

N. CLASS. M696.1
CUTTER M.829.9
ANO/EDIÇÃO 2014

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS

FÁBIO JOSÉ DOS REIS MORAIS

**ORIENTAÇÃO TÉCNICA SOBRE PATOLOGIA NO SISTEMA
PREDIAL DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA FRIA: TRANSIENTE
HIDRÁULICO EM VÁLVULAS DE DESCARGA**

Varginha

2014

FEPESMIG

FÁBIO JOSÉ DOS REIS MORAIS

**ORIENTAÇÃO TÉCNICA SOBRE PATOLOGIA NO SISTEMA
PREDIAL DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA FRIA: TRANSIENTE
HIDRÁULICO EM VÁLVULAS DE DESCARGA**

TCC apresentado por **Fábio José dos Reis Morais**
como exigência do curso de graduação em
**Engenharia Civil do Centro Universitario do Sul
de Minas** sob a orientação do professor (a): **Ivana
Prado Vasconcelos**

Varginha

2014

FÁBIO JOSÉ DOS REIS MORAIS

**ORIENTAÇÃO TÉCNICA SOBRE PATOLOGIA NO SISTEMA
PREDIAL DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA FRIA: TRANSIENTE
HIDRÁULICO EM VÁLVULAS DE DESCARGA.**

TCC apresentado por **Fábio José dos Reis Morais**
como exigência do curso de graduação em
**Engenharia Civil do Centro Universitario do Sul
de Minas** sob a orientação do professor (a): **Ivana
Prado Vasconcelos**

Área de concentração:

Data de defesa: 15/07/2014

Resultado: _____

BANCA EXAMINADORA

Ivana Prado Vasconcelos (orientadora) Prof. M. Sc.(a): _____

Armando Belato Pereira (membro) Prof. M. Sc.: _____

Mauricio Pinto da Silva (membro) Prof. M. Sc.: _____

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	6
2. OBJETIVO	7
3. REFERÊNCIAS NORMATIVAS	7
4. DEFINIÇÕES	7
5. DIAGNÓSTICO	9
Tabela 01 – Resultado dos cálculos de sobrepressão nas válvulas de descarga	9
6. PARÂMETROS	10
7. ORIENTAÇÃO TÉCNICA PARA PROPOSIÇÃO DE AÇÕES CORRETIVAS.	11
Figura 01 – Instalação Sanitária	11
8. PROTEÇÃO CONTRA GOLPES DE ARIETES EM TUBULAÇÕES PREDIAIS.....	12
8.1. VÁLVULA DE DESCARGA	13
8.1.1. CÁLCULO DA SOBREPRESSÃO:	13
8.1.2 VERIFICAÇÃO DA PRESSÃO COM MANÔMETROS:	15
8.2 SISTEMA BY-PASS HIDRÁULICO:	15
8.3 SUBSTITUIÇÃO DA VÁLVULA DE DESCARGA POR CAIXA ACOPLADA:.....	16
Figura 02 – Vaso Sanitário	16
8.4 VÁLVULAS REDUTORAS DE PRESSÃO:	17
Figura 03 – Válvula redutora de pressão	17
8.4.1. ESTAÇÃO REDUTORA DE PRESSÃO:.....	17
Figura 04- Estação redutora de pressão.....	18
8.5 DISPOSITIVOS MECÂNICOS.....	18
Figura 05 – Dispositivo supressor de golpes de aríete.....	19
Figura 06 – Funcionamento do dispositivo supressor de golpes de aríete.....	19
Figura 07 – Eficiência do dispositivo em função de seu posicionamento.	20
9. CONSIDERAÇÕES FINAIS	21
10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	22

1. INTRODUÇÃO

Este trabalho propõem orientações técnicas sobre patologia no sistema predial de abastecimento de água fria devido ao transiente hidráulico em válvulas de descarga. Desta forma o trabalho se deu a partir do estudo realizado no Trabalho de Conclusão de Curso I, onde analisou-se as manifestações patológicas no sistema de abastecimento de água fria predial, relacionados às válvulas de descarga em nove instalações sanitárias de um prédio de três pavimentos localizado na Praça Padre Júlio Maria, nº 40, Centro na Cidade de Boa Esperança. O desenvolvimento do estudo resumiu-se basicamente em recolher subsídios para compreensão da patologia, realizar o diagnóstico dos problemas encontrados, para determinar a definição de conduta apropriada para intervenção.

Com a revisão bibliográfica apresentada na primeira parte do trabalho, pode-se verificar que com o processo de verticalização, há a necessidade de mais estudos referentes às instalações hidrossanitárias, com intuito de evitar o surgimento de problemas, que podem afetar toda a estrutura de um edifício.

O caso utilizado é um exemplo de uma patologia que ocorre em instalações prediais de água fria, os transientes hidráulicos, provocado devido ao uso de válvulas de descargas, que gera altos valores de sobrepressão (golpe de aríete) na rede a qual esta conectada.

Isto ocorre pelo fato do dispositivo possuir uma grande abertura ocasionando altas velocidades nos tubos que a abastece, provoca impactos nas tubulações ao se realizar a interrupção do fluxo e pode levar ao rompimento ou vazamentos nos tubos, segundo Ruth Silveira Borges (1992).

Para este trabalho foram coletados dados por meio de vistorias in loco, para realização de cálculos, diagnósticos e a busca por soluções pertinentes a patologia.

Verificaram-se problemas nas válvulas como golpe de aríete, vazamentos e ruídos na tubulação e que um dos fatores que levaram ao surgimento do transiente na válvula de descarga foi o tempo de fechamento aliado à velocidade desenvolvida ao longo da tubulação de aproximadamente 40 metros.

Em construções existentes, como a da edificação estudada, devem-se utilizar recursos para corrigir o problema conforme a gravidade de cada caso, mas para os novos projetos faz-se

necessário o dimensionamento adequado conforme as recomendações normativas para o uso deste dispositivo, prevenindo possíveis problemas com transientes hidráulicos.

Por isso esta segunda parte do Trabalho de Conclusão de Curso consistiu-se em buscar orientações, desenvolvidas através das observações na edificação citada anteriormente, mas aplicável para situações de edifícios maiores, de modo a contribuir para a solução e prevenção de problemas com transientes hidráulicos em válvulas de descarga.

2. OBJETIVO

O objetivo desta orientação técnica é corrigir patologias provenientes de transientes hidráulicos devido ao uso de válvulas de descarga no sistema de abastecimento predial de água fria.

3. REFERENCIAS NORMATIVAS

Nesta orientação técnica utilizaram-se como pauta as normas citadas a seguir:

NBR 5626:1998 - Instalação predial de água fria

NBR 5648:1977 - Tubo de PVC rígido para instalações prediais de água fria – Especificação

NBR 6452:1997 - Aparelhos sanitários de material Cerâmico

NBR 12904:1993 - Válvula de descarga – Especificação

4. DEFINIÇÕES

Para os efeitos desta Orientação Técnica, aplicam-se as seguintes definições:

3.1 - Aparelho sanitário: Componente destinado ao uso da água ou ao recebimento de dejetos líquidos e sólidos (na maioria das vezes pertence à instalação predial de esgoto sanitário). Incluem-se nessa definição aparelhos como bacias sanitárias, lavatórios, pias e outros, e, também, lavadoras de roupa, lavadoras de prato, banheiras de hidromassagem, etc

3.2 - By-pass hidráulico: é um caminho alternativo para fazer com que a água consiga chegar até o caminho principal, mas por vias alternativas.

3.3 - Coluna de distribuição: Tubulação derivada do barrilete e destinada a alimentar ramais.

3.4 - Diâmetro nominal (DN): Número que serve para designar o diâmetro de uma tubulação e que corresponde aos diâmetros definidos nas normas específicas de cada produto.

3.5 - Golpe de aríete: é um fenômeno que provoca o choque violento que se produz sobre as paredes de um conduto forçado quando o movimento do líquido é modificado bruscamente.

3.6 - Instalação predial de água fria: Sistema composto por tubos, reservatórios, peças de utilização, equipamento se outros componentes, destinado a conduzir água fria da fonte de abastecimento aos pontos de utilização.

3.7 - Ramal: Tubulação derivada da coluna de distribuição e destinada a alimentar os sub-ramais.

3.8 - Rede predial de distribuição: Conjunto de tubulações constituído de barriletes, colunas de distribuição, ramais e sub-ramais, ou de alguns destes elementos, destinado a levar água aos pontos de utilização.

3.9 - Registro Integrado: Dispositivo incorporado à válvula de descarga destinada a regular a vazão e também propiciar o fechamento para manutenção.

3.10 Sobrepressão de Fechamento: Diferença entre a maior pressão verificada no fechamento de uma válvula de descarga e a pressão estática a que ela esta submetida.

3.11 - Tubulação: Conjunto de componentes basicamente formados por tubos, conexões, válvulas e registros, destinado a conduzir água fria.

3.12 - Sub-ramal: Tubo que liga a válvula de descarga a bacia sanitária.

3.13 - Válvula de descarga: Peça de utilização destinada a permitir a descarga de água na vazão ideal para permitir a limpeza das bacias sanitárias, mediante comando manual, onde o seu fechamento é automático, ou seja, independe da ação humana.

3.14 - Válvula de descarga de alta pressão: Válvula de descarga concebida para ser usada em pontos da instalação predial que apresentem valores mais altos de pressão estática, geralmente na faixa de 0,10MPa a 0,40MPa.

3.15 - Válvula de descarga de baixa pressão: Válvula de descarga concebida para ser usada em pontos da instalação predial que apresentem valores mais baixos de pressão estática, geralmente na faixa de 0,020MPa a 0,2MPa.

3.16 - Volume de descarga: Volume total de água que a válvula descarrega em um ciclo de funcionamento.

5. DIAGNÓSTICO

Para o diagnóstico estabelecido na primeira etapa do trabalho, considerou-se nas vistorias in loco as vibrações da tubagem e os ruídos.

As tubulações utilizadas para atender os sanitários com relação ao diâmetro e a vazão de projeto somente a tubulação de um dos sanitários não atende a vazão de projeto, apenas se todas as peças forem utilizadas ao mesmo tempo.

Algumas das válvulas utilizadas na edificação apresentavam vazamentos no momento do acionamento, onde se observou a água que sai da válvula e desce pelo azulejo, devido à falta de manutenção das mesmas e substituição de reparos.

Verificou-se por meio de cálculos que a sobrepressão em todos os sanitários estão abaixo do limite estabelecido pela norma com exceção de um dos sanitários que apresentou uma pressão total de 25,5mca ou 255 KPa, acima do valor estabelecido pela ABNT, (Associação Brasileira de Normas Técnicas), onde determina que este valor não ultrapasse 200KPa acima da máxima pressão estática.

As válvulas de descarga da edificação possuem a manobra com fechamento lento, onde o período T é menor que o tempo de fechamento, mesmo assim a manobra provoca a elevação da pressão no momento da interrupção do fluxo da água, gerando ondas de pressões que provocam as vibrações e ruídos nas tubulações, evidenciando que a patologia existente no local é o golpe de aríete provocado pelo fechamento de válvula de descarga.

Tabela 01 – Resultado dos cálculos de sobrepressão nas válvulas de descarga

Instalação Sanitária	Tubo PVC				Válvula de descarga			
	Diâmetro (mm)	Comp. (m)	Vazão (l/s)	Velocidade (m/s)	Tipo	temp.fech (s)	SobrePressão (KPa)	
1	40	atende	24,66	1,85	1,47	Hydramax 2550	1	74
2	50	atende	23,16	3,7	1,89	Hydra VCE 2516	1	89
3	40	atende	37,4	2,1	1,67	Hydramax 2550	0,5	255

4	40	atende	17,11	1,85	1,47	Hydramax 2550	1	51,7
5	40	atende	8,35	1,85	1,47	Hydramax 2550	2	12,7
6	50	atende	7,96	3,7	1,89	Hydramax 2550	2	15,3
	40	atende	9,5	1,85	1,47	Hydramax 2550	2	14,3
7	50	atende	8,3	3,7	1,89	Hydramax 2550	2	16
	40	atende	9,4	1,85	1,47	Hydramax 2550	2	14,7
8	40	não	6,4	2,35	1,86	Hydramax 2550	3	8
9	50	atende	4,9	4,21	2,14	Hydramax 2550	3	7

6. PARÂMETROS

Segundo a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), determina-se:

- Projetar e executar sistemas independentes de distribuição para instalações prediais que utilizam componentes de alta vazão como a válvula de descarga para bacia sanitária.
- A velocidade nas tubulações não devem ser superiores a 3,0 m/s
- Para o uso de válvula de descarga para bacia sanitária a pressão não deve ser inferior a 15 KPa.
- As sobrepressões devido a transientes hidráulicos não devem ser superiores ao valor de 200 KPa submetida as seguintes condições: maior pressão estática de instalação, tubulação de alimentação com comprimento, em metros, numericamente igual à maior pressão estática de instalação, expressa em megapascal (MPa), dividida por 0,01 (peso específico da água em MN/m³), vazão de regime de 2,0 L/s e dispositivo de regulagem do tempo de fechamento da válvula, quando houver, na posição que provoque o fechamento mais rápido.
- A vazão de projeto para uma bacia sanitária com utilização de válvula de descarga é de 1,7L/s, válvula de descarga alimentada por tubulação exclusiva.
- Não é exigível rede de ventilação.
- O mau funcionamento de válvulas de descarga deve ser corrigido por regulagens ou por troca do “reparo” (mola e vedações internas). Entende-se por mau funcionamento os seguintes eventos: vazão insuficiente, vazão excessiva, tempo de fechamento muito curto (golpe de aríete) ou muito longo (desperdício de água), “disparo” da válvula,

vazamento contínuo pela saída (quando fechada) ou pelo botão de acionamento (fechada ou aberta).

- A válvula deve apresentar descargas regulares com volume não superior a 9,0 L por descarga.
- Após 30000 ciclos de funcionamento sob as mesmas condições estabelecidas, deve atender aos requisitos estabelecidos pela norma.

7. ORIENTAÇÃO TÉCNICA PARA PROPOSIÇÃO DE AÇÕES CORRETIVAS.

Para se corrigir o transiente hidráulico, que é uma patologia muito comum em edifícios que utilizam de válvulas de descarga em suas instalações sanitárias, é necessário verificar se a tubulação foi dimensionada para uma coluna de distribuição de forma isolada, pois, estas válvulas requerem o fornecimento de água com pressão e vazão dimensionadas para o seu uso, como mostra a figura 1.

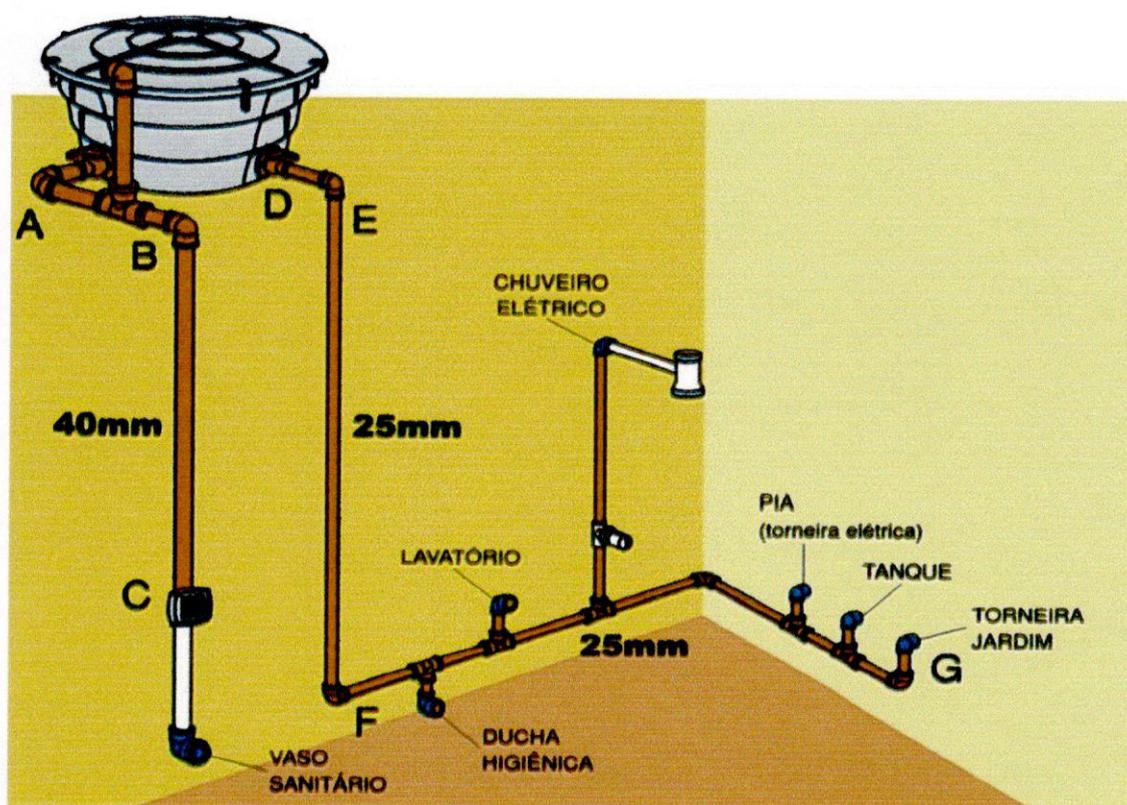


Figura 01 – Instalação Sanitária
Fonte: Catálogo Tigre (2010)

7.1 PROTEÇÃO CONTRA GOLPES DE ARÍETES EM TUBULAÇÕES PREDIAIS.

Segundo Laterza (2004), os transientes hidráulicos quase sempre ocorrem nas canalizações prediais.

As operações do sistema de abertura e fechamento de válvulas provocam mudanças no regime de escoamento resultando em transientes hidráulicos de maior ou menor intensidade, o que objetiva a busca do controle das ocorrências de transientes nas tubulações determinando seus efeitos e reduzindo possíveis danos.

“Um projeto criterioso deve, portanto, investigar as possíveis ocorrências de golpes de aríete nas tubulações e incluir medidas de proteção que minimizem seus efeitos nocivos.” Laterza (2004).

Diz ainda que para a redução da intensidade das variações de pressão existem basicamente duas formas:

- a) Controlar a velocidade de escoamento na tubulação;
- b) Controlar a duração da manobra de abertura e fechamento.

Para a primeira opção deve-se aumentar o diâmetro da tubulação, para controlar a velocidade de escoamento. É necessário levar em consideração que o aumento do diâmetro eleva o custo da instalação e resultará na redução da perda de carga na tubulação, elevando a pressão dinâmica disponível no ponto de utilização. Assim, a vazão que se estabelece na peça de utilização também aumentará, mas a diminuição da velocidade não será totalmente atingida.

Portanto conforme Laterza (2004), a segunda opção, controlar a duração da manobra é o meio mais apropriado para impedir as intensas variações de pressão em transientes hidráulicos nas instalações prediais de água fria.

Para diminuir a oscilação da velocidade de escoamento da água a maneira mais simples e objetiva é utilizar equipamentos ou dispositivos que não produzam uma interrupção brusca do escoamento. Válvulas de descarga de fechamento lento, como descritas por Passeto (1977), são exemplos de dispositivos que minimizam essa ocorrência.

7.2. VÁLVULA DE DESCARGA

Para solucionar o problema, deve-se utilizar um reparo ou uma válvula que permita o fechamento mais lento impedindo a elevação da pressão.

No mercado encontram-se válvulas com bitola de 1.1/2" para baixa pressão (1,5 a 15 mca), recomendadas para residências e edifícios, nos apartamentos mais próximos ao reservatório superior, e bitola de 1.1/4" para pressões mais elevadas (10 a 40 mca) em edifícios, nos apartamentos mais distantes do reservatório superior, normalmente estes dispositivos possuem registro integrado para regular ou fechar a vazão de água para uma possível manutenção no sistema interno, não necessitando de quebra de parede, tornando a manutenção rápida e eficiente, algumas possuem acabamento com dois comandos de descarga, um para detritos sólidos e um para líquidos, no mesmo acabamento, o que gera uma economia no consumo de água, segundo especificações dos fabricantes.

O transiente hidráulico é considerado se esta pressão estiver acima 200KPa que é estabelecido pela norma da ABNT.

A sobrepessão pode ser verificada por um manômetro ou por meio de cálculos através da verificação do diâmetro e comprimento do tubo utilizado do reservatório ate a válvula.

7.2.1. CÁLCULO DA SOBREPRESSÃO:

Celeridade do tubo

$$C = \frac{9\,900}{\sqrt{48,3 + k \frac{D}{e}}}$$

C = celeridade da onda, m/s;

D = diâmetro dos tubos, m;

E = espessura dos tubos, m;

K = coeficiente que leva em conta os módulos de elasticidade (E).

Período

$$T = \frac{2L}{C}$$

Onde,

L = comprimento da canalização

C = velocidade de propagação da onda (celeridade)

Com isso, verificar se a manobra é lenta ou rápida sendo que se o tempo de fechamento for maior que o período a manobra é lenta, se o tempo de fechamento for menor que o período então a manobra é rápida, Azevedo Neto (1998).

Para o calculo da sobrepressão:

Manobra rápida

$$ha = \frac{2LV}{gt}$$

L = Comprimento do tubo

g = Aceleração da gravidade

t = tempo de fechamento

V = velocidade media, m/s;

ha = aumento de pressão em mca.

Manobra lenta

$$ha = \frac{CV}{g},$$

C = Celeridade

g = Aceleração da gravidade

V = velocidade média, m/s;

h_a = aumento de pressão em mca.

Soma-se a máxima pressão estática e a sobrepressão e obtém-se a pressão que está atuando no momento do fechamento da válvula, Enciclopédia Tigre (2010).

7.2.2 VERIFICAÇÃO DA PRESSÃO COM MANÔMETROS:

Conforme Enciclopédia Tigre - Ruptura em conexões - 2010, para verificação de pressão em edifícios, instala-se o manômetro no ramal de alimentação de válvula de descarga do apartamento em que acontece o fenômeno do golpe de aríete. Faça a medição da pressão estática e as variações dinâmicas de pressão a partir deste ponto. Peça para os moradores dos apartamentos acima e abaixo daquele onde está sendo realizadas as medições de pressão para que acionem um de cada vez, as suas válvulas de descarga. Anote as variações de pressão a cada acionamento de válvula de descarga. O valor individual de cada leitura deverá ser a diferença entre o máximo valor registrado pelo ponteiro de arraste, subtraído do valor registrado para a pressão estática no ponto onde está instalado o manômetro. Repete-se o procedimento a cada acionamento de válvula de descarga, observando antes de realizar uma nova medição da variação da pressão, se o ponteiro de arraste está encostado no ponteiro que faz a leitura da pressão.

7.3 SISTEMA BY-PASS HIDRÁULICO:

Este sistema foi estudado por alunos da Universidade Federal de Ouro Preto e tem o objetivo de impedir o choque das ondas provocado pelo fechamento da válvula ao chegar à saída do reservatório e consiste em instalar um tubo 6 (seis) vezes menor que o diâmetro do tubo que sai do reservatório cerca de 50 cm para dentro deste, e na outra extremidade o tubo deve ficar acima do nível da água do reservatório. Quando a onda chega ao reservatório irá entrar pela

tubulação que oferece menor pressão, ou seja, o tubo de diâmetro menor e conseqüentemente reduzir a pressão que estava no tubo da coluna evitando o choque.

7.4 SUBSTITUIÇÃO DA VÁLVULA DE DESCARGA POR CAIXA ACOPLADA:

A caixa acoplada pode ser utilizada para substituir a válvula de descarga e eliminar o golpe de aríete no local que ocorre a sobrepessão, além de reduzir o consumo de água, porém esta situação é viável apenas em residências, em que se neutraliza a válvula de descarga e coloca-se uma redução para realizar a conexão do vaso, além de realizar um ajuste na tubulação de esgoto devido à distância do eixo do ramal de descarga até a parede, por ser maior para o vaso com caixa acoplada e verificar junto ao fabricante para a determinação da distância de instalação, conforme Figura 02.

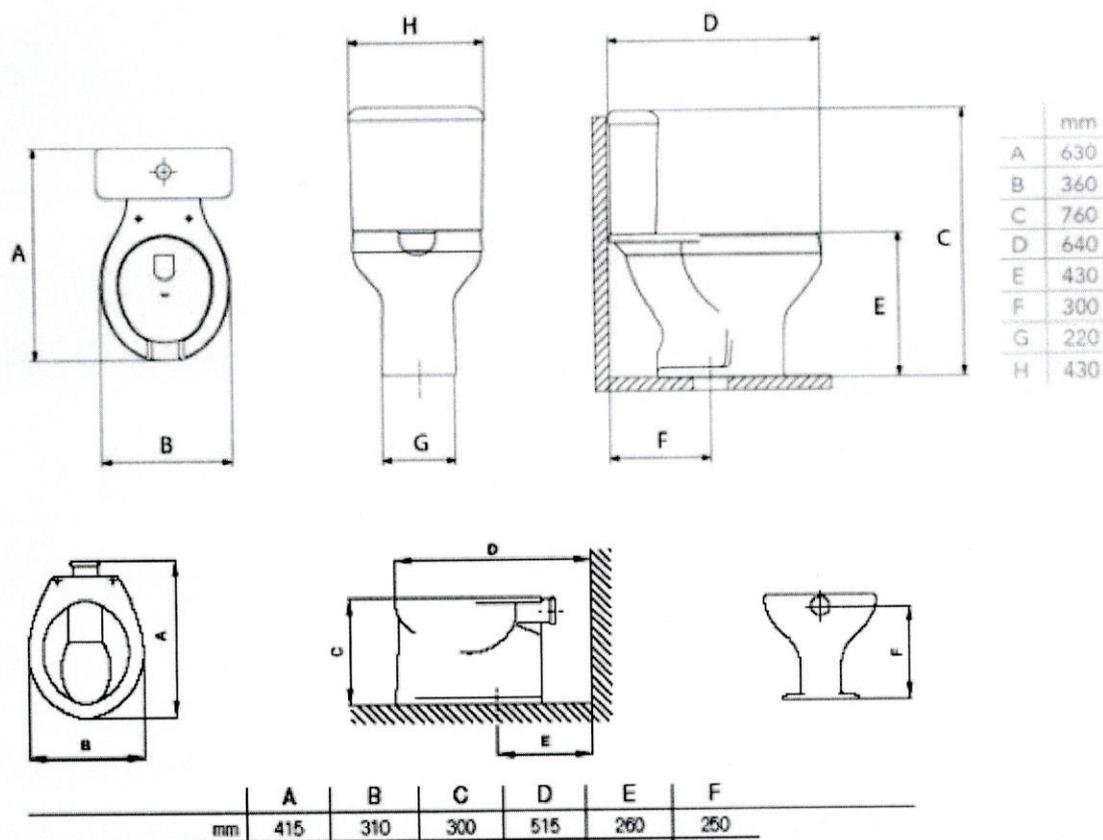


Figura 02 – Vaso Sanitário

Fonte: www.solucenter.com

7.5 VÁLVULAS REDUTORAS DE PRESSÃO:

Em edifícios com mais de 40 metros de altura, são utilizadas válvulas redutoras de pressão, estas válvulas são colocadas no ponto onde se atinge a pressão de 40mca incluindo a altura do reservatório, a partir deste local a pressão estará acima do limite permitido pela norma, para redução utiliza-se uma estação redutora de pressão, Figura 03, que para maior segurança é instalada acima do ponto onde se encontra a pressão limite, este procedimento pode ser repetido se a edificação atingir novamente a pressão limite, PINI/2011.

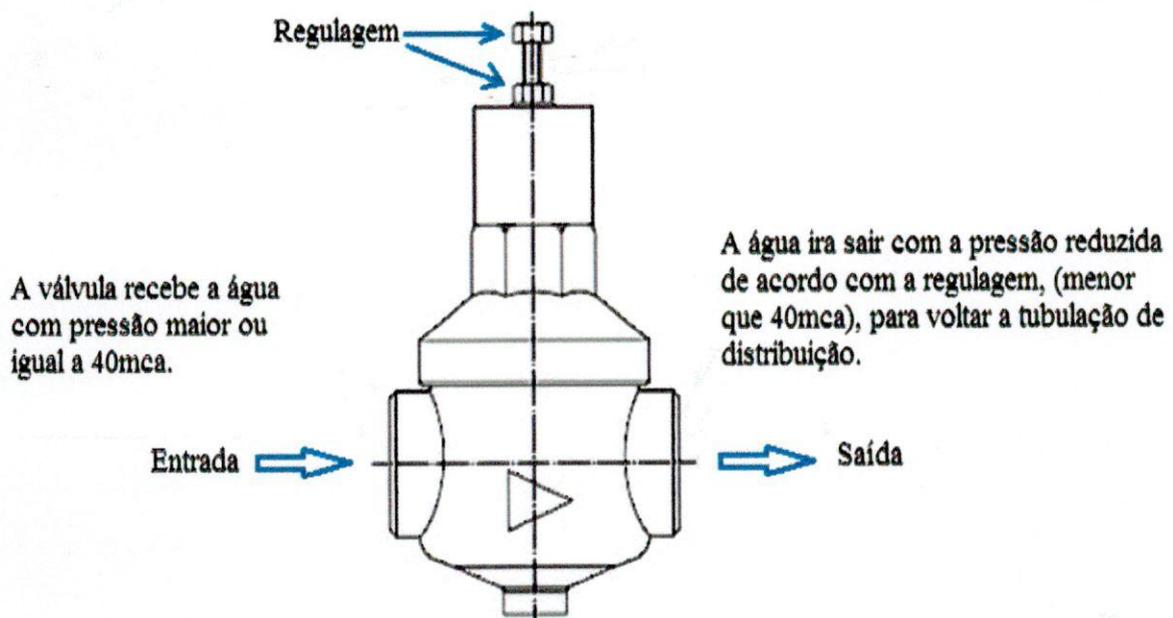


Figura 03 – Válvula redutora de pressão

Fonte: PINI/2011

7.5.1 ESTAÇÃO REDUTORA DE PRESSÃO:

As válvulas redutoras de pressão compõem a estação redutora de pressão juntamente com outros dispositivos, como filtros, manômetros e registros, que permitem seu funcionamento adequado e sua manutenção, conforme figura 04.

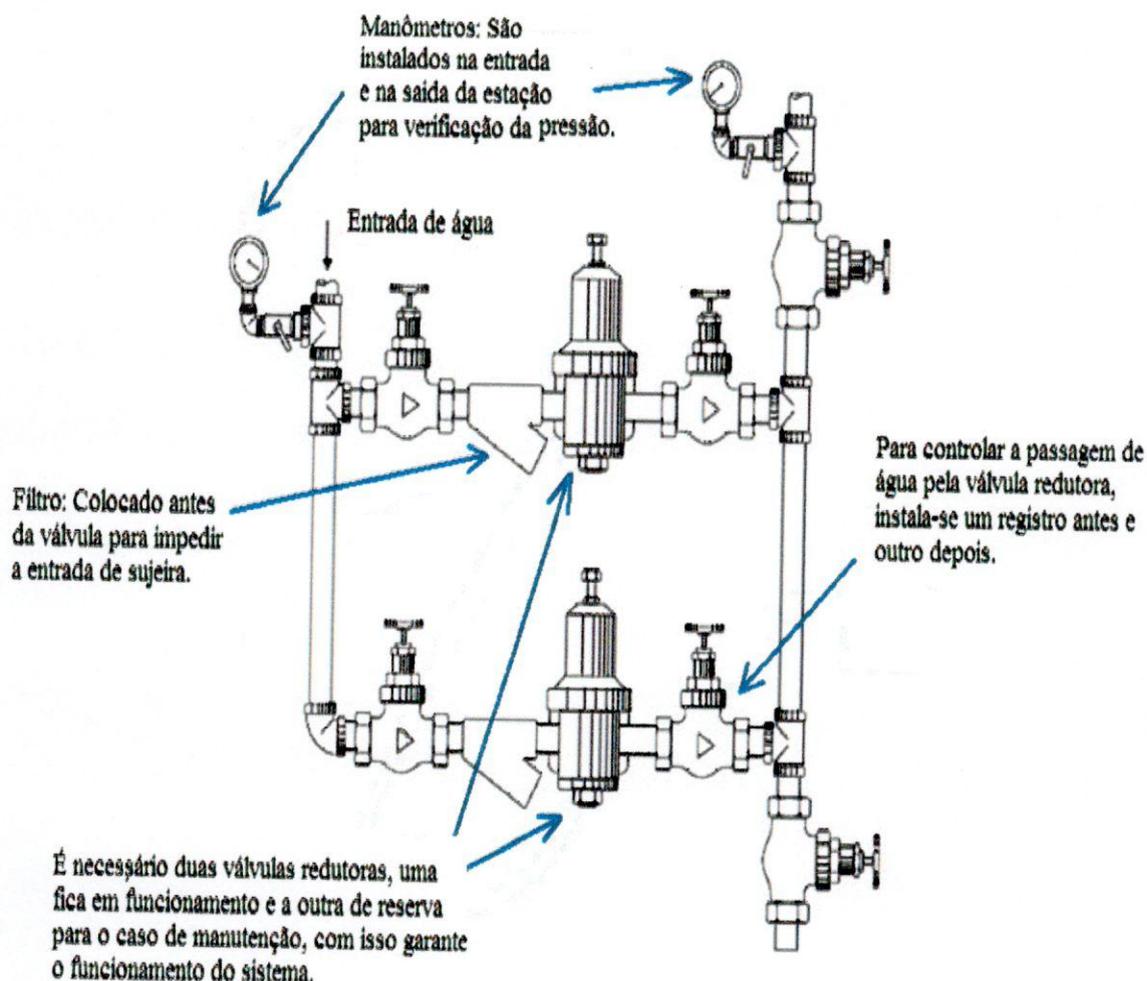


Figura 04- Estação redutora de pressão

Fonte: PINI/2011

7.6 DISPOSITIVOS MECÂNICOS

Há mecanismos no mercado criados especialmente para prevenir golpes de aríetes nas tubulações prediais de água fria. Este dispositivo pode ser visualizado na figura 05 e na figura 06 o seu funcionamento.

O dispositivo denominado “*water hammer arrestor*” (supressor de golpes de aríete) possui uma câmara de amortecimento interligada a uma seção tubular, na qual ocorre um ligeiro estrangulamento do diâmetro junto ao orifício de interligação. A câmara de amortecimento é dotada de uma membrana que é acionada por uma mola e atua como um diafragma.

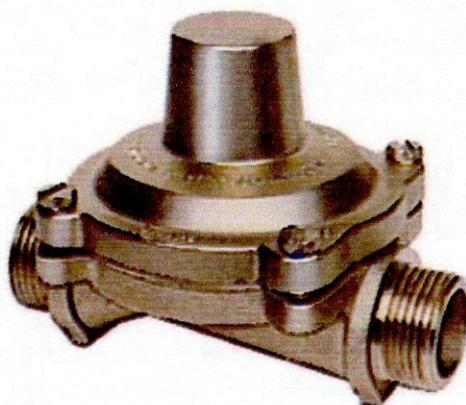


Figura 05 – Dispositivo supressor de golpes de aríete.

Fonte: Desbordes (1989)

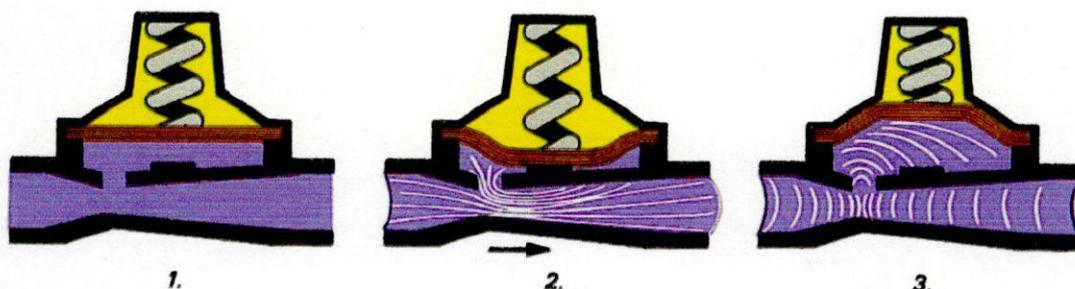


Figura 06 – Funcionamento do dispositivo supressor de golpes de aríete.

Fonte: Desbordes (1989)

Quando não existe vazão passando pelo dispositivo, a pressão hidrostática que atua sob o diafragma é equilibrada pela força exercida pela mola e a membrana permanece na posição de repouso, como ilustrado na condição 1 na figura 06. Quando se estabelece um fluxo de água pelo dispositivo, o efeito Venturi causado no orifício pelo estrangulamento do diâmetro provoca uma depressão na câmara, fazendo com que esta se esvazie e o diafragma seja deslocado para baixo, como ilustrado na condição 2 da figura 06. Quando o fluxo é bruscamente interrompido, produzindo um golpe de aríete, o efeito Venturi cessa e o diafragma se move para cima permitindo que a câmara se encha de água, como ilustrado na

condição 3 da figura 06. Este efeito de “absorção” da onda de pressão atenua o golpe de aríete na tubulação, Desbordes (1989).

O dispositivo supressor acima apresentado possui diâmetro de $\frac{3}{4}$ ”, destina-se a amortecer golpes de aríete apenas em ramais e sub-ramais de uma instalação predial.

Deve, portanto, ser instalado nas proximidades da torneira ou outra peça de utilização que pode provocar o golpe de aríete.

A figura 07, extraída do catálogo do fabricante (Desbordes, 1989) mostra a eficiência do dispositivo em função da distância em que se encontra da peça de utilização que pode provocar o golpe. O eixo das abscissas representa o comprimento total da tubulação (desde a peça de utilização até o ponto de alimentação do ramal) e o eixo das ordenadas representa a distância do dispositivo até a peça de utilização.

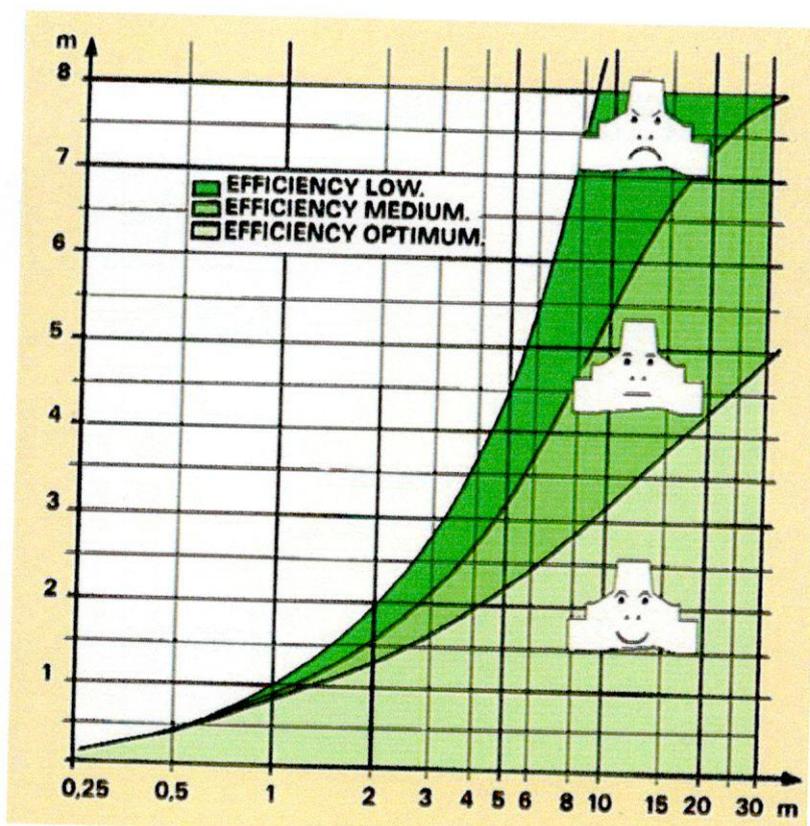


Figura 07 – Eficiência do dispositivo em função de seu posicionamento.
Fonte: Desbordes (1989)

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo mostrou que os transientes provocados por válvulas descarga estão presentes em edificações verticalizadas e mesmo quando a manobra que ocorre com este tipo de dispositivo é lenta, ainda ocorre o transiente.

Existem algumas soluções para este problema, visando à redução da velocidade do líquido dentro dos condutos por meio da alteração do diâmetro dos tubos, ou o controle da manobra de fechamento das válvulas de descarga através de dispositivos criados para este fim.

Como para o estudo de caso apresentado, em que a substituição do reparo por outro reparo com o fechamento mais lento amenizou a elevação de pressão fazendo com que a sobrepressão não mais se elevasse a níveis prejudiciais.

Com isso a busca de conhecimentos na área da hidráulica aplicada as edificações, requer um olhar criterioso por parte dos profissionais de engenharia, para melhor compreensão e aplicação dos conhecimentos no desenvolvimento de projetos.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AZEVEDO NETO, José Martiniano de, 1918- **Manual de Hidráulica / por/ J.M. de Azevedo Neto /e/ Guilherme A Costa Alvares**. 6. Ed revista e complementada. São Paulo, Edgard Blucher, 1073, 1977 reimpressão. Volume I e II.
- AZEVEDO NETTO, J. M., et alli. - "Manual de Hidráulica", Ed. Edgard Blucher Ltda, 8ª Edição, São Paulo, 1998
- CARVALHO JUNIOR, ROBERTO DE – Instalações hidráulicas e o projeto de arquitetura/Roberto de Carvalho Junior – 5ª ed. Revista e ampliada – São Paulo: Blucher,2012.
- Catalogo de peças de reposição Hydra – Ano: 2012
- FACHIM, O. **Fundamentos de Metodologia**. 4. ed. São Paulo: Saraiva, 2005.
- GNIPPER, S. F. **Patologias mais frequentes em sistemas hidráulico-sanitários e de gás combustível de edifícios residenciais em Curitiba** 2007. In: X Simpósio Nacional de Sistemas Prediais. Anais, 29-30 agosto de 2007, São Carlos.
- Enciclopédia Tigre (2010) - Ruptura em tubos de pvc disponível em : <http://www.tigre.com.br/enciclopedia/api.php/artigo/90/Rupturas+em+Tubos> - acessado no dia 05 de maio de 2014 as 20:00 horas.
- LATERZA - LUIZ BANDEIRA DE MELLO. **Estudo teórico e experimental de falha em conexões de PVC para sistemas prediais de água fria** – São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2004. Dissertação (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade de São Paulo, 2004.
- LICHTENSTEIN, N. B. **Patologia das Construções: procedimento para formulação do Diagnóstico de falhas e definição de conduta adequada à recuperação de edificações**: São Paulo: Escola Politécnica da USP, 1985. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade de São Paulo, 1985.
- MACEDO, S.S., 1987, **São Paulo, paisagem e habitação verticalizada – os espaços livres como elementos do desenho urbano**. São Paulo. Tese (Doutorado em Arquitetura), Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo.
- MARTINS, JAIME FLORENCIO; ARAÚJO, DANIEL FORTUNADO DE; ANDRADE, FERNANDA FERRA; SILVA, MARCELA TEIXEIRA LOPES – Trabalho de Iniciação Científica – **Aperfeiçoamento para eliminação do golpe de aríete–UFOP – Universidade Federal de Ouro Preto - PET/DEPEM/SESU/MEC** - Anais da 58ª Reunião Anual da SBPC - Florianópolis, SC - Julho/2006.

- MARTINS, M. S.; HERNANDES, A. T.; AMORIM, S. V. **Ferramentas para melhoria do processo de execução dos sistemas hidráulicos prediais**. 2003. In: III Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção, Anais, p 16-19, 16-19 setembro de 2003, São Carlos.
- NBR 12904 - Válvula de descarga
- NBR 12904:1993 - Válvula de descarga – Especificação
- NBR 13752/1996 - Perícias de engenharia na construção civil
- NBR 14037/1998 - Manual de Operação Uso e Manutenção Das Edificações - Conteúdo e Recomendações Para Elaboração e Apresentação
- NBR 5626:1998 - Instalação predial de água fria
- NBR 5648:1977 - Tubo de PVC rígido para instalações prediais de água fria – Especificação
- NBR 5674/ SET 1999 - Manutenção de edificações – Procedimento
- NBR 6452:1997 - Aparelhos sanitários de material Cerâmico
- Reportagem: Jamila Venturini - **Válvulas redutoras de pressão: Aparelhos instalados na rede hidráulica de edifícios altos ajudam a evitar danos causados pela excessiva pressão da água** – Revista Como construir na pratica equipe de obra, Edição 35 - Maio/2011 – Editora PINI.
- VERÇOZA, E. J. **Patologia das Edificações**. Porto Alegre, Editora Sagra, 1991.172p.