

SELEÇÃO ALGORITMO DE AGRUPAMENTO PARA A FORMAÇÃO DE DISTRITOS DE MEDIÇÃO E CONTROLE EM REDES DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA - APLICAÇÃO

Palavras-Chave: Água, Agrupamento, Rede

Autores(as):

Lucas Valadares Marinho, DRH - FECFAU

Prof. Dr. José Gilberto Dalfré Filho, DRH - FECFAU

Me. Daniela Bonazzi Sodek, DRH - FECFAU

INTRODUÇÃO:

Da captação da água bruta no manancial, adução, tratamento e armazenamento até sua circulação pelas redes, o sistema de abastecimento é assolado por perdas reais e aparentes. As perdas reais referem-se ao volume de água produzido que não chega ao consumidor, consequência de vazamentos nas adutoras, redes de distribuição e reservatórios (TSUTIYA, 2006), devido à idade das tubulações, pressão na rede, corrosão, vibração, falta de manutenção (THORNTON; STURM; KUNKEL, 2008). As perdas aparentes englobam o volume de água consumido, porém não faturado pela companhia de saneamento (AWWA, 2009). Ainda que utópica a existência de um sistema com perdas nulas, deve-se buscar soluções que tornem as grandezas desses volumes perdidos aceitáveis do ponto de vista econômico, operacional e ambiental.

O primeiro passo para o controle e diminuição das perdas é a identificação do volume correspondente e dos pontos críticos através de balanço hídrico, com o auxílio da divisão da rede em Distritos de Medição e Controle (DMC) ferramenta que potencializa o controle de perdas, ao averiguar a pressão e vazão através da mínima noturna, e facilitar a detecção de vazamentos localmente. Tradicionalmente a divisão do sistema de abastecimento nessas áreas menores e mais gerenciáveis é feita por meio da identificação de núcleos isolados da rede pela inserção de uma válvula e/ou de medidores de vazão na tubulação, com base no número de ligações de água. De acordo com a NBR 12218 os DMCs devem conter no máximo 5000 ligações ou uma extensão máxima de 25Km de rede (ABNT, 2017).

Na última década, vários procedimentos foram desenvolvidos para otimizar a divisão da rede, Water Net Partitioning (WNP), em DMCs, utilizando inteligência artificial, principalmente com a aplicação de algoritmos de agrupamento (clustering) e divisão (GIUDICIANNI et al., 2020a). Muitos são os aspectos que devem ser considerados durante os processos de WNP, desde porcentagens limites de vazamentos, a topografia local, o número de nódulos de consumo do distrito, até a qualidade da água

nas adutoras (Farley, 2001). A International Water Association coloca como critério de dimensionamento o número de núcleos de consumo e conexões com áreas urbanas. Porém, fatores locais e características da própria rede se mostram preponderantes como limitantes de tamanho de distritos (Huang, et al., 2018), assim como o número de fontes que abastecem dados setores (Di Nardo et al, 2013). Dessa forma, a determinação dos distritos é um problema complexo de layout, sendo apenas recentemente explorado na literatura científica com o auxílio de diversos algoritmos e inteligências de otimização, de forma que o número e localização dos acessórios, válvulas e medidores, seja o mais vantajoso em termos econômicos e operacionais (Savic & Ferrari, 2014).

Neste trabalho, o algoritmo proposto por Scarpa, et al (2016), foi estudado e aplicado em uma rede fictícia amplamente conhecida na literatura, chamada “Net3”, através da elaboração de um código em linguagem Python e com a utilização das ferramentas Epanet, NetworkX e WNTR. Com isso, foi possível explorar as funcionalidades e identificar algumas lacunas nas informações disponibilizadas sobre elas. Assim, este trabalho busca aplicar um dos algoritmos disponíveis na literatura em um caso prático, verificando a sua funcionalidade e o processo para essa aplicação.

METODOLOGIA:

Inicialmente, seriam pesquisados códigos na linguagem de programação Python em plataformas como GitHub, nas quais os scripts são abertos ao público e podem ser modificados para se adequarem a outras problemáticas, e seria escolhido um código para ser utilizado e alterado. Contudo, após a análise de alguns códigos existentes e do método escolhido de agrupamento, foi preferido elaborar um código novo o qual já será adaptado e funcionará em uma rede de distribuição fictícia. Sendo assim, a metodologia se constituiu em analisar o algoritmo escolhido e transformar os pensamentos e os processos descritos no método em um código Python funcional em uma rede fictícia.

Além disso, as plataformas de códigos, como GitHub e Stack Overflow, foram utilizadas para sanar dúvidas de programação e trazer ideias para a elaboração do novo código. Ainda, os sites das extensões NetworkX e WNTR foram muito utilizados para entender o funcionamento dessas ferramentas e permitir a aplicação do método elaborado por Scarpa, et al (2016), em um programa na linguagem Python. Portanto, os passos foram: Identificar o método a ser utilizado; Desenvolver o código e, simultaneamente, pesquisar sobre as ferramentas utilizadas para tal.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Após a análise dos métodos estudados foi possível identificar o método elaborado por Scarpa, et al (2016), como o melhor método para a aplicação neste trabalho, devido a sua relativa simplicidade e sua robustez, já que realiza um processo indispensável de refinamento ao fim do processo. Feito isso, foi escolhida uma rede fictícia chamada Net3, disponibilizada para download no site da ferramenta WNTR, para realizar os testes conforme o desenvolvimento do código. Essa rede possui características satisfatórias para os testes, já que apresenta um tamanho considerável e contém 2 reservatórios,

aumentando assim a sua complexidade. Enfim, as extensões NetworkX e WNTR foram importadas e a criação do código foi iniciada.

Através do WNTR, foi possível transformar o arquivo “.INP”, utilizado no software Epanet para representar de redes de distribuição, em um formato analisável em linguagem Python. Além disso, a ferramenta permitiu a realização de simulações hidráulicas na rede em estudo e a extração dos resultados para análise do algoritmo. Por fim, essa plataforma possibilitou a transformação da rede em um grafo para ser analisado segundo a Teoria dos Grafos (“*Graph Theory*”).

Através do NetworkX, foi possível utilizar algoritmos conhecidos da Teoria dos Grafos e já presentes na ferramenta como “funções”, como *Breadth First Search* (BFS) e *Dijkstra Path*. Assim, essa plataforma foi utilizada para facilitar a aplicação do método de setorização em estudo, por meio da execução desses algoritmos.

Diante disso, foi-se seguindo os passos descritos por Scarpa, et al (2016) e os transformando em linhas de código na linguagem Python, sendo calculados os parâmetros necessários para o programa decidir qual a melhor setorização para os dados de entrada fornecidos pelo usuário. Dentre eles, foi preciso fornecer: pressão mínima de uso, nome dos reservatórios e número mínimo de nós desejado em cada DMC final. Com isso, foi possível obter a melhor forma de agrupar a rede fictícia de acordo com os *inputs* fornecidos, tendo como *output* o número de DMCs e os nós pertencentes a cada um.

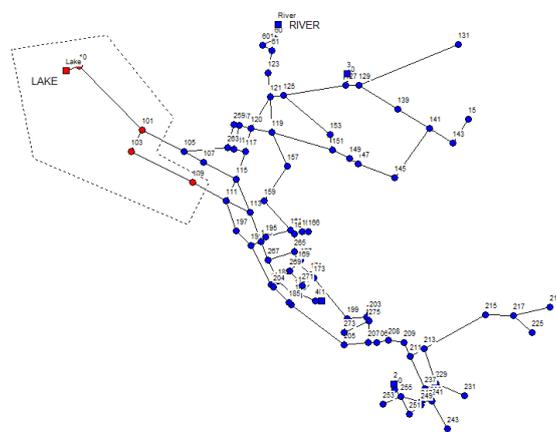


Figura 1: Mapa feito com dados de um possível output

Ademais, durante o desenvolvimento da pesquisa de aplicação do método de divisão e agrupamento proposto por Scarpa et al (2016), notou-se uma falta de clareza quanto à utilização de algumas ferramentas do WNTR. Entre elas, o comando “Control” e “ControlAction”, as quais foram utilizadas em conjunto para o fim desejado nesta pesquisa e foram as principais fontes de dúvidas durante a elaboração do código. Diante desse cenário, foi elaborado um resumo, o qual é aplicado como mostra a Figura 2, para facilitar a utilização futura dessas funcionalidades como segue:

1. Criar uma lista para armazenar os controles e outra para armazenar os seus nomes (neste caso, “controls_list” e “controls_list_names”)
2. Criar uma rede idêntica à rede em estudo, mas com um nome diferente (neste caso, “wn2”)
3. Para cada tubulação de fronteira, associar a tubulação em formato do WNTR a uma variável (neste caso, “pipe”)
4. Criar a condição de tempo para o fechamento das tubulações, utilizando o “>=”
5. Criar a ação a ser realizada (neste caso, alterar o “status” do “pipe” para “0”)

6. Criar o controle (junção de ação e condição) a ser executado, definindo sua prioridade como alta (“4”) e dando um nome a ele (neste caso, “close_pipeX”, sendo que o X irá variar para cada tubulação a ser fechada)
7. Adicionar cada controle e seu nome às suas respectivas listas
8. Adicionar os controles à rede criada no passo 2
9. Executar a simulação e obter os resultados

```

#Para o caso em estudo, temos somente uma combinação possível. Assim, temos:
N0 = int(input("Digite o número mínimo de nós do DMA:"))
if N0 > len(edmas['Lake']):
    controls_list = [] #Passo 1
    controls_list_names = [] #Passo 1
    wn2 = wntr.network.WaterNetworkModel(epanet) #Passo 2

    cont = 1
    for i in range(0,len(fronteiras_label)):
        for a in fronteiras[fronteiras_label[i]]:
            (no_1, no_2) = a
            pipe = wn2.get_link(nome_link(no_1,no_2)) #Passo 3
            condition_close = controls.SimTimeCondition(wn2, '>=', '00:00:00') #Passo 4
            action_tubo_ind = controls.ControlAction(pipe, 'status', 0) #Passo 5
            control_close_aux = controls.Control(condition_close, action_tubo_ind, priority = 4, name = 'close_pipe' + str(cont)) #Passo 6
            nome = 'close_pipe' + str(cont)
            cont += 1
            controls_list.append(control_close_aux) #Passo 7
            controls_list_names.append(nome) #Passo 7
        for control in controls_list:
            wn2.add_control(controls_list_names[controls_list.index(control)], control) #Passo 8

    sim_2 = wntr.sim.EpanetSimulator(wn2) #Passo 9
    results2 = sim_2.run_sim() #Passo 9
    Ir_2 = todini_index(wn2, sim_2, pressao_req, nomes_res)

```

Figura 2: Solução para o uso de controles e simulação

Por fim, é possível perceber que algumas ferramentas úteis para a confecção de trabalhos, criações de novos processos e que podem contribuir para uma evolução nas análises de redes de distribuição não possuem algumas explicações de fácil acesso para sanar as dúvidas dos usuários. Sendo assim, códigos como o exemplificado na Figura 16 são relevantes para facilitar o uso das ferramentas no WNTR, para usuários ainda inexperientes.

CONCLUSÕES:

Portanto, é importante dividir as grandes redes de distribuição de água em DMCs, já que isso permite a identificação de vazamentos localmente e possibilita a análise do sistema de abastecimento em parcelas menores e melhor gerenciáveis. Vale ressaltar que, além do método aplicado neste trabalho, existem diversos autores que produziram e estão produzindo algoritmos mais eficientes para outras redes e até para a rede estudada. Ainda, novas plataformas como a NetLogo estão sendo implementadas e abrindo possibilidades e campos de estudo. Contudo, é necessário compreender as ferramentas disponíveis e saber decidir quais utilizar para melhor atender ao objetivo desejado. Com isso, assim como qualquer desenvolvimento de programa, neste estudo foram feitos diversos testes antes de se chegar ao resultado final, desde tentativas para aplicação do método proposto por Scarpa et al (2016), até definição de funções para facilitar o processo. Por fim, esse algoritmo utilizado pode ser

considerado simples de ser aplicado e robusto, já que possui etapas de refinamento e tomadas de decisão baseadas em índices hidráulicos, sendo ideal para o caso estudado.

BIBLIOGRAFIA

- ABNT. **NBR 12218 - Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público - Procedimento (Water distribution network desing for public supply - procedure) in portugues**Rio de JaneiroAssociação Brasileira de Normas Técnicas, , 2017.
- AWWA. **Water audits and control programs**. Third ed. Denver: American Water Works Association, 2009.
- BRENTAN, B. et al. **Social Network Community Detection and Hybrid Optimization for Dividing Water Supply into District Metered Areas***Journal of Water Resources Planning and Management*, 2018.
- DEUERLEIN, J. W. Decomposition Model of a General Water Supply Network Graph. **Journal of Hydraulic Engeneering**, v. 134, n. 6, p. 822–832, 2008.
- DI NARDO, A. et al. Water Network Sectorization Based on Graph Theory and Energy Performance Indices. **Journal of Water Resources Planning and Management**, v. 140, n. 5, p. 620–629, 2014.
- DI NARDO, A.; DI NATALE, M. A heuristic design support methodology based on graph theory for district metering of water supply networks. **Engineering Optimization**, v. 43, n. 2, p. 193–211, 2011.
- DIAO, K. et al. Automated Creation of District Metered Area Boundaries in Water Distribution Systems. v. 139, n. April, p. 184–190, 2013.
- GIUDICIANNI, C. et al. Overview of Energy Management and Leakage Control Systems for Smart Water Grids and Digital Water. **Modelling**, v. 1, n. 2, p. 134–155, 2020a.
- GIUDICIANNI, C. et al. Automatic Multiscale Approach for Water Networks Partitioning into Dynamic District Metered Areas. **Water Resources Management**, v. 34, n. 2, 2020b.
- HAJEBI, S. et al. Multi-agent simulation to support water distribution network partitioning. **Modelling and Simulation 2013 - European Simulation and Modelling Conference, ESM 2013**, n. 2013, p. 163–168, 2013.
- ILAYA-AYZA, A. E. et al. Implementation of DMAs in Intermittentwater supply networks based on equity criteria. **Water (Switzerland)**, v. 9, n. 11, 2017.
- IZQUIERDO, J. et al. Agent-based division of water distribution systems into district metered areas. **ICSOFT 2009 - 4th International Conference on Software and Data Technologies, Proceedings**, v. 2, p. 83–90, 2009.
- PERELMAN, L.; OSTFELD, A. Topological clustering for water distribution systems analysis. **Environmental Modelling and Software**, v. 26, n. 7, p. 969–972, 2011.
- SAVIĆ, D.; FERRARI, G. J. P. E. Design and performance of district metering areas in water distribution systems. **Procedia Engineering**, v. 89, p. 1136-1143, 2014.
- SCARPA, F.; LOBBA, A.; BECCIU, G. Elementary DMA Design of Looped Water Distribution Networks with Multiple Sources. v. 142, n. 6, p. 1–9, 2016.
- THORNTON, J.; STURM, R.; KUNKEL, G. **Water Loss Control**. Second ed. [s.l.] McGraw Hill, 2008.