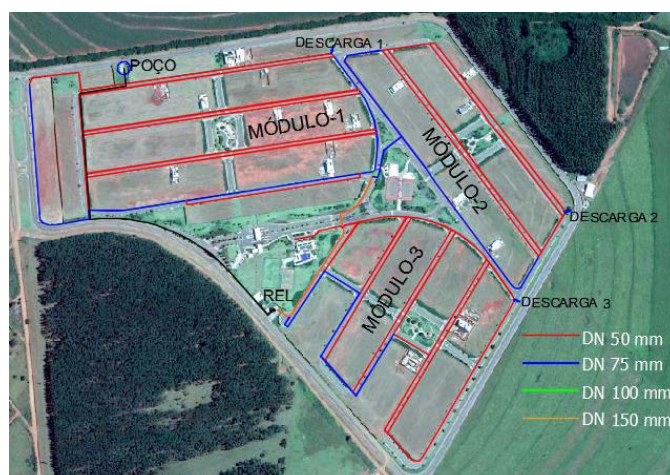


Figura 01 – Área do Condomínio Terras Alphaville, localização do poço profundo, reservatório elevado (Rel) e módulos da rede de distribuição (Fonte: imagem Google Earth, 2018).

As simulações ocorreram com auxílio do programa de computador EPANET 2.0, por ser considerado um *software* utilizado mundialmente, confiável e de distribuição gratuita. No programa foi utilizada a opção de cálculo dos tempos de percurso (idade da água) para permitir o conhecimento sobre o funcionamento hidráulico do sistema e definir o ponto crítico de coleta.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As redes de distribuição configuradas no EPANET estão mostradas na figura 02.

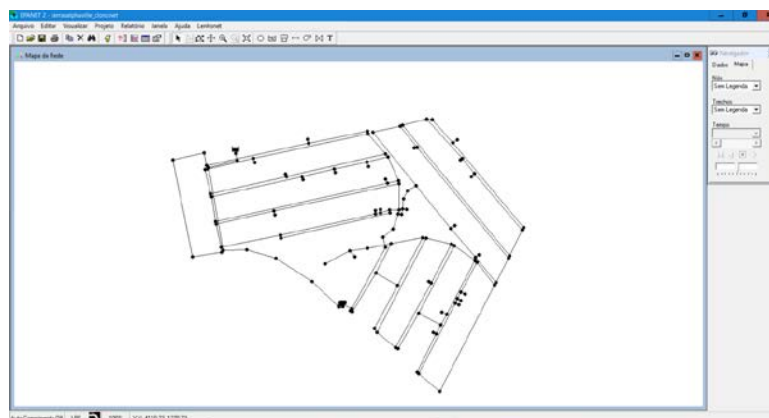
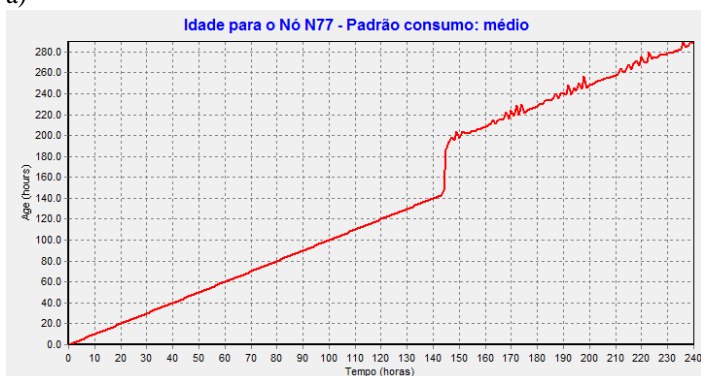


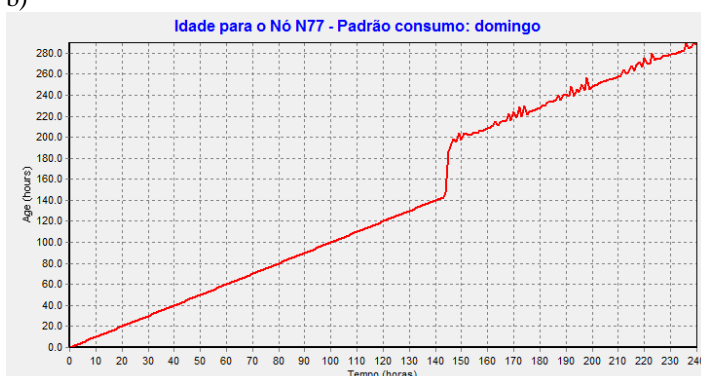
Figura 02 – Rede no EPANET 2.0 do Condomínio Terras Alphaville

A figura 03 mostra os resultados obtidos para as simulações da qualidade no EPANET relacionadas ao maior tempo de percurso (nó crítico) para os padrões de consumo médio, de domingo e de segunda-feira no Condomínio Terras Alphaville.

a)



b)



c)

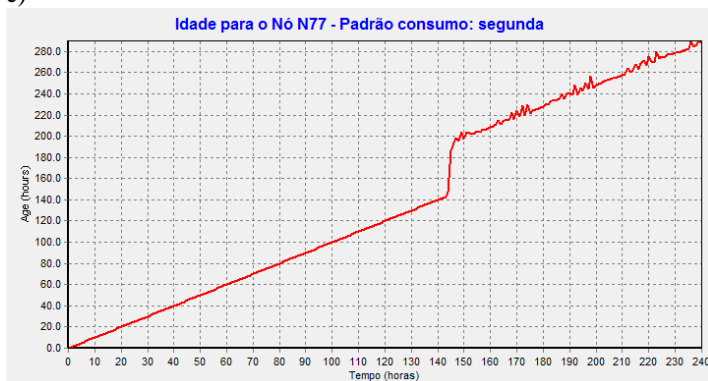


Figura 03 – Gráficos de séries temporais do nó N77 no condomínio Terras Alphaville: a) padrão de consumo médio; b) padrão de consumo de domingo; c) padrão de consumo de segunda-feira

Para a rede de distribuição do Condomínio Terras Alphaville todos os gráficos de séries temporais apresentaram tempos de percurso iguais a 144 horas, para os padrões de consumo de domingo, de segunda-feira e médio de consumo.

O nó crítico avaliado durante as simulações para o tempo de percurso e decaimento do cloro pode ser localizado no mapa da figura 04.



Figura 04 – Nó crítico para avaliação dos dados após a simulação (Fonte: próprio autor).

Como resultado da comparação, parece que o nó N77 é o mais indicado para que se torne ponto de coleta para avaliação do cloro residual livre que poderá apresentar concentrações residuais menores que valor mínimo permitido de 0,20 mg/L, definido pela legislação brasileira.

Analisando os todos os nós após a simulação na rede de distribuição da área de estudo, foi possível identificar, nos gráficos de séries temporais, que as diferenças de vazão e velocidade nos trechos resulta em tempos de percurso distintos. O baixo adensamento populacional indicou tempos de percurso muito próximos, independente do padrão de consumo avaliado.

CONCLUSÕES

O EPANET simulou satisfatoriamente os tempos de percurso da água e o decaimento do cloro residual nas redes de abastecimento. Os resultados apontaram para uma ferramenta de gestão eficiente que auxilia na tomada de decisões no momento de definição dos pontos de coleta que comporão o plano de amostragem para uma determinada área de influência. Estas avaliações técnicas contribuem para garantir a saúde pública e atender os requisitos legais.

Planejar o desenvolvimento contínuo dos modelos, o estabelecimento dos procedimentos de manutenção e atualização do modelo matemático, interligação com o sistema de informação e atualização do *software* são ações que podem ser implantadas e gerenciadas pela empresa responsável pela gestão do SAA.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a empresa Saneamento de Goiás S.A. (Saneago) da cidade de Anápolis pela colaboração na realização do presente trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BRASIL, Ministério da Saúde. Portaria MS nº 2914 de 12 de dezembro de 2011 (anexo XX da PRC-5 de 2017, do Ministério da Saúde). *Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade*. Secretaria de Vigilância em Saúde. Brasília/DF, 2011.
2. COELHO, S.T.; LOUREIRO, D.; ALEGRE, H. *Modelação e análise de sistemas de abastecimento de água*. Manual, serie IRAR-LNEC, edições IRAR, Lisboa, 2006.

3. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/painel/populacao.php?lang=&codmun=520110&search=goias|anapolis|info%EFicos:-evolu%E7%E3o-populacional-e-pir%E2mide-et%E1ria> . Acesso em 10 de dezembro de 2017.
4. MADZIVHANDILA, V., CHIRWA, E.M.N. (2017). *Modeling Chlorine Decay in Drinking Water Distribution Systems using Aquasim*. *Chemical Engineering Transactions*, v. 57, p. 1111-1116. DOI: 10.3303/CET1757186
5. MARTÍNEZ-SOLANO, J F.; IGLESIAS-REY, P.L.; MORA-MELIÁ, D.; FUERTES-MIQUEL, V.S. (2017). *Exact skeletonization method in water distribution systems for hydraulic and quality models*. *Procedia Engineering*, v. 186, p. 286-293.
6. NETO, J.G.V.; KOIDE, S.; BRANDÃO, C.C.S. (2000). *Metodologia para seleção de pontos de amostragem de água em redes de distribuição*. In: XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental. Porto Alegre/RS. ABES.
7. SILDARRIAGA J.G.; DÍAZ, O.R.; BOHÓRQUEZ, J.M. (2016) *Water Quality Model Calibration in Potable Water Distribution Systems*. In: World Environmental and Water Resources Congress, West Palm Beach, Florida. American Society of Civil Engineers (ASCE), p. 542-552. DOI: 10.1061/9780784479865.057