



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Ouro Preto
Escola de Minas – Departamento de Engenharia Civil
Curso de Graduação em Engenharia Civil



MATEUS DA ROCHA DUTRA

**DIMENSIONAMENTO DAS INSTALAÇÕES
HIDRÁULICAS DE ÁGUA FRIA: ESTUDO DE CASO EM
DOIS CENÁRIOS DISTINTOS**

Ouro Preto

2023

DIMENSIONAMENTO DAS INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS DE ÁGUA FRIA:
ESTUDO DE CASO EM DOIS CENÁRIOS DISTINTOS

MATEUS DA ROCHA DUTRA

Trabalho Final de Curso apresentado
como parte dos requisitos para obtenção
do Grau de Engenheiro Civil na
Universidade Federal de Ouro Preto.

Data da aprovação: 23/08/2023

Área de concentração: Instalações hidráulicas

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Ana Leticia Pilz de Castro – UFOP

Ouro Preto

2023

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

D978d Dutra, Mateus da Rocha.

Dimensionamento das instalações hidráulicas de água fria
[manuscrito]: estudo de caso em dois cenários distintos. / Mateus da
Rocha Dutra. - 2023.

63 f.: il.: color., tab..

Orientadora: Profa. Dra. Ana Letícia Pilz de Castro.

Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola
de Minas. Graduação em Engenharia Civil .

1. Água - Consumo. 2. Vaso sanitário. 3. Dimensionamento. 4.
Hidráulica. I. Pilz de Castro, Ana Letícia. II. Universidade Federal de Ouro
Preto. III. Título.

CDU 624

Bibliotecário(a) Responsável: Maristela Sanches Lima Mesquita - CRB-1716



FOLHA DE APROVAÇÃO

Mateus da Rocha Dutra

Dimensionamento das instalações hidráulicas de água fria: Estudo de caso em dois cenários distintos

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de engenheiro civil.

Aprovada em 23 de agosto de 2023.

Membros da banca

Dra. Ana Letícia Pilz de Castro - Orientador(a) Universidade Federal de Ouro Preto
Dr. Múcio André dos Santos Alves Mendes - Universidade Federal de Ouro Preto
Eng. Rafael Bastos de Souza Vieira

Ana Letícia Pilz de Castro, orientadora do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 23/08/2023.



Documento assinado eletronicamente por **Ana Letícia Pilz de Castro, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 23/08/2023, às 14:50, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0579456** e o código CRC **AB2F1486**.

AGRADECIMENTOS

À minha esposa Vanessa, pessoa com quem amo partilhar a vida e me traz paz na correria do dia a dia.

Aos meus pais, Lyndon e Elizabeth, pelo apoio incondicional e confiança depositada em mim.

Aos meus irmãos, Carlos e Luís, sempre dispostos a me ouvir e dar conselhos.

A professora e orientadora Dr^a. Ana Leticia Pilz de Castro, pela supervisão, competência e dedicação de seu tempo em prol da construção deste trabalho.

RESUMO

A água é um recurso essencial a vida e sua disponibilidade em quantidade e qualidade suficientes para atender a população é um dos maiores desafios que a sociedade enfrenta. A gestão do uso da água no ambiente construído é peça-chave para a promoção da sustentabilidade ambiental. Nestes ambientes, a gestão eficiente envolve necessariamente o conhecimento dos sistemas prediais e dos parâmetros envolvidos no seu dimensionamento. Este estudo teve como objetivo avaliar dois cenários de projeto de instalações de água fria, sendo o primeiro com utilização de vaso sanitário com válvula de descarga, torneira e chuveiro convencionais, no segundo cenário utilizou-se vaso sanitário com caixa de descarga, chuveiro e torneira com tecnologia para economia de água. No estudo de caso foi avaliado o custo da instalação hidráulica de água fria e redução no consumo de água para um prédio de 13 pavimentos. O segundo cenário, com caixa de descarga e aparelhos sanitários poupadores de água, apresentou custo de projeto 34% menor e redução de 67% no consumo de água quando comparado ao primeiro cenário.

Palavras-chaves: consumo de água, aparelho sanitário, dimensionamento, água fria.

ABSTRACT

Water is an essential resource for life and its availability in sufficient quantity and quality to serve the population is one of the greatest challenges facing society. Managing water use in the built environment is a key element in promoting environmental sustainability. In these environments, efficient management necessarily involves knowledge of building systems and the parameters involved in their design. This study aimed to evaluate two design scenarios for cold water installations, the first using a toilet with a flush valve, faucet and conventional shower, the second scenario using a toilet with a flushing tank, shower and faucet. with water saving technology. In the case study, the cost of cold water hydraulic installation and the reduction in water consumption for a 13-story building were evaluated. The second scenario, with a flushing tank and water-saving sanitary appliances, presented a 34% lower project cost and a 67% reduction in water consumption when compared to the first scenario.

Keywords: water consumption, sanitary apparatus, hydraulic sizing, cold water.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 : Ramal externo e interno de abastecimento de água.....	19
Figura 2: Elementos do sistema predial de água fria	20
Figura 3: Esquema ilustrativo de uma caixa de descarga acoplada	22
Figura 4: Esquema ilustrativo de uma válvula de descarga sanitária	24

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Dimensionamento barrilete	32
Tabela 2: Dimensionamento coluna AF1	33
Tabela 3: Dimensionamento coluna AF2	33
Tabela 4: Dimensionamento coluna AF3	34
Tabela 5: Dimensionamento coluna AF4	34
Tabela 6: Dimensionamento coluna AF1	35
Tabela 7: Dimensionamento coluna AF2A.....	36
Tabela 8: Dimensionamento coluna AF2B.....	36
Tabela 9: Dimensionamento coluna AF3A.....	37
Tabela 10: Dimensionamento coluna AF3B.....	37
Tabela 11: Dimensionamento coluna AF4A.....	38
Tabela 12: Dimensionamento coluna AF4B.....	38
Tabela 13: Verificação da pressão nos aparelhos da coluna AF1	39
Tabela 14: Verificação da pressão nos aparelhos das colunas AF2, AF3 e AF4	39
Tabela 15 : Redução média do consumo por aparelho sanitário	40
Tabela 16 : Redução no consumo de água utilizando equipamentos poupadores	41
Tabela 17 : Planilha de custo do projeto com válvula de descarga	47
Tabela 18 : Planilha de custo do projeto com caixa de descarga	48

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	OBJETIVO	10
2.1	Objetivo geral.....	10
2.2	Objetivos Específicos	10
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	11
3.1	Escassez hídrica.....	11
3.2	Economia de água.....	12
3.3	Dispositivos redutores de consumo	14
3.4	Instalações hidráulicas	16
3.5	Instalação de água fria	17
3.6	Vaso sanitário com caixa de descarga e válvula de descarga	21
3.6.1	Caixas de descarga	22
3.6.2	Válvulas de descarga.....	23
3.6.3	Parâmetros de desempenho	24
3.7	Chuveiro e torneira	26
3.7.1	Parâmetros de desempenho	27
4	METODOLOGIA	28
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	31
5.1	Dimensionamento da instalação de água fria.....	31
5.1.1	Relativo ao armazenamento	31
5.1.2	Dimensionamento do barrilete	32

5.1.3	Dimensionamento das colunas	32
5.1.4	Relativo à distribuição	38
5.2	Estimativa de economia no consumo de água	40
6	CONCLUSÃO	49
	REFERÊNCIAS	50

1 INTRODUÇÃO

A redução da disponibilidade de água superficial de qualidade adequada para consumo humano e o contínuo crescimento da população e conseqüente aumento da demanda por água potável intensificaram a preocupação com a manutenção das fontes desse recurso e com o seu uso sustentável. As autoridades e pessoas técnicas da área têm o desafio de assegurar o fornecimento de água para atender a demanda mesmo diante de eventos climáticos extremos, aumento da população e indisponibilidade dos recursos hídricos por motivo de poluição.

Nesse contexto, pode-se apontar a gestão do uso da água no ambiente construído como peça-chave para promoção da sustentabilidade ambiental. Em edificações, a implementação de um sistema de gestão do uso da água envolve necessariamente o conhecimento dos sistemas prediais e dos parâmetros envolvidos no uso da água (VELAZQUEZ; MUNGUÍA; OJEDA, 2013).

A instalação hidráulica predial desempenha um papel fundamental no funcionamento adequado de edifícios residenciais, comerciais e industriais. Ela é responsável pelo abastecimento de água potável, distribuição de água quente e fria, além da coleta e disposição adequada das águas residuais, garantindo a higiene e o conforto dos ocupantes do imóvel.

As edificações abrigam diferentes públicos em suas diversas atividades, demandando que as instalações hidráulicas apresentem 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).

No intuito de alcançar um padrão satisfatório, as normas estabelecem padrões de qualidade para os materiais utilizados nas instalações hidráulicas, assim como para os métodos de instalação. Isso garante que os materiais e as práticas atendam a requisitos mínimos de desempenho e durabilidade. As normas de instalação hidráulica são regidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) por meio das seguintes normas técnicas:

- ABNT NBR 5626: Esta norma brasileira estabelece os requisitos mínimos para instalação predial de água fria. Ela abrange aspectos como

dimensionamento de tubulações, materiais adequados, sistemas de armazenamento de água e dispositivos de controle de pressão.

- ABNT NBR 8160: Esta norma estabelece as diretrizes para o dimensionamento e a instalação de sistemas de coleta e disposição de esgoto sanitário em edificações. Ela abrange aspectos como a escolha de tubulações, ventilação adequada e disposição correta dos efluentes.
- ABNT NBR 10844: Essa norma estabelece os requisitos para o projeto e a execução de sistemas de drenagem de águas pluviais. Ela aborda aspectos como o dimensionamento das tubulações, sistemas de captação de água e dispositivos de controle de fluxo.

No contexto de projeto hidráulico predial e sustentabilidade ambiental, o presente trabalho se propõe a apresentar um estudo comparativo entre dois cenários de projeto. Será quantificado o impacto da substituição de equipamentos hidrossanitários convencionais por equipamentos hidrossanitários economizadores de água no consumo de água de um edifício de 13 andares. Também será avaliado o custo de projeto de acordo com a opção de aparelho sanitário escolhido.

2 OBJETIVO

2.1 Objetivo geral

Este estudo tem por objetivo efetuar uma análise comparativa entre dois cenários distintos de dimensionamento hidráulico predial de água fria.

2.2 Objetivos Específicos

- Realizar o dimensionamento das instalações prediais de água fria de um edifício de 13 pavimentos, por meio de dois cenários distintos.
- Comparar o custo das instalações hidráulicas dos dois cenários.
- Analisar a economia no consumo de água nos dois cenários
- Quantificar o impacto da substituição de equipamentos hidrossanitários convencionais por equipamentos hidrossanitários economizadores de água.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Serão apresentados tópicos pertinentes ao tema deste trabalho e que justificam a importância do projeto hidráulico focado na sustentabilidade.

3.1 Escassez hídrica

A escassez hídrica constitui uma situação onde a demanda por água excede a quantidade disponível em uma determinada região ou período de tempo. É um desafio cada vez mais recorrente no mundo devido a fatores como o aumento da população, urbanização, mudanças climáticas e uso inadequado dos recursos hídricos.

A disponibilidade de água doce em quantidade e qualidade suficientes é um dos maiores desafios que a sociedade enfrentará neste século. A água doce representa apenas 2,5% da água da Terra e está cada vez mais ameaçada pela atividade humana e pelas mudanças climáticas. Muitos estudos confirmaram que a escassez de água aumentará significativamente nas próximas décadas e isso trará problemas para a segurança alimentar, sustentabilidade ambiental e desenvolvimento econômico (ALCAMO et al. (2007), ERCIN e HOEKSTRA (2012), HOEKSTRA (2014))

Segundo o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), a mudança climática tem o potencial de impactar fortemente os recursos de água doce com consequências abrangentes para as sociedades e ecossistemas (MURRAY et al., 2012, PACHAURI e MEYER, 2014). Atualmente, cerca de dois terços da população global vivem em condições de grave escassez de água por pelo menos 1 mês do ano e meio bilhão de pessoas enfrentam grave escassez de água durante todo o ano (MEKONNEN e HOEKSTRA, 2016). Prevê-se que a mudança climática exacerbe ainda mais a escassez de água com ciclos hidrológicos sofrendo grandes mudanças e causando alterações globais nos padrões de precipitação, bem como aumentando a frequência e a gravidade dos eventos extremos (BATES e KUNDZEWICZ, 2008).

Prevê-se que a frequência de fortes precipitações aumente e conseqüentemente as inundações geradas, sendo que os alagamentos tem grande potencial de sobrecarregar a infraestrutura existente, deixando poucas oportunidades para o armazenamento de água. Também há expectativa de aumento de secas extremas com uma tendência de os interiores continentais secarem durante o verão, especialmente nos subtropicais e latitudes baixas e médias.

Mudanças no conteúdo de água atmosférica, intensidade de extremos, redução da cobertura de neve, derretimento generalizado de gelo, mudanças na umidade do solo e secas são, portanto, previstas para agravar os problemas de escassez de água no século 21 (BATES e KUNDZEWICZ, 2008).

Diante deste cenário, é essencial a adoção de um modelo econômico pautado no uso sustentável dos recursos naturais e preservação do meio ambiente. Torna-se claro a importância do surgimento e emprego de tecnologias que garantam o uso racional da água.

3.2 Economia de água

Conforme a Agência Nacional de Águas – ANA (2017), o Brasil apresenta sólido crescimento no uso de água, com aumento estimado de aproximadamente 80% no consumo nos últimos 20 anos. A previsão é que até o ano de 2030 essa demanda por água cresça em torno de 30%.

De acordo com SHARM E VAIRAVAMOORTHY (2009), a demanda urbana de água vem crescendo de forma acelerada e consistente, alinhada com o aumento populacional e alta taxa de urbanização observada globalmente; por outro lado, a limitação dos recursos hídricos disponíveis faz aumentar a competição entre usos da água e reduz o acesso à água de boa qualidade, tornando o abastecimento urbano um grande desafio para a gestão de recursos hídricos.

A resposta aos problemas resultantes dos desequilíbrios entre oferta e demanda urbana de água tem se constituído, na maioria dos casos, em medidas de expansão da oferta hídrica, o que se traduz em construção de grandes obras hidráulicas. No entanto, esgotada grande parte das possibilidades deste modelo, dados os elevados custos econômicos, ambientais e sociais da captação de água em mananciais cada vez mais distantes (HESPANHOL, 2008), surge a necessidade de um modelo de gestão hídrica que seja mais alinhada com os preceitos de sustentabilidade, proporcione o uso racional da água disponível através de medidas de gerenciamento da demanda. Dessa forma, há um interesse crescente na gestão da demanda urbana de água em ações socialmente benéficas que reduzem ou modificam a demanda/consumo de água, representando a forma mais econômica de ampliar a disponibilidade hídrica (BUTLER; MEMON, 2006).

A economia de água pode ser obtida por meio da redução do consumo, melhoria dos sistemas de distribuição com conseqüente redução das perdas de água e reaproveitamento da água.

A redução do consumo é alcançada por meio de medidas que visem mudar hábitos de higiene e mentalidade da população, sem comprometer a qualidade de vida. Algumas opções são utilizar máquinas de lavar louça e roupa com programas inteligentes para uso racional da água, regular o tempo do banho para intervalo realmente necessário a higienização, manter torneiras fechadas quando não estiver utilizando, etc.

No aspecto econômico, a estratégia de redução do consumo deve ser direcionada a conscientizar o consumidor sobre o volume de água que utiliza e estabelecer faixas de tarifas de acordo com a quantidade consumida. O uso de medidores, preferencialmente individuais, também contribui para a redução do consumo.

Segundo FRANCO JUNIOR (2007), com a implantação dos sistemas de medição individual, obtém-se uma economia de até 20% no consumo do edifício, ele relata que de forma individual, cada morador se educa melhor quanto ao consumo de água, diminuindo o desperdício.

No estudo de CHAIB (2016), foi avaliado o potencial de economia de água potável por meio do uso de medição individualizada em edifícios de apartamentos, localizados no município de Belo Horizonte. O potencial de economia de água estimado foi da ordem de $18,8 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$, o que representa 16% do total de água potável consumida nos domicílios.

Quanto ao aspecto técnico, deve-se adotar novas concepções de equipamentos sanitários, principalmente nos vasos sanitários, torneiras e chuveiro, tendo em vista que são dispositivos que consomem elevada quantidade de água na residência. Os esforços tem se concentrado na redução do volume das caixas de descarga e aprimoramento dos desenhos dos aparelhos, uso de caixas com duplo volume ou possibilidade de regular o volume de água desejado e torneira de acionamento hidromecânico (GONÇALVES e GUIMARÃES, 2013).

Outro ponto de grande relevância é a diminuição das perdas de água nas instalações hidráulicas domiciliares e em toda a rede de distribuição. Segundo o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS – em 2019, no Brasil 39,2% da água proveniente das Estações de Tratamento de Água foram perdidos na rede de distribuição. Quando se analisa a região norte separadamente, 55,2% da água tratada foi perdida da etapa de distribuição. Para reverter essa situação é necessário efetuar vistoria e manutenção constante das redes de

distribuição, utilizar materiais de qualidade e mão de obra qualificada nos novos projetos e reformas de rede de distribuição (SNIS, 2019).

Por último, o reaproveitamento de água consiste na possibilidade de reutilizar água proveniente de algum aparelho hidráulico da própria residência. Uma das soluções é a utilização de dupla canalização, sendo uma de água limpa, mas não potável, e a outra rede de água potável. A água reciclada, a depender de sua qualidade, pode ser utilizada nos vasos sanitários, refrigeração de aparelhos, irrigação, limpeza de calçada, etc.

3.3 Dispositivos redutores de consumo

As soluções para redução no consumo de água caracterizadas pelo baixo custo e rápido retorno do capital investido vêm sendo desenvolvidas por profissionais da área. Essas tecnologias estão cada vez mais difundidas nas residências e indústrias dos mais variados portes.

Estimativas mostram que cerca de 50% a 70% do total de água consumido em uma residência unifamiliar são devido a utilização dos chuveiros e torneiras. Geralmente os banhos são responsáveis por cerca de 40% do gasto e as torneiras, por 20%. Se uma pessoa consome 180 litros por dia, em uma residência de três moradores serão utilizados mensalmente 16,2 mil litros, sendo que deste total cerca de 9,7 mil litros são utilizados nos chuveiros e torneiras (MAY, 2009).

Dispositivos poupadores de água podem ser viáveis do ponto de vista técnico- econômico, com rápido retorno do investimento em função do grau de redução do consumo alcançado. Segundo REZENDE (2019), a adoção de dispositivos redutores de vazão pode economizar até 80% da água consumida em um chuveiro e cerca de 60% no caso de uma torneira. A economia total poderá chegar a 45%, correspondendo a mais de 6 mil litros de água por mês. Ainda de acordo com REZENDE (2019), acessórios como redutores de vazão e arejadores, que são acessórios para torneiras e chuveiros que misturam ar e água, dando a sensação de maior volume, podem proporcionar redução de até 75% no consumo de água.

A adoção de medidas contínuas de sensibilização da população para o uso racional da água assegura benefícios em curto, médio e longo prazo, com mais eficiência e eficácia. Medidas relativamente simples para a redução do consumo per capita consistem, por exemplo, na educação da população, incentivos para instalação de dispositivos sanitários de baixo

consumo, hidrometração individualizada em condomínios, adequação de tarifas que penalizem consumos excessivos, entre outros (SNIS, 2017).

Diversos estudos têm sido realizados acerca da racionalização do uso da água a partir do uso de equipamentos economizadores, cada qual com suas especificidades e seus métodos.

Lombardi (2012) analisou, com o auxílio de modelos de regressão linear múltipla, a viabilidade técnico-econômica da instalação de dispositivos economizadores de água em um setor de uma universidade. Após finalizado, o estudo mostrou que o investimento é viável, sinalizando uma redução do consumo em torno de 40% e estimando um tempo de retorno do capital aplicado de até 11 anos.

Os autores BARBERÁN et al. (2013) analisaram o consumo de água em um hotel na Espanha antes e após a substituição dos equipamentos tradicionais por equipamentos que tem foco na economia de água. Foi realizada a troca das torneiras nos quartos e nas áreas comuns, além da instalação de elementos reguladores em chuveiros. Na cozinha, foram instalados equipamentos associados à lavagem de louças com limitadores de fluxo de água. A demanda por água quente, água fria e o consumo total foram avaliados por meio de análise de regressão dinâmica. O impacto das trocas revelou-se significativo para as três situações e a redução de consumo foi de 33, 17 e 22% para, respectivamente, água quente, água fria e consumo total do hotel. Houve redução significativa no consumo de água fria e quente nos quartos e nas áreas comuns, e na cozinha o maior impacto foi verificado no consumo de água fria.

CUREAU, KALBUSCH e HENNING (2019) compararam o consumo de água de duas torneiras de lavatório de um banheiro de campus universitário e as médias do volume diário de água consumido e do volume por acionamento diário da torneira de funcionamento hidromecânico foram, respectivamente, 63,5% e 64,0% menores do que as da convencional.

Ainda de acordo com o estudo supracitado, a análise de dados coletados da torneira convencional mostrou evidências de desperdício de água por motivo de mau fechamento da válvula dessa torneira ou do uso excessivo de água pelos usuários. Esse desperdício poderia ser solucionado substituindo a torneira convencional por uma de funcionamento hidromecânico, uma vez que esse modelo apresenta fechamento automático e não permite que o usuário controle a vazão e a duração do ciclo de funcionamento do equipamento. Dessa forma, concluiu-se que a torneira de funcionamento hidromecânico avaliada no estudo gera economia de água por consumir um volume menor do que a convencional, ao mesmo tempo que também

impedi a ocorrência de perdas provenientes do mau fechamento da válvula do equipamento ou do uso excessivo de água pelos usuários.

3.4 Instalações hidráulicas

A Resolução CONAMA nº 01/1986 estabelece as características da água fria potável para consumo humano, fornecida pela rede de distribuição local. Em situação onde não há possibilidade de alimentação de uma residência pela linha distribuidora de água do órgão municipal, opta-se pela captação em poços ou a algum suprimento superficial (nascente, riacho, córrego ou rio). Nessa situação a água deverá ser examinada para se verificar a necessidade de submetê-la a algum tratamento.

A NBR 5626:2020 especifica requisitos para projeto, execução, operação e manutenção de sistemas prediais de água fria e água quente. A norma abrange somente sistemas de água potável e os requisitos visam essencialmente o correto funcionamento dos sistemas, uso racional da água e energia, assim como garantir a preservação da potabilidade da água.

A instalação de água fria compreende as tubulações (encanamentos), hidrômetro, conexões, válvulas, equipamentos, reservatórios, aparelhos e peças de utilização que permitem o suprimento, a medição, o armazenamento, o comando, o controle e a distribuição de água aos pontos de utilização, tais como: torneiras, chuveiros, duchas higiênicas, vasos sanitários, lavatórios, pias etc.

A água quente é a água potável com temperatura superior à temperatura do ambiente, aquecida por meio artificial, como por sistemas de aquecimento. Assim como a água fria, a instalação de água quente é o conjunto de tubulação, conexões, válvulas, registros e dispositivos necessários para que a instalação atenda as exigências da NBR 5626:2020.

O sistema predial de esgoto sanitário é definido na NBR 8160/1999 como sendo o conjunto de tubulações e acessórios destinados a coletar e transportar o esgoto sanitário que permite o escoamento dos despejos (águas residuárias) de uma edificação, garantindo o encaminhamento dos gases para a atmosfera e evita o direcionamento dos mesmos para os ambientes sanitários.

Segundo a NBR citada, o projeto de instalações de esgoto sanitário deve contemplar os seguintes tópicos:

- Garantir a proteção dos sistemas de suprimento de água e de equipamentos sanitários a fim de não contaminar a água e não comprometer o consumo da mesma, logo os sistemas de água fria e de água pluvial não podem ter qualquer tipo de ligação;
- Permitir o rápido escoamento dos despejos sem que haja vazamentos ou acúmulo dos mesmos ocasionando o entupimento dos encanamentos;
- Impedir que os gases formados no interior da rede alcancem os aparelhos de utilização, impossibilitar que corpos estranhos, como animais, entrem no interior do sistema de esgoto sanitário e impedir que os despejos introduzidos nos esgotos acessem o subsistema de ventilação;
- Garantir que os componentes que formam a rede de esgoto sejam facilmente inspecionáveis e que os aparelhos sanitários sejam fixados com peças que facilitem sua retirada para eventuais manutenções.

O destino final dos efluentes domésticos poderá ser um sistema individual de tratamento (fossa séptica / sumidouro) ou a rede coletora de esgoto público, que direciona os efluentes a uma Estação de Tratamento de Esgotos -ETE.

As exigências e critérios para dimensionamento do sistema de coleta de águas pluviais é exposto na NBR 10844/1989. Para garantir níveis aceitáveis de funcionalidade, segurança, conforto e economia, o projeto deve atender os seguintes itens:

- Captar e conduzir, de forma estanque, a vazão de projeto até locais permitidos pelos dispositivos legais. Os dispositivos que realizam esta condução devem ter acesso para que seja realizada atividades de limpeza e desobstrução;
- Ter resistência a intempéries, pressões causadas pelo fluxo de água e, quando submetido a esforços mecânicos, deve ser constituído de materiais resistentes a estas solicitações.
- Não provocar ruído que possa causar incômodo aos moradores

3.5 Instalação de água fria

Os sistemas de canalização de água já se apresentavam em estágio avançado desde a antiguidade, sendo que por volta do ano 2500 a.C. era usual, nas sociedades egípcias e chinesas, banhos e outros cuidados com higiene pessoal, além de banheiros construído pelos egípcios dentro das pirâmides. Os gregos e romanos foram precursores no uso de sistemas

hidráulicos. Esses povos canalizaram águas pluviais e fluviais, conduzindo-as para as residências e para as termas (locais destinados aos banhos públicos). Com o passar do tempo, os avanços conquistados nos processos construtivos e nos elementos do sistema hidráulico residencial permitiram levar a água do meio externo para qualquer lugar ou ponto de utilização no interior das edificações. A água torna-se disponível nas torneiras, chuveiros e outros aparelhos que são parte importante de uma edificação residencial.

O abastecimento de água aos prédios é feito a partir de uma tubulação da rede distribuidora de um sistema de abastecimento público, por meio de um ramal, o qual compreende o ramal predial e o ramal interno de alimentação (MACINTYRE, 2020).

O ramal predial ou ramal externo é o trecho da tubulação compreendida entre o distribuidor público de água localizado em frente ao prédio e a instalação predial caracterizada pelo aparelho medidor ou limitador de descarga, o qual é considerado parte integrante do ramal externo.

O Ramal interno de alimentação ou alimentador predial é o trecho que se estende a partir do aparelho medidor ou limitador de consumo até a primeira derivação ou até a válvula de flutuador (torneira de boia) à entrada de um reservatório.

No esquema mostrado na Figura 1 pode ser observado os itens que constituem o ramal externo e interno.

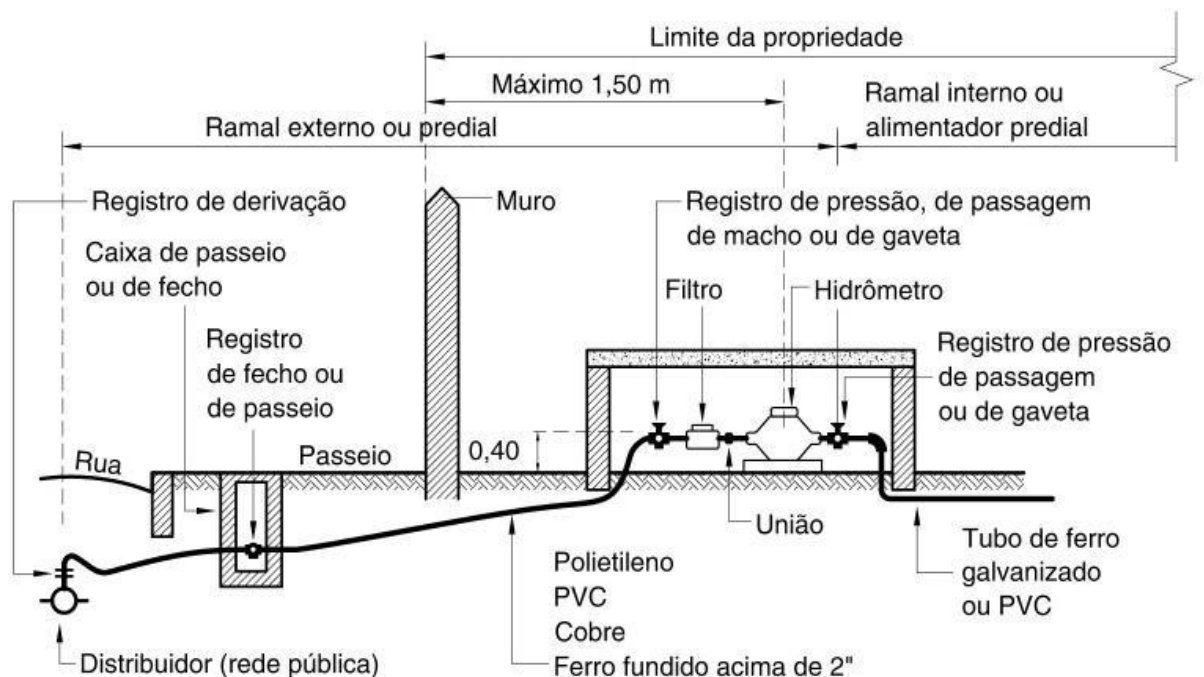


Figura 1 : Ramal externo e interno de abastecimento de água.

Fonte: BAPTISTA (2010)

A rede de distribuição interna é iniciada após o dispositivo de medição de consumo, o hidrômetro, até os pontos de utilização, logo são as tubulações que fazem com que a água chegue aos aparelhos de utilização.

A distribuição de água é feita por meio de um conglomerado de encanamentos, sendo eles: barrilete, coluna, ramal e sub-ramal, conforme ilustra a Figura 2. A norma ABNT NBR 5626:2020 define que os sub-ramais são as tubulações que alimentam diretamente as peças de utilização ou aparelhos sanitários. Os ramais de distribuição são canalizações que derivam da coluna e alimentam um ou mais sub-ramais. As colunas de distribuição ou prumadas de alimentação são tubulações verticais que originam no barrilete e tem função de alimentar os ramais. Por fim, tem-se o barrilete ou colar que é a ramificação das tubulações do reservatório até as colunas.

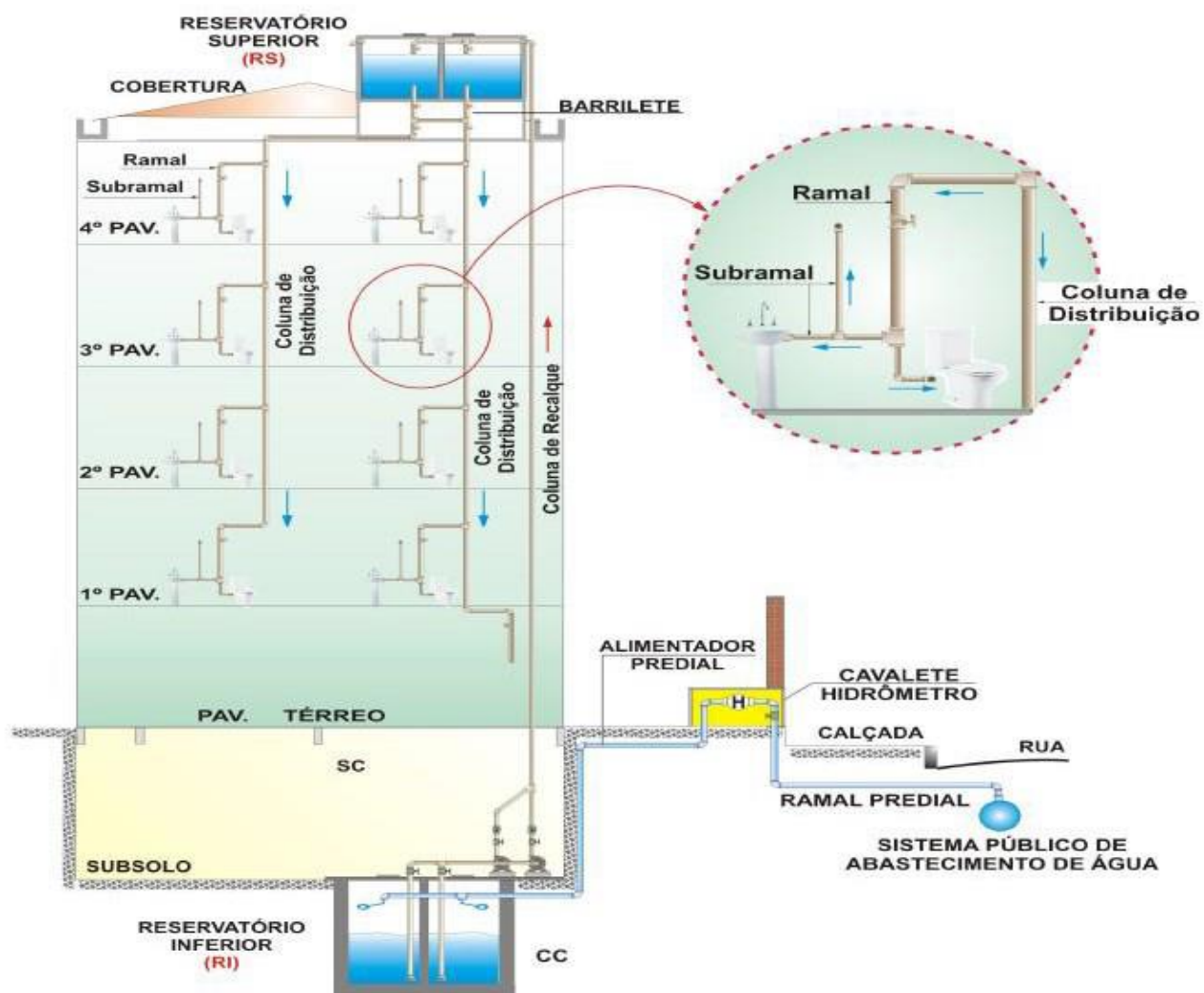


Figura 2: Elementos do sistema predial de água fria

Fonte: NETTO (2015).

De acordo com TAMAKI (2003), os sistemas de abastecimento de água predial podem ser classificados como direto, indireto e misto.

No sistema direto o abastecimento ocorre diretamente da rede pública para os pontos de utilização, sem nenhum reservatório. Pressupõe-se abastecimento público com continuidade, abundância e pressão suficiente, sendo que a rede interna funciona como uma extensão da rede pública.

No sistema indireto é utilizado reservatório para remediar irregularidade no abastecimento de água e às variações de pressões na rede pública. Nesse sistema a água vai da rede pública para o reservatório e a partir dele que são abastecidos os pontos de utilização da edificação. O sistema indireto pode ser com e sem bombeamento.

No sistema indireto sem bombeamento a altura máxima do reservatório é limitada pela pressão da rede pública de distribuição, que geralmente é suficiente para abastecer, no máximo, um reservatório localizado na parte mais alta de um prédio de três pavimentos.

O sistema indireto com bombeamento é utilizado quando a pressão na rede pública é insuficiente para elevar a água até o reservatório. Adota-se reservatório inferior no nível do meio-fio, onde será armazenada a água para ser bombeada ao reservatório elevado. A rede de distribuição interna será derivada do reservatório elevado, sendo que o fluxo acontece devido a força da gravidade. Conforme a NBR 5626:2020, a pressão máxima permitida nos aparelhos de consumo é de 40 metros de coluna d'água ($40 \text{ mca} = 4 \text{ kgf/cm}^2 = 400 \text{ kPa}$), significando que não poderíamos utilizar o reservatório como fonte de alimentação em edifícios com mais de 13 pavimentos com o pé-direito de 3,10 m, que daria uma altura total de 39,3 m. Para remediar essa situação, pode ser construído um reservatório intermediário ou utilizar válvulas redutoras de pressão.

No sistema misto de abastecimento de água, parte da instalação é conectada diretamente à rede pública enquanto a outra é ligada a um reservatório na cobertura do prédio. Nesse caso é possível receber a água da rede pública e também de uma fonte individual, como poço artesiano. Tal medida confere mais segurança e complementação no abastecimento de água.

3.6 Vaso sanitário com caixa de descarga e válvula de descarga

A busca por soluções mais atrativas e eficientes sempre esteve presente nos estudos de instalações hidráulicas, reflexo disso é a variedade de produtos que tentam conciliar desempenho com baixo custo. É necessário que o profissional da área conheça satisfatoriamente as opções disponíveis e suas características para que, no momento do dimensionamento, seja capaz de escolher os aparelhos mais adequados para cada situação de projeto.

Um elemento no dimensionamento de instalações de água fria é o sistema de descarga sanitária, onde o projetista conta com duas soluções, a caixa de descarga ou válvula de descarga. Aspectos relacionados ao consumo, desempenho, aparência, facilidade de instalação, conforto ao usuário, dentre outros, são apresentados em favor de cada solução na tentativa de se chegar a algum veredicto a respeito de qual solução é a melhor (VEDOVATE,2013)

Sendo assim, a identificação das características de cada uma dessas soluções e suas relações com situações de projeto são conhecimentos essenciais no momento de dimensionamento de uma instalação de descarga sanitária. A importância da escolha entre caixa de descarga e válvula de descarga é ainda mais relevante quando é ressaltado que ela não influencia somente na descarga sanitária, mas também no restante da instalação hidráulica de água fria (GHISI, 2004). Por isso, em geral, tal escolha é tomada logo no início da concepção do projeto hidráulico.

Apesar da relevância da escolha entre válvula de descarga e caixa de descarga e seu impacto no projeto hidráulico, notou-se certa ausência de trabalhos na literatura técnica e científica que se prestassem à avaliação comparativa entre essas duas soluções, de forma a levantar as características de cada uma e relacionar com situações de projeto. No entanto, há trabalhos sobre perfil de consumo, investigações de desperdício por vazamento e consumo de água que apresentam informações e resultados que auxiliam na comparação entre caixas e válvulas de descarga.

3.6.1 Caixas de descarga

As caixas de descarga são dispositivos constituídos por pequenos reservatórios, com um volume pré-determinado, e um mecanismo de descarga que, ao ser acionado, descarrega o volume reservado na bacia sanitária para efetuar a limpeza da mesma. A Figura 3 apresenta um esquema ilustrativo de uma caixa de descarga acoplada, com suas peças componentes.

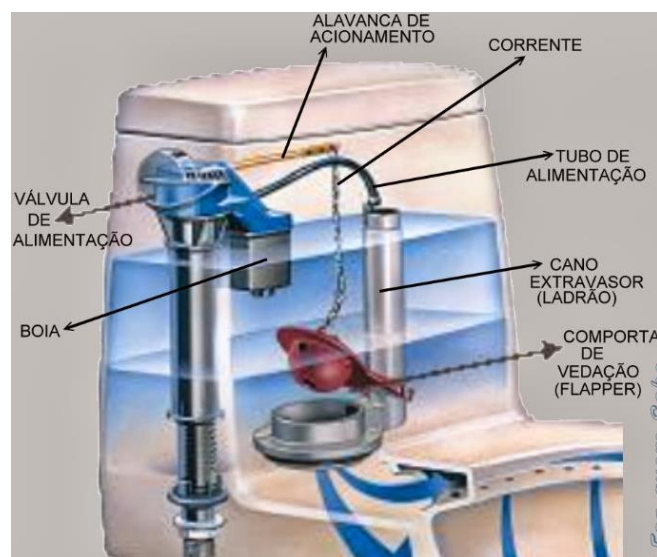


Figura 3: Esquema ilustrativo de uma caixa de descarga acoplada

Embora o esquema da Figura 3 seja para caixa de descarga acoplada, o funcionamento para caixas de descarga não acoplada é análogo. O acionamento da caixa consiste no pressionamento de um botão ou giro de uma alavanca localizada na parte externa da caixa, não ilustrada na Figura 3. Esse acionamento promove o movimento da alavanca de disparo, que fará com que o obturador, que está vedando a saída da água da caixa de descarga, seja suspenso. Isso permite o escoamento da água pela canalização de descarga até a bacia sanitária, efetuando a limpeza da mesma.

Quando acionadas, a água liberada é a que estava armazenada na caixa, e, portanto, a energia dispendida na descarga é dependente apenas da posição do reservatório da caixa de descarga em relação à bacia sanitária.

Apesar da independência da pressão disponível no ponto de instalação da caixa, as caixas de descarga usualmente requerem em torno de 1 mca a 40 mca no ponto de instalação para que o reabastecimento da caixa não demore muito tempo. Da mesma forma, a vazão de descarga também é independente da vazão da instalação hidráulica, sendo que esta interfere apenas no tempo de reabastecimento da bacia, similarmente à pressão, e, portanto, é requerido por norma um valor mínimo de 0,15 l/s no sub-ramal de instalação (NBR 5626).

3.6.2 Válvulas de descarga

Válvulas de descarga sanitária são dispositivos compostos por uma válvula de pressão que é instalada junto ao ramal de alimentação do banheiro. Ao ser acionada, a válvula permite a passagem da água no ramal de alimentação, que é descarregada na bacia sanitária para efetuar a limpeza da mesma.

Dessa forma, a pressão da descarga das válvulas depende diretamente da pressão disponível no ponto de instalação da válvula, sendo que as pressões usualmente necessárias para correto funcionamento estão dentro do intervalo entre 2 mca. a 40 mca. O mesmo raciocínio vale para a vazão de descarga, que também é dependente da vazão disponível na instalação hidráulica, sendo que um mínimo de 1,70 l/s é requerido pela NBR 5626.

A Figura 4 apresenta um esquema ilustrativo de uma válvula de descarga, que é um componente embutido na instalação hidráulica, diferentemente da caixa que pode ser entendida como um aparelho sanitário anexado à canalização.

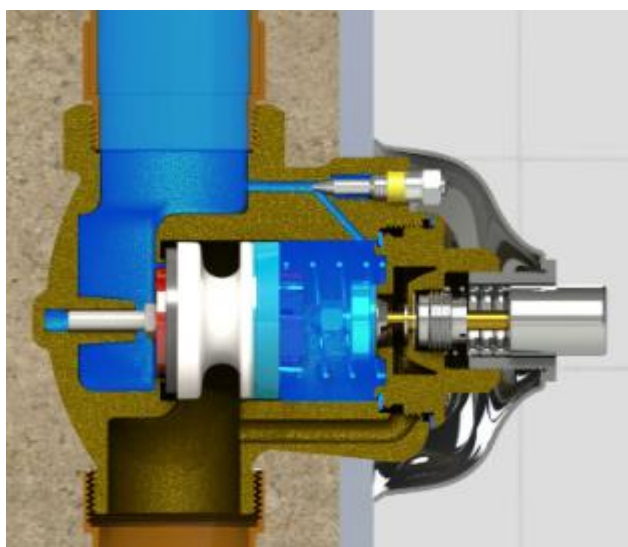


Figura 4: Esquema ilustrativo de uma válvula de descarga sanitária

Fonte: SIMPLIFICANDO A ENGENHARIA (2016).

3.6.3 Parâmetros de desempenho

A literatura possibilita a definição de alguns parâmetros relevantes para o desempenho de mecanismos de descarga sanitária. Eles permitem que seja feita uma análise sobre os sistemas de descarga e que se estabeleçam em quais situações cada solução apresenta melhor desempenho.

Os parâmetros avaliados neste estudo são os seguintes:

- Consumo de água

O consumo de água é um dos parâmetros mais abordados quando se realiza comparação entre caixa de descarga e válvula de descarga, uma vez que envolve aspectos econômicos e ambientais (JRRIO, 2015).

O volume necessário para efetuar a completa limpeza da bacia é determinado pelo projeto da bacia sanitária e pelas formas de funcionamento de cada sistema de descarga, uma vez que estes sistemas modificam o volume real utilizado em cada ciclo de descarga e ditam o consumo real da bacia sanitária (VEDOVATE, 2013).

- Propensão à vazamentos

Conforme AGUIAR (2013), o vazamento nos aparelhos sanitários pode representar relevante consumo de água, sendo um adicional ao volume real por descarga, compondo assim consumo total do aparelho sanitário. Os vazamentos se tornam ainda mais graves quando se leva em conta que a água, um recurso que se torna cada vez mais caro e escasso, está sendo consumido sem dar nenhum retorno ao usuário, além de poder provocar danos à louça sanitária e a estrutura da moradia, dependendo da forma e intensidade do vazamento.

- Custo da instalação hidráulica

Segundo GHISI (2004) e BOHNENBERGER (2010), devido aos seus diferentes mecanismos de funcionamento, as caixas e válvulas de descarga requerem diferentes condições da instalação hidráulica. As caixas de descarga necessitam que a instalação hidráulica forneça apenas um ramal de alimentação para alimentar o reservatório, que será o responsável por efetuar a descarga. Como a vazão requerida para o enchimento do reservatório é muito baixa, o ramal de alimentação da caixa de descarga pode ser o mesmo usado para os outros aparelhos sanitários do banheiro, como as duchas de mão, chuveiro, pias e outros.

Já as válvulas de descarga dependem da pressão no sistema e da vazão no ramal que as alimenta para efetuar uma descarga corretamente, já que seu acionamento consiste em permitir a passagem da água no interior da canalização para a bacia sanitária. Seu funcionamento, em comparação com outros aparelhos sanitários, requer uma vazão e pressão relativamente elevada da tubulação, e, portanto, seu acionamento provoca uma variação brusca na pressão ao longo da tubulação conectada à válvula.

Essa variação interfere visivelmente no funcionamento de outros aparelhos sanitários, caso estes estejam ligados ao mesmo ramal de alimentação da válvula de descarga, podendo inclusive causar desgastes pelo golpe de aríete. Por esse motivo, é de boa prática que se tenha uma coluna de distribuição única e exclusiva para as válvulas de descarga da instalação (FUJIMOTO ET AL, 2002).

- Manutenção e durabilidade

A necessidade e a facilidade de manutenção, bem como a durabilidade do produto, podem representar um diferencial no custo a longo prazo do mecanismo de descarga. É ideal que o produto disponha de mecanismos que previnam o acesso indevido a seus componentes de funcionamento, para evitar que pessoas não preparadas ou mal intencionadas interfiram no correto funcionamento do aparelho. Também é importante que o sistema possua meios de prevenir atos de vandalismos, que podem causar danos estéticos ou mesmo ao funcionamento do aparelho (BARRETO, 2008).

- Estética, acessibilidade e dimensões

Ambas as soluções de descarga possuem partes que ficarão visíveis no ambiente do banheiro, e para certas aplicações a estética é um fator preponderante, algumas vezes acima até do fator custo, sendo importante a variedade de designs, cores e acabamentos.

A acessibilidade e a facilidade de uso para pessoas com algum tipo de restrição são importantes e exigida na ABNT NBR 9050:201. Não é recomendável que se tenha dispositivos de difícil acionamento, que requeiram muita força ou movimentos difíceis.

O fator dimensão do sistema exerce mais importância quando o banheiro projetado possui espaço restrito. Nesses casos, qualquer ganho de espaço significa maior ganho de conforto, e uma solução mais compacta, que ocupe menos espaço útil do usuário, leva vantagem nesse aspecto.

3.7 Chuveiro e torneira

Segundo estudo realizado por NASCIMENTO e SANTANA (2015) para caracterização dos usos finais do consumo de água em edificações do setor hoteleiro de Brasília, se identificou que o chuveiro foi o principal responsável por consumo de água, seguido pela descarga no aparelho sanitário e lavatório. O significativo consumo dos chuveiros se deve a sua alta vazão de água, que leva a hipótese de

que a aplicação de dispositivos economizadores de água nos chuveiros pode contribuir significativamente na redução do consumo de água.

No estudo de BARRETO e MEDEIROS (2008) sobre caracterização da vazão e frequência de uso de aparelhos sanitários, os resultados mostraram que o chuveiro apresentou vazão média de 0,0683 L/s e frequência diária de 6 usos; a torneira de cozinha, 0,0200 L/s e 80 usos, enquanto que a torneira de lavatório, 0,0233 L/s e 25 usos.

No cenário 2, focado no uso racional do recurso financeiro e ambiental, adota-se modelo de torneira e chuveiro com arejadores, que são dispositivos que misturam ar ao jato de água, diminuindo o fluxo e mantendo a mesma sensação de volume. Adicionalmente, estes aparelhos focam em direcionar melhor o fluxo de água e reduzir as perdas com respingos.

3.7.1 Parâmetros de desempenho

Os parâmetros de desempenho para torneira e chuveiro, estabelecidos pelo autor deste trabalho, são economia de água, redução de respingos, controle de vazão e pressão.

4 METODOLOGIA

A análise comparativa entre os dois projetos de dimensionamento hidráulico predial será feita com base em revisão bibliográfica, cálculos de dimensionamento, levantamento de preço e consumo de água.

Para a determinação de qual dos dois cenários é mais eficiente, tendo como critério de avaliação o custo final da instalação hidráulica e o consumo de água, foi tomado como modelo um edifício de 13 pavimentos, para o qual foi realizado o dimensionamento da instalação hidráulica utilizando os dois sistemas de descarga, válvula e caixa, e aparelhos sanitários convencionais e modernos, sendo que estes últimos têm foco na redução do consumo de água.

A planta do apartamento tipo de 146 m², na qual se pode observar a divisão dos cômodos e os aparelhos hidráulicos, se encontra no apêndice A.

Foi utilizado uma coluna para o aparelho sanitário com válvula e outra coluna para o restante dos aparelhos, enquanto no cenário com caixa demandou apenas uma coluna abastecendo todos os aparelhos.

O edifício utilizado como modelo é distribuído em subsolo, garagem, pavimento térreo e 10 pavimentos tipos. Cada pavimento tipo possuía quatro apartamentos, com três quartos, três banheiros, copa cozinha e área de serviço. Para o dimensionamento da instalação com válvulas de descarga, foi utilizado coluna de distribuição única para que não haja interferência com outros aparelhos, conforme sugerido por GHISI (2004) e BOHNENBERGER (2010).

Em seguida, obtendo-se a relação de materiais necessários para a realização da instalação, foi consultado preços praticados em materiais de construção de Belo Horizonte de forma a levantar o preço de cada componente. Ao final, uma planilha de custos, para cada sistema de descarga, foi obtida, de modo a possibilitar a comparação dos custos de cada sistema e o impacto dos mesmos no custo total da instalação hidráulica.

O procedimento de cálculo para o dimensionamento é apresentado abaixo:

- **Cálculo do consumo diário, com base na expressão:**

$$CD = (\text{Consumo per capita}) \times (\text{N}^\circ \text{ pavimentos}) \times \left(\frac{\text{N}^\circ \text{ pessoas}}{\text{Apartamento}} \right) \times \left(\frac{\text{N}^\circ \text{ apartamentos}}{\text{Pavimento}} \right) \quad (1)$$

Sendo, consumo per capita em $\left(\frac{L}{\text{dia} \times \text{pessoa}}\right)$.

Foi considerado consumo de 200 litros de água por habitante/dia, conforme sugerido por BAPTISTA (2010) e SABESP (2023).

- **Calculo dos volumes dos reservatórios superior e inferior:**

$$VS = \left(\frac{CD}{3}\right) (2)$$

$$VI = \left(\frac{2 \times CD}{3}\right) (3)$$

- **Diâmetros das tubulações de recalque e sucção:**

Calculados os volumes dos reservatórios foi definido o tempo de funcionamento da bomba e a partir deste período devem ser calculados os diâmetros das tubulações de recalque e sucção, estando as velocidades de escoamento dentro dos limites aceitáveis.

$$D_r = 1,3 \sqrt[4]{X} \sqrt{Q} (4)$$

Onde:

- $X = \frac{\text{Tempo de funcionamento da bomba, em horas}}{24 \text{ horas}}$
- Q: a vazão necessária para recalcar o volume igual a CD durante tempo de funcionamento da bomba, em $\left(\frac{m^3}{h}\right)$.

A vazão necessária para recalcar o volume igual a CD é dada por:

$$Q = \frac{CD}{T} (5)$$

Onde

- Q = vazão (L) e T = tempo de funcionamento da bomba (s).
- **Altura manométrica:**

A partir disso é determinada a altura manométrica, a qual o conjunto motobomba estará submetido, através da seguinte expressão:

$$H_m = (H_G) + (hp_s) + (hp_r) (6)$$

Onde, H_m é a altura manométrica, H_G é a altura geométrica, hp_s é a perda de carga na sucção. e hp_r é a perda de carga no recalque.

As perdas de carga são calculadas através da expressão de Flamant, que para tubulações de plástico que conduzam água fria se reduz a:

$$h_p = \frac{0,000824 \times Q^{1,75} \times L}{D^{4,76}} \quad (7)$$

onde L é a soma do comprimento da tubulação com o comprimento equivalente correspondente as peças especiais, em metros, Q é a vazão na tubulação, em $\left(\frac{m^3}{s}\right)$, e D é o diâmetro da tubulação, em metros.

- **Potência da bomba:**

Determinada a altura manométrica, é possível determinar a potência da bomba do conjunto moto-bomba:

$$Pot = \frac{\gamma \times Q \times H_m}{75 \times N} \quad (8)$$

Onde

- γ é o peso específico da água, em $\left(\frac{N}{m^3}\right)$
- Q é a vazão a ser recalçada, em $\left(\frac{m^3}{s}\right)$
- H_m é a altura manométrica, em metros
- N é o rendimento da bomba, em notação decimal.

A partir da altura manométrica e da potência da bomba é então selecionado o melhor conjunto moto-bomba para a estação elevatória.

- **Barrilete e colunas:**

Tendo em mãos o traçado do sistema de distribuição de água fria, apresentado no ANEXO A, é feito o dimensionamento do sistema de distribuição. Com isso serão determinados todos os diâmetros dos trechos do barrilete e das colunas de distribuição de água, com base na vazão necessária no trecho. A vazão de dimensionamento dos trechos é dada através da expressão:

$$Q = 0,3 \times (\sum p)^{1/2} \quad (9)$$

onde $\sum p$ é o somatório dos pesos correspondentes aos aparelhos ligados ao ramal. Os pesos de cada aparelho foram obtidos a partir da ABNT NBR 5626.

Com base na vazão, o diâmetro é determinado a partir de um valor de velocidade de escoamento adotado, que esteja entre os limites máximo e mínimo, conforme sugerido por BOHNENBERGER (2010). Este cálculo utiliza a seguinte equação:

$$d = \sqrt{\frac{Q \times 4}{\pi \times V \times 1000}} \quad (10)$$

Onde d = diâmetro interno do tubo (m), Q = vazão (L/s) e V = velocidade (m/s).

De forma a adequar as perdas de carga para cada sistema de descarga, adotou-se velocidades de escoamento diferentes para cada solução, conforme será apresentado na marcha de cálculo.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Dimensionamento da instalação de água fria

5.1.1 Relativo ao armazenamento

O consumo diário da edificação de 48 m³ foi calculado utilizando o quantitativo de consumo de água de 200 litros/habitante/dia e a equação (1), em seguida o volume do reservatório superior e inferior foi obtido com a equação (2) e (3), resultando nos volumes de 29m³ para o superior e 32m³ para o inferior. O diâmetro do ramal predial igual a 32mm foi obtido a partir da equação 9.

- Dimensionamento do sistema de bombeamento

O dimensionamento da canalização de recalque foi realizado com as equações (4) e (5), obtendo-se 50mm. O diâmetro da tubulação de sucção adotado foi uma bitola comercial acima da bitola usada no recalque, sendo igual a 60mm.

No dimensionamento da bomba, calculou-se a altura manométrica por meio da equação (6) a partir das perdas de carga encontradas com a equação (7) e, em seguida, a potência da bomba pela equação (8). A manométrica encontrada foi de 49,4m e potência da bomba de 4cv.

5.1.2 Dimensionamento do barrilete

Com base nas equações (7), (9) e (10) obteve-se os diâmetros dos barriletes, e os resultados são mostrados na Tabela 1 a seguir.

Tabela 1: Dimensionamento barrilete

Trecho	Aparelho sanitário	Pesos	Vazão estimada	Diâmetro	Comprimento da Tubulação			Perda de Carga		Pressão a jusante
					Real	Equivalente	Total	Unitária	Total	
			L/s	mm	m	m	m	m/m	mca	mca
D-Reservatório	Válvula de descarga	982,0	9,40	100	20,64	10,80	31,44	0,01	0,41	2,59
	Caixa de descarga	31,0	1,67	50	20,64	5,60	26,24	0,02	0,45	2,55
AF1-D	Válvula de descarga	11,0	0,99	32	3,20	2,30	5,50	0,06	0,32	2,27
	Caixa de descarga	11,0	0,99	38	3,20	2,80	6,00	0,03	0,15	2,41
C-D	Válvula de descarga	972,0	9,35	100	30,40	15,20	45,60	0,01	0,59	1,99
	Caixa de descarga	21,0	1,37	50	30,40	7,80	38,20	0,01	0,47	2,10
AF2-C	Válvula de descarga	324,0	5,40	75	3,20	5,20	8,40	0,02	0,16	1,83
	Caixa de descarga	7,0	0,79	32	3,20	1,70	4,90	0,04	0,19	1,91
B-C	Válvula de descarga	648,0	7,64	100	4,50	2,10	6,60	0,01	0,06	1,93
	Caixa de descarga	14,0	1,12	38	4,50	0,90	5,40	0,03	0,17	1,93
AF3-B	Válvula de descarga	324,0	5,40	75	3,20	5,20	8,40	0,02	0,16	1,77
	Caixa de descarga	7,0	0,79	32	3,20	1,70	4,90	0,04	0,19	1,74
A-B	Válvula de descarga	324,0	5,40	75	3,20	8,00	11,20	0,02	0,22	1,71
	Caixa de descarga	7,0	0,79	32	3,20	1,70	4,90	0,04	0,19	1,74
AF4-A	Válvula de descarga	324,0	5,40	75	5,60	4,00	9,60	0,02	0,19	1,74
	Caixa de descarga	7,0	0,79	32	5,60	3,40	9,00	0,04	0,35	1,58

5.1.3 Dimensionamento das colunas

5.1.3.1 Instalação com caixa de descarga

A coluna AF1 atende a pia da cozinha, máquina de lavar roupa e torneira do tanque. Seu dimensionamento é apresentado na Tabela 2.

Tabela 2: Dimensionamento coluna AF1

Coluna	Pavimento	Pesos acumulados	Vazão estimada	Diâmetro	Pressão Disponível	Diferença de cota	Comprimento da Tubulação			Perda de Carga		Pressão a jusante
							Real	Equivalente	Total	Unitária	Total	
							L/s	mm	mca	m	m	
AF1	10°	10,0	0,95	38	3,00	3,05	23,80	8,40	32,20	0,02	0,76	5,29
	9°	9,0	0,90	38	5,29	3,00	3,00	7,30	10,30	0,02	0,22	8,07
	8°	8,0	0,85	38	8,07	3,00	3,00	7,30	10,30	0,02	0,20	10,87
	7°	7,0	0,79	32	10,87	3,00	3,00	4,60	7,60	0,04	0,30	13,57
	6°	6,0	0,73	32	13,57	3,00	3,00	4,60	7,60	0,03	0,26	16,32
	5°	5,0	0,67	32	16,32	3,00	3,00	4,60	7,60	0,03	0,22	19,10
	4°	4,0	0,60	32	19,10	3,00	3,00	4,60	7,60	0,02	0,18	21,91
	3°	3,0	0,52	32	21,91	3,00	3,00	4,60	7,60	0,02	0,14	24,77
	2°	2,0	0,42	25	24,77	3,00	3,00	3,10	6,10	0,04	0,26	27,52
1°	1,0	0,30	20	27,52	3,00	3,00	2,40	5,40	0,07	0,36	30,16	

A coluna AF2 atende ao chuveiro, lavatório e vaso sanitário com caixa de descarga. Seu dimensionamento é exposto na Tabela 3.

Tabela 3: Dimensionamento coluna AF2

Coluna	Pavimento	Pesos acumulados	Vazão estimada	Diâmetro	Pressão Disponível	Diferença de cota	Comprimento da Tubulação			Perda de Carga		Pressão a jusante
							Real	Equivalente	Total	Unitária	Total	
							L/s	mm	mca	m	m	
AF2	10°	7,0	0,79	32	3,00	3,05	54,20	15,10	69,30	0,04	2,70	3,35
	9°	6,3	0,75	32	3,35	3,00	3,00	4,60	7,60	0,04	0,27	6,08
	8°	5,6	0,71	32	6,08	3,00	3,00	4,60	7,60	0,03	0,24	8,83
	7°	4,9	0,66	32	8,83	3,00	3,00	4,60	7,60	0,03	0,22	11,62
	6°	4,2	0,61	32	11,62	3,00	3,00	4,60	7,60	0,02	0,19	14,43
	5°	3,5	0,56	32	14,43	3,00	3,00	4,60	7,60	0,02	0,16	17,27
	4°	2,8	0,50	32	17,27	3,00	3,00	4,60	7,60	0,02	0,13	20,13
	3°	2,1	0,43	25	20,13	3,00	3,00	3,10	6,10	0,04	0,27	22,87
	2°	1,4	0,35	25	22,87	3,00	3,00	3,10	6,10	0,03	0,19	25,68
1°	0,7	0,25	20	25,68	3,00	3,00	2,40	5,40	0,05	0,26	28,42	

A coluna AF3 atende ao chuveiro, lavatório e vaso sanitário com caixa de descarga. Seu dimensionamento é apresentado na Tabela 4.

Tabela 4: Dimensionamento coluna AF3

Coluna	Pavimento	Pesos acumulados	Vazão estimada	Diâmetro	Pressão Disponível	Diferença de cota	Comprimento da Tubulação			Perda de Carga		Pressão a jusante
							Real	Equivalente	Total	Unitária	Total	
			L/s	mm	mca	m	m	m	m	m/m	mca	mca
AF3	10°	7,0	0,79	32	3,00	3,05	58,70	16,00	74,70	0,04	2,91	3,14
	9°	6,3	0,75	32	3,14	3,00	3,00	4,60	7,60	0,04	0,27	5,87
	8°	5,6	0,71	32	5,87	3,00	3,00	4,60	7,60	0,03	0,24	8,62
	7°	4,9	0,66	32	8,62	3,00	3,00	4,60	7,60	0,03	0,22	11,41
	6°	4,2	0,61	32	11,41	3,00	3,00	4,60	7,60	0,02	0,19	14,22
	5°	3,5	0,56	32	14,22	3,00	3,00	4,60	7,60	0,02	0,16	17,06
	4°	2,8	0,50	32	17,06	3,00	3,00	4,60	7,60	0,02	0,13	19,92
	3°	2,1	0,43	25	19,92	3,00	3,00	3,10	6,10	0,04	0,27	22,66
	2°	1,4	0,35	25	22,66	3,00	3,00	3,10	6,10	0,03	0,19	25,47
1°	0,7	0,25	20	25,47	3,00	3,00	2,40	5,40	0,05	0,26	28,21	

A coluna AF4 atende ao chuveiro, lavatório e vaso sanitário com caixa de descarga. Seu dimensionamento é mostrado na Tabela 5.

Tabela 5: Dimensionamento coluna AF4

Coluna	Pavimento	Pesos acumulados	Vazão estimada	Diâmetro	Pressão Disponível	Diferença de cota	Comprimento da Tubulação			Perda de Carga		Pressão a jusante
							Real	Equivalente	Total	Unitária	Total	
			L/s	mm	mca	m	m	m	m	m/m	mca	mca
AF4	10°	7,0	0,79	32	3,00	3,05	64,30	19,40	83,70	0,04	3,26	2,79
	9°	6,3	0,75	32	2,79	3,00	3,00	4,60	7,60	0,04	0,27	5,52
	8°	5,6	0,71	32	5,52	3,00	3,00	4,60	7,60	0,03	0,24	8,27
	7°	4,9	0,66	32	8,27	3,00	3,00	4,60	7,60	0,03	0,22	11,06
	6°	4,2	0,61	32	11,06	3,00	3,00	4,60	7,60	0,02	0,19	13,87
	5°	3,5	0,56	32	13,87	3,00	3,00	4,60	7,60	0,02	0,16	16,71
	4°	2,8	0,50	32	16,71	3,00	3,00	4,60	7,60	0,02	0,13	19,57
	3°	2,1	0,43	25	19,57	3,00	3,00	3,10	6,10	0,04	0,27	22,30
	2°	1,4	0,35	25	22,30	3,00	3,00	3,10	6,10	0,03	0,19	25,12
1°	0,7	0,25	20	25,12	3,00	3,00	2,40	5,40	0,05	0,26	27,85	

5.1.3.2 Instalação com válvula de descarga

A coluna AF1 atende a pia da cozinha, máquina de lavar roupa e torneira do tanque. A Tabela 6 expõe o dimensionamento da coluna AF1.

Tabela 6: Dimensionamento coluna AF1

Coluna	Pavimento	Pesos acumulados	Vazão estimada	Diâmetro	Pressão Disponível	Diferença de cota	Comprimento da Tubulação			Perda de Carga		Pressão a jusante			
			L/s				mm	mca	m	Real	Equivalente		Total	Unitária	Total
									m	m	m		m/m	mca	mca
AF1	10°	10,0	0,95	32	3,00	3,05	23,80	13,10	36,90	0,05	1,97	4,08			
	9°	9,0	0,90	32	4,08	3,00	3,00	4,60	7,60	0,05	0,37	6,72			
	8°	8,0	0,85	32	6,72	3,00	3,00	4,60	7,60	0,04	0,33	9,38			
	7°	7,0	0,79	32	9,38	3,00	3,00	4,60	7,60	0,04	0,30	12,09			
	6°	6,0	0,73	25	12,09	3,00	3,00	3,10	6,10	0,11	0,67	14,41			
	5°	5,0	0,67	25	14,41	3,00	3,00	3,10	6,10	0,09	0,57	16,84			
	4°	4,0	0,60	25	16,84	3,00	3,00	3,10	6,10	0,08	0,47	19,37			
	3°	3,0	0,52	25	19,37	3,00	3,00	3,10	6,10	0,06	0,37	22,01			
	2°	2,0	0,42	20	22,01	3,00	3,00	2,40	5,40	0,12	0,66	24,35			
1°	1,0	0,30	20	24,35	3,00	3,00	2,40	5,40	0,07	0,36	26,99				

A coluna AF2, para o dimensionamento no cenário 1 com válvula de descarga, será dividida em AF2A e AF2B, sendo que o final 'A' atende somente o vaso sanitário com válvula de descarga, enquanto a coluna de final 'B' atende o lavatório e chuveiro. O resultado do dimensionamento é apresentado na Tabela 7 e Tabela 8.

Tabela 7: Dimensionamento coluna AF2A

Coluna	Pavimento	Pesos acumulados	Vazão estimada	Diâmetro	Pressão Disponível	Diferença de cota	Comprimento da Tubulação			Perda de Carga		Pressão a jusante		
			L/s				mm	mca	m	m	m		Unitária	Total
									m	m	m		m/m	mca
AF2A	10°	320,0	5,37	75	3,00	3,05	54,20	31,20	85,40	0,02	1,65	4,40		
	9°	288,0	5,09	75	4,40	3,00	3,00	8,00	11,00	0,02	0,19	7,20		
	8°	256,0	4,80	75	7,20	3,00	3,00	8,00	11,00	0,02	0,17	10,03		
	7°	224,0	4,49	60	10,03	3,00	3,00	7,80	10,80	0,04	0,44	12,59		
	6°	192,0	4,16	60	12,59	3,00	3,00	7,80	10,80	0,04	0,39	15,20		
	5°	160,0	3,79	60	15,20	3,00	3,00	7,80	10,80	0,03	0,33	17,87		
	4°	128,0	3,39	60	17,87	3,00	3,00	7,80	10,80	0,03	0,27	20,60		
	3°	96,0	2,94	50	20,60	3,00	3,00	7,60	10,60	0,05	0,49	23,11		
	2°	64,0	2,40	50	23,11	3,00	3,00	7,60	10,60	0,03	0,34	25,77		
1°	32,0	1,70	38	25,77	3,00	3,00	7,30	10,30	0,07	0,67	28,10			

Tabela 8: Dimensionamento coluna AF2B

Coluna	Pavimento	Pesos acumulados	Vazão estimada	Diâmetro	Pressão Disponível	Diferença de cota	Comprimento da Tubulação			Perda de Carga		Pressão a jusante		
			L/s				mm	mca	m	m	m		Unitária	Total
									m	m	m		m/m	mca
AF2B	10°	4,0	0,60	32	3,00	3,05	54,20	31,20	85,40	0,02	2,04	4,01		
	9°	3,6	0,57	25	4,01	3,00	3,00	3,10	6,10	0,07	0,43	6,58		
	8°	3,2	0,54	20	6,58	3,00	3,00	2,40	5,40	0,18	0,99	8,59		
	7°	2,8	0,50	20	8,59	3,00	3,00	2,40	5,40	0,16	0,88	10,71		
	6°	2,4	0,46	20	10,71	3,00	3,00	2,40	5,40	0,14	0,77	12,94		
	5°	2,0	0,42	20	12,94	3,00	3,00	2,40	5,40	0,12	0,66	15,29		
	4°	1,6	0,38	20	15,29	3,00	3,00	2,40	5,40	0,10	0,54	17,75		
	3°	1,2	0,33	20	17,75	3,00	3,00	2,40	5,40	0,08	0,42	20,33		
	2°	0,8	0,27	20	20,33	3,00	3,00	2,40	5,40	0,05	0,29	23,03		
1°	0,4	0,19	20	23,03	3,00	3,00	2,40	5,40	0,03	0,16	25,87			

A coluna AF3, para o dimensionamento no cenário 1 com válvula de descarga, será dividida em AF3A e AF3B, sendo que o final 'A' atende somente o vaso sanitário com válvula de descarga, enquanto a coluna de final 'B' atende o lavatório e chuveiro. O resultado do dimensionamento é mostrado na Tabela 9 e Tabela 10.

Tabela 9: Dimensionamento coluna AF3A

Coluna	Pavimento	Pesos acumulados	Vazão estimada	Diâmetro	Pressão Disponível	Diferença de cota	Comprimento da Tubulação			Perda de Carga		Pressão a jusante		
			L/s				mm	mca	m	m	m		Unitária	Total
									m	m	m		m/m	mca
AF3A	10°	320,0	5,37	75	3,00	3,05	58,70	33,30	92,00	0,02	1,78	4,27		
	9°	288,0	5,09	75	4,27	3,00	3,00	8,00	11,00	0,02	0,19	7,08		
	8°	256,0	4,80	75	7,08	3,00	3,00	8,00	11,00	0,02	0,17	9,90		
	7°	224,0	4,49	60	9,90	3,00	3,00	7,80	10,80	0,04	0,44	12,46		
	6°	192,0	4,16	60	12,46	3,00	3,00	7,80	10,80	0,04	0,39	15,08		
	5°	160,0	3,79	60	15,08	3,00	3,00	7,80	10,80	0,03	0,33	17,75		
	4°	128,0	3,39	60	17,75	3,00	3,00	7,80	10,80	0,03	0,27	20,48		
	3°	96,0	2,94	50	20,48	3,00	3,00	7,60	10,60	0,05	0,49	22,99		
	2°	64,0	2,40	50	22,99	3,00	3,00	7,60	10,60	0,03	0,34	25,64		
1°	32,0	1,70	38	25,64	3,00	3,00	7,30	10,30	0,07	0,67	27,97			

Tabela 10: Dimensionamento coluna AF3B

Coluna	Pavimento	Pesos acumulados	Vazão estimada	Diâmetro	Pressão Disponível	Diferença de cota	Comprimento da Tubulação			Perda de Carga		Pressão a jusante		
			L/s				mm	mca	m	m	m		Unitária	Total
									m	m	m		m/m	mca
AF3B	10°	4,0	0,60	32	3,00	3,05	58,70	33,30	92,00	0,02	2,20	3,85		
	9°	3,6	0,57	25	3,85	3,00	3,00	3,10	6,10	0,07	0,43	6,42		
	8°	3,2	0,54	20	6,42	3,00	3,00	2,40	5,40	0,18	0,99	8,43		
	7°	2,8	0,50	20	8,43	3,00	3,00	2,40	5,40	0,16	0,88	10,55		
	6°	2,4	0,46	20	10,55	3,00	3,00	2,40	5,40	0,14	0,77	12,78		
	5°	2,0	0,42	20	12,78	3,00	3,00	2,40	5,40	0,12	0,66	15,13		
	4°	1,6	0,38	20	15,13	3,00	3,00	2,40	5,40	0,10	0,54	17,59		
	3°	1,2	0,33	20	17,59	3,00	3,00	2,40	5,40	0,08	0,42	20,17		
	2°	0,8	0,27	20	20,17	3,00	3,00	2,40	5,40	0,05	0,29	22,87		
1°	0,4	0,19	20	22,87	3,00	3,00	2,40	5,40	0,03	0,16	25,71			

A coluna AF4, para o dimensionamento no cenário 1 com válvula de descarga, será dividida em AF4A e AF4B, sendo que o final 'A' atende somente o vaso sanitário com válvula de descarga, enquanto a coluna de final 'B' atende ao lavatório e chuveiro. O resultado do dimensionamento é exposto na Tabela 11 e Tabela 12.

Tabela 11: Dimensionamento coluna AF4A

Coluna	Pavimento	Pesos acumulados	Vazão estimada	Diâmetro	Pressão Disponível	Diferença de cota	Comprimento da Tubulação			Perda de Carga		Pressão a jusante			
			L/s				mm	mca	m	Real	Equivalente		Total	Unitária	Total
									m	m	m		m	m/m	mca
AF4A	10°	320,0	5,37	75	3,00	3,05	64,30	40,10	104,40	0,02	2,02	4,03			
	9°	288,0	5,09	75	4,03	3,00	3,00	8,00	11,00	0,02	0,19	6,84			
	8°	256,0	4,80	75	6,84	3,00	3,00	8,00	11,00	0,02	0,17	9,66			
	7°	224,0	4,49	60	9,66	3,00	3,00	7,80	10,80	0,04	0,44	12,22			
	6°	192,0	4,16	60	12,22	3,00	3,00	7,80	10,80	0,04	0,39	14,84			
	5°	160,0	3,79	60	14,84	3,00	3,00	7,80	10,80	0,03	0,33	17,51			
	4°	128,0	3,39	60	17,51	3,00	3,00	7,80	10,80	0,03	0,27	20,24			
	3°	96,0	2,94	50	20,24	3,00	3,00	7,60	10,60	0,05	0,49	22,75			
	2°	64,0	2,40	50	22,75	3,00	3,00	7,60	10,60	0,03	0,34	25,40			
1°	32,0	1,70	38	25,40	3,00	3,00	7,30	10,30	0,07	0,67	27,73				

Tabela 12: Dimensionamento coluna AF4B

Coluna	Pavimento	Pesos acumulados	Vazão estimada	Diâmetro	Pressão Disponível	Diferença de cota	Comprimento da Tubulação			Perda de Carga		Pressão a jusante			
			L/s				mm	mca	m	Real	Equivalente		Total	Unitária	Total
									m	m	m		m	m/m	mca
AF4B	10°	4,0	0,60	32	3,00	3,05	64,30	40,10	104,40	0,02	2,49	3,56			
	9°	3,6	0,57	25	3,56	3,00	3,00	3,10	6,10	0,07	0,43	6,13			
	8°	3,2	0,54	20	6,13	3,00	3,00	2,40	5,40	0,18	0,99	8,14			
	7°	2,8	0,50	20	8,14	3,00	3,00	2,40	5,40	0,16	0,88	10,26			
	6°	2,4	0,46	20	10,26	3,00	3,00	2,40	5,40	0,14	0,77	12,49			
	5°	2,0	0,42	20	12,49	3,00	3,00	2,40	5,40	0,12	0,66	14,83			
	4°	1,6	0,38	20	14,83	3,00	3,00	2,40	5,40	0,10	0,54	17,29			
	3°	1,2	0,33	20	17,29	3,00	3,00	2,40	5,40	0,08	0,42	19,87			
	2°	0,8	0,27	20	19,87	3,00	3,00	2,40	5,40	0,05	0,29	22,58			
	1°	0,4	0,19	20	22,58	3,00	3,00	2,40	5,40	0,03	0,16	25,42			

5.1.4 Relativo à distribuição

5.1.4.1 Instalação com caixa de descarga

Ramais e Sub-ramais da coluna AF1 contém pia de cozinha, torneira de tanque e máquina de lavar roupa. A verificação da pressão nos pontos de utilização no décimo andar mostra adequação a exigência de pressão mínima estabelecida em norma, conforme exposto na Tabela 13.

Tabela 13: Verificação da pressão nos aparelhos da coluna AF1

Coluna	Aparelho	Vazão	Diâmetro	Pressão Disponível	Comprimento da Tubulação			Perda de Carga		Pressão a jusante
					Real	Equivalente	Total	Unitária	Total	
		L/s	mm	mca	m	m	m	m/m	mca	mca
AF1	Pia de cozinha	0,25	20	4,08	1,20	5,00	6,20	0,05	0,30	3,78
	Torneira de tanque	0,30	20	4,08	4,05	6,40	10,45	0,07	0,69	3,39
	Tomada máquina de lavar	0,30	20	4,08	6,05	7,60	13,65	0,07	0,90	3,18

Ramais e Sub-ramais da coluna AF2/AF3/AF4 atendem ao chuveiro, lavatório e vaso sanitário. A verificação da pressão nos pontos de utilização no décimo andar utilizou a pressão disponível na coluna AF4 (menor valor entre as 3 colunas) e se mostrou adequada frente a exigência de pressão mínima estabelecida em norma, conforme exposto na Tabela 14.

Tabela 14: Verificação da pressão nos aparelhos das colunas AF2, AF3 e AF4

Coluna	Aparelho	Vazão	Diâmetro	Pressão Disponível	Comprimento da Tubulação			Perda de Carga		Pressão a jusante
					Real	Equivalente	Total	Unitária	Total	
		L/s	mm	mca	m	m	m	m/m	mca	mca
AF2/AF3/AF4	Lavatório	0,15	15	2,79	1,20	3,20	4,40	0,08	0,34	2,45
	Vaso sanitário	0,15	20	2,79	2,60	5,40	8,00	0,02	0,16	2,63
	Chuveiro	0,10	20	2,79	5,45	6,60	12,05	0,01	0,12	2,67

Na coluna AF1, o diâmetro de 20mm dos ramais e sub-ramais atendem ao requisito de dimensionamento.

Em todos os pavimentos, os ramais e sub-ramais que pertencem a coluna AF2, AF3 e AF4 deverão ter $d = 20\text{mm}$ para chuveiro e vaso sanitário com caixa de descarga e $d = 15\text{mm}$ para lavatório.

5.1.4.2 Instalação com válvula de descarga

No cenário 1 de dimensionamento com válvula de descarga, utilizou-se uma coluna para atender exclusivamente ao vaso sanitário e outra coluna para atender o lavatório e chuveiro, acarretando maiores pressões disponíveis nos aparelhos. Dessa forma, será adotado o mesmo diâmetro dos ramais e sub-ramais do tópico anterior, que atendem a pressão mínima nos pontos de utilização.

5.2 Estimativa de economia no consumo de água

A metodologia adotada para estimar a economia no consumo de água dentro do cenário de racionalização de recursos (dimensionamento utilizando vaso sanitário com caixa de descarga) é a exposta no estudo conduzido por COELHO (2021).

De acordo com o estudo supracitado, os consumos de água em cada aparelho são os seguintes:

Vaso sanitário = 0,16* MC

Chuveiro = 0,43*MC

Lavatório = 0,08*MC

Pia de cozinha = 0,16*MC

Tanque = 0,07*MC

MC é a média de consumo mensal, que neste estudo é de 1440 m³. Este volume advém das considerações feitas para o dimensionamento das instalações de água fria.

A redução média por aparelho sanitário será calculada com base nos valores expostos na Tabela 15 .

Tabela 15 : Redução média do consumo por aparelho sanitário

Equipamento Convencional	Consumo médio	Equipamento de baixo consumo	Consumo médio	Redução média
Bacia com válvula bem regulada	10 litros/descarga	Bacia VDR (caixa acoplada)	6 litros/descarga	40%
Ducha (água quente/fria)	0,34 litros/segundo	Ducha com Regulador de vazão	0,10 litros/segundo	71%
Torneira de pia ou lavatório	0,42 litros/segundo	Torneira de Pia com Regulador de vazão	0,07 litros/segundo	83%
Torneira de uso geral/tanque	0,42 litros/segundo	Torneira geral com Regulador de vazão	0,21 litros/segundo	50%

Fonte: COELHO (2021)

Aplicando a redução no consumo de água obtida com utilização de equipamentos de maior eficiência, obtém-se a redução no consumo mensal mostrado na Tabela 16.

Tabela 16 : Redução no consumo de água utilizando equipamentos poupadores

Equipamento	Consumo de água (m ³)	Redução no consumo (m ³)
Vaso sanitário	230	92
Chuveiro	619	440
Lavatório	115	96
Pia de cozinha	230	191
Tanque	101	50
Total	1296	869

O volume de 869m³ de água representa cerca de 67% de redução do consumo mensal quando se utiliza aparelhos convencionais, justificando a implantação de equipamentos que visam o uso racional da água.

Observa-se que este alto percentual de redução no consumo de água foi calculado com base na redução da vazão de água oriunda dos aparelhos, tendo como pressuposto que o tempo de utilização do equipamento se mantém o mesmo. Em situações do dia a dia, caso esta redução da vazão de água que sai do equipamento seja muito alta, o usuário pode sentir necessidade de manter o equipamento funcionando por mais tempo e, conseqüentemente, aumentar o consumo de água e reduzir o percentual de economia.

Com relação aos parâmetros de desempenho apresentados, são estabelecidas as seguintes comparações:

- Consumo de água

As caixas de descarga apresentam o consumo mais racional (OLIVEIRA,2002), já que em cada acionamento será liberado exatamente o volume necessário para a limpeza desejada da bacia. As válvulas de descarga, em geral, não apresentam um volume fixo de descarga por acionamento, liberando um volume proporcional ao tempo de acionamento do botão de descarga, que pode chegar a valores exagerados a depender do comportamento do usuário.

Uma comparação entre o consumo dos dois sistemas pode ser feita considerando a vazão mínima exigida por norma para a válvula de descarga, com valor de 1,5 l/s. A cada acionamento, atualmente, a caixa de descarga libera um volume de 6 litros, necessário para limpeza total das bacias convencionais. Caso uma válvula de descarga, com vazão de 1,5 l/s, seja acionada por mais de 4 segundos, sendo este um intervalo rápido de acionamento, a

válvula de descarga consumirá um volume maior por acionamento quando comparado com a caixa de descarga, conforme discutido por MICHELON (2003).

Quanto ao chuveiro e torneira, no cenário 2, onde estes aparelhos são dotados de arejador, cria-se um fluxo aerado que mantém a sensação de vazão mais forte, apesar de usar menos água. O fluxo aerado ajuda a reduzir salpicos e respingos, proporcionando uma experiência mais agradável durante o uso ao mesmo tempo que torna o fluxo mais eficiente e evita desperdícios.

Adicionalmente, o arejador ajuda a manter uma pressão constante, independentemente da pressão da água no sistema, proporcionando um fluxo mais uniforme. Pode ajudar também a reduzir a probabilidade de entupimentos e depósitos de minerais que podem ocorrer em chuveiros sem arejador.

- Propensão a vazamentos

Na pesquisa de OLIVEIRA (2002) evidenciou-se que as caixas de descarga apresentam maior suscetibilidade à ocorrência de vazamentos, sendo estes de maior magnitude que os ocorridos em válvulas de descarga.

Foi constatado no estudo que o índice médio de perdas de água em caixas de descarga é em torno de 30,7%, sendo que para válvulas de descarga esse valor é em torno de 10,9 %. Além disso, os consumos diários de caixas e válvulas, sob condições comuns de vazamento, apresentam valores próximos, com válvulas apresentando consumos aproximadamente 15% maiores. Sob condições sem vazamentos, o consumo das válvulas de descarga passa a ser 30% maior quando comparado com caixas de descarga, o que evidencia o impacto do vazamento especialmente sobre o sistema de caixas de descarga

Os vazamentos em sistemas de descarga são de difícil de detecção pelo usuário (AGUIAR et al, 2013) e podem ocorrer durante muito tempo sem que sejam identificados e reparados. Este tipo de vazamentos, conforme discutido anteriormente, implicam em gastos decorrentes do alto consumo de água e danos que podem ocorrer na parede.

Sendo assim, em relação à propensão de vazamentos, conclui-se que as válvulas de descarga apresentam melhor performance. Isso se deve ao mecanismo de funcionamento de cada sistema, uma vez que a válvula possui poucas partes móveis que possam apresentar algum problema. Já as caixas de descarga, além de apresentarem partes móveis muito

suscetíveis ao mal funcionamento como obturador e torneira de boia, requerem um nivelamento correto para que não haja constantes vazamentos pelo seu tubo extravasor e pelo obturador.

- Manutenção e durabilidade

Os aparelhos sanitários com caixa de descarga permitirão fácil acesso ao seu mecanismo interno, enquanto que naqueles com válvulas de descarga tem-se um sistema relativamente mais fechado.

O sistema com caixa de descarga permite ao usuário fácil acesso para manutenções e possibilita que reparos mais simples possam ser feitos pelo próprio usuário. Tal como mostrado na Figura 3, as peças componentes são simples e normalmente de preço acessível, o mecanismo é de fácil compreensão e possibilita consertos improvisados e com ferramentas simples e usuais.

Por possuírem um sistema fechado e de entendimento não tão simplificado, as válvulas de descarga geralmente requerem a presença de um profissional da área, que irá dispor tanto do conhecimento quanto de ferramentas necessárias para a manutenção. Apesar de isso diminuir a chance de reparos inapropriados, a manutenção se torna mais cara e demorada, já que o usuário não se sente capaz de efetuar pequenos reparos e fica inteiramente dependente do profissional da área. As peças componentes das válvulas de descarga são usualmente feitas de metal, o que garante maior durabilidade, embora isso faça com que se tornem mais caras.

Um aspecto importante para sistemas de descarga situados em locais públicos é a suscetibilidade a ações de vandalismo. Nesse quesito, quanto mais exposto o sistema, maior a vulnerabilidade a depredações, que podem ir de danos visuais, como pichações, à danos no sistema de funcionamento e roubo de componentes.

Estudos acerca de sistemas sanitários para locais públicos, tais como SILVA et al (2006) e SCHERER e AMORIM (2004), atentam para a suscetibilidade do sistema de caixas de descarga ao vandalismo, justamente por terem seu mecanismo de funcionamento expostos ao usuário. Caso estas soluções sejam empregadas em tais lugares, como escolas e shoppings, é recomendado que o acesso ao interior da caixa seja impedido, por meio do uso de travas ou chaves especiais (HAMZO, 2015).

As válvulas de descarga são menos suscetíveis a vandalismo, uma vez que seu sistema interno é fechado e requer ferramentas apropriadas para seu acesso. A única parte removível seria a canopla ou escudo, parte normalmente alvo de furtos em locais públicos.

Sendo assim, nota-se que os sistemas de descarga possuem características distintas a respeito de manutenção e reparo. Resumidamente, as caixas de descarga possuem manutenção mais barata, simples, mas com maior frequência de reparos, além de não serem indicadas para usos em ambientes públicos. Já as válvulas de descarga possuem manutenção mais cara, especializada, mas com reparos menos frequentes, além de se adequarem muito bem para usos públicos.

- Estética, acessibilidade e dimensões

O quesito estético, de grande relevância em aplicações de médio e alto padrão, pode muitas vezes ser mais importante para o usuário do que o preço do aparelho. Ambas as soluções de descarga sanitária apresentam opções esteticamente interessantes, com acabamentos em materiais mais finos, como inox. No entanto, pelo fato de a única peça com função estética da válvula de descarga ser a canopla ou escudo, é mais econômico investir em acabamentos de melhor qualidade se comparado às caixas de descarga.

As caixas de descarga acopladas, por serem embutidas às bacias sanitárias, apresentam empecilhos no momento da reposição da tampa da caixa de descarga. Como o conjunto caixa e bacia são pintados com o mesmo tom, torna-se difícil encontrar no mercado uma tampa avulsa que possua exatamente a mesma cor que a bacia, até mesmo por variações no processo de fabricação. Sendo assim, na situação de quebra da tampa, e devido ao fato de ser removível a probabilidade de quebra é grande, geralmente a caixa acoplada passa a ser composto por uma tampa de cor ligeiramente diferente do resto da caixa e bacia sanitária, o que é esteticamente desfavorável.

Em aspectos dimensionais, as caixas de descarga acopladas claramente ocupam um espaço maior que válvulas de descarga, ocupando cerca de 10 cm a 15 cm de espaço útil, necessários para a instalação da caixa na parte posterior da bacia sanitária. As caixas de descarga não acopladas não ocupam espaço útil do banheiro, já que se fixam à parede do banheiro imediatamente acima da bacia sanitária, em um espaço onde geralmente não existe

nenhum outro elemento. Já as válvulas ocupam apenas um pequeno espaço na parede para fixação da canopla ou escudo.

Aspectos de acessibilidade em sistemas de descarga sanitária levam em conta principalmente a dificuldade de acionamento que o sistema apresenta. A ABNT NBR 9050:2020 – Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos, normatiza questões relativas à acessibilidade, inclusive acerca de acionamentos de sistemas de descarga.

Segundo o item 7.7.3 - Acionamento da válvula de descarga, da NBR 9050, para atenderem à requisitos de acessibilidade as válvulas de descarga devem estar a uma altura máxima de 1,00 metro, e ser preferencialmente acionadas por sensores eletrônicos ou equivalente. A força máxima necessária para acionamento deve ser inferior a 23 N, equivalente a aproximadamente 2,3 kgf. Caso não seja possível utilizar válvula de descarga, sistema preferencial na NBR 9050, também se admite a utilização de caixas de descarga acoplada, que devem atender aos requisitos de alcance manual e de dispositivos de acionamento.

Tanto caixas de descarga quanto válvulas de descarga apresentam soluções para acessibilidade. Cabe ao usuário escolher, independentemente do tipo de sistema de descarga, o produto que possui características que atendam aos requisitos de força máxima para acionamento e alcance manual. Idealmente, sistemas de descarga eletrônicos seriam os mais adequados em termos de acessibilidade, já que poderiam possibilitar acionamento sem força alguma e com um alcance maior do que soluções mecânicas. Observa-se que a NBR 9050 não comenta sobre o uso de caixas de descarga não acopladas pelo fato do sistema de acionamento destas normalmente se localizar em uma elevada altura, próximo à caixa, o que a torna imprópria para situações de acessibilidade.

Sendo assim, conclui-se que em termos de estética, devido ao baixo custo para se obter acabamentos de alto padrão, e pelo fato de as caixas de descarga apresentarem dificuldades em relação à reposição de tampas, que podem não apresentar a mesma tonalidade que o conjunto original, a válvula de descarga pode ser considerada como solução mais recomendada. Analisando o aspecto dimensional, tendo em vista a economia de espaço útil representada pela válvula de descarga, as válvulas também são a opção mais recomendada. Já no critério acessibilidade, ambas soluções apresentam condições de satisfazerem os

requisitos, embora a NBR 9050 cite preferencialmente o uso de válvulas de descarga com acionamento eletrônico.

- Custo da instalação hidráulica

Para o dimensionamento realizado, a solução com caixa de descarga acoplada se mostrou mais vantajosa economicamente em relação à solução com válvula de descarga. O projeto para o cenário 1 (Tabela 17) ficou orçado em R\$ 20.669,64, enquanto no cenário 2 (Tabela 18) ficou em R\$ 13.656,86. Essa diferença se deve, principalmente, ao fato de a válvula de descarga necessitar de uma coluna de alimentação exclusiva para atendê-la, enquanto a caixa de descarga pode ser alimentada pela mesma coluna que abastece os demais aparelhos do banheiro. Além disso, mesmo utilizando duas colunas de alimentação, no cenário 1 os diâmetros necessários são maiores, em função do peso relativo do vaso sanitário com válvula de descarga, o que resulta também em um maior custo da instalação em relação ao sistema com caixa de descarga acoplada.

No cálculo financeiro da instalação hidráulica não foi considerado os valores dos aparelhos sanitários, uma vez que o foco foi mostrar o impacto monetário ocasionado unicamente pelo resultado do dimensionamento do cenário 1 e 2. O estudo conduzido por COELHO (2021) complementa a análise feita no presente trabalho em virtude de ter comparado exclusivamente os custos da utilização de vaso sanitário com válvula de descarga, torneiras e chuveiros comuns com os custos da utilização de vaso sanitário com caixa acoplada, torneira e chuveiro com arejador.

Tabela 17 : Planilha de custo do projeto com válvula de descarga

Material	Válvula de descarga			
	Diâmetro	Comprimento (m)	Custo	Preço(R\$)
Tubo PVC	100 (4")	64,00	R\$ 15,22	R\$ 974,08
	75 (3")	39,00	R\$ 16,07	R\$ 626,73
	50 (2")	76,00	R\$ 10,54	R\$ 801,04
	60 (2 1/2")	38,50	R\$ 26,00	R\$ 1.001,00
	38 (1 1/2")	59,00	R\$ 13,04	R\$ 769,36
	32 (1 1/4")	15,20	R\$ 9,00	R\$ 136,80
	25 (1")	57,00	R\$ 4,00	R\$ 228,00
	20 (3/4")	418,00	R\$ 6,00	R\$ 2.508,00
	15 (1/2")	104,00	R\$ 6,00	R\$ 624,00
Cotovelos 90° PVC	100 (4")	4,00	R\$ 6,90	R\$ 27,60
	75 (3")	3,00	R\$ 5,86	R\$ 17,58
	50 (2")	4,00	R\$ 3,90	R\$ 15,60
	60 (2 1/2")	6,00	R\$ 19,99	R\$ 119,94
	38 (1 1/2")	66,00	R\$ 5,90	R\$ 389,40
	20 (3/4")	231,00	R\$ 0,79	R\$ 182,49
	15 (1/2")	99,00	R\$ 0,89	R\$ 88,11
Tês	100 (4")	5,00	R\$ 11,75	R\$ 58,75
	75 (3")	11,00	R\$ 12,78	R\$ 140,58
	50 (2")	6,00	R\$ 6,90	R\$ 41,40
	60 (2 1/2")	27,00	R\$ 28,90	R\$ 780,30
	38 (1 1/2")	36,00	R\$ 4,99	R\$ 179,64
	32 (1 1/4")	4,00	R\$ 4,60	R\$ 18,40
	25 (1")	19,00	R\$ 1,13	R\$ 21,47
	20 (3/4")	92,00	R\$ 1,38	R\$ 126,96
	15 (1/2")	3,00	R\$ 1,38	R\$ 4,14
Registros gaveta	100 (4")	1,00	R\$ 468,00	R\$ 468,00
	60 (2 1/2")	2,00	R\$ 95,00	R\$ 190,00
	38 (1 1/2")	33,00	R\$ 112,99	R\$ 3.728,67
	20 (3/4")	44,00	R\$ 34,90	R\$ 1.535,60
Conjunto moto bomba	P= 4cv e hm = 46,232m	2,00	R\$ 2.433,00	R\$ 4.866,00
Total	R\$ 20.669,64			

Tabela 18 : Planilha de custo do projeto com caixa de descarga

Material	Caixa de descarga			
	Diâmetro	Comprimento (m)	Custo	Preço(R\$)
Tubo PVC	60 (2 1/2")	2,50	R\$ 26,00	R\$ 65,00
	50 (2")	153,44	R\$ 10,54	R\$ 1.617,26
	38 (1 1/2")	16,70	R\$ 13,04	R\$ 217,77
	32 (1 1/4")	78,00	R\$ 9,00	R\$ 702,00
	25 (1")	33,00	R\$ 4,00	R\$ 132,00
	20 (3/4")	388,00	R\$ 6,00	R\$ 2.328,00
	15 (1/2")	167,00	R\$ 6,00	R\$ 1.002,00
Cotovelos 90° PVC	60 (2 1/2")	4,00	R\$ 19,99	R\$ 79,96
	50 (2")	17,00	R\$ 3,90	R\$ 66,30
	38 (1 1/2")	4,00	R\$ 5,90	R\$ 23,60
	20 (3/4")	231,00	R\$ 0,79	R\$ 182,49
	15 (1/2")	132,00	R\$ 0,89	R\$ 117,48
Tês	60 (2 1/2")	2,00	R\$ 28,90	R\$ 57,80
	50 (2")	5,00	R\$ 6,90	R\$ 34,50
	38 (1 1/2")	1,00	R\$ 4,99	R\$ 4,99
	32 (1 1/4")	22,00	R\$ 4,60	R\$ 101,20
	25 (1")	11,00	R\$ 1,13	R\$ 12,43
	20 (3/4")	96,00	R\$ 1,38	R\$ 132,48
Registros gaveta	60 (2 1/2")	2,00	R\$ 95,00	R\$ 190,00
	50 (2")	1,00	R\$ 188,00	R\$ 188,00
	20 (3/4")	44,00	R\$ 34,90	R\$ 1.535,60
Conjunto moto bomba	P= 4cv hm = 46,232m	2,00	R\$ 2.433,00	R\$ 4.866,00
Total	R\$ 13.656,86			

6 CONCLUSÃO

Este estudo atendeu o objetivo proposto de comparar dois cenários de dimensionamento das instalações prediais de água fria, quantificar o impacto da substituição de equipamentos hidrossanitários convencionais por equipamentos hidrossanitários economizadores de água e avaliar o uso de sanitários com válvula e caixa de descarga.

O cenário 1 contou com a utilização de vaso sanitário com válvula de descarga, torneira e chuveiro convencionais, no cenário 2 utilizou-se vaso sanitário com caixa de descarga, chuveiro e torneira com tecnologia para economia de água. Em função de se ter uma coluna abastecendo exclusivamente o vaso sanitário com válvula de descarga e outra coluna para o restante dos aparelhos sanitários, somado ao maior diâmetro da tubulação, o cenário 1 apresentou custo de instalação mais elevado. Este cenário também apresentou maior consumo de água, uma vez que os aparelhos convencionais não priorizam a redução no consumo do recurso hídrico. O cenário 1 se mostrou mais eficiente com relação aos parâmetros propensão à vazamentos, estética, acessibilidade e dimensão. Quanto a manutenção e durabilidade, dentro dos dois cenários há aspectos positivos e características que devem ser observadas na implantação do sistema.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, S. R. D., OLIVEIRA, M. A., CABRAL, d. S. P., “Redução de perdas em residências com uso de uma caixa de descarga econômica e sem risco de vazamento,” yn XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Bento Gonçalves/RS, 2013.

BAPTISTA, M. B. Fundamentos de engenharia hidráulica. 3. Ed. UFMG, 2010.

BARBERÁN, R.; EGEA, P.; GRACIA-DE-RENTERÍA, P.; SALVADOR, M. (2013) Evaluation of water saving measures in hotels: a Spanish case study. *International Journal of Hospitality Management*, v. 34, n. 1, p. 181-191.

BARRETO, D., MEDEIROS, O. Caracterização da vazão e frequência de uso de aparelhos sanitários , *Ambiente Construído*: v. 8 n. 4 (2008)

BATES, B., KUNDZEWICZ, Z.W., 2008. Climate change and water. IPCC Technical Paper. 6. Brown, A., Matlock, M.D., 2011. A review of water scarcity indices and methodologies. Technical Report. University of Arkansas.

BOHNENBERGER, J. C. Instalações Hidráulicas e Sanitárias. Universidade Federal de Viçosa, 2010.

BUTLER, D.; MEMON, F. (2006). Water demand management. London, UK: IWA Publishing.

COELHO, T. F. G . Comparação do consumo e custo de uma instalação hidrossanitária de água fria utilizando três cenários distintos [manuscrito]: estudo de caso em uma residência unifamiliar. / Tiago Fernandes Gomes Coelho. - 2021.

CUREAU, R. J.; KALBUSCH, A.; HENNING, E. Análise comparativa entre torneira convencional e torneira de funcionamento hidromecânico instaladas em um campus universitário. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 19, n. 2, p. 157-170, abr./jun. 2019.

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.

DEBOITA, M., BACK, N. “Consumo de água em bacias sanitárias com a utilização de descarga de duplo acionamento: estudo de viabilidade econômica,” Trabalho de Conclusão de Curso - TCC, Universidade do Extremo Sul Catarinense, 2015.

FRANCO JUNIOR, R. S. *Água: economia e uso eficiente no meio urbano*. 2007. Dissertação (Mestrado em Tecnologia da Arquitetura) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo: São Paulo, 2007.

FUJIMOTO, R. K., Nunes, S., ILHA, M. S. “Análise dos testes de detecção de vazamentos em bacias sanitárias,” yn IX Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Foz do Iguaçu - Paraná - Brasil, 2002.

GHISI, E. *Instalações Prediais de Água Fria*, Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2004.

GONÇALVES, O.; GUIMARÃES, M.C.; HACHICH, V.F. (2013) *Evolução das bacias sanitárias no Brasil*. *Hydro*, ano VII, n. 79, Editora Aranda

HAMZO, S. T. “Avaliação da economia de água obtida pelo uso de dispositivo seletivo de descarga em bacias sanitárias com caixa acoplada,” Dissertação de Mestrado, IPT - Instituto de Pesquisa Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2015.

HESPANHOL, I. (2008). Um novo paradigma para a gestão de recursos hídricos. *Estudos Avançados* 22 (63), p. 131-158.

INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, “Programa de Análise de Produtos Sistemas de descarga - Relatório final,” INMETRO, 2014.

JRRIO, “Caixa de Descarga Externa | Instalação,” [Ar lein]. Disponível em: <http://www.jrrio.com.br/construcao/instalacoes/caixa-descarga-externa.html>. Acesso em: 01. Ago. 2023.

LOMBARDI, L. R. (2012). Dispositivos poupadores de água em um sistema predial: análise da viabilidade técnico-econômica de implementação no instituto de pesquisas hidráulicas. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

MACINTYRE, Archibald Joseph. Manual de Instalações Hidráulicas e Sanitárias. [Digite o Local da Editora]: Grupo GEN, 2020. 9788521637370. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788521637370/>. Acesso em: 25 jun. 2023.

MAY, S. Caracterização, tratamento e reuso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais em edificações. USP. São Paulo, p. 223. 2009.

MICHELON, P. “VÁLVULAS x CAIXAS DE DESCARGA ACOPLADA. QUANDO DEVO UTILIZAR?,” 23 Abril 2003. Disponível em: http://www.producto.com.br/wp-content/uploads/2011/09/Valvula_x_Cx_Acoplada.pdf. Acesso em 12 jul. 2023.

MURRAY, S.J., Foster, P.N., PRENTICE, I.C., 2012. Future global water resources with respect to climate change and water withdrawals as estimated by a dynamic global vegetation model. *J. Hydrol.* 448–449, 14–29.

MANUAL TÉCNICO TIGRE, 2013, Orientações técnicas sobre instalações hidráulicas prediais. 5ª edição, Joinville, SC.

NASCIMENTO, E. A. A.; SANTANA, D. Caracterização dos usos-finais do consumo de água em edificações do Setor Hoteleiro de Brasília. *Revista de Arquitetura IMED, Passo Fundo*, v. 3, n. 2, p. 156-167, fev. 2015. DOI: <https://doi.org/10.18256/2318-1109/arqimed.v3n2p156-167>. Disponível em: <https://seer.imed.edu.br/index.php/arqimed/article/view/733>. Acesso em: 26 abr. 2021.

NBR 15491:2010 - Caixa de descarga para limpeza de bacias sanitárias - Requisitos e métodos de ensaio,” ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, 2010.

NBR 5626 - Instalação predial de água fria - ABNT, Rio de Janeiro, 2020.

NBR 9050:2020 - Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos - ABNT, Rio de Janeiro, 2020.

NETTO, J. M. A. Manual de hidráulica. 9. Ed. Edgard Blücher Ltda, 2015.

OLIVEIRA,L.H. d. “As bacias sanitárias e as perdas de água nos edifícios,” *Ambiente Construído*, cyfrol 2, rhif out/dez 2002, pp. 39-45, 2002.

VELAZQUEZ, L.; MUNGUÍA, N.; OJEDA, M. (2013) Optimizing water use in the University of Sonora, Mexico. *Journal of Cleaner Production*, v. 46, p. 83-88.

REZENDE, O. M. (2019) Redutores de vazão proporcionam economia de água. Disponível em: https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/redutores-de-vazao- proporcionam-economia-de-agua_14778_10_0. Acesso em: 11 jul. 2023.

SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. Disponível em: <https://www.sabesp.com.br/site/Default.aspx>. Acesso em: 23 de ago. 2023

SHARMA, S. K.; VAIRAVAMOORTHY, K. (2009). Urban water demand management: prospects and challenges for the developing countries. *Water and Environmental Journal*, n. 23. p. 210-218.

SILVA,G. S. d.; TAMAKI, H. O.; GONÇALVES, O. M. “Implementação de programas de uso racional da água em campi universitários,” *Ambiente Construído*, cyfrol 6, rhif jan/mar 2006, pp. 49-61, 2006.

SIMPLIFICANDO A ENGENHARIA. – Instalações hidrossanitárias – ramal externo de abastecimento – Disponível em <<http://simplificandoaengenharia.blogspot.com/2016/11/instalacoes-hidrossanitarias-ramal.html>>. Acesso em: 01 jul. 2023.

SCHERER F. A.; AMORIM, S. V. d “Melhorias em projeto visando o uso racional da água em edifícios escolares públicos,” yn X Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, São Paulo, 2004.

SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (2019). Diagnóstico anual de água e esgoto. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/diagnosticos/agua-e-esgotos>>, Acesso em: 12 jul. 2023.

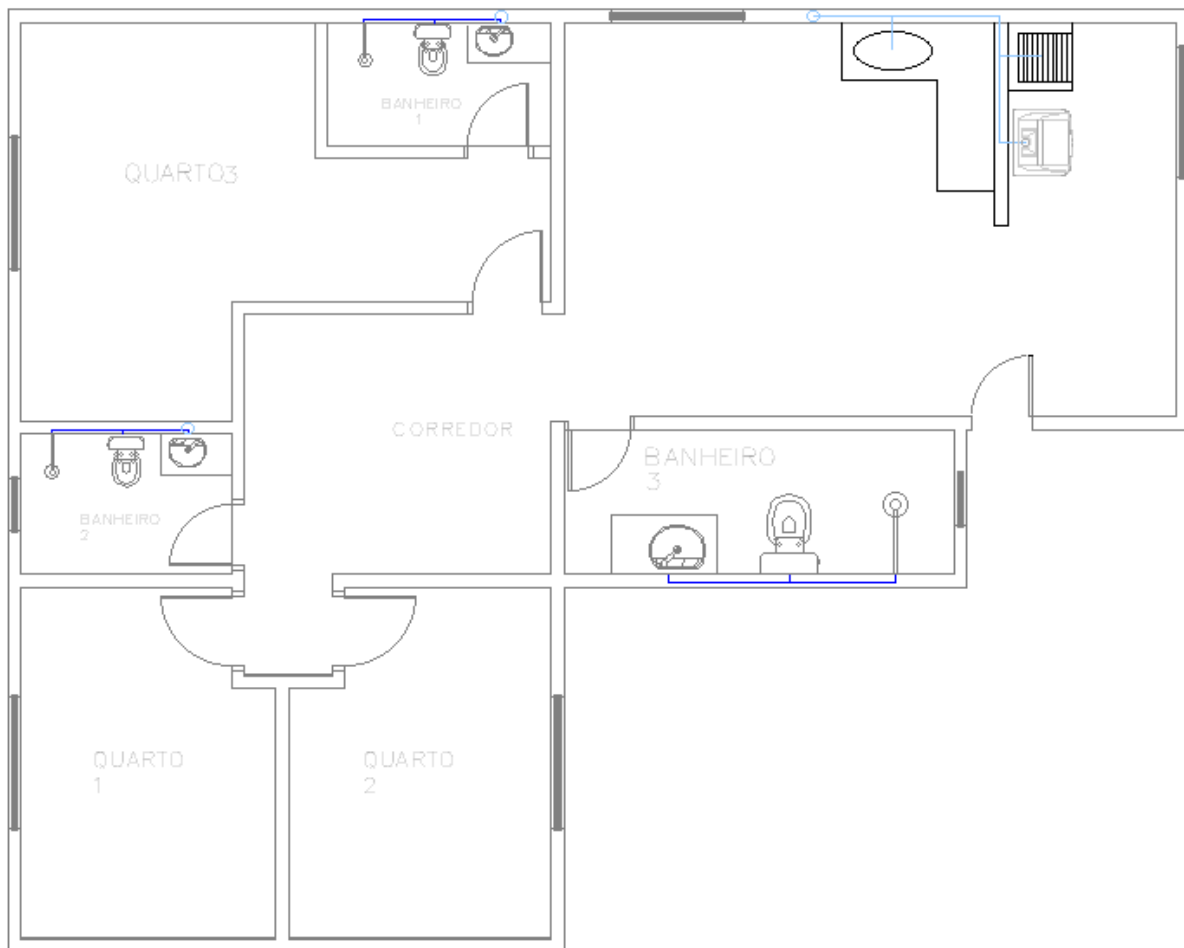
SNIS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (2017) “Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos”, SNS/MDR, 226 p., Brasília. Disponível em <http://www.snis.gov.br>. Acesso em: 13 jul. 2023.

TAMAKI, H. O. “A medição setorizada como instrumento de gestão da demanda de água em sistemas prediais – estudo de caso: Programa de Uso Racional da Água da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2003. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-12042005-113615/publico/HUMBERTOTAMAKI.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2023

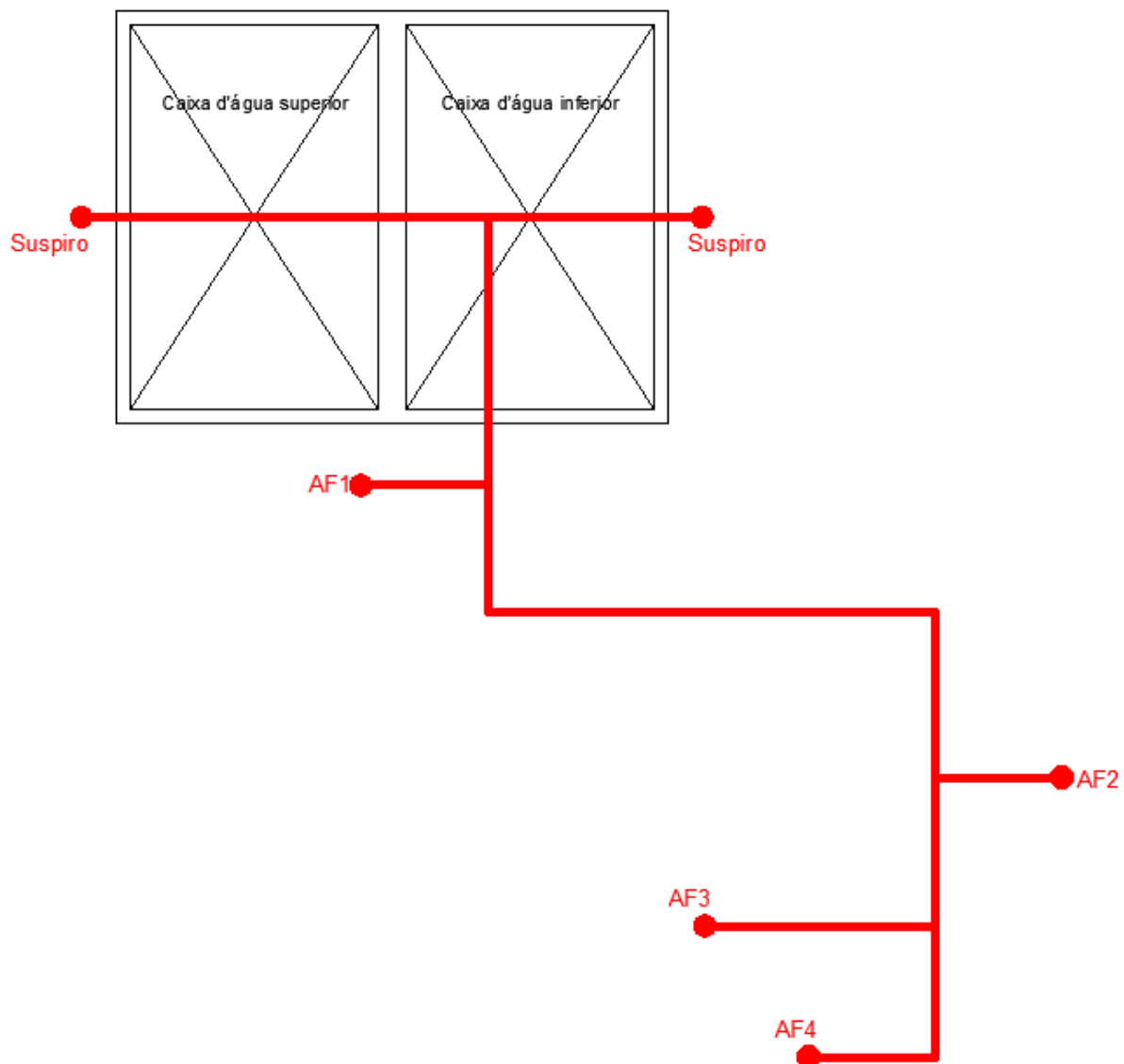
VEDOVATE, S. V. “Valvula hydra ou caixa acoplada? O que é melhor para o vaso sanitário,” Syrley Vaz Vedovate - Blog de Arquitetura. Disponível em: <http://blog.shirleyvazvedovate.com.br/2013/11/30/valvula-hydra-ou-caixa-acoplada-o-que-e-melhor-para-o-vaso-sanitario/>. Acesso em: 02 jul. 2023.

VELAZQUEZ, L.; MUNGUÍA, N.; OJEDA, M. (2013) Optimizing water use in the University of Sonora, Mexico. *Journal of Cleaner Production*, v. 46, p. 83-8

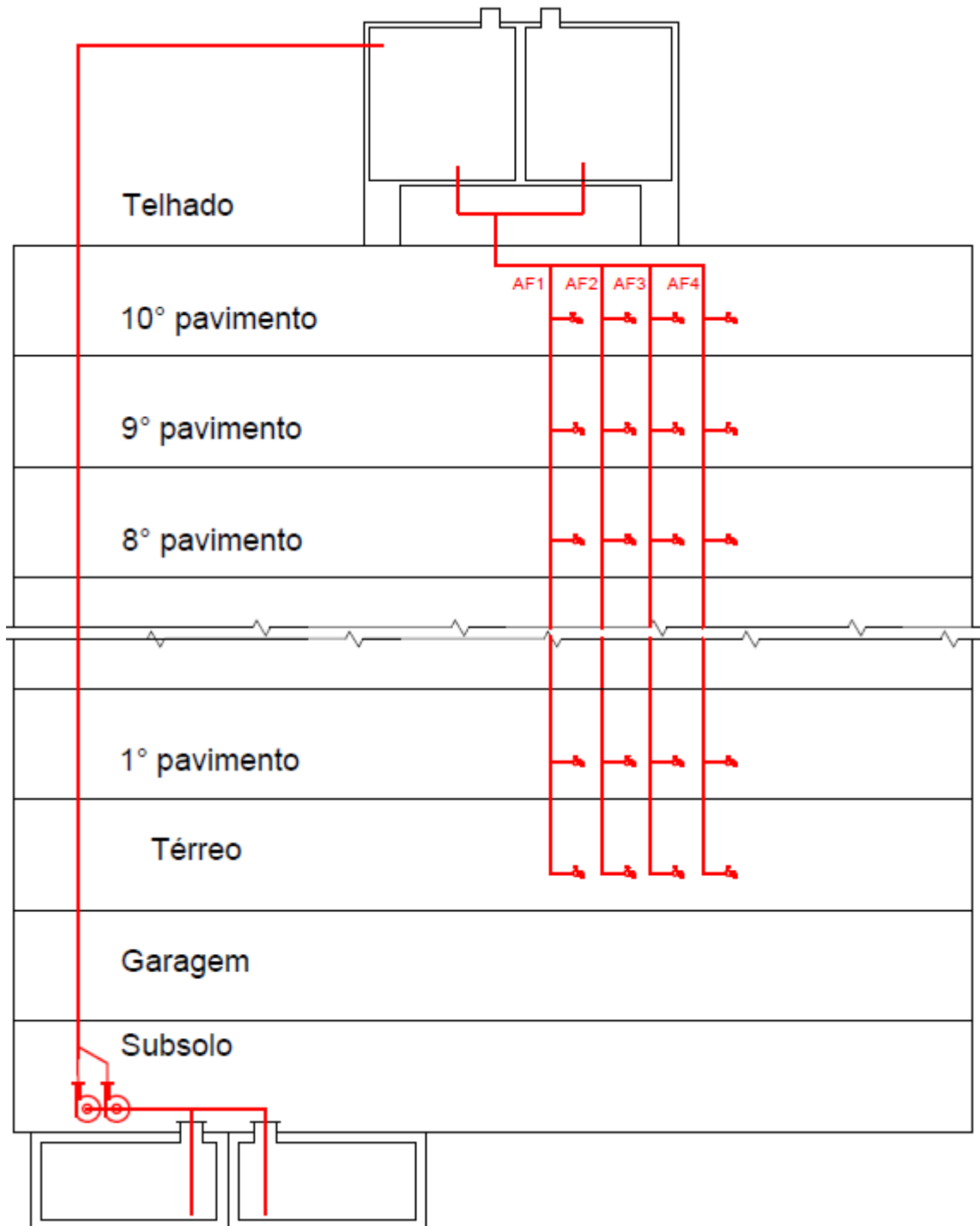
APÊNDICE A – Planta baixa do apartamento tipo



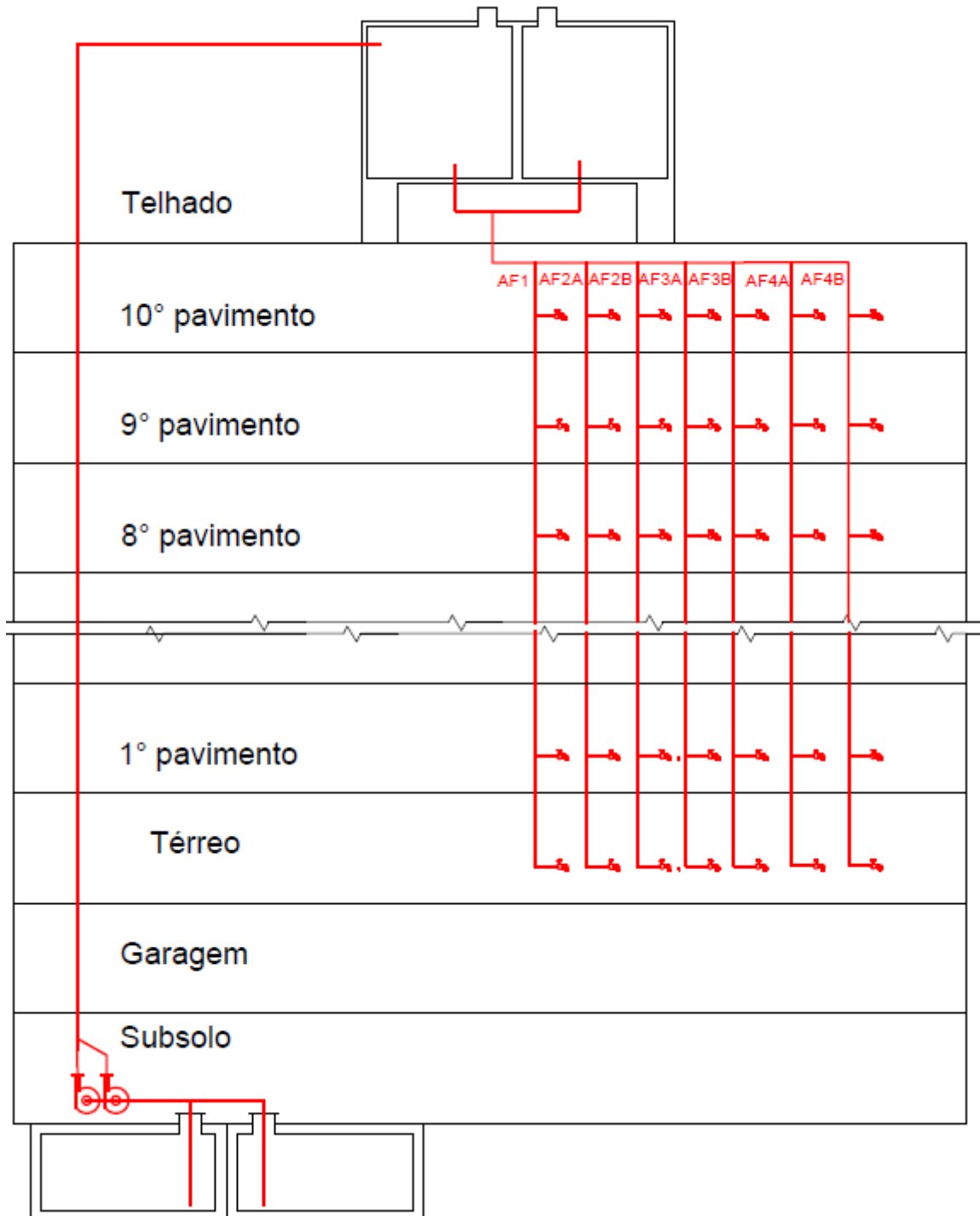
APÊNDICE B – Esquema do barrilete



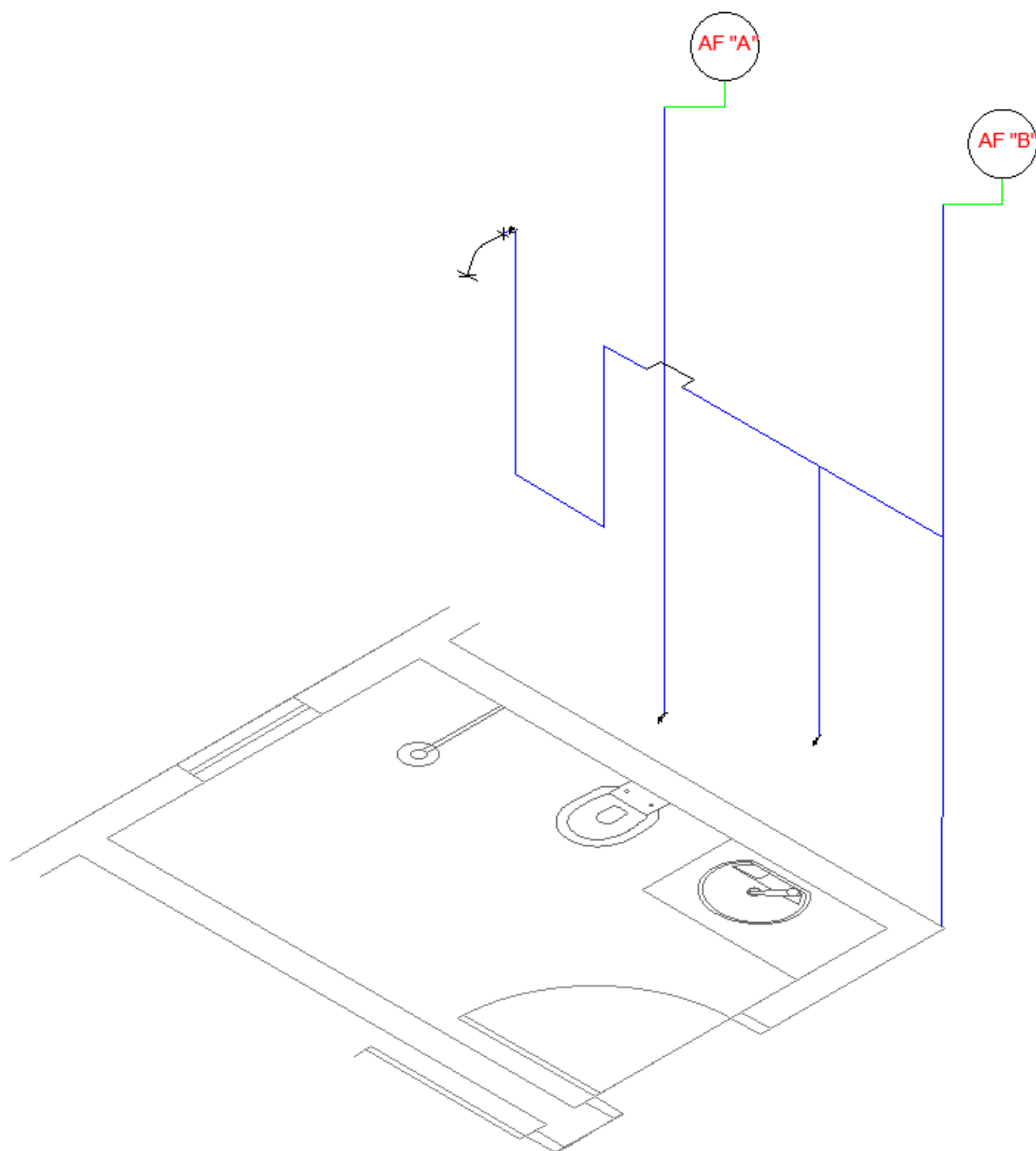
APÊNDICE C – Coluna de alimentação do cenário 2



APÊNDICE – Coluna de alimentação do cenário 1



APÊNDICE – Isométrico do banheiro cenário 1



APÊNDICE – Isométrico do banheiro cenário 2

