

Subsídios para cumprimento dos critérios de desempenho de sistemas hidrossanitários conforme a NBR 15575-6

Guidelines for compliance with the performance criteria of plumbing systems according to NBR 15575-6

Gabriela Schneider de Sousa Bottega 

Silvio Edmundo Pilz 

Marcelo Fabiano Costella 

Resumo

O artigo objetiva caracterizar o estágio atual dos sistemas prediais hidráulicos e sanitários (SPHS) frente à NBR 15575-6 e analisar os critérios de desempenho a fim de fornecer subsídios para projetistas, construtores e revisão da norma. O método contemplou cinco etapas: análise do cumprimento à norma por projetistas e construtoras, análise das informações fornecidas pelos fabricantes sobre durabilidade, coleta de dados de manifestações patológicas em SPHS, execução de ensaios *in loco* de responsabilidade da construtora, e análise dos critérios de desempenho. Os resultados indicam que as construtoras possuem baixo percentual de cumprimento da NBR 15575-6, enquanto os projetistas apresentam percentual maior. Quanto aos fabricantes, apenas 10% fornecem dados precisos de durabilidade de produtos. Quanto às manifestações patológicas, as mais recorrentes são vazamentos em bacias sanitárias, torneiras e chuveiros, e retornos de odores e espuma nas caixas sifonadas/ralos. Quanto aos ensaios, alguns são exequíveis, porém há dificuldades nos ensaios de estanqueidade das instalações de água quente e de esgoto sanitário e águas pluviais. Por fim, a principal contribuição está na identificação e discussão de critérios da norma que geram dúvidas na interpretação e aplicação.

Palavras-chave: Norma de desempenho. Sistemas hidrossanitários. Manifestações patológicas.

Abstract

The aim of this article is to characterise the current stage of plumbing systems concerning NBR 15575-6 and analyse the performance criteria to provide information to the designers, builders, and for the standard's review. The method included five steps: analysing the compliance with the standard by designers and builders, analysing the information provided by manufacturers about durability, data collection of pathological manifestations in plumbing systems, conducting on-site tests that are responsibility of the builder and analysing the performance criteria. The results indicate that construction companies have a low conformity index with NBR 15575-6, and designers have a higher conformity index. As for manufacturers, only 10% provide accurate product durability data. With regards to pathological manifestations, the most recurrent ones are leaks in toilets, taps, showers, and odours and foam returns in the plumbing traps/drains. As for the tests, they are feasible, but there are difficulties in the tightness tests for the hot water, sanitary sewage and rainwater installations. The main contribution of this study is the identification and discussion of the standard's criteria that generate doubts in their interpretation and application.

Keywords: Performance standard. Plumbing systems. Failures.

¹Gabriela Schneider de Sousa Bottega
¹Unochapecó
Chapecó - SC - Brasil

²Silvio Edmundo Pilz
²Unochapecó
Chapecó - SC - Brasil

³Marcelo Fabiano Costella
³Unochapecó
Chapecó - SC - Brasil

Recebido em 29/03/21
Aceito em 10/10/21

Introdução

As edificações são responsáveis por abrigar diferentes públicos em suas diversas atividades e devem apresentar desempenho, atendendo às funções para as quais foram concebidas e, conseqüentemente, atendendo às necessidades dos usuários. Porém, diversos fatores podem influenciar negativamente no desempenho da edificação e seus sistemas, como o uso incorreto e/ou a má qualidade dos materiais empregados, problemas de projeto e de execução e a ausência ou falha nas ações de manutenção, o que poderá causar um envelhecimento precoce com influência direta nos custos de operação, manutenção e reparo (DAL MOLIN *et al.*, 2016).

Alguns estudos apontam falhas quanto à qualificação dos projetistas e quanto ao próprio processo de projeto, o qual não está estruturado de modo a atender às demandas de desempenho, especificamente os sistemas prediais hidráulicos e sanitários (SPHS), nos quais poucos avanços são identificados (GNIPPER, 2010; OKAMOTO; MELHADO, 2014; LIMA; ANDERY; VEIGA, 2016). Ademais, os SPHS também são alvos de manifestações patológicas, as quais não envolvem riscos à vida ou à saúde dos seus usuários, mas geralmente causam transtornos, aborrecimentos e desconfortos. Dessa forma, as ocorrências de manifestações patológicas conflitam com o pressuposto fundamental da edificação, que é o atendimento às necessidades dos usuários.

Com o objetivo de melhorar a qualidade das edificações habitacionais, no ano de 2013 foi publicada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2013a) a NBR 15575, conhecida como Norma de Desempenho, sendo hoje o principal documento normativo voltado ao desempenho dessas edificações. A norma apresenta diversos requisitos e critérios de desempenho que devem ser atendidos, refletindo diretamente em todas as etapas de um edifício, desde a sua concepção até o uso e manutenção. Porém, para atingir os objetivos desejáveis com essa norma é necessária mudança de postura desde os incorporadores até os usuários das habitações. Para a Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC) (CÂMARA..., 2013), os dois atores mais importantes na indução das mudanças são os projetistas e os usuários das edificações.

A partir da Norma de Desempenho os projetistas passam a ter incumbências mais rigorosas e específicas como, por exemplo, a especificação da vida útil de projeto (VUP). Além disso, deve-se ainda especificar componentes, elementos e sistemas construtivos, que precisam atender aos requisitos mínimos de desempenho. Os fabricantes também estão envolvidos nesse contexto à medida que precisarão fornecer mais dados com maior detalhamento como, por exemplo, a durabilidade de cada produto. Paralelamente, os usuários das edificações se tornam corresponsáveis pelo seu desempenho, pois estes devem desenvolver as atividades de manutenção, estas que, por sua vez, devem ter sido já previstas pelo projetista e compiladas em um documento, o Manual de Uso, Operação e Manutenção (ZANOTTO *et al.*, 2015; PINHEIRO; ANDERY, 2016; COSTELLA, 2018).

Lima, Andery e Veiga (2016) apontam que uma das dificuldades relatadas por projetistas, construtores e coordenadores de projeto é a obtenção de dados técnicos relativos à especificação de materiais e produtos, bem como a dificuldade de realização de ensaios específicos. Além disso, constataram desconhecimento da norma e desempenho dos materiais por parte dos projetistas.

Esse contexto da deficiência dos SPHS, da importância que esses possuem no atendimento às necessidades dos usuários e da atual mudança de paradigma que a Norma de Desempenho propõe ao setor da construção civil, instigou o desenvolvimento desta pesquisa. Este artigo objetiva caracterizar o estágio atual dos SPHS frente à Norma de Desempenho e analisar os critérios de desempenho individualmente, fornecendo informações e subsídios aos projetistas e construtores, a fim de auxiliar no seu atendimento, bem como subsídios para revisão da própria norma.

Referencial teórico

Muitas pesquisas nacionais indicam ocorrência de manifestações patológicas nos SPHS, que, de modo geral, devem-se a erros de projeto, defeitos de fabricação, falhas na execução e manutenção inadequada ou inexistente (DA CONCEIÇÃO, 2007; DE AMORIM; BENEDICTO, 2010; TEIXEIRA *et al.*, 2011; CÔRREA VIEIRA; MOYA; SOUZA, 2015; HIPPERT; MATTOS JUNIOR; CÂNDIDO, 2015; KALBUSCH *et al.*, 2018). Estudos estrangeiros também apontam manifestações patológicas nos SPHS, em especial corrosão e vazamentos em tubulações de cobre, estas encontradas na maioria das residências dos Estados Unidos (FAROOQI *et al.*, 2009; SARVER; EDWARDS, 2012; KLECZYK; BOSCH, 2008; MIRSHAMS, 2017). Em Portugal, cerca de 90% dos problemas detectados nos edifícios derivam dos SPHS,

os quais são especialmente relacionados a fatores de desconforto (ruídos e odores), durabilidades reduzidas (rupturas) e problemas com umidade (RAMOS, 2010).

Os principais avanços em termos de materiais para os SPHS ocorreram após a Segunda Guerra Mundial, e a partir daí que se desenvolveram as tubulações plásticas, especificamente o PVC (cloreto de polivinila). Por ser leve, de fácil instalação, de baixo custo e baixa rugosidade, esse material teve uma rápida disseminação em Portugal a partir dos anos 70. Posteriormente surgiram outros materiais como o PEX (polietileno reticulado), o CPVC (policloreto de vinila clorado) e o PPR (polipropileno copolímero random), com resistências superiores ao PVC, o que os levou a uma rápida generalização (RAMOS, 2010). Quando comparadas ao cobre, as tubulações de PVC e PEX apresentam fácil manuseio na instalação e menor custo, e não apresentam problemas de corrosão (LEE *et al.*, 2009). O PEX pode ainda reduzir em até 63% os custos totais do edifício ao longo do seu ciclo de vida, e em torno de 42% as emissões de dióxido de carbono (CO₂), além de diminuir os efeitos negativos dos impactos ambientais na terra, na água e no ar (ASADI *et al.*, 2016).

A escolha dos materiais e sistemas também influencia diretamente na saúde humana, como demonstrado na pesquisa de Assaidi *et al.* (2018), na qual investigou-se a adesão da *Legionella pneumophila* em vidro, aço galvanizado, aço inoxidável, cobre, PVC, PEX e PPR, concluindo que a rugosidade da tubulação é um fator determinante para tal ocorrência. Toyosada *et al.* (2017) detectaram presença da bactéria *Legionella* na maioria dos hotéis analisados no Vietnã, em sistemas de abastecimento de água quente, cuja contaminação se dá no momento em que uma pessoa inala o vapor de água que contém a bactéria.

Outro aspecto importante é a mão de obra, para a qual Arthur *et al.* (2019) propõem um instrumento de avaliação da competência de encanadores, diante do cenário da Indonésia, onde apenas 10% da mão de obra da construção é qualificada, do total de 8 milhões de trabalhadores, sendo urgente a necessidade de encanadores qualificados para superar a falta de disponibilidade de água potável. Quanto aos profissionais projetistas e o processo de projeto, especificamente os SPHS, poucos avanços foram identificados (GNIPPER, 2010; OKAMOTO; MELHADO, 2014; LIMA; ANDERY; VEIGA, 2016). Em relação à manutenção, Afolabi *et al.* (2018) constataram que as equipes de projeto frequentemente negligenciam a consideração dos aspectos de manutenção, especialmente das instalações hidrossanitárias, o que resultou no aumento do custo de manutenção. Foi constatado que a forma como os edifícios são projetados e mantidos posteriormente pode determinar o desempenho e cumprimento dos objetivos do cliente.

Resumidamente, pode-se dizer que desempenho é o comportamento em uso de uma edificação e de seus sistemas, e varia em função das condições de exposição (CÂMARA..., 2013). No Brasil, a norma de desempenho é precursora na apresentação de requisitos e na exigência de parâmetros relacionados ao desempenho de edifícios, e abrangente, compreendendo o edifício em todo seu ciclo de vida (OKAMOTO; MELHADO, 2014). Sendo assim, surge uma maior exigência de conhecimento dos profissionais envolvidos quanto às características requeridas durante o processo de especificação, auxiliado pelas normas técnicas e informações específicas dos fornecedores (PINHEIRO; ANDERY, 2016).

A norma de desempenho define as responsabilidades de cada agente envolvido nas diferentes etapas de concepção de uma edificação, e também os parâmetros para regular o mercado e ações judiciais, concentrando normas técnicas já existentes e acrescentando alguns critérios a mais. Assim, todos os envolvidos passam a ter obrigações e responsabilidades bem definidas, tanto o incorporador, quanto o projetista, construtor, fornecedor e o próprio usuário (PINHEIRO; ANDERY, 2016). Para Marcellini e De Oliveira (2008), a maior parte das incumbências é para o projetista, o qual deverá se resguardar especificando somente componentes qualificados por Programas Setoriais de Qualidade (PSQ). Além disso, os projetos demandarão mais tempo de trabalho, pois exigirão maior detalhamento e especificação. Por outro lado, a norma de desempenho impõe grandes mudanças também para o fabricante, tanto no processo de controle de qualidade nas indústrias, como na apresentação das características de seus produtos.

Na NBR 15575-6 (ABNT, 2013b) são apresentados os requisitos e critérios de desempenho para SPHS, compreendendo os sistemas prediais de água fria, água quente, esgoto sanitário e águas pluviais. Em termos de referências normativas, as seis partes da NBR 15575 possuem mais de 200 normas referenciadas, das quais 68 estão na parte 6, sendo 65 nacionais e três internacionais. Dentre os 12 requisitos do usuário apresentados ao longo da norma, na parte 6 não são estabelecidos critérios para os requisitos de desempenho térmico e desempenho lumínico, pois não se aplicam a esses sistemas, enquanto o requisito de desempenho acústico é apresentado em caráter não obrigatório. Portanto, há nove requisitos a serem atendidos obrigatoriamente, os quais reúnem 42 critérios de desempenho (COSTELLA; BOTTEGA, 2020).

Método de pesquisa

Quanto aos objetivos, a pesquisa é classificada como exploratória e quanto aos procedimentos técnicos, é caracterizada como levantamento de dados. O delineamento da pesquisa contempla diferentes etapas (Figura 1), sendo que as etapas 1, 3 e 4 abrangeram o setor da construção civil em uma cidade média do sul do Brasil, envolvendo projetistas de SPHS, construtores e usuários de edificações residenciais multifamiliares. Já a etapa 2 teve abrangência nacional, envolvendo fabricantes. As três primeiras etapas foram realizadas simultaneamente e forneceram o panorama atual dos SPHS no ambiente de estudo, a partir do qual foram realizadas as demais etapas.

Os procedimentos metodológicos das etapas 1, 2 e 3 serão apresentados de forma resumida em função da quantidade de informações, porém são detalhados no trabalho de Bottega (2020).

Etapa 1: atendimento à NBR 15575-6 por projetistas e construtoras

A técnica de amostragem utilizada é não probabilística por conveniência, a partir da qual obteve-se 10 construtoras e 10 projetistas. A lista de verificação aplicada aos projetistas e construtoras foi baseada em Costella (2018). Além disso, a lista apresentada no Anexo A da NBR 15575-6 (ABNT, 2013b) também foi avaliada junto aos projetistas, pois tem como objetivo entender a participação destes em cada uma das seis etapas de um projeto (A, B, C, D, E e F).

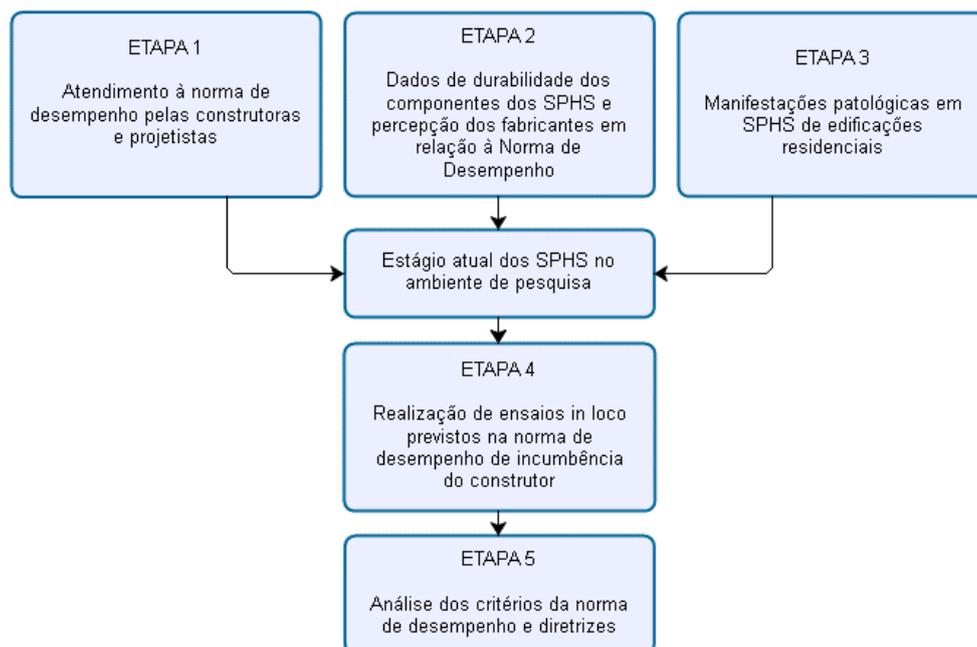
Etapa 2: dados de durabilidade dos componentes de SPHS

Os elementos mais usuais nos SPHS de edificações residenciais foram reunidos em oito grupos, conforme o material. Posteriormente, foram selecionados os fabricantes, sendo eles associados à Associação Brasileira dos Fabricantes de Materiais para Saneamento (Asfamas), participantes de PSQs, além de outros encontrados em sites e revistas, totalizando 100 fabricantes. Por meio do acesso ao site, catálogo de produtos e catálogos técnicos foram obtidos os dados de durabilidade de seus produtos. Também foi avaliada a certificação de qualidade das fabricantes e foi aplicado um questionário com o objetivo de identificar suas percepções quanto às exigências da Norma de Desempenho.

Etapa 3: manifestações patológicas em SPHS

Foi avaliada a ocorrência de manifestações patológicas nos SPHS em 16 edifícios residenciais multifamiliares com altura variável de 12 a 57 metros e idade de 1 a 39 anos.

Figura 1 - Delineamento da pesquisa



Etapa 4: ensaios da NBR 15575-6 de incumbência do construtor

Com base nos resultados da etapa 1, as construtoras não realizam a maioria dos ensaios previstos na norma, portanto esses foram realizados em uma obra de uma construtora participante da pesquisa, com objetivo de esclarecer os métodos, materiais e condições necessárias para sua execução. O ensaio de estanqueidade do sistema de água quente não foi realizado por inviabilidade técnica da obra.

Ensaio de resistência mecânica de tubulações suspensas

Previsto no critério 7.1.1 da NBR 15575-6 (ABNT, 2013b), este ensaio estabelece que os suportes e as próprias tubulações devem resistir a cinco vezes seu próprio peso, considerando a tubulação cheia de água, sem entrar em colapso e sem apresentar deformações maiores que 0,5% do vão. O ensaio foi realizado *in loco* em dois trechos de tubulação de esgoto de PVC SN com comprimentos, suportes e fixadores diferentes. Sobre a tubulação foi instalado o aparato para medir a deformação, composto por relógio comparador, fixado a uma chapa de aço por um suporte magnético. A carga foi aplicada e mantida por 30 minutos, sendo composta por um saco de couro, preenchido com areia seca, posicionado no ponto médio do vão e ancorado em um cabo de aço por meio de gancho. Posteriormente foi aferida a deformação registrada no relógio (Figura 2).

Ensaio de resistência a impactos de tubulações aparentes

Previsto no critério 7.2.4 da NBR 15575-6 (ABNT, 2013b), este ensaio estabelece que tubulações fixadas até a altura de 1,5 m em relação ao piso devem resistir a impactos que possam ocorrer durante a vida útil de projeto, sem perda de funcionalidade ou ruína. O ensaio foi realizado *in loco* em um tubo de queda de esgoto aparente de PVC SN, aplicando impactos de corpo mole (saco de couro preenchido com areia seca) e corpo duro (esferas maciças de aço) com a energia prevista na respectiva norma (Figura 3). Após a aplicação de cada impacto foi verificada visualmente a ocorrência de fissuras ou danos superficiais.

Ensaio de estanqueidade de instalações de esgoto e águas pluviais

Previsto no critério 10.2.1 da NBR 15575-6 (ABNT, 2013b), este ensaio estabelece que as tubulações de esgoto sanitário e águas pluviais não podem apresentar vazamento quando submetidas à pressão estática de 60 kPa (para ensaio realizado com água) ou 35 kPa (para ensaio realizado com ar), pelo período de 15 minutos.

Figura 2 - Ensaio de tubulações suspensas



(a) Aplicação da carga



(b) Relógio comparador



(c) Deformação

Figura 3 - Ensaio de resistência a impactos



Considerando que a instalação estava finalizada na obra, o teste seria realizado com ar, em uma prumada destinada a coletar esgoto de banheiros, sendo assim necessário vedar os pontos de esgoto. Os pontos de lavatórios e bacias sanitárias já se encontravam isolados com terminal do tipo Cap (tampão), este colado à tubulação, porém o revestimento de piso já havia sido instalado, não sendo possível isolar as caixas sifonadas com essa solução. Foram testadas quatro alternativas para vedação:

- (a) bola de borracha;
- (b) base de um desentupidor de vaso (o qual é deformável e possui ranhuras);
- (c) dispositivo antiespuma com a borracha dobrada para evitar vazamento de ar; e
- (d) balão bloqueador (ou câmara de ar bloqueadora) (Figura 4).

Em função da dificuldade de vedar todas as caixas sifonadas na prumada a ser testada e o fato de que os forros de gesso já estavam concluídos, dificultando a verificação de vazamentos, o teste da rede com ar não foi realizado. Portanto, foi realizado teste de estanqueidade com água em outro trecho da rede de esgoto, o qual coleta água de lavagem do piso da garagem (Figura 5), composto por cinco caixas sifonadas e sete pontos de mudança de direção das tubulações.

Ensaio de estanqueidade de calhas

Previsto no critério 10.2.2 da NBR 15575-6 (ABNT, 2013b), este ensaio estabelece que as calhas e seus respectivos componentes devem apresentar estanqueidade. O teste foi realizado em calhas de aço galvanizado, as quais tiveram as saídas vedadas com chapa metálica e selante de poliuretano e, posteriormente, preenchidas com água até o nível de transbordamento, marcando-se o nível de água (Figura 6). Por um período de 30 minutos foram verificados possíveis pontos de vazamento e, ao final, foi aferido o nível de água.

Etapa 5: análise dos critérios na NBR 15575-6

Esta etapa corresponde à análise e discussão dos critérios da NBR 15575-6 (ABNT, 2013b), com base nos resultados das etapas anteriores. O Quadro 1 apresenta os critérios de responsabilidade do projetista e construtor, bem como os critérios com necessidade de revisão das normas. A totalidade dos critérios constam em Bottega (2020) e nesse artigo serão apresentados somente aqueles considerados mais importantes no aspecto de revisão da norma, destacados em negrito (Quadro 1).

Figura 4 - Vedação de caixas sifonadas



(a) Protótipo da rede



(b) Manômetro



(c) Balão bloqueador

Figura 5 - Teste de estanqueidade com água



Figura 6 - Vedação das saídas da calha para ensaio de estanqueidade



Quadro 1 - Análise dos critérios da NBR 15575-6 (ABNT, 2013b)

Intervenientes	Critério
Construtor	7.1.1: Tubulações suspensas
	7.2.1: Sobrepressão máxima no fechamento de válvulas de descarga
	7.2.4: Resistência a impactos de tubulações aparentes
	9.3.1: Prevenção de ferimentos
	15.2.1: Risco de contaminação biológica das tubulações
	16.1.2: Funcionamento de dispositivos de descarga
Projetista	7.1.2: Tubulações enterradas
	7.1.3: Tubulações embutidas
	7.2.2: Altura manométrica máxima
	8.3.1: Evitar propagação de chamas entre pavimentos
	9.1.3: Dispositivo de segurança em aquecedores elétricos de acumulação
	14.1.1: Vida útil de projeto
	14.1.2: Projeto e execução das instalações hidrossanitárias
	14.1.3: Durabilidade dos sistemas, elementos, componentes e instalações
	14.2.1: Inspeções em tubulações de esgoto e águas pluviais
	14.2.2: Manual de operação, uso e manutenção das instalações hidrossanitárias
	15.3.1: Tubulações e componentes de água potável enterrados
	15.4.1: Separação atmosférica
	15.5.1: Estanqueidade aos gases
	16.1.1: Dimensionamento da instalação de água fria e quente
16.2.1: Dimensionamento da instalação de esgoto	
16.3.1: Dimensionamento de calhas e condutores	
Revisão da norma	7.2.3: Sobrepressão máxima quando da parada de bombas de recalque
	8.1.1: Reserva de água para combate a incêndio
	8.2.1: Tipo e posicionamento de extintores
	9.1.1: Aterramento das instalações, dos aparelhos aquecedores, dos eletrodomésticos e dos eletroeletrônicos
	9.1.2: Corrente de fuga em equipamentos
	9.2.1: Dispositivos de segurança em aquecedores de acumulação a gás
	9.2.2: Instalação de equipamentos a gás combustível
	9.3.2: Resistência mecânica de peças e aparelhos sanitários
	9.4.1: Temperatura de aquecimento
	10.1.1: Estanqueidade à água das instalações de água
	10.1.2: Estanqueidade à água de peças de utilização
	10.2.1: Estanqueidade das instalações de esgoto e de águas pluviais
	10.2.2: Estanqueidade à água das calhas
	15.1.1: Independência do sistema de água
	15.2.2: Risco de estagnação da água
	15.6.1: Teor de poluentes
	17.2: Adaptação ergonômica dos equipamentos
	18.1.1: Consumo de água em bacias sanitárias
	18.1.2: Fluxo de água em peças de utilização
	18.2.1: Tratamento e disposição de efluentes

Resultados e discussões

Resumo dos resultados das etapas 1, 2 e 3

Os resultados para a etapa 1 demonstraram que as construtoras apresentam baixo percentual de cumprimento dos critérios da NBR 15575-6 (ABNT, 2013b), sendo 11,8% o maior valor, atingido por apenas três construtoras. Observou-se que os baixos percentuais ocorrem principalmente porque essas não solicitam os laudos de fornecedores dos aparelhos, componentes e equipamentos, os quais comprovam que eles são fabricados de acordo com a normalização brasileira. Além disso, não executam, nem mesmo conhecem, os

ensaios específicos de segurança estrutural, enquanto os testes de estanqueidade das instalações são realizados pela maioria, porém não atendem a parâmetros de pressão e temperatura conforme prescrito em norma.

Em relação aos laudos de aparelhos, componentes e equipamentos, a NBR 15575-6 (ABNT, 2013b) estabelece em diversos critérios que o atendimento às normas já existentes desses materiais constitui-se na comprovação de que o seu desempenho é atendido, sendo que essas normas contemplam alguns ensaios, como verificação de estanqueidade e resistência mecânica, por exemplo. Entretanto, os resultados da etapa 2 indicaram que existem fabricantes no mercado que não são qualificados. Nessa etapa, foram mapeados 100 fabricantes, dos quais 67 foram avaliados pelos PSQs do PBQP-H, sendo que alguns fabricantes se encontram em dois ou três PSQs, totalizando 75, dos quais 25 foram considerados “não qualificados” ou “não conformes”. Dentre os 100 fabricantes, 37 apresentam outros certificados de qualidade. Outros 15 fabricantes não participam dos PSQs e não possuem ou não disponibilizam certificações de qualidade de seus produtos, e destes, 14 não são associadas à Asfamas, que é a principal associação do setor. Já aqueles associados que participam dos PSQs, todos foram classificados como qualificados, exceto um. Portanto, fica evidente que a participação junto à entidade como esta contribui para a qualificação dos fabricantes. Assim, os produtos são de melhor qualidade, reduzindo o risco de manifestações patológicas, como vazamentos em torneiras e chuveiros, as quais se mostraram frequentes nos resultados da etapa 3. Nesse sentido, é importante a tomada de ações de incentivo aos fabricantes para melhorarem seus produtos, pois estes são a base do desempenho dos sistemas prediais.

Dentre os resultados da etapa 3, destaca-se que além dos vazamentos, os problemas de retornos de odores e de espuma são recorrentes, realidade indicada em outras pesquisas também (DA CONCEIÇÃO, 2007; CORRÊA VIEIRA; MOYA; SOUZA, 2015). Os retornos indicam possíveis erros de projeto, decorrentes da falta de domínio das normas técnicas já existentes, pois nelas são indicadas as soluções a serem adotadas em projeto para tal problema. É importante destacar que muitos dos critérios da NBR 15575-6 (ABNT, 2013b) referem-se ao cumprimento de normas técnicas que estão em vigor há mais de 20 anos¹, NBR 5626 (ABNT, 2020a), NBR 7198 (ABNT, 1993), NBR 8160 (ABNT, 1999) e NBR 10844 (ABNT, 1989), referentes aos sistemas prediais de água fria, água quente, esgoto sanitário e águas pluviais, respectivamente. Entretanto, todos os projetistas entrevistados na etapa 1 admitem que não atendem a todas as prescrições dessas normas. Portanto, observa-se que são necessárias melhorias na etapa de projeto, o qual deve atender às normas vigentes.

Nesse mesmo contexto, verificou-se que os projetistas também falham na determinação da VUP do sistema hidrossanitário, a partir da qual se deve especificar materiais e componentes compatíveis com a VUP. Os projetistas devem indicar características do material, durabilidade, recomendações de uso, operação e manutenção, mas geralmente indicam informações genéricas. Esse critério é um dos mais difíceis de se cumprir, pois para determinar a VUP dos sistemas hidrossanitários o projetista precisa de dados de vida útil de cada componente do sistema, podendo assim determinar os prazos de manutenção e substituição. Porém, verificou-se na etapa 2 que apenas 10 fabricantes apresentam dados precisos (prazos de vida útil estimada, em anos, ciclos de acionamento, etc.), mostrando que é necessário que realizem testes em seus produtos e passem a disponibilizar claramente essas informações.

A falta de especificações de manutenção pelo projetista faz com que as construtoras elaborem manuais de uso, operação e manutenção incompletos, carentes de informação, acarretando na ausência ou falha na manutenção dos sistemas por parte dos usuários, o que pode gerar manifestações patológicas. Como exemplo da importância dessa cadeia de informações, pode-se citar a caixa de gordura, cuja manifestação patológica de entupimento foi apontada na pesquisa. O projetista deve prever a caixa de gordura no projeto, que é recomendada pela NBR 8160 (ABNT, 1999), a qual deve ser executada ou fabricada adequadamente atendendo ainda ao critério de manutenibilidade, ou seja, que seja acessível para manutenção, cujos procedimentos e periodicidades de manutenção devem ser indicados no manual do usuário, este elaborado pela construtora a partir das informações do projetista, devendo o usuário, por fim, efetuar as manutenções recomendadas. Sendo assim, é necessário que cada um dos intervenientes (fabricante, projetista, construtor e usuário) atenda aos critérios de sua incumbência.

¹Em 2020, a NBR 7198 (ABNT, 1993a) foi cancelada e a NBR 5626 (ABNT, 1998) foi atualizada, que integrou os sistemas prediais de água quente, porém as análises foram realizadas antes desta atualização, bem como a Norma de Desempenho ainda não passou por revisão nesses itens.

Etapa 4: ensaios da NBR 15575-6 de incubência do construtor

Ensaio de resistência mecânica de tubulações suspensas

Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 1, de modo que, em ambos os trechos, não ocorreu o colapso das tubulações, nem dos fixadores, porém as deformações ocorridas são superiores aos valores permitidos. Essas deformações ocorreram devido ao afastamento entre os suportes, que não é especificado em normas, porém alguns fabricantes fazem essa recomendação, a exemplo do Manual Técnico da Tigre (TIGRE, 2013), que indica espaçamento horizontal máximo entre apoios de 10 DN. Para os trechos analisados, essa distância máxima seria de 1,0 m, permitindo deformação de até 5 mm.

Conclui-se que as duas soluções adotadas pela construtora não atendem ao requisito de segurança estrutural e os resultados evidenciam a importância da especificação por parte do projetista, o qual deve considerar as recomendações do fabricante. Nesse caso, não havia especificações em projeto. Quanto aos procedimentos de ensaio, as técnicas e materiais utilizados são satisfatórios.

Ensaio de resistência a impactos de tubulações aparentes

Os resultados obtidos no ensaio são apresentados na Tabela 2.

Após a aplicação de cada impacto, a tubulação foi verificada visualmente, sendo que não ocorreram fissuras ou ranhuras, apesar de sofrer deformação momentânea (Figura 7). Deveria ainda ser realizado o teste de estanqueidade nessa tubulação, conforme exigido pela NBR 15575-6 (ABNT, 2013b), confirmando se realmente não foi afetada sua integridade, porém não foi realizado devido à inviabilidade técnica na obra, pois a rede estava concluída. Por fim, verificou-se que o aparato de ensaio é de fácil montagem e as técnicas e materiais utilizados no ensaio se mostraram satisfatórios.

Tabela 1 - Resultados do ensaio em tubulações suspensas

Trecho	DN (mm)	Comprimento (m)	Carga aplicada (kg)	Deformação permitida (mm)	Deformação ocorrida (mm)
01	100	1,96	82,95	9,80	37,20
02	100	1,28	55,90	6,40	7,80

Tabela 2 - Resultados do ensaio de resistência a impactos de tubulações aparentes

Corpo utilizado	Tipo de impacto	Massa de aplicação (kg)	Distância de aplicação (m)	Número de impactos	Resultado final
Corpo mole	Utilização	40	0,3	3	Nenhum dano
	Limite	40	0,6		
Corpo duro	Utilização	0,5	0,5		
	Limite	1,0	1,0		

Figura 7 - Ensaio de tubulações aparentes: deformação



Ensaio de estanqueidade de instalações de esgoto e águas pluviais

Vedação das caixas sifonadas

Somente o balão bloqueador suportou a pressão de ensaio de 35 kPa, porém apresentou grande deformação, perdendo suas ranhuras que melhoram a aderência nas paredes da tubulação, indicando que não pode ser reutilizado muitas vezes. Assim, o teste de estanqueidade em uma prumada de esgoto não foi realizado devido à inviabilidade financeira.

Teste de estanqueidade com água

Dentre as cinco caixas sifonadas avaliadas, identificou-se vazamento em duas, que ocorreram no prolongamento da caixa, trecho de tubulação vertical (Figura 8). Já nas demais conexões não foram encontrados vazamentos. Portanto, o critério de estanqueidade não é atendido. Em relação ao procedimento de ensaio, verificou-se que é adequado e o uso do corante auxilia na identificação de vazamentos.

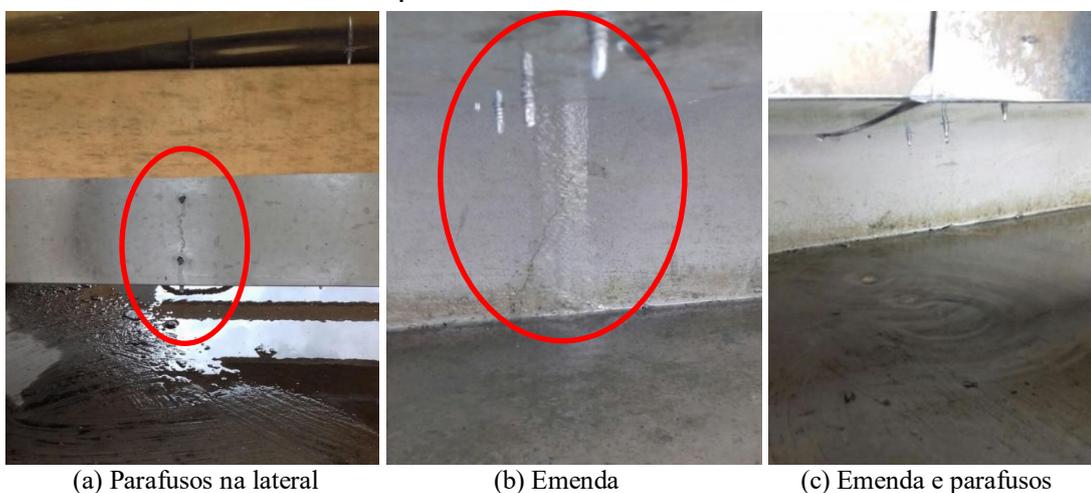
Ensaio de estanqueidade de calhas

Ao final do teste, verificou-se que o nível de água na calha baixou aproximadamente 2,20 cm, sendo identificados vazamentos nas emendas de chapas, executadas com vedações com adesivo selante à base de poliuretano, e nos parafusos (Figura 9). Constatou-se que o ensaio é de fácil realização e muito importante.

Figura 8 - Vazamento em caixas sifonadas



Figura 9 - Vazamentos em teste de estanqueidade da calha



Etapa 5: análise dos critérios na NBR 15575-6

Reserva de água para combate a incêndio

Esse critério se aplica quando o Projeto de Proteção Contra Incêndio (PPCI) contemplar sistema hidráulico preventivo (hidrantes, mangotinhos ou chuveiros automáticos), cujo volume de água deve ser armazenado junto ao volume de consumo. O projeto desses sistemas deve atender à legislação vigente do Corpo de Bombeiros Militar (CBM) do estado ou, na sua ausência, à NBR 13714 (ABNT, 2000) para hidrantes e mangotinhos e NBR 10897 (ABNT, 2020b) para chuveiros automáticos.

A norma indica como método de avaliação a verificação do projeto conforme o Anexo A, porém esse anexo especifica todas as etapas de um projeto hidrossanitário, e não menciona esse item especificamente, pois é parte do PPCI. Portanto, entende-se que o cumprimento desse critério é responsabilidade do projetista do PPCI, devendo o projetista do hidrossanitário requerer essa informação para o dimensionamento de reservatórios.

Tipo e posicionamento de extintores

A edificação deve dispor de extintores de incêndio, o qual deve estar em conformidade com a legislação vigente do CBM do estado ou, na sua ausência, à NBR 12693 (ABNT, 2021). A norma especifica como método de avaliação a análise do projeto e a verificação *in loco*.

Esse critério já é apresentado na Parte 1 da norma (8.7.1), que estabelece que o edifício multifamiliar deve dispor de sistemas de alarme, extinção, sinalização e iluminação de emergência, conforme suas respectivas normas da ABNT e legislação vigente. Ademais, extintores de incêndio não estão contemplados no projeto hidrossanitário, mas sim no PPCI, não sendo, portanto, de responsabilidade do projetista do hidrossanitário. Por fim, entende-se que o atestado de aprovação do PPCI no órgão competente é suficiente para atender a esse critério, pois os sistemas devem ser executados conforme o projeto.

Instalação de equipamentos a gás combustível

No funcionamento do equipamento a gás instalado em ambientes residenciais, a concentração máxima de CO₂ (dióxido de carbono) não deve ultrapassar o valor de 0,5%. A avaliação consiste em verificação de detalhes construtivos por meio da análise de projeto arquitetônico e de inspeção do protótipo quanto ao atendimento à NBR 13103 (ABNT, 2020c) e NBR 14011 (ABNT, 2015b), bem como legislação vigente.

Esse critério não se refere a sistemas hidrossanitários, mas sim à adequação de ambientes que abrigam aparelhos a gás, portanto é específico do Projeto de Instalações de Gás no âmbito do PPCI. Nesse projeto devem ser detalhadas as ventilações permanentes do ambiente, dutos e chaminés de exaustão de gases de combustão de aquecedores, cujos requisitos são apresentados na legislação do CBM de cada estado ou, na sua ausência, na NBR 13103 (ABNT, 2020c). Deve-se ainda observar as normativas das companhias de distribuição de gás, que também apresentam critérios de projeto e execução das instalações. Portanto, é de responsabilidade do profissional responsável pelo projeto de instalações de gás.

A norma também menciona a NBR 14011 (ABNT, 2015b), que trata de aquecedores instantâneos de água e torneiras elétricas, que não são sistemas a gás. Por outro lado, não faz menção à NBR 8130 (ABNT, 2004), que apresenta os requisitos e métodos de ensaio para aquecedor de água a gás instantâneo, dentre eles a determinação do teor de poluentes. Também não faz menção à NBR 10542 (ABNT, 2015c), que especifica os ensaios para aquecedores de água a gás tipo acumulação. Nesses casos, cabe ao fornecedor a responsabilidade de fabricar o aparelho de acordo com sua respectiva norma técnica.

Temperatura de aquecimento

O sistema de mistura de água fria, regulação de vazão e outras técnicas devem permitir a regulação da temperatura da água no ponto de utilização no limite de 50 °C. Para a avaliação os equipamentos devem atender a essa condição quando ensaiados conforme NBR 12090 (ABNT, 2016), NBR 14011 (ABNT, 2015b) e NBR 14016 (ABNT, 2015d) e o projeto deve atender à NBR 7198. Assim, a responsabilidade é do fornecedor em ensaiar os aparelhos e do projetista do hidrossanitário em atender à NBR 7198 (ABNT, 1993). Em relação ao projeto, conforme item 5.3 da NBR 7198² (ABNT, 1993), é obrigatória instalação de

²Vide nota de rodapé 1.

misturadores se houver possibilidade de a água fornecida no ponto de utilização ultrapassar 40 °C. Já na atual NBR 5626 (ABNT, 2020a), a temperatura da água em tubulações de água quente dentro de ambientes sanitários dotados de misturadores convencionais é limitada a 70 °C.

Quanto aos ensaios, a NBR 12090 se refere à determinação de corrente de fuga em chuveiros elétricos, enquanto a NBR 14011 (ABNT, 2015b) e NBR 14016 (ABNT, 2015d) referem-se aos requisitos e determinação de corrente de fuga em aquecedores instantâneos e torneiras elétricas. Não são mencionadas normas referentes a outros sistemas de aquecimento, como os aquecedores a gás do tipo passagem e acumulação, ou ainda aquecedores solares. Sendo assim, não há clareza quanto aos sistemas contemplados nesse critério. Além disso, há certa subjetividade em relação à temperatura máxima de 50 °C, se é no ponto de consumo ou nos próprios equipamentos. No caso de aparelhos elétricos como chuveiros e torneiras, o ponto de consumo é o próprio aparelho. Entretanto, no caso de aquecedores a gás, o aparelho está distante do ponto de consumo e a água perde calor ao longo da tubulação, fato que questiona a limitação de temperatura nesses aparelhos. Nesse sentido, a NBR 8130 (ABNT, 2004) especifica a temperatura máxima da água no valor de 80 °C na saída de aquecedores de passagem a gás, além de que muitos aquecedores disponíveis no mercado possibilitam a regulação de temperatura de até 70 °C, valores superiores a 50 °C.

Estanqueidade à água das instalações de água

As tubulações do sistema predial de água não podem apresentar vazamento quando submetidas, durante 1 hora, à pressão hidrostática de 1,5 vez o valor da pressão prevista em projeto, sendo a pressão mínima de ensaio igual a 100 kPa. A avaliação consiste em realizar os ensaios de estanqueidade conforme NBR 5626 (ABNT, 2020a), NBR 7198 (ABNT, 1993) e NBR 8160 (ABNT, 1999), sendo que para rede de água quente esta deve estar a 70 °C. Os ensaios devem ser realizados *in loco*, para toda a instalação, sob responsabilidade do construtor, e comprovados por laudo de ensaio. Cabe salientar que a NBR 8160 (ABNT, 1999) mencionada no texto da norma se refere a instalações de esgoto sanitário, portanto não se aplica a esse critério.

Esses ensaios de estanqueidade são previstos no item 6.3.3 da NBR 5626 (ABNT, 1998) para água fria, cujo procedimento é bem detalhado, e no item 6.1.1.1 da NBR 7198 (ABNT, 1993)³ para água quente, cuja temperatura informada é de 80 °C, diferente da informação da NBR 15575-6 (70 °C) (ABNT, 2013b), gerando dúvida de qual deve ser atendido, além de ser superior à temperatura máxima permitida (vide item anterior). Na atual NBR 5626 (ABNT, 2020a), os procedimentos do ensaio de estanqueidade são apresentados no item 7.3.1, porém com menor detalhamento, sendo que a temperatura informada para a rede de água quente permanece 80 °C.

A NBR 5626 (ABNT, 1998) indica que a verificação da estanqueidade deve ser feita quando as tubulações ainda estão expostas, ou seja, o ensaio deve ser realizado por etapas. Posteriormente, devem ser realizadas verificações globais, garantindo que a instalação predial de água fria esteja integralmente estanque.

Tanto a NBR 7198 (1993), quanto a NBR 5626 (ABNT, 2020a), recomendam que o ensaio seja realizado antes que a tubulação receba eventuais isolamentos térmicos e/ou acústicos. Porém, os procedimentos de ensaio para a rede de água quente não são detalhados em nenhuma das normas, sendo o que apresenta maiores dificuldades pela necessidade de aquecimento da água. Em sistema de aquecimento central coletivo, onde a água é aquecida em um único ponto e depois distribuída para os apartamentos, é possível realizar um teste apenas, pressurizando a rede completa na saída do reservatório de água quente. Porém, em sistema central privado, onde o aquecimento é realizado em cada unidade autônoma, é necessário um teste por apartamento, pois são redes independentes.

Realizar os testes nas condições propostas requer um bom planejamento quanto à execução das instalações hidráulicas e inserção dos ensaios no cronograma da obra, além de considerar os custos no orçamento da obra. Vale ressaltar que a fim de minimizar esses trabalhos e custos podem ser utilizados *kits* hidráulicos, cujos trechos de tubulação vêm montados e testados de fábrica.

Estanqueidade das instalações de esgoto e de águas pluviais

As tubulações dos sistemas de esgoto sanitário e de águas pluviais não podem apresentar vazamento quando realizado o ensaio de estanqueidade, no qual a rede deve ser submetida durante 15 minutos à pressão estática

³Vide nota de rodapé 1.

de 60 kPa, se o ensaio for feito com água, ou de 35 kPa, se feito com ar. O método de avaliação consiste em ensaios das tubulações conforme NBR 8160 (ABNT, 1999) e NBR 10844 (ABNT, 2013a). Portanto, a responsabilidade do ensaio é do construtor, sendo comprovado pelo respectivo laudo. Entretanto, a NBR 10844 (ABNT, 2013a), de sistemas prediais de águas pluviais, não apresenta nenhum procedimento de ensaio, nem mesmo menciona sua necessidade.

Já a NBR 8160 (ABNT, 1999) apresenta esse procedimento no Anexo G, e informa que a pressão de ensaio com água deve ser limitada a 60 kPa, enquanto a NBR 15575-6 (ABNT, 2013b) não especifica se esse valor é máximo ou mínimo. As tubulações de esgoto são condutos de escoamento livre, portanto pressões excessivas podem causar seu rompimento. Logo, no ensaio com água, não é possível realizar um teste global, apenas testes parciais. Entretanto, segundo a NBR 8160 (ABNT, 1999), todo o sistema de esgoto sanitário, incluindo o sistema de ventilação, novo ou existente modificado, deve ser inspecionado e ensaiado antes de entrar em funcionamento. Portanto, inclui também os ramais de ventilação, tubos de queda e colunas de ventilação, sendo necessário o preenchimento dessas tubulações com água e vedação dos pontos de esgoto. Para não ultrapassar a pressão de 60 kPa o ensaio deve ser realizado no máximo a cada dois pavimentos. Sendo assim, o ensaio global só é possível com ar pressurizado, porém pode se tornar inviável técnica e economicamente devido ao número de pontos a serem isolados, além de dificultar a identificação de vazamento.

Tanto na NBR 15575-6 (ABNT, 2013b), quanto na NBR 8160 (ABNT, 1999), não há clareza na especificação de ensaios parciais ou globais da instalação, nem na abrangência de tubulações, se somente horizontais ou também verticais.

Independência do sistema de água

Primeiramente, indica que o sistema de água potável deve ser separado fisicamente de qualquer outra instalação que conduza água não potável de qualidade insatisfatória, desconhecida ou questionável. Posteriormente, indica que os componentes do sistema não podem transmitir substâncias tóxicas à água por meio de metais pesados, causando dúvidas. O método de avaliação proposto é a verificação do projeto quanto ao atendimento às normas referentes às tubulações.

Percebe-se que o segundo critério não trata da independência do sistema de água e que os critérios apresentados são distintos, dificultando sua compressão. A independência do sistema de água é mencionada na NBR 5626 (ABNT, 1998), no item 5.2.1.3, prescrevendo que se deve evitar conexão cruzada de redes distintas, a qual consiste em qualquer ligação física através de peça, dispositivo ou outro arranjo que conecte duas tubulações, das quais uma conduz água potável e a outra não. Uma ligação assim pode permitir que a água escoe de uma tubulação para a outra, dependendo do diferencial de pressão entre elas. Na atual NBR 5626 (ABNT, 2020a), essa recomendação está no item 6.5.1.2.

Teor de poluentes

Os ambientes não podem apresentar teor de CO₂ superior a 0,5% e de CO superior a 30 ppm.

Esse critério está duplicado na norma, pois é semelhante ao 9.2.2.

Adaptação ergonômica dos equipamentos

As peças de utilização, inclusive registros de manobra, devem possuir volantes ou dispositivos com formato e dimensões que proporcionem torque ou força adequada de acionamento, além de serem isentos de rebarbas, rugosidades ou ressaltos que possam causar ferimentos. Cada equipamento deve ser fabricado conforme sua respectiva norma, exemplo da NBR 10281 (ABNT, 2015a), que estabelece os requisitos e métodos de ensaio para torneiras. Sendo assim, o construtor deve exigir laudo do fornecedor.

De acordo com a NBR 10281, o torque necessário para abrir e fechar uma torneira não pode ser superior a 1 N.m, quando ensaiada conforme essa norma. As demais normas mencionadas também apresentam valor máximo de torque de 1 N.m no acionamento, quando submetidas à pressão de 400 kPa (40 mca). Entretanto, na Parte 1 da norma, o critério 17.3.1 estabelece que os componentes, equipamentos e dispositivos de manobra devem ser projetados, construídos e montados de modo a evitar torque acima de 20 N.m e força superior a 10 N para seu acionamento. Esse valor de torque de 20 N.m não condiz com os requisitos apresentados nas normas mencionadas na Parte 6. Essas normas até apresentam valores de torque superiores a 1 N.m, mas referem-se ao torque de instalação, não de acionamento, como o exemplo da NBR 10281 (ABNT, 2015a) que especifica que a torneira deve resistir ao torque de instalação de 12 N.m.

Discussão: etapas 4 e 5

Na etapa 1, constatou-se que uma fragilidade das construtoras é o atendimento aos critérios de segurança estrutural e estanqueidade, para os quais elas devem realizar ensaios específicos. Verificou-se que os únicos ensaios realizados pelas construtoras são os de estanqueidade da rede de água fria e água quente, porém não atendem à pressão de ensaio de 1,5 vez a pressão prevista em projeto, e utilizam água fria no teste na rede de água quente.

Os demais ensaios de tubulações suspensas, tubulações aparentes e estanqueidade de calhas foram realizados na pesquisa, na etapa 4, e se mostraram facilmente exequíveis, pois o aparato de ensaio é de simples montagem. Entretanto, o ensaio de estanqueidade na rede de esgoto apresentou dificuldades devido à vedação dos pontos de esgoto, ao custo elevado e à baixa pressão suportada pela tubulação de esgoto. Nesse sentido, na etapa 5 verificou-se que o texto da NBR 15575-6 (ABNT, 2013b) ocasiona algumas dúvidas sobre esse ensaio, pois menciona que deve ser realizado conforme as normas já existentes, NBR 8160 (ABNT, 1999) e NBR 10844 (ABNT, 1989). Entretanto, a NBR 8160 (ABNT, 1999) não especifica quais trechos devem ser ensaiados, e quais os métodos e aparatos para realizar o ensaio, e a NBR 10844 (ABNT, 1989) não menciona ensaio algum. O texto da NBR 15575-6 (ABNT, 2013b) deveria já resolver essa carência das antigas normas.

Semelhantemente, verificou-se que outros critérios apresentados pela norma também não são totalmente claros, como o critério de temperatura máxima da água para segurança no seu uso, e o da independência do sistema de água. Para outros critérios, verifica-se que o seu atendimento depende do usuário, como o caso do critério que trata da existência de dispositivos de segurança em aquecedores. Na pesquisa, o método de avaliação e comprovação considerava a inspeção pelo construtor, porém as construtoras entrevistadas afirmaram que não fornecem esses equipamentos ao usuário. Sendo assim, caberia ao projetista fazer a especificação para que o usuário adquira um produto adequado, mas a construtora não terá como garantir essa condição, pois dependerá do usuário.

Considerações finais

Este trabalho teve como objetivo caracterizar o estágio atual dos SPHS e analisar os critérios da NBR 15575-6. Com base nos resultados, conclui-se que ainda há um longo caminho a trilhar para alcançar o desempenho dos SPHS, do fabricante até o usuário. Quanto aos fabricantes, é indispensável a melhor caracterização dos componentes e disponibilização de informações técnicas. Quanto aos projetistas, verifica-se necessidade de capacitação para atendimento aos critérios de projeto; projetos mais qualificados com mais especificações e melhor nível de detalhamento. Quanto às construtoras, é imprescindível a execução dos sistemas conforme o projeto e atendendo a orientações do fabricante; a realização de ensaios a fim de comprovar desempenho das soluções adotadas; o fornecimento de informações completas ao usuário, com características, recomendações de uso, operação e manutenção dos sistemas. Quanto à NBR 15575-6 (ABNT, 2013b), são necessárias revisões e esclarecimentos em textos de vários critérios, a fim de não haver diferentes interpretações e hesitação. Por fim, o usuário precisa tomar consciência do seu importante papel de atender às recomendações recebidas no contexto da manutenção dos SPHS.

A pesquisa apresentou algumas limitações como análise de projetistas e construtoras no cenário regional e inviabilidade de execução de alguns ensaios pretendidos. Para trabalhos futuros sugerem-se os seguintes estudos: estimativa da durabilidade de componentes, aparelhos e equipamentos; estimativa da VUP do sistema hidrossanitário; prazos de manutenções preventivas e substituições de componentes, aparelhos e equipamentos; roteiro e cronograma de execução de ensaios *in loco*.

Referências

- AFOLABI, A. O. *et al.* Building designs and plumbing facilities: the implication for rising maintenance cost. **International Journal of Mechanical Engineering and Technology**, v. 9, n. 8, p. 1336-1344, 2018.
- ARTHUR, R. *et al.* Plumbing work competence instrument in the field of civil engineering. **Journal of Physics: Conference Series**, v. 1402, n. 2, 2019.
- ASADI, S. *et al.* Environmental and economic life cycle assessment of PEX and copper plumbing systems: a case study. **Journal of Cleaner Production**, v. 137, p. 1228-1236, 2016.

ASSAIDI, A. *et al.* Adhesion of Legionella pneumophila on glass and plumbing materials commonly used in domestic water systems. **International Journal of Environmental Health Research**, v. 28, n. 2, p. 125-133, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10281**: torneiras: requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2015a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10542**: aquecedores de água a gás tipo acumulação: ensaios. Rio de Janeiro, 2015c.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10844**: instalações prediais de águas pluviais: procedimento. Rio de Janeiro, 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10897**: sistemas de proteção contra incêndio por chuveiros automáticos: requisitos. Rio de Janeiro, 2020b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12090**: chuveiros elétricos: determinação da corrente de fuga: método de ensaio. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12693**: sistemas de proteção por extintores de incêndio. Rio de Janeiro, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13103**: instalação de aparelhos a gás: requisitos. Rio de Janeiro, 2020c.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13714**: sistemas de hidrantes e de mangotinhos para combate a incêndio. Rio de Janeiro, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14011**: aquecedores instantâneos de água e torneiras elétricas: requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2015b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14016**: aquecedores instantâneos de água e torneiras elétricas: determinação da corrente de fuga: método de ensaio. Rio de Janeiro, 2015d.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-1**: edificações habitacionais: desempenho: requisitos Gerais. Rio de Janeiro, 2013a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-6**: edificações habitacionais: desempenho: requisitos para Sistemas Hidrossanitários. Rio de Janeiro, 2013b.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626**: sistemas prediais de água fria e água quente: projeto, execução, operação e manutenção. Rio de Janeiro, 2020a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7198**: projeto e execução de instalações prediais de água quente. Rio de Janeiro, 1993.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8130**: aquecedor de água a gás tipo instantâneo: requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8160**: sistemas prediais de esgoto sanitário: projeto e execução. Rio de Janeiro, 1999.

BOTTEGA, G. S. de S. **Subsídios para cumprimento dos requisitos de desempenho de sistemas hidrossanitários conforme NBR 15575-6**. Chapecó, 2020. Dissertação (Mestrado em Tecnologia e Gestão da Inovação) – Universidade Comunitária da Região de Chapecó, Chapecó, 2020.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Desempenho de edificações habitacionais**: guia orientativo para atendimento à norma ABNT NBR 15575/2013. Fortaleza: Gadioli Cipolla Comunicação, 2013.

CORRÊA VIEIRA, P. C.; MOYA, J. R.; SOUZA, J. A. da S. Patologias nas instalações prediais de esgotos sanitários: diagnóstico e propostas terapêuticas. In: CONGRESSO INTERNACIONAL NA RECUPERAÇÃO, MANUTENÇÃO E RESTAURAÇÃO DE EDIFÍCIOS, 4., Rio de Janeiro, 2015. **Anais [...]** Rio de Janeiro: NPPG POLI/UFRJ, 2015.

COSTELLA, M. F. **Norma de desempenho de edificações**: modelo de aplicação em construtoras. Curitiba: Appris, 2018.

- COSTELLA, M. F.; BOTTEGA, G. S. de S. Anexo 3 - Norma de Desempenho NBR 15575:2013 - Parte 6: Instalações Hidrossanitárias. In: CARVALHO JÚNIOR, R. de. (org.). **Instalações prediais hidráulico-sanitárias: princípios básicos para elaboração de projetos**. São Paulo: Blucher, 2020.
- DA CONCEIÇÃO, A. P. **Estudo da incidência de falhas visando a melhoria da qualidade dos sistemas prediais hidráulicos e sanitários**. São Carlos, 2007. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2007.
- DAL MOLIN, D. C. C. *et al.* Contribuição à previsão da vida útil de estruturas de concreto. In: KAZMIERCZAK, C. de S.; FABRICIO, M. M. (org.). **Avaliação de desempenho de tecnologias construtivas inovadoras: materiais e sustentabilidade**. São Paulo: Scienza, 2016.
- DE AMORIM, S. V.; BENEDICTO, S. M. de O. Desempenho de sistema predial de água quente. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 13., Canela, 2010. **Anais [...]** Porto Alegre: ANTAC, 2010.
- FAROOQI, O. E. *et al.* Copper pinhole failures: plumbing susceptibility and management. **Journal of Water Resources Planning and Management**, v. 135, n. 4, p. 227-236, 2009.
- GNIPPER, S. F. **Diretrizes para formulação de método hierarquizado para investigação de patologias em sistemas prediais hidráulicos e sanitários**. Campinas, 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010.
- HIPPERT, M. A. S.; MATTOS JUNIOR, V. H. C.; CÂNDIDO, L. R. Qualidade e desempenho: a contribuição do manual do usuário. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 9., São Carlos, 2015. **Anais [...]** Porto Alegre: ANTAC, 2015.
- KALBUSCH, A. *et al.* Avaliação das condições de operação de equipamentos hidrossanitários em edificações públicas. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 18, n. 1, p. 393-408, jan./mar. 2018.
- KLECZYK, E. J.; BOSCH, D. J. Incidence and costs of home plumbing corrosion. **Journal AWWA - American Water Works Association**, v. 100, n. 12, p. 122-133, 2008.
- LEE, J. *et al.* Case study: preference trade-offs toward home plumbing attributes and materials. **Journal of Water Resources Planning and Management**, v. 135, n. 4, p. 237-243, 2009.
- LIMA, C. F. M.; ANDERY, P. R. P.; VEIGA, A. C. R. Análise do Processo de Projeto de Sistemas Hidrossanitários Prediais. **PARC – Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, v. 7, n. 2, p. 102-113, jun. 2016.
- MARCELLINI, L.; DE OLIVEIRA, L. H. Avaliação dos requisitos de desempenho de sistemas hidrossanitários do projeto de norma para edifícios habitacionais de até cinco pavimentos. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 12., Fortaleza, 2008. **Anais [...]** Porto Alegre: ANTAC, 2008.
- MIRSHAMS, R. A case study on using corrosion analysis in forensic engineering. **Journal of Failure Analysis and Prevention**, v. 17, n. 4, p. 642-646, 2017.
- OKAMOTO, P. S.; MELHADO, S. B. A norma brasileira de desempenho e o processo de projeto de empreendimentos residenciais. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 14., Maceió, 2014. **Anais [...]** Porto Alegre: ANTAC, 2014.
- PINHEIRO, G.; ANDERY, P. Contribuição ao estudo do processo de projeto de instalações. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., São Paulo, 2016. **Anais [...]** Porto Alegre: ANTAC, 2016.
- RAMOS, H. dos R. **Manutenção de sistemas hidráulicos prediais: manual de intervenção preventiva**. Porto, 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade do Porto, Porto, 2010.
- SARVER, E.; EDWARDS, M. Inhibition of copper pitting corrosion in aggressive potable waters. **International Journal of Corrosion**, v. 2012, article 857823, 2012.
- TEIXEIRA, P. de C. *et al.* Estudo de patologias nos sistemas prediais hidráulicos e sanitários do prédio do ciclo básico II da Unicamp. **REEC – Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, Goiânia, v. 1, n. 2, p. 34-50, 2011.
- TIGRE. **Manual técnico: orientações técnicas sobre instalações hidráulicas prediais**. Joinville: Tigre, 2013.

TOYOSADA, K. *et al.* Water quality study on the hot and cold water supply systems at vietnamese hotels. **Water**, v. 9, n. 4, 2017.

ZANOTTO, G. *et al.* Atendimento ao requisito manutenibilidade da NBR 15575:2013 em um empreendimento habitacional. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 9., São Carlos, 2015. **Anais [...]** Porto Alegre: ANTAC, 2015.

Gabriela Schneider de Sousa Bottega

Escola Politécnica | Unochapecó | Servidão Anjo da Guarda, 295-D, Efapi | Chapecó - SC - Brasil | CEP 89809-900 | Tel.: (49) 3321-8022 | E-mail: gabi.sousa@unochapeco.edu.br

Silvio Edmundo Pilz

Escola Politécnica | Unochapecó | E-mail: sep@superip.com.br

Marcelo Fabiano Costella

Escola Politécnica | Unochapecó | E-mail: costella@unochapeco.edu.br

Ambiente Construído

Revista da Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído

Av. Osvaldo Aranha, 99 - 3º andar, Centro

Porto Alegre - RS - Brasil

CEP 90035-190

Telefone: +55 (51) 3308-4084

www.seer.ufrgs.br/ambienteconstruido

www.scielo.br/ac

E-mail: ambienteconstruido@ufrgs.br



This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License.