

ANÁLISE DO USO DE VÁLVULAS DE ADMISSÃO DE AR NOS SISTEMAS DE ESGOTOS SANITÁRIOS BRASILEIROS

Vera Maria Cartana Fernandes(1); Orestes Marraccini Gonçalves(2);

(1) Universidade de Passo Fundo, cartana@upf.tche.br

(2) Escola Politécnica da USP, omgocal@usp.br

RESUMO

Este artigo apresenta uma análise das condições de ventilação dentro do Sistema de Esgoto Sanitário de edifícios residenciais. Quando a ventilação secundária, realizada por meio de ramais e colunas de ventilação, é substituída por válvulas de admissão de ar.

A análise foi realizada através de ensaios em protótipos de tamanho real, de cozinhas e áreas de serviço de um edifício residencial, as quais foram montadas na parte vertical do Laboratório de Sistemas Prediais da Escola Politécnica da USP no Brasil.

Para a realização dos ensaios foram instalados um sistema de automação das descargas dos aparelhos sanitários presentes na instalação, e um sistema de instrumentação para adquirir e armazenar os dados relativos ao comportamento das pressões no interior das tubulações e as variações dos fechos hídricos dos sifões.

Nas simulações foram utilizados diversos valores de vazões de descarga e de tipos de ventilação, de forma a reproduzir em laboratórios o que acontece na prática nesse tipo de ambiente sanitário.

Palavras chave: Esgoto sanitário; sistema de ventilação; ventilação secundária; válvula de admissão de ar.

1 INTRODUÇÃO

Para o adequado encaminhamento dos dejetos provenientes dos diversos usos da água dentro das edificações é que foram criados os Sistemas de Coleta das Águas Servidas, os quais durante muito tempo foram concebidos e executados sem nenhum cuidado com a entrada de odores para o interior dos ambientes, comprometendo assim, as condições sanitárias dos edifícios.

Com a constatação dos problemas, os sistemas foram evoluindo até chegarem aos atuais Sistemas Prediais de Esgotos Sanitários, cujo requisito básico é *“coletar e conduzir os despejos provenientes do uso dos aparelhos sanitários, sem perigo de contaminar a água potável e, ao mesmo tempo, impedindo a entrada de odores para o meio ambiente das edificações”*.

As funções de coleta e condução dos despejos são atendidas pela apropriada escolha dos aparelhos sanitários, pelo adequado traçado e dimensionamento das tubulações.

Quanto à entrada de odores, estas são evitadas pela colocação dos desconectores, que são dispositivos dotados de uma barreira hídrica, denominada de fecho hídrico.

No entanto, devido ao escoamento dos aparelhos sanitários, desenvolvem-se no interior das tubulações pressões que, dependendo das magnitudes alcançadas, podem reduzir ou até romper os fechos hídricos dos desconectores, de modo a comprometer a função de evitar a entrada de odores para o interior das edificações.

Sendo assim, para equilibrar as pressões no interior das tubulações, foi introduzido o Sistema de Ventilação, que é composto por um conjunto de tubulações interligadas ao sistema de esgoto sanitário, as quais permitem a entrada de ar necessário para equilibrar as variações de pressões e impedir o rompimento dos fechos hídricos dos desconectores.

No Brasil, diversas pesquisas foram e estão sendo desenvolvidas no sentido de adequar os Sistemas de Esgotos Sanitários Brasileiros a realidades mundial, de novos produtos, métodos de dimensionamento e técnicas de execução.

Dentro deste contexto, é que esta pesquisa foi desenvolvida, pois faz um estudo da aplicação de válvulas de admissão de ar, em uma configuração de cozinha e área de serviço residencial.

Considerando-se que, a utilização de válvulas de admissão de ar em substituição a um sistema com ventilação convencional, ou seja, com ramais e coluna de ventilação, reduz sensivelmente o custo do sistema de esgoto, e da mão de obra para a sua execução, como também a possibilidade de erros na sua execução, pois segundo GRAÇA (1985) a retirada de todo o sistema de ventilação pode reduzir o custo do sistema de esgoto sanitário em 30%.

2 METODOLOGIA DOS ENSAIOS

A realização dos ensaios nos protótipos teve como principal finalidade, reproduzir em laboratório as condições mais desfavoráveis sob o ponto de vista da ocorrência dos fenômenos da auto-sifonagem, sifonagem induzida e sobrepressão, para possibilitar a análise do uso de válvulas de admissão de ar.

Tal análise será realizada através do relacionamento das magnitudes das pressões que ocorrem no interior das tubulações, devido a descarga dos aparelhos sanitários, e o comportamento dos fechos hídricos presentes na instalação.

Assim, a parte experimental desta pesquisa foi desenvolvida com a montagem de protótipos em verdadeira grandeza, de um sistema de esgotos sanitários de uma cozinha e área de serviço residencial.

2.1 Descrição do Laboratório de Sistemas Prediais:

Os ensaios com os protótipos foram montados na parte vertical do Laboratório de Sistema Prediais do prédio da Engenharia Civil da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, que é formada por uma torre de oito pavimentos, sendo que, cada um deles possui doze metros quadrados (12 m^2) de área.

Ela possui um sistema predial elétrico, um sistema de ar comprimido e um sistema predial de água fria, composto por um reservatório inferior localizado no primeiro pavimento, junto a um sistema de recalque, formado por um conjunto de três bombas ligadas em paralelo, e um reservatório superior.

O reservatório superior fica localizado no oitavo pavimento, cujo barrilete de distribuição esta no teto do sétimo pavimento, e faz a distribuição para os demais pavimentos por meio de colunas localizadas em shafts.

2.2 Configuração dos protótipos:

Nos protótipos ensaiados, foram reproduzidas em laboratório as montagens reais das instalações que formam a configuração de uma cozinha e área de serviço. Composta por uma

pia de cozinha, um tanque de lavagem de roupas e uma máquina de lavar roupas. A figura 01 apresenta a planta baixa junto com o detalhe de esgoto da configuração.

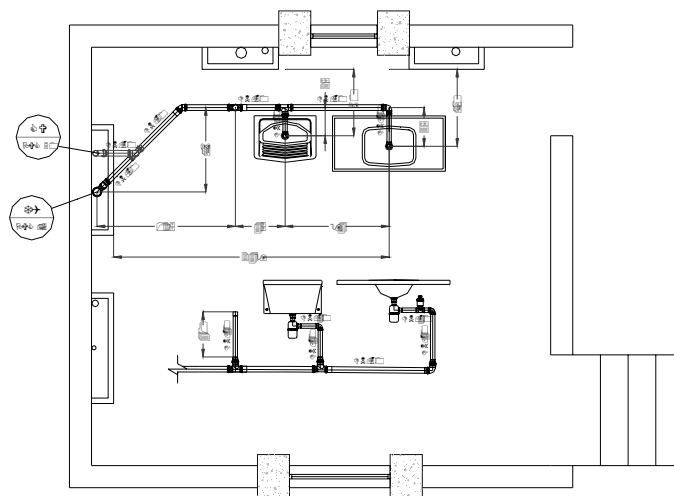


Figura 01 – Planta baixa e detalhe de Esgoto do banheiro de escritórios.

Os aparelhos sanitários utilizados na montagem dos protótipos foram escolhidos de modo a representar o que é mais usual, nos Sistemas Prediais de Esgotos Sanitários Brasileiros.

Assim, foi usada uma cuba de aço inox, ligada a um sifão do tipo copo o mesmo acontecendo com o tanque de lavagem de roupas da área de serviço, com a diferença que este último era um aparelho em material cerâmico. Para simular a máquina de lavagem de roupas foi instalada uma alimentação contínua com a vazão característica da máquina. A alimentação dos aparelhos e componentes foi realizada pela derivação de uma única coluna proveniente do barrilete.

No ramal de alimentação foi colocado um hidrômetro para medir as diversas vazões que foram ensaiadas, e em cada um dos três subramais de alimentação da pia de cozinha, do tanque de lavagem de roupas e da máquina de lavar roupas foi instalado uma válvula solenóide, e após cada uma foi colocado um registro de gaveta com a finalidade de regular e manter constante a vazão de alimentação em cada um desses aparelhos, durante a realização da bateria de ensaios.

Os três aparelhos foram alimentados com água corrente durante um certo período de tempo, ou seja, em nenhum dos casos foi ensaiado a descarga com cuba cheia da pia de cozinha e do tanque de lavagem de roupas. Na figura 02 apresentamos a foto da montagem realizada na torre.

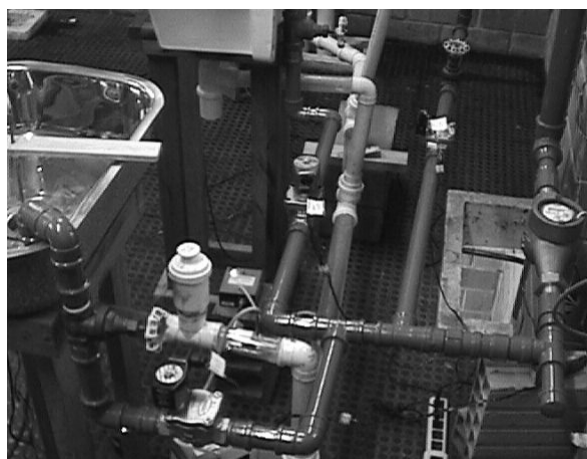


Figura 03 – Detalhe da alimentação da água fria no protótipo de cozinha com área de serviço.

2.3 Descrição dos pontos de medição nos protótipos:

Os pontos de medida de pressão foram localizados de modo a determinar o comportamento das pressões ao longo do tubo de queda. Logo, para este estudo, localizamos os pontos de medição no ramal de esgoto das instalações, próximo a conexão com o tubo de queda, baseados em estudos já desenvolvidos, como o de MONTENEGRO (1987), o de CHENG (1996) e mais recentemente o de SANTOS (1998).

Além das medidas de pressões próximas ao tubo de queda, também foram realizadas medidas do comportamento dos fechos hídricos dos aparelhos. Como mostram as tabelas 01 e 02.

Tabela 01 – Pontos de medida de pressão no protótipo de cozinha e área de serviço.

Pontos de Medição de Pressão	Pavimentos						
	8°	7°	6°	5°	4°	3°	2°
Tubo ventilador primário	PH8						
Ramal de esgoto próximo ao T.Q.		PC7	PC6	PC5	PC4	PC3	

Tabela 02 – Pontos de medida de fecho hídrico no protótipo cozinha e área de serviço.

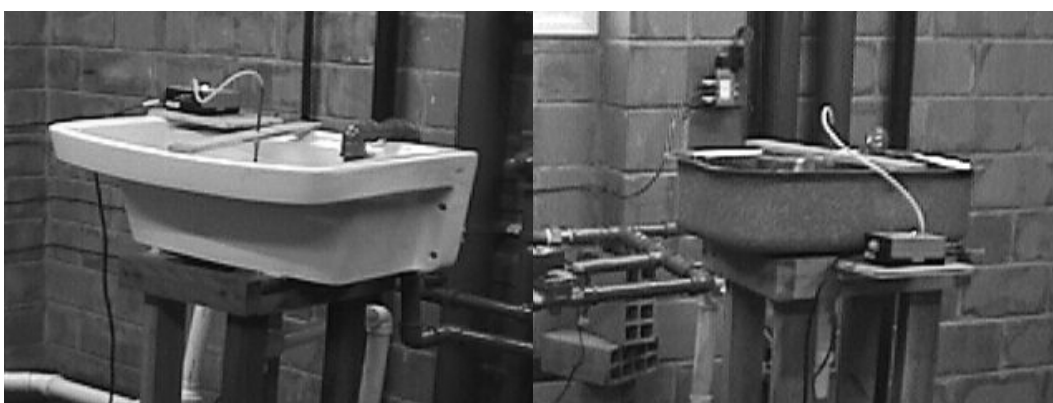
Pontos de Medição de Fecho Hídrico	Pavimentos				
	7°	6°	5°	4°	3°
Fecho hídrico do sifão da pia de cozinha	FE7	FE6	FE5	FE4	FE3
Fecho hídrico do sifão do tanque de lavagem de roupas	FF7	FF6	FF5	FF4	FF3

A figura 03 mostra a localização dos pontos de medida de pressão e de fecho hídrico.



Entrada do tubo de queda

Tubo ventilador primário



F. H. do tanque de lavagem de roupas

F. H. da pia de cozinha

Figura 03 – Localização dos pontos de medida de pressão e de fecho hídrico.

2.4 Descrição do sistema de instrumentação e aquisição de dados:

As medidas de pressão no interior das tubulações e as variações de fecho hídrico foram realizadas por meio de um sistema de instrumentação em conjunto com um de aquisição de dados.

O sistema de instrumentação estava composto por transdutores de pressão, acoplados a um circuito amplificador de tensão, de modo que a pressão registrada é transformada em um impulso elétrico, e é conduzido até o sistema de aquisição de dados.

Quanto ao sistema de aquisição este era formado por uma placa interface que fazia a ligação com uma placa de aquisição de dados, onde por meio de um software de gerenciamento, os impulsos elétricos foram transformados em valores de pressão por meio de equações de calibração dos transdutores. Todos os dados de pressão e altura de fecho hídrico foram armazenados em arquivos para posterior análise.

2.5 Descrição dos Arranjos de descargas utilizados nos protótipos.

A determinação no número de aparelhos sanitários a ser descarregado simultaneamente, é necessária para o conhecimento das vazões de esgoto que escoam pelas tubulações da instalação em estudo. Essa vazão, chamada de vazão de projeto é função da simultaneidade de uso e da tipologia dos aparelhos sanitários.

A Norma Brasileira de Esgotos Sanitários a NBR – 8160 (1999), apresenta um método que utiliza a distribuição binomial, onde é possível determinar a vazão de projeto para cada um dos trechos da instalação, baseado no conhecimento do número de aparelhos em uso simultâneo, considerando um dado fator de falha, ou seja o nível de confiança a ser estipulado pelo projetista.

Baseados nesses princípios foram determinados o número de aparelhos a ser descarregado simultaneamente de modo a simular nos cinco pavimentos úteis da torre de ensaios, vazões que ocorrem em prédios com um número maior do que cinco pavimentos.

2.5.1 Vazões unitárias dos aparelhos que foram utilizados são os seguintes:

Pia de cozinha	- Vazão = 0.25 L/s
Tanque de lavagem de roupas	- Vazão = 0.25 L/s
Máquina de lavar roupas	- Vazão = 0.30 L/s

2.5.2 Arranjos de descarga para as configurações: São os apresentados na tabela 03.

Tabela 03 – Arranjos de descarga para o protótipo de cozinha e área de serviço.

Aparelhos Sanitários	Combinação da Descarga			
	Da	Dc	Df	Continua 6 L/s
Descarga Contínua no oitavo pavimento				
Pia de Cozinha do sétimo pavimento				
Pia de cozinha do sexto pavimento				
Pia de cozinha do quinto pavimento				
Tanque de lavagem de roupas do sétimo pavimento				
Tanque de lavagem de roupas do sexto pavimento				
Tanque de lavagem de roupas do quinto pavimento				
Máquina de lavar roupas do sétimo pavimento				
Máquina de lavar roupas do sexto pavimento				
Máquina de lavar roupas do quinto pavimento				

Baseado na tabela 03, e nas vazões unitárias dos aparelhos, as vazões ensaiadas foram as seguintes:

- **Da** – Vazão de 1.90 L/s;
- **Dc** – Vazão de 1.35 L/s;
- **Df** – Vazão de 0.80 L/s.
- **Contínua** – Vazão de 6 L/s

A descarga contínua com vazão contínua de 6 L/s foi descarregada diretamente no tubo de queda no oitavo pavimento, através da instalação de um rotâmetro.

2.6. Caracterização do Sistema de Ventilação dos Protótipos:

Com a configuração básica, foram analisados três tipos de sistema de ventilação, de forma a possibilitar uma comparação entre o uso da ventilação realizada com ramais e colunas e a realizada por meio de válvulas de admissão de ar, os quais foram:

TIPO 1A:

Quando o subsistema de ventilação está formado pela ventilação primária e secundária com tubulação, a ventilação secundária com tubulação foi colocada no ramal de esgoto após a máquina de lavar roupas. Como podemos ver na figura 04.

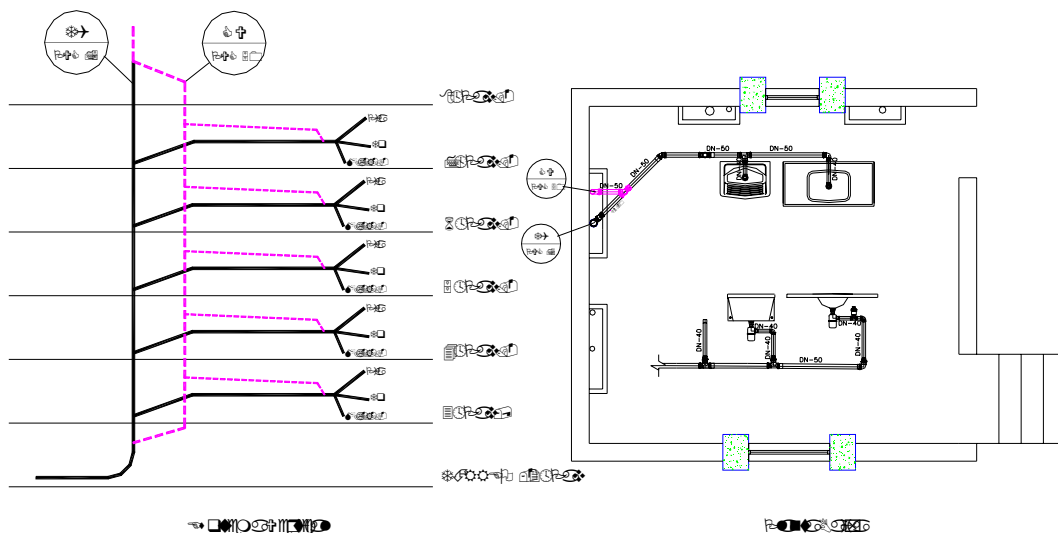


Figura 04 – Esquema vertical e planta baixa do protótipo com a ventilação do tipo 1A.

TIPO 3:

Quando o subsistema de ventilação está formado apenas pela ventilação primária. A qual é realizada pelo prolongamento do tubo de queda acima da cobertura. Como podemos ver na figura 05.

TIPO 5:

Quando o subsistema de ventilação está formado pela colocação de uma válvula de admissão de ar no ramal de esgoto após a máquina de lavagem de roupas. Como podemos ver na figura 06.

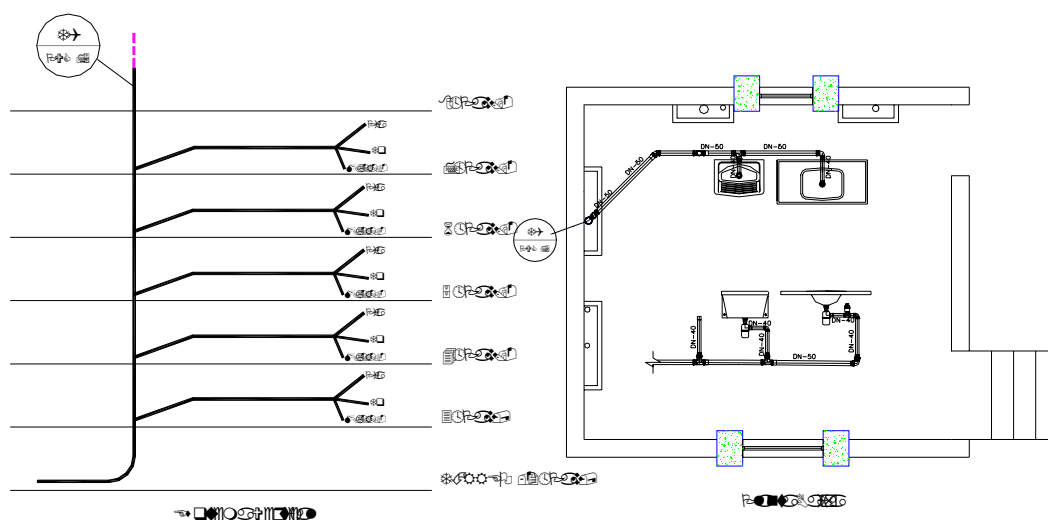


Figura 05 – Esquema vertical e planta baixa do protótipo com a ventilação do tipo 3.

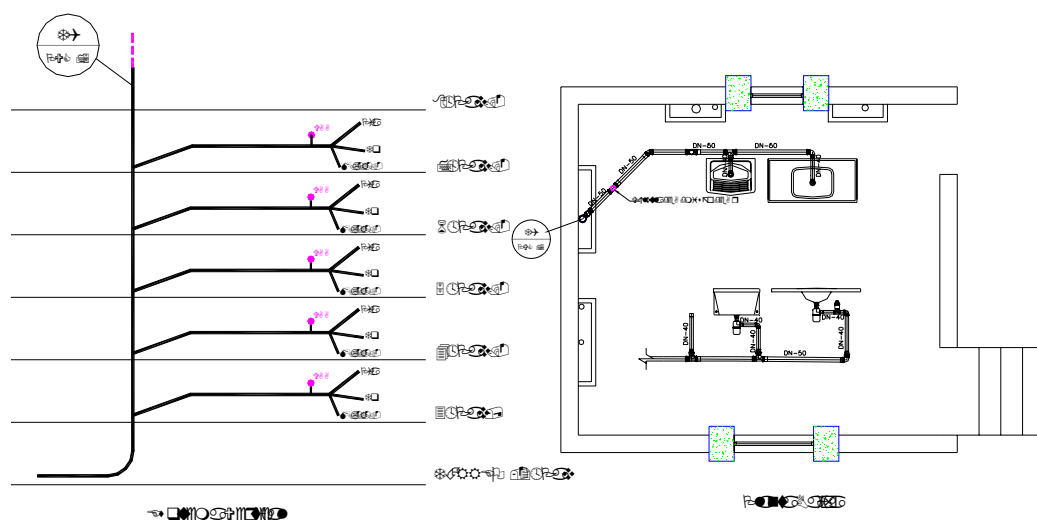


Figura 06 – Esquema vertical e planta baixa do protótipo com a ventilação do tipo 5.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS:

As válvulas de admissão de ar, são dispositivos cujo princípio de funcionamento está baseado no fato destas abrirem e admitirem ar para o interior das tubulações quando ocorrem depressões ocasionadas pelo escoamento dos aparelhos sanitários, e fecham na presença de pressões positivas ou da pressão atmosférica.

Logo, a análise dos valores máximos das depressões que ocorrem no interior das tubulações dos sistemas prediais de esgotos sanitários, quando são utilizadas válvulas de admissão de ar, é o principal objetivo pretendido com o desenvolvimento deste trabalho.

Ressalta-se que, o pavimento da máxima vazão varia de acordo com o valor da vazão ensaiada, pois varia também o lugar de descarga dos aparelhos, conforme foi visto na tabela 03. Assim, para o vazão de 6 L/s a máxima vazão ocorre no 7º pavimento, já para as vazões do tipo (Da) e (Dc) a máxima depressão ocorreu no 5º pavimento e para a vazão do tipo (Df) foi no 6º pavimento.

Dentro dessa idéia, apresentaremos as tabelas 04, onde estão os valores das depressões máximas no tubo de queda, para os três tipos de sistema de ventilação estudado.

Tabela 04 – Depressões máximas no tubo de queda.

Vazões ensaiadas	Sistema de tubo de queda Única (T3)	Sistema com ventilação secundária usando Tubulação (T1A)		Sistema com Ventilação secundária usando válvula de admissão e ar (T5)	
	Depressões	Depressões	Redução em relação a T3	Depressões	Redução em relação a T3
(L/s)	mm.c.a	mm.c.a	(%)	mm.c.a	(%)
6,00	-31,98	-11,34	64	-16,57	48
1,90	-4,16	-2,23	46	-3,71	11
1,35	-3,86	-2,18	44	-3,61	7
0,80	-3,16	-1,79	43	-2,97	68

Na tabela 05 podemos ver o comportamento do fecho hídrico dos desconectores, em cada um dos tipos de sistema de ventilação, em cada um dos pavimentos onde ocorreram as máximas depressões.

Tabela 05 – Comportamento dos fechos hídricos dos desconectores.

Tipo de Sistema	Sistema de tubo de queda única (T3)		Sistema com ventilação secundária usando tubulação (T1A).		Sistema com ventilação secundária usando válvula de admissão de ar (T5)	
Vazão ensaiada	Redução F.H. da Pia	Redução F.H. do tanque	Redução F.H. da Pia	Redução F.H. do tanque	Redução F.H. da Pia	Redução F.H. do tanque
(L/s)	mm	mm	mm	mm	mm	mm
6,00	16,52	10,00	2,76	4,17	6,28	6,52
1,90	0,65	0,00 ^(*)	0,00	0,00 ^(*)	1,24	0,00 ^(*)
1,35	2,52	0,63	0,69	2,92	1,16	0,99
0,80	0,00	0,10	0,00	2,46	0,00	0,00

Observações:

1 - (*) o resultado do comportamento do fecho hídrico do tanque de lavagem de roupas é para a ação da auto-sifonagem, pois é o tanque que esta sendo descarregado na combinação de descarga do tipo (Da), ou seja, de 1,90 L/s, no quinto pavimento.

2 - Os outros valores referem-se aos comportamentos dos fechos hídricos sob a ação da sifonagem induzida.

Nas tabelas apresentadas acima podemos ver que no caso do protótipo de cozinha e área de serviço, ocorreram perdas significativas de fecho hídrico apenas para a vazão contínua de 6L/s, quando o tipo de ventilação utilizada foi a de tubo de queda única, pois foram de 66% para a pia de cozinha e de 40% para o tanque de lavagem de roupas, o que demonstra que nestes casos deveremos providenciar uma ventilação secundária, para reduzir as depressões no tubo de queda e conseqüentemente as perdas de fecho hídrico dos desconectores.

A colocação da ventilação secundária realizada pelo uso de tubulação, ou seja, com ramal e coluna, produziu uma redução no valor da depressão da ordem de 64%, de modo que os

valores das depressões ficaram dentro dos limites recomendados pela bibliografia que é de 37,5 mm.c.a.

Dentro dessa condição a redução na perda de fecho hídrico para a pia de cozinha foi de apenas 11%, e para o tanque de lavagem de roupas foi de 17%, de modo que a perda de fecho ficou inferior ao recomendado pela bibliografia, que é de no máximo 50% do fecho hídrico inicial.

Já para o caso da utilização de uma ventilação secundária realizada com válvula de admissão de ar, a redução no valor da depressão foi um pouco menor, na ordem de 48%.

A redução nos valores das perdas de fecho hídrico para a pia de cozinha foi 25% e para o tanque de lavagem de roupas foi de 26%, que são inferiores aos 50% recomendados como máximo.

Dessa pequena amostragem dos resultados obtidos, com o protótipo de cozinha e área de serviço, das depressões máximas no tubo de queda e das perdas nos fechos hídricos dos desconectores, podemos concluir que:

- Para um edifício de até 8 pavimentos, onde a vazão máxima de descarga é de 1,90 L/s, com a utilização de sifões do tipo copo e tubo de queda de 75 mm de diâmetro, é possível utilizar o Sistema de Queda Única para ventilar o sistema de esgoto sanitário;
- Já em relação a um prédio de 35 pavimentos, onde a vazão máxima pode alcançar o valor de 6 L/s, dentro das mesmas considerações anteriores, é necessária a colocação de uma ventilação secundária, a qual pode ser realizada por ramais ou colunas de ventilação ou pela colocação de válvula de admissão de ar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN SOCIETY OF SANITARY ENGINEERING For Plumbing and Sanitary Research. **Performance Requirements for Air Admittance Valves for Plumbing Drainage Systems Fixture and Branch Device**. Ohio, U.S.A., 1990. 12p (ASSE, Standard 1051).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8160 **Sistemas Prediais de Esgotos Sanitários – Projeto e Execução – procedimento**. São Paulo, 1999.

CHENG, C. L. et all. **Study on Pressure Distribution of Drainage Stack in high-rise Apartments Houses – Prediction method in case of Single-point discharge**. Proceeding of the CIB Seminar, 1996.

FERNANDES, V. M. C. **Influência do Uso de Dispositivos de Admissão de Ar no Comportamento Hidráulico-Pneumático dos Sistemas Prediais de Coleta de Esgotos Sanitários de Edifícios Residenciais**. Dissertação apresentada à EPUSP para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil. São Paulo, 1993.

GRAÇA, Moacyr E. Alves da. **Formulação para Avaliação das Condições Determinantes da Necessidade de Ventilação Secundária em Sistemas Prediais de Coleta de Esgotos Sanitários**. Tese apresentada à EPUSP para obtenção do título de Doutor em Engenharia, São Paulo, 1985.

MANSINI, E. **Avaliação do Uso de Válvulas de Admissão de Ar em Substituição ao Subsistema de Ventilação Convencional em Sistemas Prediais de Esgotos Sanitários**. Dissertação apresentada à EPUSP para a obtenção do título de Mestre em Engenharia. São Paulo, 1999.

MONTENEGRO, M. H. **Desempenho de Desconectores e Dimensionamento da Instalações Prediais de Esgoto**. Dissertação apresentada à EPUSP para a obtenção do título de Mestre em Engenharia. São Paulo, 1985.

PINK, B. J., **The Effect of Stack Length on the Air Flow in Drainage Stacks**. Building Research Establishment Current Paper. CP 38/37. Dez. 1973.

SANTOS, D. C. **Contribuições para a Estruturação de Modelo Aberto para o Dimensionamento Otimizado dos Sistemas Prediais de Esgotos Sanitários**. Tese apresentada à EPUSP para a obtenção do título de Doutor em Engenharia. São Paulo, 1998.