

XI-040 – NÍVEIS DE PRECISÃO PARA SIMULAÇÃO DE REDES REAIS DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA EM OPERAÇÃO: UMA ANÁLISE SOBRE DIFERENTES MÉTODOS PARA ALOCAÇÃO DE DEMANDAS EM MODELOS HIDRÁULICOS E SEUS IMPACTOS NOS RESULTADOS GERADOS

Cristiano Gonçalves Nascimento Gouveia⁽¹⁾

Mestrando em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos e Especialista em Modelagem de Sistemas Complexos pela Universidade de Brasília – UnB. Especialista em Gerenciamento de Projetos pela Fundação Getúlio Vargas – FGV. Analista de Sistemas de Saneamento e Coordenador de Estudos Técnicos de Macrossistemas da Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal – Caesb.

Luiz Carlos Hiroyuki Itonaga

Mestre em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos pela Universidade de Brasília – UnB, Especialista em Engenharia Hidráulica e Engenheiro Civil pela Universidade Federal do Paraná - UFPR. Analista de Sistemas de Saneamento e Superintendente de Gestão Operacional da Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal – Caesb.

Elvis Pereira de Santana

Mestrando em Estruturas pela Universidade de Brasília – UnB, Especialista em Projetos de Estruturas de Concreto Armado e Engenheiro Civil pela Universidade Estadual de Goiás - UEG. Analista de Sistemas de Saneamento da Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal – Caesb.

Endereço⁽¹⁾: Av. Sibiruna, Lotes 13/21, Centro de Gestão Águas Emendadas, Edifício São Francisco 1º Andar, EPR – Águas Claras - Brasília - DF - CEP: 71928-720 - Brasil - Tel: +55 (61) 3213-7551 - Fax: +55 (61) 3213-7185 - e-mail: CristianoGouveia@caesb.df.gov.br.

RESUMO

Uma questão importante na utilização de modelos hidráulicos para simulação de redes de distribuição de água é a alocação das demandas na rede. Essa partilha das vazões de entrada em um Distrito de Medição e Controle (DMC), por exemplo, pode ser realizada por diferentes métodos, aplicados de acordo com a quantidade e confiabilidade das informações disponíveis para sustentar uma simulação.

As análises realizadas por meio de modelos hidráulicos podem ser utilizadas para subsidiar estudos que promoverão intervenções na rede existente em busca de reduzir custos e/ou melhorar suas condições operacionais. Todavia, o êxito dos resultados, entre outros fatores, depende da aderência entre a precisão dos dados de entrada e às necessidades e objetivos finais do estudo.

Nesse sentido, o presente trabalho tem o objetivo de apresentar a classificação de 05 (cinco) linhas metodológicas para realizar a distribuição de demandas em modelos hidráulicos de redes de distribuição de água, bem como suas peculiaridades e eventuais implicações práticas. Os diferentes níveis de precisão foram aplicados em um Distrito de Medição e Controle, possibilitando a comparação entre os resultados gerados.

Constatou-se que a forma como as demandas são distribuídas na rede impacta significativamente os resultados obtidos. Portanto, é imprescindível a reflexão sobre as limitações de cada nível de precisão frente aos resultados esperados de uma simulação.

PALAVRAS-CHAVE: Simulação de Redes de Água, Alocação de Demandas, Perdas de Água.

INTRODUÇÃO

O uso de modelos de simulação de redes de água vem crescendo no País, tendo em vista a necessidade de aprimoramento técnico na análise dos diversos problemas vivenciados pelos operadores. Sua aplicação na análise da operação do abastecimento tem sido discutida no meio acadêmico e as primeiras incursões no uso dessa ferramenta vêm sendo realizadas pelas principais empresas de saneamento do Brasil.

A simulação de redes de distribuição tem auxiliado o processo de decisão, principalmente no que tange realizar investimentos onde eles promoverão melhores resultados operacionais à rede com menores custos. Isto

promove maior assertividade aos processos de gestão, buscando maximizar o benefício líquido das ações executadas para reabilitar redes, por exemplo.

Entretanto, ainda estão em consolidação metodologias que possam sustentar os efeitos práticos desejados, principalmente os aspectos que envolvem a distribuição de vazões reais nas redes a serem simuladas, com todas as peculiaridades e incertezas que envolvem o tema. É nesse sentido que o presente trabalho busca trazer uma contribuição para o uso dos simuladores de rede de água, fazendo uma reflexão sobre diferentes métodos para alocar demandas na rede e seus impactos nos resultados obtidos em termos de distribuição da vazão injetada na rede.

Foram identificados cinco métodos para alocação de vazões em redes de distribuição de água para fins de simulação. Cada método possui um nível de precisão diferente quando comparado com as peculiaridades de uma rede de distribuição real.

Constatou-se que a forma como as demandas são distribuídas na rede impacta significativamente os resultados obtidos, de forma que o modelador deve atentar-se às limitações de cada abordagem em relação aos resultados esperados em análises de redes.

MATERIAIS E MÉTODOS

O software de simulação utilizado foi o EPANET, desenvolvido pela *United States Environmental Protection Agency*, que permite a análise de redes de distribuição de água com recursos para simular o funcionamento real do sistema em detalhe (ROSSMAN, 2000).

Para estudo de caso foi desenvolvido o modelo do sistema de distribuição de água de um distrito de medição e controle (DMC) da cidade do Gama, no Distrito Federal. Esse DMC possui 2.753 ligações e uma população de 11.197 habitantes.

Foram identificadas cinco possibilidades de distribuição de vazão em modelos para simulação de redes de distribuição, originando cinco níveis de precisão quanto à alocação de demandas, ordenados em ordem crescente de precisão.

Cada nível de precisão foi utilizado para gerar um modelo em EPANET do sistema de distribuição do DMC do Gama.

Posteriormente, os resultados em termos de vazão para cada trecho da rede foram comparados a fim de quantificar quanto cada nível de precisão mudou a distribuição das vazões nos trechos dos modelos.

NÍVEIS DE PRECISÃO PARA DISTRIBUIÇÃO DA VAZÃO NO MODELO

A seguir são descritos cada um dos níveis de precisão, bem como os parâmetros que subsidiaram a distribuição de vazões em cada um deles.

- Nível 01: Distribuição da vazão macromedida pela quantidade de nós do modelo.

A vazão média macromedida levantada no DMC foi de 31 l/s e a quantidade de nós utilizados no modelo foi de 496. Portanto, cada nó possuiu vazão média de 0,0625 l/s. O padrão de consumo utilizado foi o padrão da vazão monitorada na entrada do DMC.

- Nível 02: Distribuição da vazão macromedida ponderada pela área de influência de cada nó.

Neste método os nós da rede são utilizados para processamento de polígonos de Thiessen por geoprocessamento, o que gera uma área de influência para cada nó. Posteriormente calculou-se a demanda por nó com base na vazão unitária por área da região atendida pela rede de distribuição.

A área do DMC é de 189,08 ha. Considerando a vazão média de 31 l/s, obteve-se a vazão por área de 0,163952 l/s/ha. A Figura 01 apresenta ilustração das áreas de influência por nó.

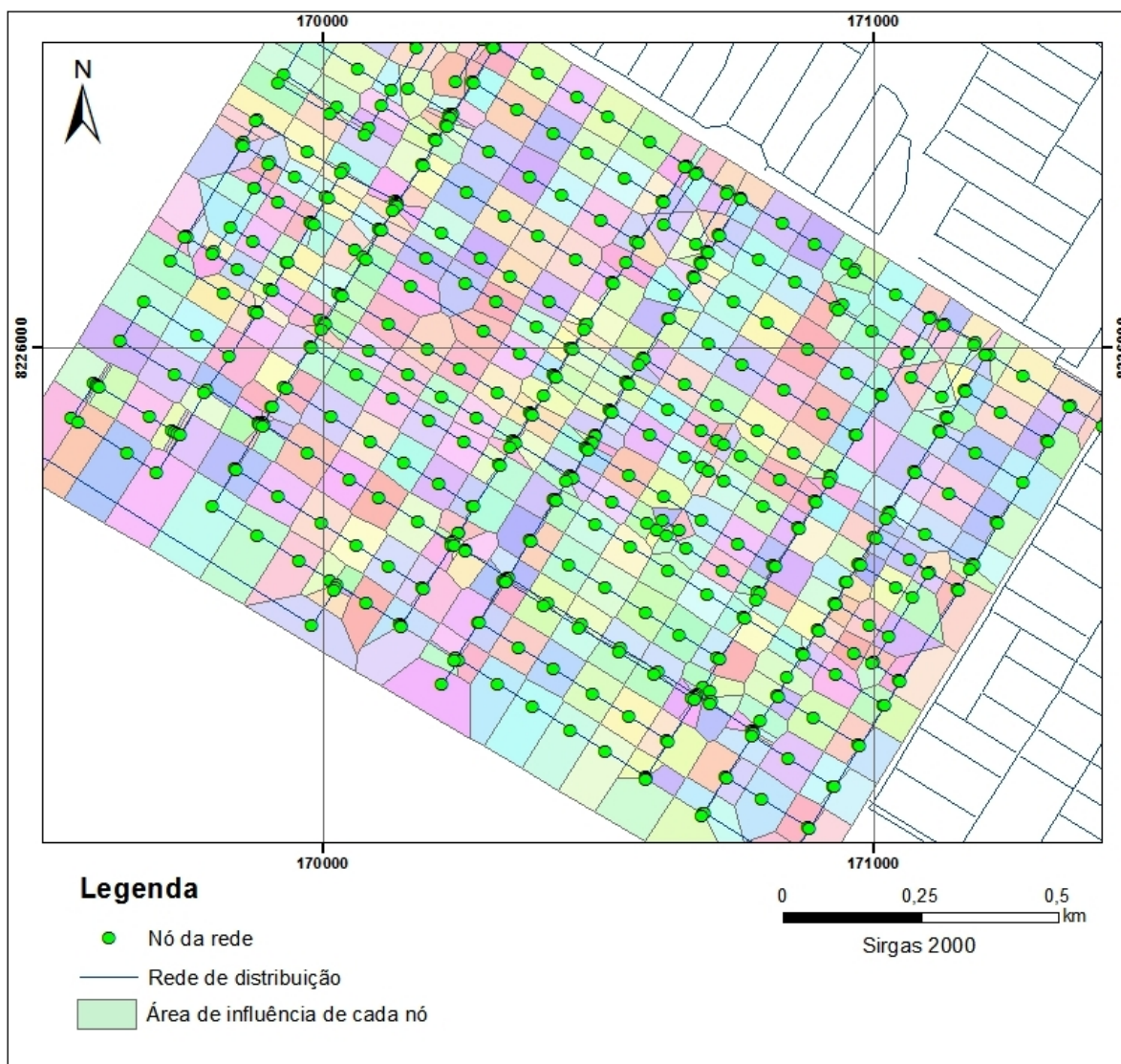


Figura 01 – Definição das áreas de influência dos nós do modelo para o nível de precisão 02.

- Nível 03: Distribuição da vazão macromedida com base na densidade das ligações de água.

O nível 03 consiste em utilizar georreferenciamento das ligações de água como balizador da vazão de entrada na rede de distribuição, de forma a proporcionar uma vazão unitária por ligação. Posteriormente agrupam-se as ligações por área de influência de cada nó também por meio de polígonos de Thiessen. Em relação ao nível 02, este método permite levar em consideração a densidade das ligações na rede de distribuição, ao invés de apenas ponderar por área.

Considerando as 2.753 ligações do DMC e a vazão média de 31 l/s, obteve-se a vazão por ligação de 0,011261 l/s/ligação. A Figura 02 apresenta ilustração da correlação espacial entre nós e ligações.



Figura 02 – Definição da correlação espacial entre nós do modelo e ligações de água para o nível de precisão 03.

- Nível 04: Distribuição da vazão macromedida com base na localização das ligações e informações comerciais utilizados para ponderar, com base na demanda micromedida, a produção macromedida.

Neste caso realiza-se uma associação direta e proporcional entre a vazão macromedida no DMC e a demanda micromedida para cada ligação comercial georreferenciada. Este nível utiliza a densidade das ligações georreferenciadas e, ainda, a diferença de consumo entre elas, de forma a alocar com maior precisão o efeito dos maiores consumidores na rede de distribuição.

A vazão média macromedida foi de 31 l/s, sendo 18,59 l/s a vazão média micromedida do DMC, conforme histórico comercial do ano 2013. Portanto, a média micromedida para cada ligação precisou ser multiplicada por 1,6676.

- Nível 05: Distribuição das vazões micromedidas e perdas de água reais e aparentes com base nos dados comerciais, Método do Balanço Hídrico e Distritos de Medição e Controle.

Este último nível é o mais preciso, pois além de utilizar o georreferenciamento das ligações e densidade de ligações, engloba análise de perdas de água reais e aparentes com base em informações obtidas por metodologia *Bottom up*, por meio do método das vazões mínimas noturnas, aplicada no DMC (FARLEY, 2008; GOMES, 2014).

RESULTADOS

Constatou-se que o aumento progressivo da precisão na alocação de demandas na distribuição provoca alterações nas vazões transportadas nos trechos da rede, de forma que o método aplicado pode interferir nos resultados obtidos.

A Tabela 01, apresenta uma comparação entre os erros percentuais médios verificados para os níveis de precisão adotados nesse estudo, comparativamente ao nível 05, de maior precisão. O DMC estudado é uniforme e composto apenas por ligações residenciais, portanto, áreas com maior heterogeneidade entre as ligações de água podem apresentar relações mais desfavoráveis quanto à precisão da alocação de demandas.

Tabela 01 - Comparação dos erros percentuais médios entre os níveis adotados

Níveis	N1	N2	N3	N4
N5	35,95%	35,35%	32,96%	19,84%

A distribuição de vazão pelo critério de nível 01 (distribuição da vazão macromedida pela quantidade de nós do modelo) possui a vantagem de ser um método que permite grande agilidade na distribuição de vazões. Entretanto, utiliza-se do pressuposto de que as vazões demandadas e perdas de água comportam-se de forma homogênea na rede de distribuição, além de apresentar resultados altamente influenciados pela forma como a rede é representada no simulador. Outro ponto desfavorável deste método é que a distribuição da vazão não leva em consideração a área de atendimento de cada nó, fazendo com que um nó com área pequena de atendimento possua a mesma demanda de um nó com área maior. Assim, este método é muito simplista, podendo subsidiar análises com elevado grau de incerteza, pois a vazão real transportada em cada trecho pode ser muito diferente da vazão simulada.

A distribuição de vazão pelo critério de nível 02 (distribuição da vazão macromedida ponderada pela área de influência de cada nó) ameniza o principal inconveniente do nível 01, nós com áreas de atuação diferentes com a mesma demanda. Entretanto, ainda não considera as peculiaridades da rede e é suscetível à forma como a rede é representada no simulador. Todavia, pode ser um método empregado em análises preliminares da rede de distribuição que não sustentem estudos avançados.

A distribuição de vazão pelo critério de nível 03 (distribuição da vazão macromedida com base na densidade das ligações de água) é o primeiro método a levar em consideração a componente localização das ligações de água, permitindo maior alocação de demanda na rede onde efetivamente estão localizados os clientes. Embora represente um avanço considerável quanto à precisão da localização das demandas, ainda não considera a variação de características entre os clientes; neste método, todas as ligações possuem o mesmo peso em relação à demanda de água na rede. Observou-se que muitos polígonos de influência por nó passaram a não possuir demanda, pois estão em áreas sem ligações.

A distribuição de vazão pelo critério de nível 04 (distribuição da vazão macromedida com base na localização das ligações e dados comerciais utilizados para ponderar, com base na demanda micromedida, a produção macromedida) além de utilizar a distribuição geográfica dos consumidores, realiza a diferenciação entre as ligações de água, dando maior peso às ligações que efetivamente possuem vazões micromedidas maiores. Este método é suficiente para sustentar estudos avançados da rede de distribuição que não entrem no mérito das perdas de água, pois engloba densidade de ligações e variabilidade de consumo entre elas. Entretanto, não permite estudos sobre perdas de água na rede, como, por exemplo, avaliação dos impactos hidráulicos gerados pela instalação de uma VRP na rede, nem redução de vazão perdida.

A distribuição de vazão pelo critério de nível 05 (distribuição das vazões micromedidas e perdas de água reais e aparentes com base nos dados comerciais, *Bottom Up* por vazão mínima noturna e Distritos de Medição e Controle) permite estudos avançados da rede de distribuição para reabilitação e redução de perdas em sua totalidade. A Figura 03 e a Tabela 02 apresentam as informações sobre perdas obtidas para o DMC. Sobre o modelo para simulação do nível 05, a Tabela 03 apresenta o resumo das informações de calibração no Epanet.

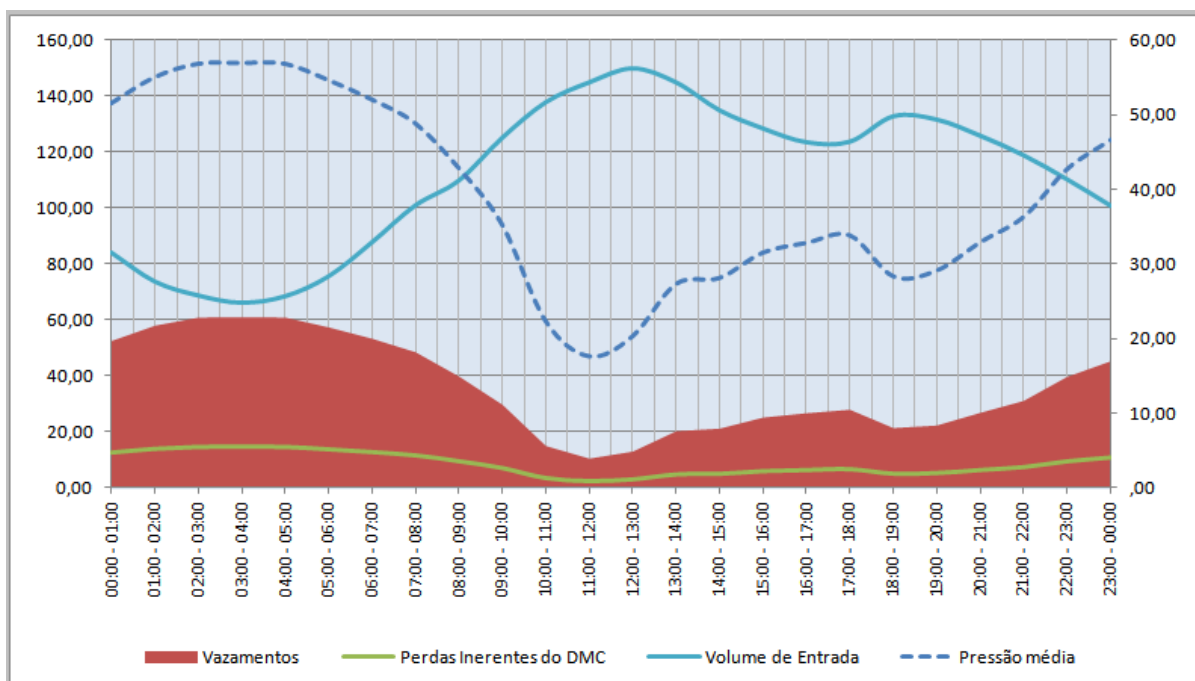


Figura 03 – Vazão macromedida, vazamentos, perda inerente ao DMC e pressão média.

Tabela 02 – Indicadores sobre perdas do DMC.

INDICADORES DO DMC		
PERDAS REAIS DIÁRIAS:	868	m³/dia
PERDAS REAIS ANUAIS INEVITÁVEIS _{IWA} :	107	m³/dia
IVI:	8	adimensional
PERDAS REAIS EM L / ramal / dia:	315	L/ramal/dia
PERDAS REAIS EM m³/h - km rede:	1,23	(m³/h)/km rede
Menor Vazão Alcançável no DMC:	13,88	m³/hora
PR % DO VE:	32,51%	%
Dens ligações:	93,29	lig/km rede

Tabela 03 – Relatório de calibração do Epanet.

Localização	Núm. Obs.	Méd. Obs.	Méd. Sim.	Erro Méd.	Desv. Pad.
273	288	40,95	39,74	1,73	2,24
490	288	63,53	62,49	1,70	2,31
325	288	54,09	55,00	1,85	2,29
184	288	61,16	61,11	1,41	1,77
Rede	1152	54,93	54,58	1,67	2,16

Correlação entre Medidas: 0.996

CONCLUSÕES

Constatou-se que a forma como as demandas são distribuídas na rede impacta significativamente os resultados obtidos. Portanto, é imprescindível a reflexão sobre as limitações de cada nível de precisão frente aos resultados esperados de uma simulação.

Uma análise avançada do comportamento da rede de distribuição sustentada por um nível de precisão inadequado pode induzir a inferências com alto grau de incerteza, dado que a vazão na rede pode estar distribuída de forma incompatível com a precisão requerida.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. FARLEY, M. e outros. *The Manager's Non-Revenue Water Handbook: A Guide to Understanding Water Losses. Ranthill Utilities Berhad and the United States Agency for International Development (USAID)*, 2008.
2. GOMES, A. S. e outros. *Guias Práticos da Aesbe – Associação Brasileira das Empresas Estaduais de saneamento*. Brasília, 2014.
3. ROSSMAN, L. A. *EPANET2: User's manual*. U. S. Environment Protection Agency, Cincinnati, Ohio, USA, 2000.