

XI-052 - DETERMINAÇÃO EXPERIMENTAL DE PERDAS FÍSICAS DE ÁGUA DECORRENTES DE AVARIAS EM RAMAIS PREDIAIS DE SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Monica Pertel ⁽¹⁾

Doutoranda em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio de Janeiro COPPE/UFRJ.

Isaac Volschan Junior

D.Sc., Professor Associado do Depto. de Recursos Hídricos e Meio Ambiente - Escola Politécnica/UFRJ.

José Paulo Soares de Azevedo

D.Sc., Professor Adjunto do Programa de Engenharia Civil da COPPE/UFRJ.

Endereço ⁽¹⁾: Av. Athos da Silveira Ramos, nº 149, Centro de Tecnologia – Depto. De recursos Hídricos e Meio ambiente, Bloco D, sala 2020 - Cidade Universitária - Rio de Janeiro - RJ - CEP: 21941-909 - Brasil - Tel: +55 (21) 2562-7982 - e-mail: volschan@poli.ufrj.br.

RESUMO

O elevado índice de perdas é um indicador incompatível com a gestão racional e eficiente dos sistemas de abastecimento de água. Parcelas importantes de água tratada são perdidas todos os anos devido às perdas físicas e não físicas; em 2009, de acordo com o SNIS, esse percentual alcançou em todo o Brasil valores de até 45%. O presente trabalho avalia os volumes de perdas físicas decorrentes de diferentes avarias e incorreções de montagem de um cavalete de micromedição, em função do estabelecimento de diferentes patamares de pressão, compreendidos entre 13,5 m.c.a.. até 30 m.c.a... As avarias e incorreções constituem injúrias propositalmente efetuadas nas diferentes peças e conexões que compõem o cavalete de micromedição: joelhos, registro e hidrômetro. Os experimentos foram realizados no Simulador de Águas Urbanas do Centro Experimental de Saneamento Ambiental da Universidade Federal do Rio de Janeiro (SAU-CESA/UFRJ). Como esperado, os resultados demonstram a tendência de aumento do volume perdido em função do aumento da pressão aplicada, e dado o delineamento proposto, indicam o volume específico de perdas relacionado a cada tipo de peça, avarias e incorreções de montagem.

PALAVRAS CHAVE: Perdas de água, Cavalete, Pressão.

INTRODUÇÃO

A água é um dos mais importantes recursos naturais, fator limitante para o desenvolvimento agrícola, urbano e industrial. Sua disponibilidade é uma contínua preocupação, principalmente em função da contínua demanda exercida pelo crescimento populacional, das incertezas a respeito dos fatores climáticos, e do incremento da poluição dos mananciais. Neste sentido, a manutenção dos elevados índices de perdas dos sistemas de abastecimento de água é uma prática incompatível com a gestão racional e eficiente dos recursos hídricos. O PNCD – Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água incentiva o desenvolvimento de soluções tecnológicas, institucionais e educacionais com o objetivo de combater o desperdício de água nas cidades brasileiras – seja por meio de projetos de controle de perdas ou de uso racional e de conservação da água (PNCD, 1998).

O intenso processo de urbanização das últimas décadas tem exigido grandes esforços no âmbito técnico, organizacional e financeiro das empresas e serviços de saneamento, no sentido de atender a demanda por água de qualidade e ao controle da poluição por esgotos sanitários. Conseqüentemente, as soluções de engenharia para o abastecimento de água das cidades tornam-se cada vez mais difíceis e complexas, resultando em elevados custos de investimento e operação para a produção e a distribuição da água tratada.

De acordo com dados do SNIS (2009), da quantidade total de água produzida pelas companhias estaduais de saneamento em 2007, cerca de 45% foram perdidos na distribuição, entre perdas reais e aparentes. As perdas reais são devidas a fugas e vazamentos no sistema, enquanto as aparentes também originam-se em ligações clandestinas e hidrômetros operacionalmente defeituosos ou alterados.

A redução de perdas reais possibilita a diminuição nos custos de produção, visto que há redução no consumo

energético atrelado ao consumo de água, além da diminuição nos gastos com produtos químicos do tratamento. De acordo com o programa PROCEL SANEAR (2008), de 2% a 3% do consumo total de energia elétrica do Brasil são consumidos por prestadores de serviços de saneamento (água e esgotamento sanitário).

A maior quantidade de perda volumétrica de água é observada nas redes de distribuição dos sistemas de abastecimento de água; segundo Melato (2007), cerca de 50% dos vazamentos registrados na Região Metropolitana de São Paulo ocorrem nestes elementos. No entanto, segundo Marcka (2004), a maior quantidade de ocorrências de perdas de água se deve aos ramais prediais, especificamente nos cavaletes de micromedição, compreendendo cerca de 70 a 90% das ocorrências totais registradas.

Neste sentido é que este trabalho pretende contribuir com os estudos de controle de perdas em sistemas de abastecimento de água. Especificamente, visa estabelecer os volumes perdidos pelos diferentes tipos de avarias e incorreções de montagem, em diferentes peças e conexões de um cavalete de micromedição, quando sujeitos a diferentes patamares de pressão. Os ensaios experimentais foram realizados no Simulador de Águas Urbanas do Centro Experimental de Saneamento Ambiental da Universidade Federal do Rio de Janeiro (SAU-CESA/UFRJ).

MATERIAL E MÉTODOS

CONSIDERAÇÕES GERAIS

O SAU é uma plataforma pedagógica que serve ao ensino de graduação e pós-graduação em engenharias e área afins, ao treinamento de profissionais pertencentes aos quadros das empresas operadoras dos sistemas de águas urbanas, e à pesquisa aplicada à eficiência hidráulica e energética dos mesmos. Reproduz um logradouro público em escala real, com 37 m de extensão e 10 m de largura, no qual, propositadamente, é exposta a infraestrutura física dos sistemas urbanos de abastecimento de água, esgotamento sanitário e drenagem pluvial. A Figura 1 ilustra um a vista geral do SAU-CESA/UFRJ.

Especificamente, o sistema de abastecimento de água é constituído por quatro tramos de distribuição secundária, que utilizam, distintamente, tubulações em ferro fundido, PVC-PBA e Vinilfer MPVC, segundo diâmetros que variam de 50mm até 250mm, e empregam soluções de conexão tipos ponta e bolsa e ponta e flange.

Estes tramos estão sujeitos a carga piezométrica de até 6,5m.c.a.. sob influência direta de um reservatório elevado, do tipo castelo d'água, ou de até 40m.c.a. sob influência de um sistema de pressurização tipo in-line (KSB MEGABLOC N A2744.0.1/1E).



Figura 1: Vistas das instalações do SAU-CESA/UFRJ

Adicionalmente, o SAU conta com instalações específicas para a simulação dinâmica de perdas físicas de água em ramais prediais e em tubulações da rede de distribuição, decorrentes de avarias ou inadequada montagem ou manutenção de peças e demais dispositivos. A simulação hidráulica para mensuração destas perdas físicas conta

com a disponibilidade das cargas piezométricas providas pelo reservatório elevado, como ilustra a Figura 2, ou pelo sistema de pressurização tipo in-line, como ilustra a Figura 3.



Figura 2: Castelo d'água e Booster



Figura 3: Booster tipo in line

APARATO EXPERIMENTAL

As Figuras 4 e 5 ilustram respectivamente o desenho esquemático do cavalete de micromedição e a vista geral do aparato correspondente ao experimento do presente trabalho.

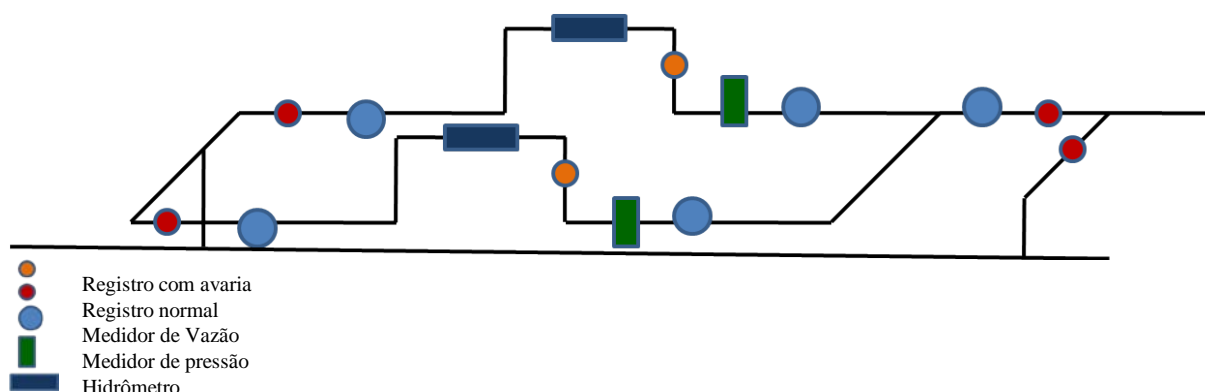


Figura 4: Esquema do cavalete



Figura 5: Cavalete experimental

Como ilustra a Figura 4, o aparato experimental que caracteriza as instalações do cavalete de micromedicação corresponde a duas unidades distintas, paralelas, e de operação individual ou simultânea, ambas constituídas, sequencialmente, por: sistema alimentador em PVC branco roscável de 1", registros para controle de pressão, hidrômetro LAO 3/4" e a estrutura do cavalete em 3/4".

Optou-se pela construção de duas unidades distintas, denominadas "frente" e "fundos", para efeito de comparação dos resultados. A instalação do ramal predial segue orientações técnicas (Tsutiya, 2008) e a norma para instalação de hidrômetros da Companhia Espírito Santense de Saneamento – CESAN.

O delineamento experimental tem como variáveis de controle a pressão disponível e as diferentes modalidades de avarias e/ou de inadequada montagem/manutenção de peças e demais dispositivos que compõem o ramal predial. A vazão de água perdida em função da pressão disponível e das avarias é a variável de estado a ser avaliada para as diferentes condições operacionais estabelecidas pelo delineamento experimental.

As vazões afluente e efluente ao aparato experimental são monitoradas, respectivamente, à montante e à jusante de ambas as unidades de micromedicação, por meio de medidores de vazão do tipo unijato, marca BADGER RDCL de 3/4" - com saída de sinal e sensor para leitura instantânea. A quantificação das vazões de perda de água, de acordo com o delineamento experimental a seguir apresentado, é definida em função da diferença entre estas vazões afluente e efluente, efetivamente medidas e registradas.

Medidores de pressão, também localizados à montante e à jusante de ambas as unidades - com saída de sinal SENSYN MD-100, controlam as pressões disponíveis em cada um destes pontos. As Figuras 6 a 8 ilustram o sistema de informação das vazões e pressões registradas pelos diferentes instrumentos.



Figura 6: Manômetro

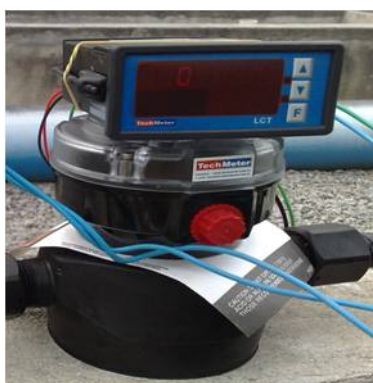


Figura 7: Medidor de vazão



Figura 8: Controladores de vazão instantânea

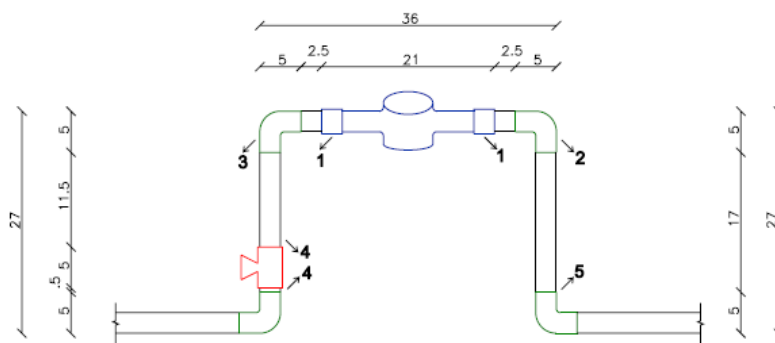
DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento experimental tem como referência o objetivo de avaliar os volumes perdidos pelos diferentes tipos de avarias e incorreções de montagem, em diferentes peças e conexões de um cavalete de micromedicação, quando sujeitos a diferentes patamares de pressão. Assim é que o delineamento tem como variáveis os diferentes tipos de injúrias e incorreções de montagem – ausência de fita tipo veda rosca e a conexão parcial e incorreta entre as seguintes peças: joelhos, registro e hidrômetro. Enquanto a Figura 9 detalha o esquema das unidades de micromedicação e ilustra a localização das peças e conexões sujeitas às injúrias e incorreções de montagem, a Tabela 1 especifica cada uma delas previstas pelo delineamento experimental.

Inicialmente, ambas as unidades foram monitoradas considerando a conexão integral e correta entre as diferentes peças, porém sem uso de fita veda rosca em todas as conexões. Posteriormente, também sem o uso de fita veda rosca em todas as conexões, o sistema foi monitorado de acordo com cada modelo de injúria e incorreção de montagem de acordo com o que expressa a Tabela 1.

Ressalta-se que este trabalho somente contempla os resultados relativos às perdas físicas observadas em função da ocorrência independente dos diferentes modelos de injúrias e incorreções. Observa-se que na prática as

mesmas podem ocorrer concomitantemente e resultar em valores de perda total diferentes daqueles observados quando avaliadas independentemente.



Legenda: (1) Hidrômetro; (2) Joelho A; (3) Joelho B; (4) Registro; (5) Joelho C

Figura 9: Croqui do cavalete com os pontos de monitoramento

Tabela 1: Delineamento experimental

Modelo de Injúrias e incorreções de montagem		Pressões (m.c.a.)
Peça	Injúrias e incorreções de montagem	13,5; 15; 20; 25; 30
Cavalete	Sem fita veda rosca	
Hidrômetro	Uma volta a menos nas rosas de ambos os lados	
Hidrômetro	Duas voltas a menos nas rosas de ambos os lados	
Joelho A	Uma volta a menos na rosca	
Joelho A	Duas voltas a menos na rosca	
Joelho B	Uma volta a menos na rosca	
Joelho B	Duas voltas a menos na rosca	
Registro	Uma volta a menos na rosca	
Registro	Duas voltas a menos na rosca	
Joelho C	Uma volta a menos na rosca	
Joelho C	Duas voltas a menos na rosca	
Hidrômetro	Sem borracha de vedação	

RESULTADOS

Como anteriormente citado, os resultados expressam os volumes de perda obtidos em ambos os cavaletes e de forma independente por cada modelo de injúria e incorreção de montagem. As Tabelas de 2 a 5 apresentam, respectivamente, a estatística descritiva dos resultados para as pressões de 15, 20, 25 e 30 m.c.a..

Tabela 2: Estatística descritiva dos dados para pressão de 15m.c.a..

Injúrias e incorreções de montagem	Parâmetros										
	Média	Mediana	Máximo	Mínimo	Desvio Padrão	Variância	Percentil 10%	Percentil 30%	Percentil 50%	Percentil 70%	Percentil 90%
Sem veda rosca	0.13	0.08	0.30	0.05	0.12	0.01	0.05	0.05	0.08	0.12	0.24
Uma volta hidrômetro	0.39	0.30	0.70	0.25	0.21	0.04	0.27	0.30	0.30	0.34	0.58
Uma volta joelho A	0.46	0.40	0.75	0.30	0.20	0.04	0.33	0.39	0.40	0.44	0.65
Uma volta joelho B	0.31	0.30	0.45	0.20	0.10	0.01	0.23	0.29	0.30	0.32	0.41
Uma volta joelho C	0.26	0.25	0.35	0.20	0.06	0.00	0.22	0.25	0.25	0.26	0.32
Uma volta registro	0.73	0.70	1.05	0.45	0.26	0.07	0.50	0.59	0.70	0.83	0.98
Duas voltas hidrômetro	0.91	0.90	1.05	0.80	0.11	0.01	0.82	0.85	0.90	0.96	1.02
Duas voltas joelho A	0.75	0.70	1.00	0.60	0.18	0.03	0.62	0.65	0.70	0.78	0.93
Duas voltas joelho B	0.56	0.38	1.25	0.25	0.46	0.21	0.28	0.34	0.38	0.49	1.00
Duas voltas joelho C	0.39	0.38	0.60	0.20	0.19	0.04	0.22	0.25	0.38	0.51	0.57
Duas voltas registro	0.73	0.80	0.90	0.40	0.23	0.05	0.51	0.72	0.80	0.86	0.89
Sem borrachas de vedação	0.74	0.63	1.60	0.10	0.63	0.40	0.24	0.51	0.63	0.79	1.33

Tabela 3: Estatística descritiva dos dados para pressão de 20m.c.a..

Injúrias e incorreções de montagem	Parâmetros										
	Média	Mediana	Máximo	Mínimo	Desvio Padrão	Variância	Percentil 10%	Percentil30%	Percentil50%	Percentil70%	Percentil90%
Sem veda rosca	0.18	0.13	0.40	0.05	0.16	0.02	0.07	0.10	0.13	0.18	0.33
Uma volta hidrômetro	0.50	0.40	0.90	0.30	0.27	0.08	0.32	0.35	0.40	0.50	0.77
Uma volta joelho A	0.51	0.43	0.90	0.30	0.28	0.08	0.30	0.30	0.43	0.59	0.80
Uma volta joelho B	0.44	0.43	0.60	0.30	0.13	0.02	0.33	0.39	0.43	0.47	0.56
Uma volta joelho C	0.33	0.28	0.50	0.25	0.12	0.01	0.25	0.25	0.28	0.32	0.44
Uma volta registro	0.70	0.68	0.90	0.55	0.16	0.02	0.57	0.60	0.68	0.77	0.86
Duas voltas hidrômetro	1.05	1.08	1.10	0.95	0.07	0.00	0.98	1.04	1.08	1.10	1.10
Duas voltas joelho A	0.90	0.75	1.50	0.60	0.41	0.17	0.63	0.69	0.75	0.87	1.29
Duas voltas joelho B	0.59	0.48	1.00	0.40	0.28	0.08	0.40	0.40	0.48	0.60	0.87
Duas voltas joelho C	0.36	0.33	0.65	0.15	0.21	0.04	0.20	0.29	0.33	0.38	0.56
Duas voltas registro	0.90	0.85	1.10	0.80	0.14	0.02	0.82	0.85	0.85	0.88	1.03
Sem borrachas de vedação	0.91	0.73	1.95	0.25	0.73	0.54	0.36	0.57	0.73	0.96	1.62

Tabela 4: Estatística descritiva dos dados para pressão de 25m.c.a..

Injúrias e incorreções de montagem	Parâmetros										
	Média	Mediana	Máximo	Mínimo	Desvio Padrão	Variância	Percentil 10%	Percentil30%	Percentil50%	Percentil70%	Percentil90%
Sem veda rosca	0.23	0.15	0.50	0.10	0.19	0.04	0.10	0.10	0.15	0.23	0.41
Uma volta hidrômetro	0.63	0.50	1.15	0.35	0.37	0.13	0.37	0.40	0.50	0.66	0.99
Uma volta joelho A	0.55	0.48	0.95	0.30	0.28	0.08	0.35	0.44	0.48	0.55	0.82
Uma volta joelho B	0.51	0.48	0.80	0.30	0.22	0.05	0.33	0.39	0.48	0.58	0.73
Uma volta joelho C	0.40	0.35	0.60	0.30	0.14	0.02	0.32	0.35	0.35	0.38	0.53
Uma volta registro	0.74	0.78	1.05	0.35	0.31	0.09	0.44	0.62	0.78	0.92	1.01
Duas voltas hidrômetro	1.33	1.23	1.65	1.20	0.22	0.05	1.20	1.20	1.23	1.29	1.53
Duas voltas joelho A	0.96	0.83	1.50	0.70	0.37	0.14	0.72	0.75	0.83	0.96	1.32
Duas voltas joelho B	0.70	0.63	1.05	0.50	0.25	0.06	0.52	0.55	0.63	0.74	0.95
Duas voltas joelho C	0.39	0.38	0.60	0.20	0.17	0.03	0.25	0.34	0.38	0.42	0.54
Duas voltas registro	0.96	1.03	1.05	0.75	0.14	0.02	0.83	0.98	1.03	1.05	1.05
Sem borrachas de vedação	1.01	0.90	2.00	0.25	0.75	0.57	0.37	0.61	0.90	1.24	1.75

Tabela 5: Estatística descritiva dos dados para pressão de 30m.c.a..

Injúrias e incorreções de montagem	Parâmetros										
	Média	Mediana	Máximo	Mínimo	Desvio Padrão	Variância	Percentil10%	Percentil30%	Percentil50%	Percentil70%	Percentil90%
Sem veda rosca	0.31	0.23	0.60	0.20	0.19	0.04	0.20	0.20	0.23	0.29	0.50
Uma volta hidrômetro	0.71	0.63	1.25	0.35	0.39	0.16	0.40	0.49	0.63	0.80	1.10
Uma volta joelho A	0.66	0.60	1.05	0.40	0.28	0.08	0.46	0.58	0.60	0.65	0.92
Uma volta joelho B	0.60	0.58	0.85	0.40	0.20	0.04	0.43	0.49	0.58	0.67	0.79
Uma volta joelho C	0.44	0.35	0.75	0.30	0.21	0.05	0.30	0.30	0.35	0.44	0.65
Uma volta registro	0.74	0.83	0.90	0.40	0.23	0.05	0.52	0.76	0.83	0.86	0.89
Duas voltas hidrômetro	1.39	1.33	1.65	1.25	0.19	0.04	1.25	1.25	1.33	1.43	1.58
Duas voltas joelho A	0.95	0.85	1.50	0.60	0.39	0.15	0.66	0.78	0.85	0.96	1.32
Duas voltas joelho B	0.61	0.65	0.65	0.50	0.07	0.01	0.55	0.64	0.65	0.65	0.65
Duas voltas joelho C	0.51	0.50	0.85	0.20	0.27	0.07	0.28	0.43	0.50	0.58	0.76
Duas voltas registro	0.86	0.88	1.25	0.45	0.36	0.13	0.53	0.68	0.88	1.07	1.19
Sem borrachas de vedação	1.10	0.98	2.20	0.25	0.82	0.68	0.42	0.75	0.98	1.26	1.89

Como esperado, os gráficos das Figuras 10 a 15 ilustram para os diferentes modelos de avarias, o aumento do volume de perdas em função do aumento da pressão aplicada. A definição de curvas paramétricas características de cada um dos modelos de avarias e a determinação de coeficientes específicos ainda dependem de uma maior repetição de ensaios e quantidade de dados.

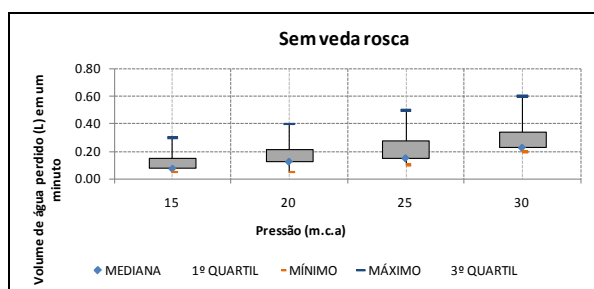


Figura 10: Volume de água perdido em função da pressão aplicada para a injúria/incorreção de montagem: Sem fita veda rosca.

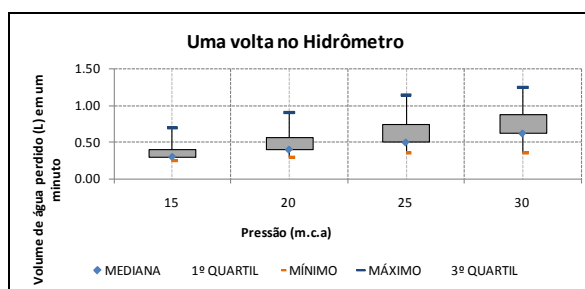


Figura 11: Volume de água perdido em função da pressão aplicada para a injúria/incorreção de montagem: Uma volta no hidrômetro.

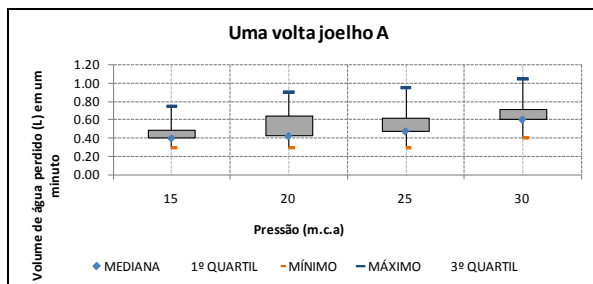


Figura 12: Volume de água perdido em função da pressão aplicada para a injúria/incorrecção de montagem: Uma volta no joelho A.

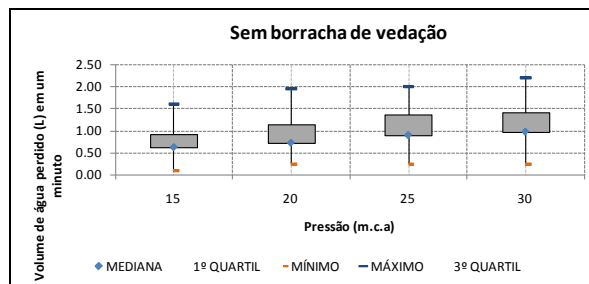


Figura 13: Volume de água perdido em função da pressão aplicada para a injúria/incorrecção de montagem: Sem borracha de vedação no hidrômetro.

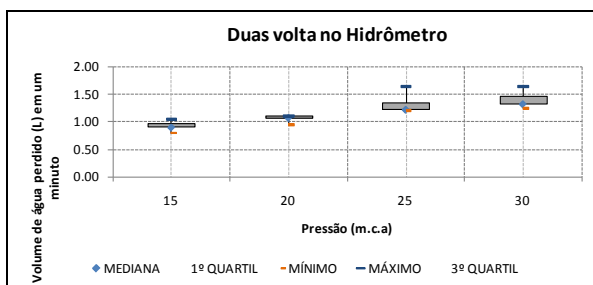


Figura 14: Volume de água perdido em função da pressão aplicada para a injúria/incorrecção de montagem: Duas voltas no hidrômetro.

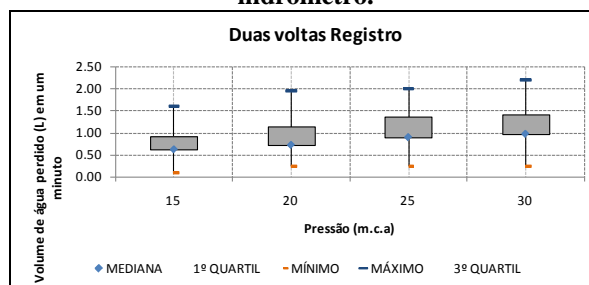


Figura 15: Volume de água perdido em função da pressão aplicada para a injúria/incorrecção de montagem: Duas voltas no registro.

De acordo com os resultados apresentados no gráfico das Figuras de 16 a 19 e também como esperado, para todos os modelos de injúria e incorrecção de montagem e pressões aplicadas, verifica-se a maior quantidade de água perdida para os casos de menor ajuste de cada uma das conexões. De fato, os valores alcançados para as diferentes peças e conexões, quando aplicado o modelo de avaria do tipo “duas voltas a menos”, alcançam até o dobro dos valores obtidos para o tipo “uma volta a menos”.

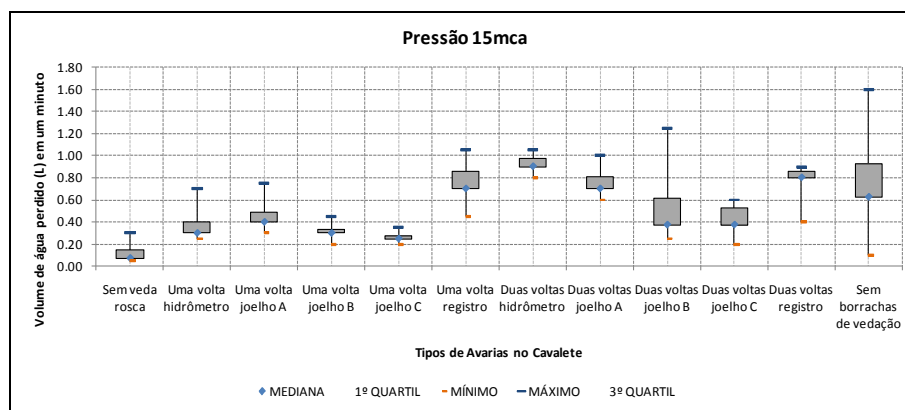


Figura 16: Volume de água perdido em função do modelo de Injúrias e incorrecções de montagem para a pressão de 15m.c.a..

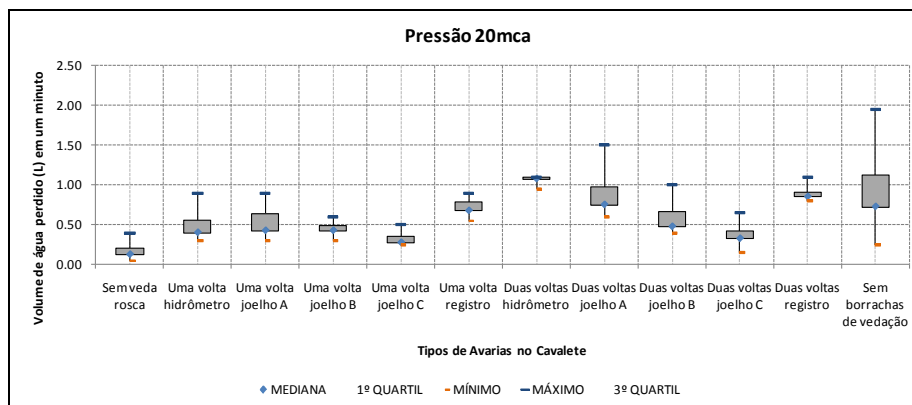


Figura 17: Volume de água perdido em função do modelo de Injúrias e incorreções de montagem para a pressão de 20m.c.a..

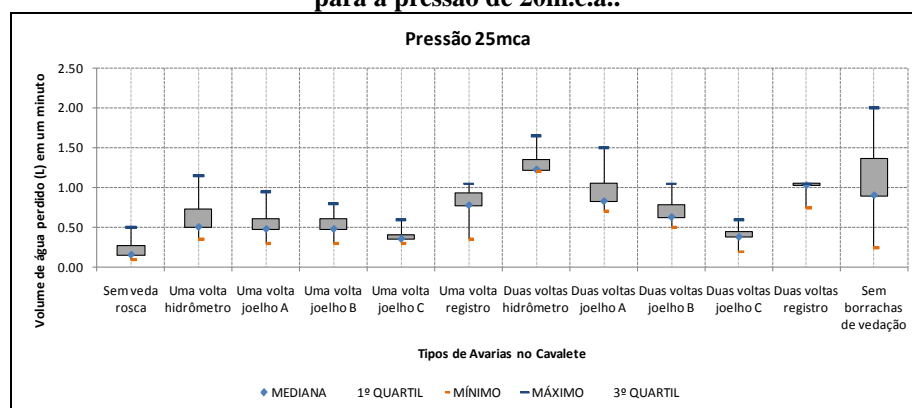


Figura 18: Volume de água perdido em função do modelo de Injúrias e incorreções de montagem para a pressão de 25m.c.a..

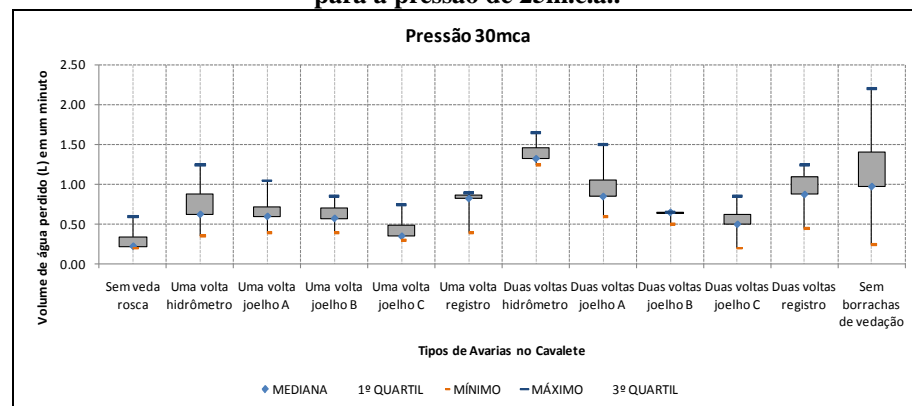


Figura 19: Volume de água perdido em função do modelo de Injúrias e incorreções de montagem para a pressão de 30m.c.a..

Ressalta-se que mesmo quando ajustadas integralmente e corretamente, a simples ausência da fita veda rosca em todas as conexões implica em perdas total no cavalete segundo valores compreendidos entre 0,08 e 0,23L/min, dependendo da pressão aplicada.

Também pode ser constatado que para o modelo de avaria do tipo “uma volta a menos”, e independente da pressão aplicada, os maiores volumes de perda ocorreram no registro, segundo valores 50% superiores aqueles observados na maior parte das demais peças e conexões. Já para o modelo de avaria do tipo “duas voltas a menos”, embora também tenha sido observado elevado volume de perda no registro, compreendida entre 0,80 e 1,03L/min, destacam-se os valores obtidos no hidrômetro, compreendidos entre 0,90 e 1,33L/min.

CONCLUSÕES

O Simulador de Águas Urbanas é uma plataforma pedagógica com grande potencial para o ensino de graduação e pósgraduação em engenharias e área afins a temática das águas urbanas e serve também ao treinamento de profissionais pertencentes aos quadros das empresas operadoras dos sistemas de águas urbanas. Por outro lado, contempla o desenvolvimento de projetos experimentais aplicados ao conceito de eficiência hidráulica e energética dos sistemas de abastecimento de água, nos quais se inserem pesquisas associadas ao controle de perdas, e especificamente ao conhecimento das características e do comportamento dos diferentes modelos de perdas físicas.

As conclusões deste trabalho, expressas pela determinação de volumes de perda associados a diferentes tipos de avarias e incorreções de montagem, de diferentes peças e conexões de um cavalete de micromedição, quando sujeitos a diferentes patamares de pressão, contribuem para os estudos de controle de perdas em sistemas de abastecimento de água.

Os resultados apontam, como esperado, que para os diferentes modelos de avarias, ocorre o aumento do volume de perdas em função do aumento da pressão aplicada. Também apontam a influência que o maior desajuste das conexões exerce sobre o volume de perda, assim como o potencial de perda que apresentam as diferentes peças e conexões que constituem o cavalete de micromedição.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CASSA, AMANDA MARILU. A Numerical investigation into the behaviour of leak openings in pipes under pressure. Magister ingenieriae in Civil Engineering at University of Johannesburg, 2005.
2. CESAN – Companhia Espírito Santense de Saneamento – NORMA GT/FE/Número/Versão/Ano COM/LG/058/001/2009 - Documento de aprovação Deliberação nº 3551/2009: UNIDADE DE MEDIÇÃO - PADRÃO INSTALAÇÃO DO HIDRÔMETRO, 2009.
3. MARCKA, ESTANISLAU (Revisão – 2004). SILVA, R., Conejo, J. G. L., Indicadores de perdas nos sistemas públicos de abastecimento de água – DTA – A2. Brasília – DF, 1998.
4. Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água – PNCDA, 1998. Disponível em: <<http://www.pncda.gov.br/>>. Acesso em: 15 out. de 2010.
5. SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO – SNIS –Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2009. Brasília: Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano da Presidência da República – SEDU/PR; Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada –IPEA.
6. THORTON, J.; STURM, R.; KUNKEL, G.. Water Loss Control. 2 ed, USA, McGraw- Hill, 2008.
7. TSUTIYA, M. T.. Abastecimento de Água. 3 ed. São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.