https://doi.org/10.4322/CBPAT.2022.077

Congresso Brasileiro de Patologia das Construções

ANÁLISE DA RUPTURA DE TUBULAÇÃO FLEXÍVEL EM UM EMPREENDIMENTO MULTICORPORATIVO NA CIDADE DE CURITIBA, PARANÁ

Leonardo Covatti de Oliveira[1]*, Luiz Carlos Pinto da Silva Filho[2]; Luciani Somensi Lorenzi[2], Alexandre Lorenzi[3]; Lucas Reginatto[3] e Arthur Medeiros[4]

*Autor de contato: contato@confienge.com

[1] Doutorando, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre/RS, Brasil
[2] Professor Doutor, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre/RS, Brasil
[3] Pesquisador Doutor, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre/RS, Brasil
[4] Professor Doutor, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba/PR, Brasil

RESUMO

Apesar da engenharia brasileira ser uma referência para vários países, ainda existe um grande número de projetistas e construtoras que continuam a negligenciar seus projetos e obras não realizando seus serviços a luz das normas técnicas de engenharia vigentes. Na cidade de Curitiba, Paraná, foram inspecionados as instalações hidráulicas em uma sala comercial cuja tubulação de água fria foi rompida devia da elevada pressão estática local em um empreendimento comercial de 32 andares. Após inspeção local utilizando um manômetro foi constatado que a pressão estática local era de 720 kPa, 84% superior a pressão estática máxima permitida por norma vigente de água fria. Também foi constatado falha de projeto na instalação da prumada de água fria que dimensionou apenas um pavimento contendo um conjunto de válvula redutora de pressão (VRP). Após a instalação da VRP pela construtora, a mesma não foi regulada e realizado teste de pressão estática para identificar que o projeto estava equivocado. Por fim, não foram realizadas manutenções preventivas pela administradora do empreendido. Essas foram as causas prováveis do rompimento da tubulação flexível da sala comercial.

Palavras-chave: manifestação patológica; rompimento de tubulação; inspeção predial.

ABSTRACT

Despite Brazilian engineering being a reference for several countries, there is still a large number of designers and construction companies that continue to neglect their projects and works, not performing their services in light of the technical engineering standards. In the Curitiba's city, Paraná, the hydraulic installations were inspected in a commercial room whose water pipe was broken due to the high local static pressure in a 32 floors commercial building. After on-site inspection using a manometer, it was found that the local static pressure was 720 kPa, 84% higher than the maximum static pressure allowed by the current standard for cold water. A project failure was also found in the installation of the cold water plumb which only dimensioned one floor containing a set of pressure reducing valve (VRP). After installing the VRP by the construction company, it was not regulated and a static pressure test was not carried out to identify that the project was wrong. Finally, preventive maintenance was not carried out by the administrator of the building. These were the probable causes of the rupture of the flexible tubing in the commercial room.

Keywords: pathological manifestation; hydraulic pipe break in civil construction; building inspection.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente é nítido o crescimento de trabalhos e interesse pela área de investigação de problemas após a finalização da construção de uma edificação. Com isso, se faz necessário tomar emprestado alguns termos utilizados na medicina e por vezes realizar comparações entre o ser humano e a construção propriamente dita. Algum dos termos utilizados são patologia e manifestação patológica.

Patologia é a ciência que estuda as doenças e as alterações que estas causam em organismos, tanto na área médica quanto na engenharia. Quando voltamos os olhos para um sistema integrado para analisá-lo, sistema esse que pode ser tanto o corpo humano quando uma edificação (organismos da construção civil), estes poderão apresentar não conformidades que denominamos Manifestações Patológicas, (VERÇOZA, 1991; HELENE, 1993; PERES 2001; AL ALAM, 2016 e OLIVEIRA, 2019).

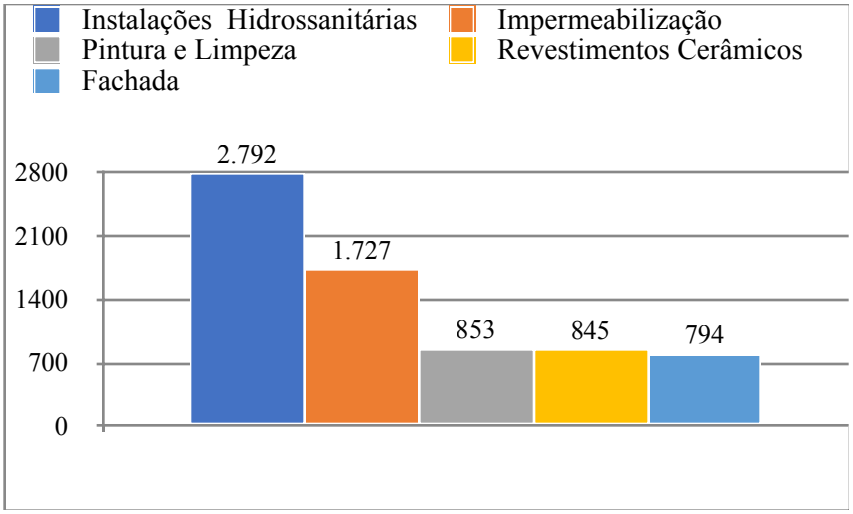
A fim de que haja uma evolução constante e desenvolvimento de técnicas aperfeiçoadas de manutenção e recuperação dos "organismos da construção civil" se faz necessário uma catalogação e um estudo aprofundado de Manifestações Patológicas (MPs). Estudos esses que devem levar em consideração as características, causas e profilaxias das anomalias detectadas nas construções. (IOSHIMOTO, 1995; SILVA, 1996; ANDRADE, 1997).

Com isto em vista, este trabalho tem como objetivo identificar as causas prováveis da ruptura de uma tubulação em um empreendimento multicorporativo como também detalhar o método e equipamentos utilizados na inspeção predial.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Entendendo a importância da catalogação das MPs, Vazquez e Santos (2010) realizaram uma análise estatística a fim de apontar de forma quantitativa os problemas mais frequentes em empreendimento imobiliários comerciais e residenciais multifamiliares, totalizando aproximadamente 53 empreendimentos, localizados na cidade do Rio de Janeiro após a sua ocupação (Figura 1).

Figura 1 - Principais manifestações patológicas registradas em 53 empreendimentos



Fonte: Adaptado de Vazques e Santos (2010)

A coleta de dados teve inicio nos chamados abertos pelos proprietários e abrangendo um período de 3,3 anos, desde o habite-se. Os sistemas de instalação hidráulicas foram os que mais apresentaram problemas, com 2.792 registros ao longo de 40 meses, seguidos dos sistemas de impermeabilização e pintura e limpeza, conforme foi apresentado na Figura 1.

A NBR 15575-1 (ABNT, 2021) estabelece requisitos quanto a segurança, habitabilidade e sustentabilidade a edificação. As áreas de habitabilidade (destacando-se estanqueidade a água e saúde, higiene e qualidade do ar) e sustentabilidade (destacando-se os durabilidade e manutenibilidade) as instalações hidráulicas são abordadas a fim de serem projetadas e construídas por desempenho, a fim de atentar para a Vida Útil de Projeto (VUP). O Quadro 1 apresenta a estimativa de VUP para os sistemas construtivos de uma edificação habitacional, onde pode-se observar que a VUP do sistema hidrossanitário precisa ser maior igual a 20 anos, conforme a ABNT NBR 15575:2021. Para que sejam validos os valores deVUP do Quadro 1, as edificações devem ser projetadas, construídas e conservadas de acordo com normas técnicas vigentes e as boas práticas de recomendação a projetistas, construtores e consultores técnicos.

Quadro 1 – Vida útil de projeto (VUP)

Sistema	VUP mínima em anos
Estrutura	≥ 50
Pisos internos	≥ 13
Vedação vertical externa	≥ 40
Vedação vertical interna	≥ 20
Hidrossanitário	≥ 20

Fonte: Adaptado de NBR 15.575-1 (ABNT, 2021)

A ABNT NBR 15.575-6:2021 estabelece que os sistemas hidrossanitários devem atender a ABNT NBR 5626 para embasamento técnico de projetistas, construtores e agente de manutenção predial, por exemplo, no item 7.2.2 da ABNT NBR 15.575-6 diz que “o sistema hidrossanitário deve atender à pressão estática máxima estabelecida na ABNT NBR 5626”. Segundo a ABNT NBR 5626:1998 no item 5.3.5.3 prescreve que em condições estáticas a pressão de água em qualquer ponto de utilização da rede predial de distribuição não deve ser superior a 400 kPa, ou seja, aproximadamente 40 metros de coluna de água (m.c.a) ou 4 kgf/cm^2 e no item 5.3.5.4 a norma estabelece que “a ocorrência de sobrepressões devidas a transientes hidráulicos deve ser considera no dimensionamento das tubulações, desde que não superem o valor de 200 kPa (20 m.c.a ou 2 kgf/cm^2).

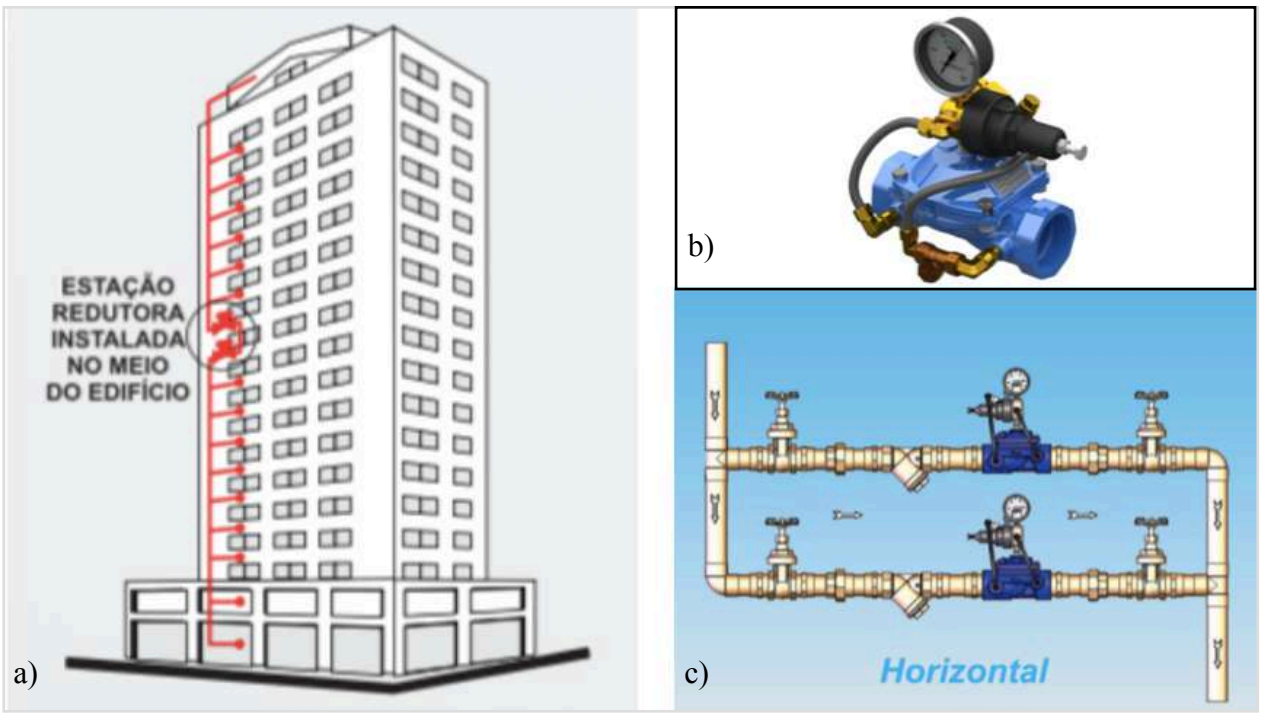
Diante disso, pode-se admitir que a pressão em tubulações de água fria pode chegar a 600 kPa por alguns instantes, tendo um caso especial, exposto pela ABNT NBR 5626, para a realização do ensaio de estanqueidade. Esse ensaio (item 6.3.3.3) refere-se que deve ser realizado de modo a submeter as tubulações a uma pressão hidráulica superior àquela que se verificará durante o uso, devendo o valor da pressão ser, em cada seção da tubulação, no mínimo 1,5 vez o valor da pressão prevista em projeto, para ocorrer nessa mesma seção em condições estáticas. Caso a pressão de utilização do sistema hidrossanitário ultrapasse os limites estipulados na norma, poderão surgir manifestações patológicas como vibrações excessivas dos ramais de distribuição,

desgaste excessivo dos elementos do sistema hidráulico, desconforto na utilização dos terminais dos ramais de água, rompimento de tubulações devido falha de dimensionamento, entre outros.

Para realizar ajustes de pressão em sistemas hidráulicos de empreendimentos de múltiplos andares é possível utilizar um dispositivo chamado de válvula redutora de pressão (VRP). Segundo Covas e Ramos (1998, *apud* DA SILVA, PITALUGA e ALVES, 2021) a VRP é um dispositivo hidráulico de regulação e controle de pressão a jusante aplicado em subsistemas de distribuição de água que possui grande pressão de saída.

Com o intuito de adicionar perdas de carga localizadas e controladas, a fim de que seja obtida a pressão de operação desejada, a VRP pode ser instalada em diversas localidades da edificação. Na Figura 2 é apresentado uma das possibilidades de instalação da VRP, um exemplo do dispositivo e também como instalá-lo.

Figura 2 - a) Instalação da VRP em pavimentos intermediários de um empreendimento; b) Dispositivo hidráulico VRP; c) Instalação da VRP na horizontal



Fonte: Adaptado redutech/NICSA (2022)

Cabe ao projetista indicar o local e qual dispositivo de redução de pressão do sistema hidrossanitário deseja utilizar no projeto a fim de garantir que as pressões máximas sejam mantidas de acordo com as normas vigentes. Para a escolha ideal da VRP, deverá ser consultado o manual da válvula hidráulica redutora de pressão. No caso da VRP apresentada na Figura 2b, é possível regular a pressão de saída do fluido (jusante), que pode variar entre 0 a 1.500 kPa. O valor da pressão a jusante é mostrado no manômetro embutido no dispositivo. Tanto a instalação adequada quando a manutenção do dispositivo devem ser feitas pela construtora e dono da obra, respectivamente, a fim de manter o correto uso e funcionamento da VRP e assim evitando desgates prematuros ou falhas no funcionamento da mesma. Ao escolher o sistema de VRP, é recomendado que sejam instalados em redundância para facilitar a manutenção periódica dos dispositivos.

3. OBJETO DE ANÁLISE

O objeto de analise é uma sala comercial localizado no terceiro pavimento em um empreendimento comercial construído na cidade de Curitiba, Paraná (Figura 3).

Figura 3 - Empreendimento comercial de múltiplos andares



Fonte: Google Maps (2022)

O imóvel comercial possui 32 pavimentos, sendo constituído de 289 salas comerciais. O mesmo foi construído em concreto armado e possui vedação mista em bloco cerâmico e fachada em vidro. O empreendimento possui seis níveis de subsolo dedicados ao uso de estacionamento e foi finalizado entre 2013 e 2014. A fim de preservar tanto o projetista quando a construtora, os respectivos nomes serão preservados.

4. METODOLOGIA E MATERIAL

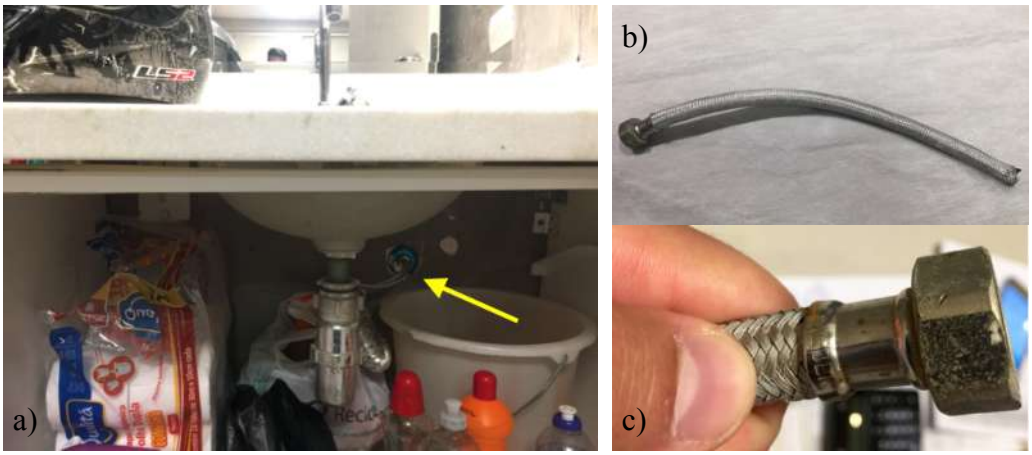
Primeiramente foi realizado uma anamnese tanto com o proprietário do imóvel que sofreu a avaria quanto com o responsável pela administração das áreas comuns do empreendimento comercial. Na segunda etapa foi estimado a pressão estática local no ponto de ruptura da tubulação e posteriormente aferido com a utilização de um manômetro a pressão estática local real.

4.1 Anamnse e Manifestação Patológica

Após 4 anos da entrega do empreendimento, foi solicitado uma visita local para analisar os possíveis motivos da ruptura de uma tubulação flexível em um lavabo de uma sala comercial no

terceiro pavimento (Figura 3a). A ruptura desta tubulação (Figura 3b) ocasionou o alagamento de todo o terceiro andar e andares subsequentes, visto que ocorreu em um domingo onde o imóvel não estava sendo utilizado normalmente. Segundo a fabricante da tubulação flexível, a pressão máxima admissível de operação é de 400 kPa e o prazo de garantia da mesma é de 5 anos para uso em unidades comerciais.

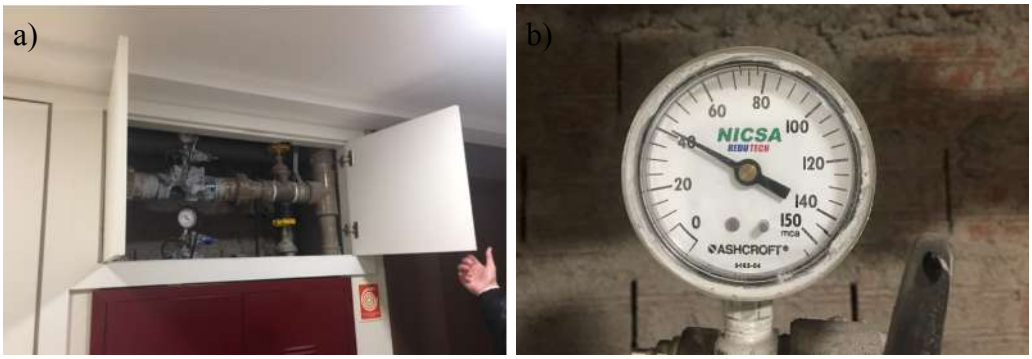
Figura 4 - a) Localização da tubulação flexível; b) tubulação flexível rompida; c) detalhe da conexão reforção da tubulação



Fonte: Autor (2022).

Após a análise do ambiente e tubulação rompida, foi constatado que a pressão de saída de água da torneira era acima do usual e os próprios funcionários da empresa relataram que a utilização do lavabo era desconfortável devido a alta pressão da água.
Logo, foi realizado uma anamnese com o responsável administrativo do empreendimento comercial a respeito da pressão de utilização dos terminais de água fria e também sobre a existência de uma válvula redutora de pressão (VRP) instalada na prumada. O funcionário relatou que de fato a pressão era elevada em todo o pavimento e que existia uma VRP no 15o. pavimento (Figura 5).

Figura 5 - a) Localização da válvula redutora de pressão; b) pressão registrada pelos manômetros das VRP no 15o. pavimento



Fonte: Autor (2022)

Constatou-se que a instalação das VRP no décimo quinto pavimento eram na horizontal, com redundância para que seja possível a realização de manutenções sem afetar o fornecimento de água aos condôminos e que a pressão registrada nos manômetros a jusante era de 400 kPa.

4.2 Análise de pressão estática local

4.2.1 Metodologia e material

Visto que o empreendimento possui 32 pavimentos e que foi constatado que a pressão a jusante da VRP era de 400 kPa (40 m.c.a) foi utilizado a Equação 1 para estimar a possível pressão estática hídrica do terceiro pavimento:

$$Pe_i = p_j + h*n \quad (1)$$

Onde:
Pe_i = pressão estática no pavimento "i" (m.c.a);
p_j = pressão estática no local (m.c.a);
h = pé direito do(s) andar(es) (m);
n = números de andares.

Para aferir a pressão estática local real calculada pela Equação 1, foi utilizado um manômetro de engate no ponto de ruptura da tubulação da marca RECORD, modelo MSVR-100a, classe B com exatidão de ±2 e faixa de indicação entre 0 a 10 kfg/cm², conforme ilustrado na Figura 6.

Figura 6 - Manômetro de aferição de pressão estática local



Fonte: Autor (2022)

A fim de ajustar os valores registrados no manômetro para o Sistema Internacional de medidas, foi utilizado a conversão de equivalência de medidas sendo 1 kgf/cm² é igual a 10 metros de coluna de água (m.c.a), que por sua vez é equivalente a 100 kPa.

5. RESULTADOS

A partir da Equação 1, conseguiu-se calcular a estimativa da pressão estática no terceiro pavimento, levando em consideração que no décimo quinto pavimento a pressão estática era de 40 m.c.a (400kPa) e que a altura entre pavimentos era de 2,80m. O resultados da pressão estática estimada por pavimento é apresentado na Tabela 2.

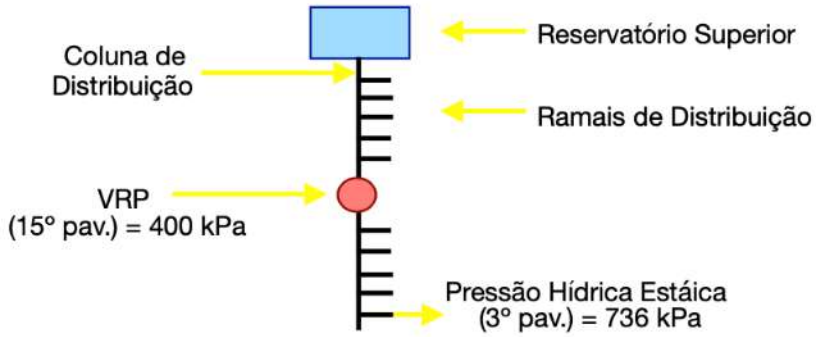
Tabela 2 – Cálculo da pressão estática local entre os pavimento 15 e 3

Pavimento	Pressão montante (m.c.a)	Pressão jusante		
		m.c.a	kgf/cm²	kPa
15	40,00	40,00	4,00	400
14	42,80	42,80	4,28	428
13	45,60	45,60	4,56	456
12	48,40	48,40	4,84	484
11	51,20	51,20	5,12	512
10	54,00	54,00	5,40	540
9	56,80	56,80	5,68	568
8	59,60	59,60	5,96	596
7	62,40	62,40	6,24	624
6	65,20	65,20	6,52	652
5	68,00	68,00	6,80	680
4	70,80	70,80	7,08	708
3	73,60	73,60	7,36	736

Fonte: Autor (2022)

Foi calculado que a pressão estática local no terceiro pavimento seria de aproximadamente 736 kPa (Figura 7), 336 kPa a cima da pressão máxima permitida pela norma ABNT NBR 5626, (ABNT 1998).

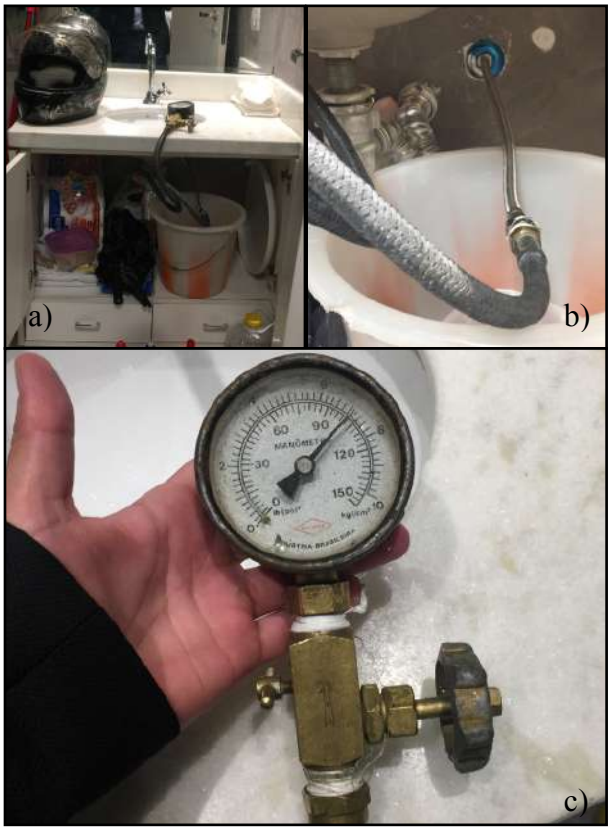
Figura 7 - Estimativa da pressão estática local no terceiro pavimento



Fonte: Autor (2022)

Após a realização do cálculo da estimativa da pressão estática local no terceiro pavimento, foi realizada a aferição local real da pressão estática no final do ramal de água fria onde a tubulação flexível reforçada rompeu utilizando um manômetro (Figura 8).

Figura 8 - a) Visão geral do ponto de aferição da pressão estática local; b) detalhe da ligação entre ponto de aferição da pressão estática local e manômetro; c) pressão estática local real



Fonte: Autor (2022)

A pressão estática local real no ponto onde a tubulação flexível reforçada rompeu era de 7,2 kgf/cm² (720 kPa), como apresentado na Figura 8c.

6. CONCLUSÃO

Após a ruptura de uma tubulação flexível instalada em uma sala comercial no terceiro pavimento de um empreendimento multicorporativo de 32 andares localizado na cidade de Curitiba, Paraná, foi realizado uma inspeção predial local para identificar as causas prováveis desta MP.

O proprietário informou que era o primeiro adquirente do imóvel e que o prédio teria, no ato da ruptura da tubulação, 4 anos de idade. Também foi informado que a pressão de saída de água dos ramais de água fria era elevada. As informações foram confirmadas tanto pelo responsável administrativo do empreendimento quando em inspeção prévia local.

A partir da constatação de que a pressão de água no ramal de saída no terceiro pavimento era elevada e, levando em consideração que o empreendimento possuía mais de 40 metros de altura, o que lhe proporcionaria uma pressão estática superior 400 kPa (pressão essa máxima normatizara pela ABNT NBR 5626), solicitou-se ao responsável administrativo do empreendido que fossem apresentados os projetos hidráulicos das prumadas de água fria. Ao analisar os projetos, foi possível identificar que no pavimento 15 estavam instaladas as válvulas redutoras de pressão (VRP).

Ao vistoriar as VRP localizadas no décimo quinto pavimento, foi constado que o manômetro dos dispositivos registravam uma pressão de 400 kPa. Consultando o manual técnico das VRP, foi observado que essa informação nos manômetros se referiam a pressão a jusante do dispositivo redutor de pressão hídrica. Desta forma foi realizado uma estimativa de pressão estática local no terceiro pavimento, que resultou numa estimativa de pressão da ordem de 736 kPa.

Contendo a informação da elevada pressão estimada no local de ruptura, realizou-se uma inspeção local da pressão estática local utilizando um manômetro graduado. A pressão aferida no local foi de 720 kPa, 84% acima da pressão estática máxima permitida pela ABNT NBR 5626.

A partir da verificação destes fatos foi possível afirmar que a causa provável da ruptura da tubulação no terceiro pavimento do empreendimento foi devido a falha de projeto, que deveria ter previsto a instalação de VRP em pelo menos 2 pavimentos para que as pressões estáticas locais mais desfavoráveis atendessem a norma de água fria vigente. Também é possível afirmar que ocorreu uma negligencia por parte da construtora que executou o empreendimento, visto que instalou a VRP e não realizou a regulagem do dispositivo e posterior testes de pressão para aferir a pressão estática local. Por fim, foi possível afirmar que houve negligencia por parte da administradora do empreendimento que não realizou a manutenção preventiva e explicita no manual do proprietário da VRP com empresa tecnicamente habilitada que, por sua vez, teria a possibilidade de constatar o não funcionamento adequado devido a ausência de regulagem da VRP que ocasionou a ruptura da tubulação flexível da sala comercial causando transtornos ao proprietário e salas comerciais adjacentes.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626**: Instalação predial de água fria. Rio de Janeiro, 1998.

_____. **NBR 15575-1**: Edificações habitacionais - Desempenho - Parte 1: Requisitos Gerais. Rio de Janeiro, 2021.

_____. **NBR 15575-6**: Edificações habitacionais - Desempenho - Parte 6: Requisitos para os sistemas hidrossabitários. Rio de Janeiro, 2021.

AL ALAM, F. W. **Potencialidade da termografia na detecção de manifestações patológicas associadas à umidade acidental**. 2016. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, UFPel, Pelotas, 2016.

ANDRADE, J. J. O. **Durabilidade das Estruturas de Concreto Armado: Análise das Manifestações Patológicas nas Estruturas no Estado de Pernambuco**. Porto Alegre, 1997. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 148 p.

DA SILVA, B. M. R., PITALUGA, D. P. da S., ALVES, D. R. B. **Estudo da energia dissipada na válvula redutora de pressão visando seu aproveitamento na edificação**. *In:* XIV Simpósio Nacional de Sistemas Prediais Gestão, Eficiência e Sustentabilidade. Catalão, Goiás. 2021.

HELENE, P. R. L. **Contribuição ao estudo da corrosão em armaduras de concreto armado**. 1993. Tese (Obtenção de título de Professor Livre Docente) — Departamento de Engenharia de Construção Civil, USP, São Paulo, 1993.

IOSHIMOTO, E. **Incidência de manifestações patológicas em edificações habitacionais**. INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT). Tecnologia de edificações. 2 ed. São Paulo: Pini, p. 545-48, 1995.

OLIVEIRA, L. C. **Potencialidade da detecção de corrosão das armaduras em corpos de prova de concreto armado utilizando termografia infravermelha e indução eletromagnética**. 2019. 154 f. Dissertação de Mestrado — Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2019.

PERES, R. M. **Levantamento e identificação de manifestações patológicas em prédio histórico – um estudo de caso**. 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) — Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

REDUTEC. Válvulas redutoras de pressão. Disponível em: www.redutech.com.br (acesso em: 03/2022)

SILVA, R. T. **Inserção dos programas de uso racional e conservação da água nas políticas regionais, urbanas e setoriais**. Apresentado no Encontro Técnico sobre Uso e Conservação dos Recursos Hídricos.mmA e MPO. Brasília, 1996.

VAZQUEZ, Elaine G.; SANTOS, VAL. Estudo Estatístico de Patologia na Pós-Entrega de empreendimentos imobiliários. **ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO**, v. 13, Canela, Rio Grande do Sul, 2010.

VERÇOZA, E. J. Patologia das edificações. **Porto Alegre: Sagra**, 172p. 479492, 1991.