

ANÁLISE DOS LOCAIS ÓTIMOS PARA MONITORAMENTO VISANDO DETECTAR PROBLEMAS DE CONTAMINAÇÃO EM REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

Gustavo Gonçalves Oliveira

Orientadora: Prof. Maria Mercedes Gamboa Medina

Escola de Engenharia de São Carlos - EESC-USP

gustavogoncalves@usp.br

Objetivos

O objetivo geral é estudar, implementar e analisar uma metodologia para determinar a localização ótima de sensores em uma rede de distribuição de água para abastecimento, visando a detecção de poluentes.

Métodos e Procedimentos

Considerando a aplicabilidade do modelo utilizando sensores reais, foi encontrado que a a maior parte deles registra parâmetros como temperatura, potencial hidrogeniônico (pH), cloro residual, e amônia. Assim, foi selecionada como objeto do estudo a cadeia de reações da monoclaramina, que contém amônia (NH₃), facilmente detectável, e que, em grandes quantidades, apresenta riscos à saúde (Machado et al, 2005).

Para a aplicação do modelo, o Departamento Autônomo de Água e Esgotos (Daae) da cidade de Araraquara – SP forneceu dados da rede de um bairro, nesta cidade, com 879 nós. Estes foram manipulados no EPANET, programa para simulação hidráulica de redes sob pressão. Dentro dele, foi utilizada, através de um programa em Python desenvolvido nesta pesquisa, a extensão MSX, com a qual é possível modelar a qualidade da água e ainda o decaimento ou reação de poluentes na rede. A otimização da localização de sensores para detecção dos poluentes envolveu 3 objetivos: f1, o tempo esperado de detecção, f2, o consumo esperado de água contaminada antes da detecção, e f3, a probabilidade de detecção dentre os diversos cenários de uma simulação. f1 e f2 devem ser minimizados, e, f3, maximizado.

Para este problema multiobjetivo, em que não existe uma solução única que satisfaz a todos os objetivos da mesma forma, foi utilizado o algoritmo genético NSGA-II. Em suas várias iterações, o algoritmo calcula os valores das funções objetivo (FOs), utilizando o modelo construído com a extensão MSX, para um grande conjunto de soluções (sendo cada solução a localização de um grupo de sensores), chegando a um conjunto de soluções não dominadas (Dias, 2006). Entre elas, é eleita aquela com menor distância euclidiana entre as 3 FOs e a origem.

Para analisar a influência de diversas variáveis na poluição da rede e nos resultados da otimização, foram escolhidas a concentração global de carbono orgânico total (TOC), um dos reagentes na cadeia, assim como sua concentração em uma eventual fonte de poluição, e o horário de início do evento de poluição. Para cada uma dessas variáveis, foram realizadas diversas simulações em função de seu valor.

Na análise final, foram utilizados todos os cenários desenvolvidos na análise de variáveis.

Resultados

Os gráficos referentes aos resultados das análises de variáveis estão apresentados na figura 1. Pode-se observar, no geral, uma diminuição nos valores de f1 e f2 associada ao aumento na concentração global de TOC.

Quanto ao aumento na concentração de TOC na fonte de poluição, ocorre uma diminuição nos valores de f1, e a ausência de padrões definidos em f2, podendo ser observado um comportamento inesperado no caso em que a concentração é de 0,0014 mol/L. Neste ponto, ocorre a formação de NH₃ em um novo local da

rede, no valor do limite detectado na modelagem. Essa formação estava presente nos níveis anteriores, crescendo junto à concentração de TOC, mas não ultrapassando o mínimo, portanto não sendo detectada; assim, tem-se uma limitação do método. Em relação ao horário de poluição, há uma diminuição nos valores de f1 com o aumento no horário, e consequentemente no padrão de consumo.

Quanto a f3, ocorre detecção em todas as simulações, exceto na concentração global de 0,0001 mol/L, em que há detecção em 4 dos 5 cenários.

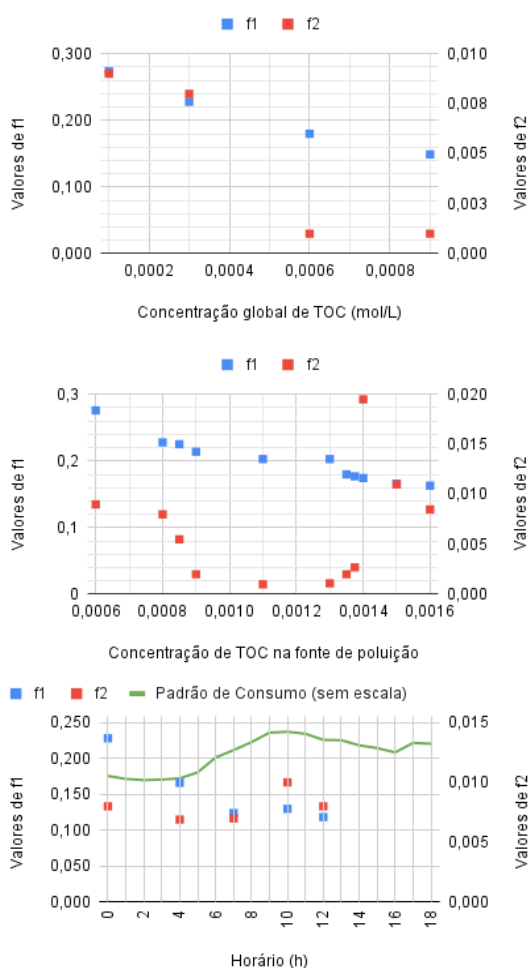


Figura 1: FOs para cada simulação, considerando a concentração global de TOC (cima), a concentração na fonte de poluição (meio) e horário do evento de poluição (baixo).

Na análise final, foram encontradas 2 soluções empatadas com distância euclidiana das FOs de 0,2283, 34% da média das soluções não dominadas (0,6714). A repetição das

simulações encontrou resultados similares, com desvio padrão de 0,0122 para as médias, demonstrando a convergência do algoritmo.

A localização dos pontos de cada solução está apresentada na figura 2. É possível observar uma boa distribuição na rede e a repetição de algumas regiões entre as soluções.

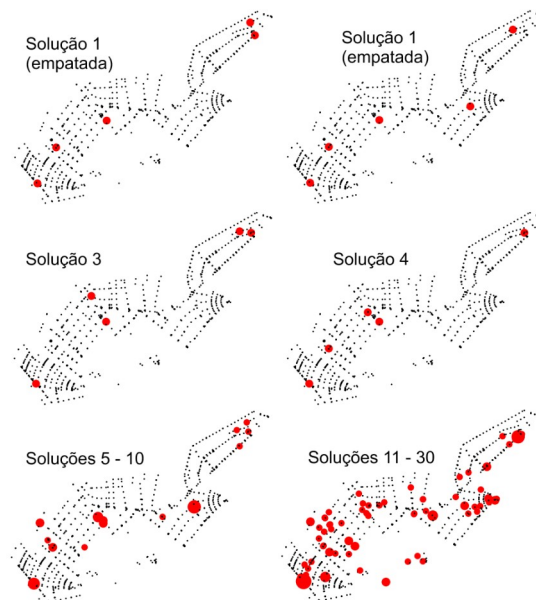


Figura 2: Localização de soluções na rede; nas imagens com múltiplas soluções, o tamanho do círculo é proporcional à frequência de aparição.

Conclusões

Encontrou-se que o método é capaz de encontrar resultados consistentes e melhores do que a média das demais soluções. Além disso, a concentração de poluentes, tanto global quanto na fonte de poluição, e o horário de poluição, interferem no tempo de detecção e quantidade de água poluída consumida, mas menos na capacidade de detecção.

Referências Bibliográficas

- MACHADO, Alessandro Conceição, et al. **Adequação metodológica para análise de amônia, em matrizes aquosas, aos princípios da química verde.** 2015.
- DIAS, L. F. de S., **Estudo da localização otimizada de equipamentos para detecção de contaminação em redes de distribuição de água.** Dissertação (mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, 2006.