

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO DE JOINVILLE
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DE INFRAESTRUTURA

SILVANA KLEIN

ESTUDO PROJETUAL PARA O APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL EM UMA
EDIFICAÇÃO MULTIFAMILIAR NO MUNICÍPIO DE JOINVILLE-SC

Joinville

2019

SILVANA KLEIN

ESTUDO PROJETUAL PARA O APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL EM UMA
EDIFICAÇÃO MULTIFAMILIAR NO MUNICÍPIO DE JOINVILLE-SC

Trabalho apresentado como requisito para
obtenção do título de bacharel no Curso de
Graduação em Engenharia Civil de
Infraestrutura do Centro Tecnológico de
Joinville da Universidade Federal de Santa
Catarina.

Orientadora: Dra. Andréa Holz Pfützenreuter.

Coorientadora: Me. Simone Malutta.

Joinville

2019

SILVANA KLEIN

ESTUDO PROJETUAL PARA O APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL EM UMA
EDIFICAÇÃO MULTIFAMILIAR NO MUNICÍPIO DE JOINVILLE-SC

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título de bacharela em Engenharia Civil de Infraestrutura, na Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico de Joinville.

Banca Examinadora:

Dra. Andréa Holz Pfützenreuter
Orientadora/Presidente
Universidade Federal de Santa Catarina

Me. Simone Malutta
Coorientadora
Universidade Federal de Santa Catarina

Me. Juliana Cristina Frankowiak
Membro
Universidade Federal de Santa Catarina

Me. Lais Ledra
Membro
Universidade Federal de Santa Catarina

Dedico este trabalho à minha família.

“A vitória na guerra não se repete, ela se adapta e varia sempre. Tal como a água procura as profundezas e evita os cumes, um exército ataca o vazio e evita o cheio. A água se move de acordo com a terra; um exército se move de acordo com o inimigo. A água não tem forma constante; um exército também não. Por essas razões, pode-se dizer que quem alcança a vitória se adaptando às circunstâncias é alguém genial. Dos cinco agentes, nenhum predomina; nenhuma das quatro estações dura para sempre; os dias são às vezes longos, às vezes curtos; a lua nasce e minguar.”

(SUN TZU)

RESUMO

A água é um recurso natural esgotável e essencial para a sobrevivência dos seres vivos. Seu uso através de fontes alternativas permite a melhor preservação do meio ambiente, bem como um impacto positivo na economia, gerado pela redução da demanda de água potável. Neste contexto, o aproveitamento da água pluvial aparece como ferramenta importante para a substituição de fontes, com destinações adequadas tanto para o meio doméstico como o industrial. Além disso, nota-se o crescente interesse do governo para a captação e o uso da água da chuva, através de leis e regulamentações relacionadas a este tema, mesmo que ainda sua prática seja pouco difundida. Sabendo que Joinville é uma cidade que apresenta grande volume anual de chuva e condições climáticas que favorecem o aproveitamento desta água, este trabalho tem como objetivo desenvolver o projeto de implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial em uma edificação multifamiliar na cidade de Joinville-SC. Para isso, foram identificadas as instalações pluviais e consideradas as instalações hidráulicas existentes, sendo propostas as adequações necessárias para a implantação do projeto em questão. A partir dos dados coletados e características da edificação em análise, além de métodos e normativas adotados para o projeto do sistema de aproveitamento de água pluvial, foi realizada a previsão de consumo para uso não potável no objeto de estudo e dimensionadas as novas instalações hidráulicas. A diretriz projetual assumiu a distribuição das novas instalações hidráulicas pela parte externa da edificação, de forma a diminuir a possibilidade de haver incompatibilidade entre os projetos, além de reduzir as reformas que seriam necessárias para sua implantação. Com base no projeto, foi realizada a quantificação e orçamentação dos materiais para implantação do projeto, que resultou em R\$ 3.037,50. Por fim, de acordo com a tarifa de água da cidade e a previsão de consumo mensal do objeto de estudo, estima-se que a implantação do projeto poderia resultar em uma economia de até R\$ 243,90 por mês na conta de água.

Palavras-chave: Aproveitamento de água pluvial. Fontes alternativas. Água. Chuva. Instalações hidráulicas.

ABSTRACT

Water is an exhaustible natural resource and essential for the survival of living beings. Its use through alternative sources allows the best preservation of the environment, as well as generates positive impact on the economy by reducing the demand for potable water. In this context, the use of rainwater plays an important role as an alternative source, with adequate destinations for both domestic and industrial environments. In addition, it is remarkable the government's growing interest in the catchment and use of rainwater, through laws and regulations related to this subject, even though its practice is not yet widespread. Knowing that Joinville is a city which presents great annual volume of rainfall and favorable climatic conditions for the use of this water, this work aims to develop the implantation project of a rainwater harvesting system in a multi-family building in the city of Joinville-SC. For this to be possible, the rainwater installations were identified and the existing hydraulic installations were taken into consideration, as well as needed adaptations were proposed for the implementation of this project. In accordance with the data collection and characteristics of the building under analysis, in addition to the methods and regulations considered for the rainwater harvesting system design, the consumption forecast for non-potable use was carried out and the new hydraulic installations were dimensioned. The design guideline assumed the distribution of the new hydraulic facilities by the external part of the building, in order to reduce the possibility of incompatibility between the projects, besides reducing the reforms that would be necessary for its implementation. Based on the project, it was carried out the quantification and budgeting of materials for project implementation, which resulted in R\$ 3.037,50. Finally, according to the city's water tariff and the monthly consumption forecast of the object of study, it is estimated that the implementation of the project could result in savings of up to R\$ 243,90 per month in the water bill.

Keywords: Rainwater harvesting. Alternative sources. Water. Rain. Hydraulic installations.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Percentual correspondente a soma da captação de água por setor.	20
Figura 2 – Consumo médio de água em 2016, por região geográfica e no Brasil, comparado com o recomendado pela ONU.	22
Figura 3 – Esquema simplificado do sistema de aproveitamento de água pluvial.	26
Figura 4 – Esquema detalhado do sistema de aproveitamento de água pluvial.	26
Figura 5 – Tipos mais comuns de calhas, da esquerda para a direita: calhas de beiral, de platibanda e água-furtada.	28
Figura 6 – Tela de metal ou plástico e sistema de peneiras sobre a calha, da esquerda para a direita.	29
Figura 7 – Filtro autolimpante.	29
Figura 8 – Separador de águas pluviais com fundo roscável e instalação do filtro autolimpante e do separador de águas pluviais em conjunto.	31
Figura 9 – Dispositivo com tonel para descarte da primeira chuva.	31
Figura 10 – Dispositivo com torneira-boia para descarte da primeira chuva.	32
Figura 11 – Posições do reservatório de armazenamento.	33
Figura 12 – Reservatório de armazenamento com freio d'água, sifão-ladrão e sistema.	34
Figura 13 – Planta de localização do terreno em Joinville-SC (sem escala).	41
Figura 14 – Cálculo da área de contribuição de superfícies inclinadas.	43
Figura 15 – Ábaco para a determinação de diâmetros de condutores verticais.	45
Figura 16 – Áreas de captação do telhado do objeto de estudo (sem escala).	61
Figura 17 – Cisterna para armazenamento de águas pluviais.	64
Figura 18 – Áreas de contribuição do telhado do objeto de estudo (sem escala).	65
Figura 19 – Trechos de condutores horizontais enterrados (sem escala).	69
Figura 20 – Trecho dos condutores horizontais existentes.	71
Figura 21 – Trecho alterado dos condutores horizontais.	72
Figura 22 – Freio d'água utilizado.	72
Figura 23 – Traçado do sistema de recalque e sucção (sem escala).	74
Figura 24 – Distribuição da água pluvial para os pontos de uso não potável (sem escala).	76

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Divisão dos usos da água por setor, subsetor e tipo de abastecimento.....	19
Quadro 2 – Eficiência na economia de abastecimento de água devido ao aproveitamento de água pluvial.	24
Quadro 3 – Dispositivos do reservatório de armazenamento.....	34
Quadro 4 – Métodos para dimensionamento dos reservatórios de armazenamento.....	35
Quadro 5 – Variação da qualidade da água da chuva devido ao sistema de coleta.....	37
Quadro 6 – Diferentes qualidades de água para diferentes aplicações.....	37
Quadro 7 – Frequência de manutenção.	38
Quadro 8 – Quadro de áreas.	41
Quadro 9 – Localização dos projetos originais e ajustados neste trabalho.	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Média de consumo residencial de água potável no Brasil por ponto de consumo.	21
Tabela 2 – Estimativa da distribuição do consumo de água por uso final nas residências da região metropolitana de São Paulo.	21
Tabela 3 – Capacidade de condutores horizontais de seção circular e coeficiente de rugosidade $n = 0,011$ (vazões em L/min).	46
Tabela 4 – Previsão de consumo dos pontos de uso não potável.	47
Tabela 5 – Rendimento médio de motores elétricos.	52
Tabela 6 – Rendimento médio de bombas centrífugas.	52
Tabela 7 – Pesos relativos nos pontos de utilização.	53
Tabela 8 – Áreas para limpeza de pátios comuns e rega de jardins.	60
Tabela 9 – Previsão de consumo diário e mensal para fins não potáveis.	60
Tabela 10 – Dimensões de cada área de captação do telhado do objeto de estudo.	61
Tabela 11 – Dimensionamento do reservatório pelo método de Rippl.	62
Tabela 12 – Dimensionamento do reservatório pelo método Azevedo Neto.	63
Tabela 13 – Dimensionamento do reservatório pelo método prático inglês.	63
Tabela 14 – Intensidade pluviométrica.	65
Tabela 15 – Dimensões de cada área de contribuição do telhado do objeto de estudo.	66
Tabela 16 – Vazão de projeto das calhas.	67
Tabela 17 – Vazão máxima das calhas.	68
Tabela 18 – Vazão de projeto dos condutores verticais.	68
Tabela 19 – Dimensionamento dos condutores horizontais.	70
Tabela 20 – Dados do sistema de bombeamento e dimensionamento das tubulações.	73
Tabela 21 – Comprimento equivalente para tubulação de PVC rígido.	75
Tabela 22 – Determinação da altura manométrica total.	75
Tabela 23 – Dimensionamento hidráulico: peso relativo, vazão, diâmetro interno da tubulação e velocidade da água por trecho.	77
Tabela 24 – Dimensionamento hidráulico: conexões por trecho.	77
Tabela 25 – Dimensionamento hidráulico: comprimentos, perda de carga unitária e total, pressão disponível e pressão disponível residual por trecho.	78
Tabela 26 – Estimativa de custo em materiais.	79

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AAP – Aproveitamento de Água Pluvial

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

a.C. – Antes de Cristo

AF – Água Fria

AL – Alimentação Predial

ANA – Agência Nacional das Águas

Apto. – Apartamento

CV – Condutor Vertical

DI – Diâmetro Interno

DN – Diâmetro Nominal

EPAGRI-SC – Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IPPUJ – Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Joinville

ONU – Organização das Nações Unidas

Pav. – Pavimento

PIB – Produto Interno Bruto

PVC – Policloreto de Vinila

REC – Recalque

SINAPI – Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil

SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

TCPO – Tabela de Composições e Preços para Orçamentos

WHO – World Health Organization

WWAP – World Water Assessment Programme

UN – United Nations

UNEP – United Nations Environment Programme

UNICEF – United Nations Children's Fund

Univille – Universidade da Região de Joinville

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 OBJETIVOS	17
1.1.1 Objetivo Geral	17
1.1.2 Objetivos Específicos	17
1.2 METODOLOGIA DA PESQUISA	17
1.3 ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO	18
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	19
2.1 USOS E CONSUMO DE ÁGUA	19
2.2 FONTES ALTERNATIVAS DE ÁGUA	22
2.3 APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL	23
2.4 SISTEMA PARA APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL	25
2.4.1 Captação da Água Pluvial	27
2.4.2 Calhas e Condutores	27
2.4.3 Dispositivos de Descarte de Água	30
2.4.4 Reservatório de Armazenamento	32
2.4.5 Qualidade da Água Pluvial	36
2.4.6 Instalações Prediais	38
2.4.7 Manutenção	38
3 METODOLOGIA	40
3.1 OBJETO DE ESTUDO	40
3.2 FATORES METEOROLÓGICOS	42
3.3 ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO	43
3.4 VAZÃO DE PROJETO	43
3.5 CALHAS	44
3.6 CONDUTORES VERTICAIS	44
3.7 CONDUTORES HORIZONTAIS	45
3.8 PREVISÃO DE CONSUMO	46
3.9 ÁREA DE CAPTAÇÃO	47
3.10 COEFICIENTE DE ESCOAMENTO	47
3.11 RESERVATÓRIO DE ARMAZENAMENTO	48
3.11.1 Método de Rippl	48
3.11.2 Método Azevedo Neto	48

3.11.3 Método Prático Inglês	49
3.12 BOMBEAMENTO	49
3.13 DIMENSIONAMENTO DAS TUBULAÇÕES	53
3.14 QUANTIFICAÇÃO E ORÇAMENTAÇÃO	54
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	55
4.1 INCONSISTÊNCIAS E ALTERAÇÕES DE PROJETO	55
4.2 RESERVATÓRIO DE ARMAZENAMENTO.....	59
4.3 INSTALAÇÕES DE ÁGUA PLUVIAL.....	64
4.4 INSTALAÇÕES DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL.....	70
4.5 ORÇAMENTO DOS MATERIAIS	78
5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	81
REFERÊNCIAS	83
APÊNDICE A – Planta de situação (sem escala).....	90
APÊNDICE B – Planta do pavimento térreo (sem escala).	91
APÊNDICE C – Planta do pavimento superior (sem escala).....	92
APÊNDICE D – Detalhe da cozinha do apartamento 201 (sem escala).	93
APÊNDICE E – Detalhe da cozinha do apartamento 101 (sem escala).	94
APÊNDICE F – Detalhe da área de serviço do apartamento 201 (sem escala).	95
APÊNDICE G – Detalhe da área de serviço do apartamento 101 (sem escala).....	96
APÊNDICE H – Detalhe do banheiro do apartamento 201 (sem escala).....	97
APÊNDICE I – Detalhe do banheiro do apartamento 101 (sem escala).	98
APÊNDICE J – Detalhe da cozinha do apartamento 202 (sem escala).....	99
APÊNDICE K – Detalhe da área de serviço do apartamento 202 (sem escala).....	100
APÊNDICE L – Detalhe do banheiro do apartamento 202 (sem escala).	101
APÊNDICE M – Detalhe do lavabo da sala comercial (sem escala).....	102
APÊNDICE N – Instalações de água pluvial, água fria e aproveitamento de água pluvial: Pav. Térreo.....	103
APÊNDICE O – Instalações de água pluvial, água fria e aproveitamento de água pluvial: Pav. Superior.....	103
APÊNDICE P – Instalações de água pluvial, água fria e aproveitamento de água pluvial: Cobertura.	103
ANEXO A – Planta de situação (sem escala).	104
ANEXO B – Planta do pavimento térreo (sem escala).....	105
ANEXO C – Planta do pavimento superior (sem escala).	106

ANEXO D – Projeto hidráulico do pavimento térreo (sem escala).	107
ANEXO E – Projeto hidráulico do pavimento superior (sem escala).....	108
ANEXO F – Projeto hidráulico da cobertura (sem escala).	109
ANEXO G – Detalhes isométricos do projeto hidráulico (sem escala).	110
ANEXO H – Dados da estação pluviométrica da Univille.	112
ANEXO I – Perda de carga em conexões: comprimento equivalente (em metros) para tubulação de PVC rígido.....	113
ANEXO J – Orçamento da cisterna vertical em polietileno, 1100 L.	114

1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural esgotável e essencial para a sobrevivência dos seres vivos. Segundo Azevedo Netto (1998), a ocorrência de água livre no mundo corresponde a um volume de 1,5 bilhões de km³, aproximadamente três quartos da superfície terrestre. Desse total, mais de 97% equivale à quantidade de água salgada, imprópria para o consumo direto e a irrigação de plantas sem o devido tratamento. O restante é o montante de água doce, do qual “[...] a maior parte (69%) é de difícil acesso, pois está concentrada nas geleiras; 30% são águas subterrâneas (armazenadas em aquíferos) e 1% encontra-se nos rios.” (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA, 2018).

Portanto, apesar da água ocupar a maioria da superfície do planeta, esse é um recurso finito e, normalmente, está distribuído de forma desproporcional à necessidade das regiões. Não só isso, como também o acelerado crescimento populacional, uso irracional da água, poluição hídrica, falta de infraestrutura e saneamento básico são condicionantes de situações de estresse hídrico (OLIVEIRA, 2005).

Conforme o estudo realizado pela United Nations (UN) World Water Assessment Programme (WWAP) e pela UN Water (2018), ao longo dos últimos 100 anos, o uso da água no mundo aumentou em seis vezes e continua crescendo, de forma constante, a uma taxa de aproximadamente 1% ao ano.

Levantamentos da World Health Organization (WHO) e da United Nations Children’s Fund (UNICEF), afirmam que cerca de 2,5 bilhões de pessoas, ou seja, 36% da população mundial, mora em regiões com escassez de água e que, até 2050, mais da metade da população mundial estará em risco devido ao estresse hídrico (WHO, 2018; WHO; UNICEF, 2017 apud UNITED NATIONS; WORLD BANK GROUP, 2018).

O cenário no âmbito nacional não é diferente. Apesar do Brasil ser um país rico em recursos hídricos, visto que é onde encontram-se 12% das reservas de água doce do mundo, esse volume de água não está bem distribuído (ANA, 2015; INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2007 apud KOBAYAMA; GRISON; MOTA, 2011). Na região Norte, está 75% da água doce brasileira e 8% da população nacional. Em contrapartida, nas regiões Nordeste e Sudeste, as mais populosas do país, a disponibilidade de água é baixa, segundo a classificação da United Nations Environment Programme (UNEP), de acordo com Ghisi (2006).

Esse autor estima que, a partir de 2050, essas duas regiões passarão para a classificação de muito baixa disponibilidade de água, o que corresponde a menos de 1000 m³ per capita por ano. Além disso, a partir de 2075, a região Sul estará classificada como região com baixa disponibilidade de água, tendo menos de 5000 m³ per capita por ano.

Outro agravante dessa problemática está nas perdas no sistema de abastecimento de água das cidades, causadas por vazamentos, consumos não autorizados e erros de medição, segundo o estudo da GO Associados (2015). O estudo afirma que o índice de perdas de faturamento é em média de 15% em países desenvolvidos, enquanto que, no Brasil, em 2013, esse índice foi de 39,07% (6,53 bilhões de metros cúbicos ao ano), e o índice de perdas na distribuição, de 36,95% (5,95 bilhões de metros cúbicos ao ano). No mesmo ano, na cidade de Joinville, os índices de perdas de faturamento e na distribuição, foram de, respectivamente, 40,64% e 47,04%.

De modo a preservar e gerenciar os recursos hídricos existentes de maneira eficaz, programas de conservação de água têm sido aplicados nas cidades, e o conceito de substituição de fontes “[...] mostra-se como a alternativa mais plausível para satisfazer a demandas menos restritivas, liberando as águas de melhor qualidade para usos mais nobres [...]” (REBOUÇAS; BRAGA; TUNDISI, 2006, p. 291). O uso de fontes alternativas de água, além de contribuir com a preservação do meio ambiente, também impacta positivamente na redução da demanda de água potável, resultando em economia.

Dentro desse contexto, o aproveitamento da água pluvial é uma alternativa para substituição de fontes. As águas de chuva podem ser utilizadas para fins não potáveis, após o tratamento adequado, em descargas sanitárias, máquinas de lavar roupa, irrigação, lavagem de veículos, limpeza de áreas externas e usos industriais.

Em 2017, com a Lei nº 13.501, que trata da adição do IV inciso no artigo 2º da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997 (conhecida como Lei das Águas), foi definido que um dos objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos é “[...] incentivar e promover a captação, a preservação e o aproveitamento de águas pluviais.” (BRASIL, 2017, p. 1).

Alguns estados e cidades brasileiras possuem legislação que estabelece a captação e o uso de água pluvial como obrigatórios em determinadas edificações, como é o caso do Estado de São Paulo e Santa Catarina; e das cidades de São Carlos, Curitiba, Blumenau e Joinville (LEI..., 2016; JOINVILLE, 2017a; LAGE, 2010).

Em Joinville, a Lei Complementar nº 220, de 3 de outubro de 2006, indicava que edificações com área construída acima de 750 m² deveriam fazer o aproveitamento da água da

chuva (JOINVILLE, 2006). Porém, em 2017, o prefeito da cidade sancionou, pela Lei Complementar nº 492, a alteração do artigo 1º para:

As águas pluviais provenientes dos telhados, sacadas, terraços, marquises e outros espaços abertos existentes em edificações destinadas a residências, estabelecimentos industriais, comerciais e de prestação de serviços, públicos ou privados, condomínios residências horizontais e/ou verticais, que tenham área total construída igual ou superior a 250 m² (duzentos e cinquenta metros quadrados), deverão ser canalizadas para reservatório específico. (JOINVILLE, 2017a, p. 1).

Essa lei impacta somente na construção de novas edificações, conforme o artigo 3º da Lei Complementar nº 220 (JOINVILLE, 2006). A alteração citada entrou em vigor em junho de 2018 e deveria ter sido regulamentada pelo Poder Executivo até essa mesma data, de modo a apresentar como deveria ser feita a canalização e o armazenamento das águas pluviais, porém a regulamentação ainda não foi publicada (JOINVILLE, 2017b).

A cidade de Joinville se localiza na região nordeste de Santa Catarina, próxima ao litoral do estado. Segundo a Fundação Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Joinville (IPPUJ, 2015), “O clima da região é do tipo úmido a superúmido, mesotérmico, com curtos períodos de estiagem [...] A umidade relativa média anual do ar é de 76,04%.” (p. 41).

Mello e Oliveira (2016) afirmam que a média anual de precipitação em Joinville varia em torno de 1604,3 a 2594,2 mm, dependendo da bacia. Esta variabilidade ocorre principalmente devido a influência da Serra Dona Francisca. Os meses de verão (dezembro, janeiro e fevereiro) são os mais chuvosos, com um valor equivalente a 35,3% da chuva precipitada ao longo do ano. Os meses mais secos são os de inverno (junho, julho e agosto), equivalentes a 16,4% da precipitação total anual (MELLO; KOHLS; OLIVEIRA, 2015; OLIVEIRA et al., 2017). De toda forma, a cidade apresenta um grande volume anual de chuva, o que torna as condições climáticas da região favoráveis ao aproveitamento de água pluvial.

Mesmo com a existência da legislação que ordena a captação e uso da água da chuva em certas edificações em Joinville desde 2006, a prática ainda não é difundida. De acordo com Saavedra (2017), como a lei de 2006 não foi regulamentada, a obrigação para edifícios acima de 750 m² não foi aplicada. Uma lei sem regulamentação se torna ineficaz, sendo que alguns juristas consideram até inconstitucional a aplicação dessas leis, segundo a Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo (SÃO PAULO, 2018). Isso mostra a necessidade da regulamentação para a nova lei, criada em 2017, visando a garantia do seu cumprimento para que haja uma gestão mais racional do patrimônio hídrico da cidade.

A Lei Complementar nº 492 não foi regulamentada e, de qualquer forma, não afeta as edificações existentes na cidade de Joinville-SC. No entanto, a preservação dos recursos hídricos é uma preocupação que cabe a todos. Diante disso, são apresentados os objetivos deste trabalho.

1.1 OBJETIVOS

A fim de demonstrar como os sistemas de aproveitamento de água pluvial podem colaborar para um melhor gerenciamento dos recursos hídricos de maneira simples e eficaz, propõem-se neste trabalho os seguintes objetivos geral e específicos.

1.1.1 Objetivo Geral

Desenvolver o projeto de implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial em uma edificação multifamiliar na cidade de Joinville-SC.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Identificar as instalações pluviais existentes e propor as adequações necessárias para a implantação de um projeto para captação de águas pluviais;
- Dimensionar o sistema de aproveitamento de água pluvial, considerando as instalações hidráulicas existentes e identificando os ajustes necessários;
- Estimar o custo em materiais para implantação do sistema em uma edificação existente.

1.2 METODOLOGIA DA PESQUISA

Este trabalho apresenta o estudo projetual para implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial, em uma edificação vertical, na cidade de Joinville-SC, analisando as adequações que precisariam ser realizadas nas instalações hidráulicas da edificação existente.

Os projetos seguem as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), que define recomendações para as instalações prediais que contemplam a captação e uso de água da chuva, através da NBR 15527:2007 - Água de chuva - Aproveitamento de coberturas

em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos e NBR 10844:1989 - Instalações prediais de águas pluviais. Além disso, as instalações prediais de água fria em geral são regidas também pela ABNT NBR 5626:1998.

O método científico de pesquisa utilizado neste trabalho é um estudo de caso na edificação vertical escolhida, sendo que essa metodologia

Constitui-se, pois, em uma busca intensiva de dados de uma situação particular, de um evento específico ou de processos contemporâneos, tomados como 'caso', compreendê-lo o mais amplamente possível, descrevê-lo pormenorizadamente, avaliar resultados de ações, transmitir essa compreensão a outros e instruir decisões. (CHIZZOTTI, 2006, p. 136).

1.3 ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO

No primeiro capítulo deste trabalho são apresentados o tema, a problemática e a justificativa do presente trabalho no decorrer da introdução. São também indicados os objetivos geral e específicos, a metodologia da pesquisa e a estruturação deste trabalho.

No segundo capítulo está a fundamentação teórica, a qual expõe o levantamento bibliográfico necessário para a compreensão do trabalho e para ser utilizado como base teórica na aplicação prática.

O terceiro capítulo trata da metodologia aplicada ao objeto de estudo. Os métodos, normativas e características adotados para o projeto e dimensionamento do sistema de aproveitamento de águas pluviais são abordados nesse capítulo.

No quarto capítulo é feita a apresentação e análise dos resultados obtidos. Primeiramente, são identificadas as instalações pluviais existentes e, então, é abordado o projeto do sistema de aproveitamento de água pluvial, bem como o seu dimensionamento e os custos em materiais para sua implantação.

O quinto capítulo apresenta as conclusões do estudo, onde os objetivos são revistos e comentados com base nos resultados alcançados. Por fim, são indicadas sugestões para trabalhos futuros.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo são apresentados dados e informações a respeito dos usos da água por setores, no âmbito nacional e global; uso doméstico e distribuição por pontos de consumo nas residências; consumo per capita de água no Brasil; conceito de substituição de fontes; e, por fim, é abordado o aproveitamento de água pluvial.

Nesse último tópico são expostos os benefícios decorrentes da implantação do sistema, além da definição da sua aplicabilidade e explicação dos detalhes construtivos de sistemas prediais de águas pluviais.

2.1 USOS E CONSUMO DE ÁGUA

Os usos da água no mundo podem ser divididos em três principais setores: agrícola, municipal e industrial. Os setores abrangem determinados subsetores, conforme o tipo de abastecimento, como explicado no Quadro 1.

Quadro 1 – Divisão dos usos da água por setor, subsetor e tipo de abastecimento.

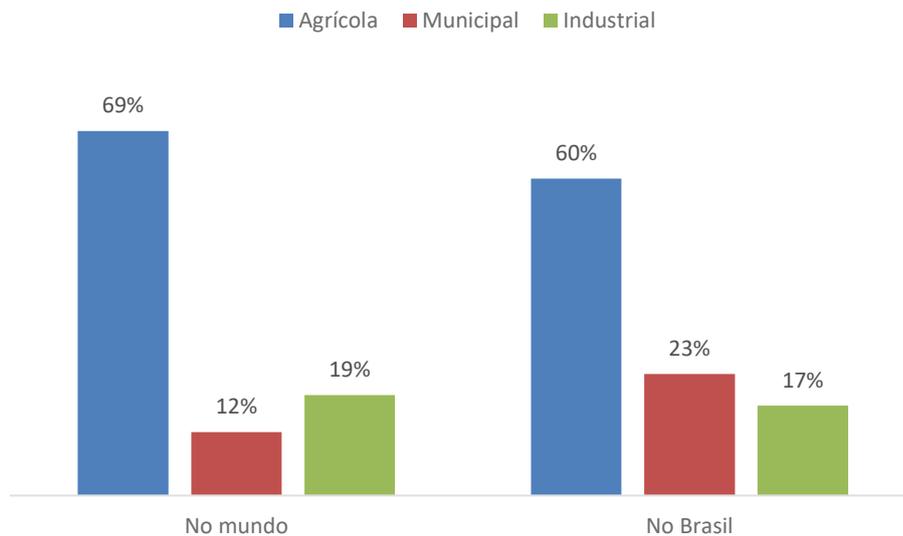
Setor	Subsetor	Tipo de abastecimento
Agrícola*	Irrigação	Abastecimento próprio
	Pecuária	
	Aquicultura	
Municipal	Uso doméstico	Abastecimento pela rede pública
	Indústria urbana	
	Pecuária urbana	
	Paisagismo urbano (incluindo jardins)	
	Agricultura urbana irrigada	
	Comercial	
	Termoelétrica	
Industrial	Mineração	Abastecimento próprio
	Indústria	
	Termoelétrica	
Não contabilizados	Mineração	-
	Hidroelétrica	
	Recreação	
	Captura de peixes de água doce	
	Navegação	

*Frequentemente inclui o uso doméstico e comercial em áreas rurais.

Fonte: Adaptado de AQUASTAT (2010, p. 3).

Um estudo do AQUASTAT (2016) mostra o percentual correspondente a soma da captação de água destinada para cada setor, a nível global e nacional, como apresentado na Figura 1.

Figura 1 – Percentual correspondente a soma da captação de água por setor.



Fonte: Adaptado de AQUASTAT (2016).

Nota-se que a maioria da água captada é destinada para o setor agrícola, tanto no âmbito global quanto no nacional. O segundo setor com maior percentual da captação de água no mundo é o industrial, diferente do observado no Brasil, que é o setor municipal.

Ao analisar a média da captação por país, percebe-se que a distribuição da captação de água muda para 59% para o setor agrícola, 23% para o municipal e 18% para o industrial, segundo o estudo do AQUASTAT (2018). Dessa forma, a segunda maior demanda em média de captação de água no mundo vem do setor municipal, semelhante ao que ocorre no Brasil.

O setor municipal abrange o uso doméstico, o qual remete ao conceito de água potável: “[...] água para consumo humano cujos parâmetros microbiológicos, físicos, químicos e radioativos atendam ao padrão de potabilidade e que não ofereça riscos à saúde [...]” (BRASIL, 2005, p. 8). A água potável chega até as residências através da rede de distribuição, elemento do sistema de abastecimento de água, responsável pelo transporte da água potável até o consumidor final.

Os principais pontos de consumo nas residências estão relacionados com descargas de bacias sanitárias, asseio corporal, cozinha, bebida, lavagem de roupa, rega de jardins e quintais, limpeza geral e lavagem de automóvel, segundo Azevedo Netto (1998). As Tabelas 1 e 2

apresentam, respectivamente, o consumo residencial médio de água potável no Brasil por ponto de consumo e a estimativa da distribuição do consumo de água por uso final nas residências da região metropolitana de São Paulo.

Tabela 1 – Média de consumo residencial de água potável no Brasil por ponto de consumo.

Ponto de consumo	Porcentagem
Descargas na bacia sanitária	29%
Chuveiro	28%
Lavatório	6%
Pia de cozinha	17%
Tanque	6%
Máquina de lavar roupas	5%
Máquina de lavar louças	9%
Total	100%

Fonte: Adaptado de Universidade de São Paulo (1999, apud TOMAZ, 2010, p. 3-3).

Tabela 2 – Estimativa da distribuição do consumo de água por uso final nas residências da região metropolitana de São Paulo.

Uso final	Porcentagem	Consumo per capita diário (litros)
Bacia sanitária	38%	61
Banho/chuveiro	29%	47
Lavatório	5%	8
Lavagem de roupa	17%	27
Lavagem de louça	6%	10
Beber/cozinhar	5%	8
Total	100%	161

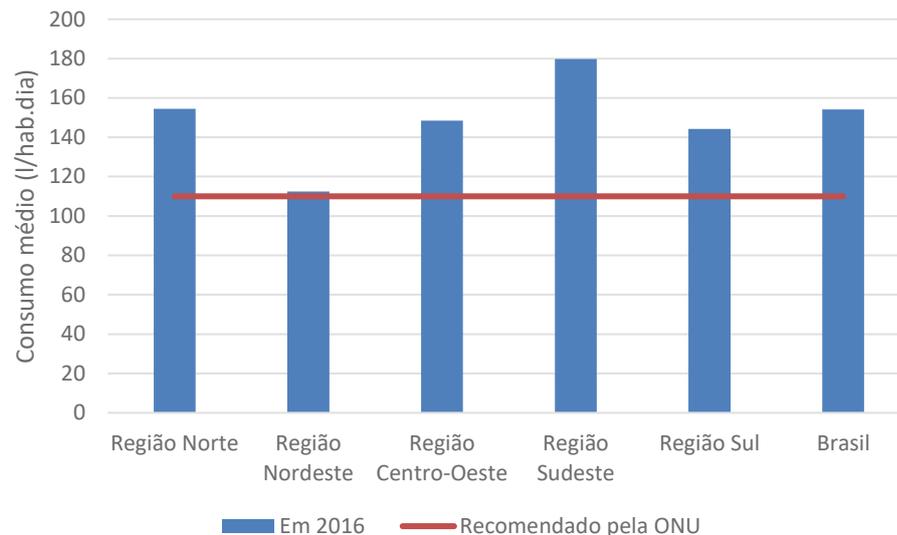
Fonte: Adaptado de Gonçalves (1995, p. 95).

Analisando ambas as tabelas, percebe-se que o consumo de água nas descargas sanitárias é o mais representativo em uma residência, podendo chegar a mais de 1/3 do total utilizado. Logo, pode-se afirmar que o maior consumo de água em uma edificação residencial é em uma atividade em que não há o contato direto do usuário com a água, portanto considerado como um uso menos nobre da água.

A Tabela 2 afirma que são utilizados 61 litros diários por habitante em descargas sanitárias. Esse é um valor alto, considerando que a Organização das Nações Unidas (ONU) afirma que cerca de 110 litros de água por dia são suficientes para atender às necessidades de consumo e higiene de uma pessoa, de acordo com a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP, 2018). Sabendo disso, a Figura 2 faz uma comparação do

consumo médio de água no Brasil com o recomendado pela ONU, conforme o Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos de 2016 realizado com os dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS - BRASIL, 2018).

Figura 2 – Consumo médio de água em 2016, por região geográfica e no Brasil, comparado com o recomendado pela ONU.



Fonte: Adaptado de Brasil (2018, p. 33).

Observa-se que, em todas as regiões geográficas do Brasil, o consumo médio per capita de água é mais alto que o recomendado pela ONU, sendo que a média brasileira em 2016 foi igual a 154,1 litros por habitante ao dia, 40% acima do suficiente.

Segundo Azevedo Netto (1998), o consumo de água varia em função de condições locais, como clima, hábitos da população, padrão de vida da população, existência de rede de esgotos, custo da água e perdas no sistema. A demanda está relacionada também com o desenvolvimento econômico da região, o que explica o consumo elevado na região Sudeste, onde se concentra a maior parte do Produto Interno Bruto (PIB) do país.

2.2 FONTES ALTERNATIVAS DE ÁGUA

Do total de água destinada para o uso humano, 96% provêm dos recursos renováveis de água doce, que correspondem ao volume de precipitação que ocorre nos continentes e alimentam os aquíferos, rios e lagos, através dos escoamentos subterrâneo e superficial. Os outros 4% derivam de fontes alternativas (AQUASTAT, 2014, 2018).

O conceito de fontes alternativas de água pode ser encontrado na literatura também como substituição de fontes ou fontes não convencionais, tratando da obtenção de água para usos menos restritivos como uma solução para a escassez de água, contribuindo para a sustentabilidade hídrica. Desse modo, o uso de fontes alternativas está também associado a ideia de edificação sustentável, definido por Azevedo et al. (2006) como “[...] práticas de construção que se esforçam para atingir a qualidade integral de forma ampla (desempenho econômico, social e ambiental), reduzindo o consumo de recursos escassos e aumentando a qualidade ambiental.” (p. 4).

São exemplos de fontes não convencionais de água o tratamento de águas residuais, dessalinização de águas salobras, drenagem agrícola e o aproveitamento de águas pluviais.

Em 1958, o Conselho Econômico e Social das Nações Unidas estabeleceu uma política de gestão para áreas carentes de recursos hídricos, na qual sugeria o uso de fontes alternativas de água para atender a demanda de água para usos menos nobres, reservando a água de melhor qualidade para usos mais nobres, como o consumo humano (REBOUÇAS, 2004). Nessa política definiu-se que “[...] a não ser que exista grande disponibilidade, nenhuma água de boa qualidade deve ser utilizada para usos que toleram águas de qualidade inferior.” (UN, 1958 apud HESPANHOL, 2008, p. 139).

Atualmente, no Brasil, existe a carência de normas que regulamentem o uso de fontes alternativas, fazendo com que a sua implementação seja feita de forma desordenada, o que pode gerar riscos à saúde pública (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DOS MUNICÍPIOS, 2018).

Em 2018, a ABNT iria lançar duas novas normas, Conservação de água em edificações (NBR 16782) e Uso de fontes alternativas de água não potável em edificações (NBR 16783), para garantir a correta implantação e a viabilidade técnica e econômica dos sistemas (CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO, 2018). As normas não foram lançadas em 2018, mas estiveram em processo de consulta nacional no site da ABNT até 12 de junho deste ano, portanto devem ser lançadas em breve (ABNT, 2019).

O aproveitamento de água pluvial, no entanto, é normatizado pela ABNT NBR 15527:2007. Sendo assim, este trabalho trata apenas da implementação do sistema relacionado com o uso dessa fonte alternativa, usada para fins não potáveis.

2.3 APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL

O aproveitamento de água pluvial, de acordo com Nascimento (2014, p. 17), consiste em “[...] uma tecnologia usada para coletar e armazenar água da chuva para uso humano a partir

dos telhados, coberturas, açoteias, superfícies da terra ou em formações rochosas usando técnicas simples como jarros e potes bem como técnicas de engenharia”.

Em um contexto histórico, as águas pluviais vêm sendo utilizadas desde milênios antes de Cristo (a.C.). Segundo Tomaz (2010), há cerca de 2000 a.C., no palácio de Knossos na ilha grega de Creta, a água da chuva era aproveitada para descargas sanitárias. Na mesma região, existem reservatórios que foram escavados em rochas há mais de 3000 a.C. para a armazenagem de água a fim de usá-la para o consumo humano. No México “[...] existem reservatórios que datam de antes da chegada de Cristóvão Colombo à América, e que estão ainda em uso.” (TOMAZ, 2010, p. 1-11).

No deserto de Neguev, em Israel, a captação e armazenagem de águas pluviais para o uso doméstico e agrícola tem possibilitado a habitação de locais com cerca de 100 mm de chuva por ano (NASCIMENTO, 2014).

Devido ao custo-benefício e à fácil manutenção dos sistemas de aproveitamento de água pluvial, essa tem se tornado a fonte alternativa de água mais comum nos países em desenvolvimento (AKTER; AHMED, 2015).

De forma a entender a eficiência na economia de abastecimento de água devido ao aproveitamento de água da chuva, Akter e Ahmed (2015) compilaram estudos que abordam essa questão, conforme exposto no Quadro 2. Os autores afirmam que os resultados dependem da intensidade da precipitação, consumo per capita da água, tamanho e capacidade econômica dos moradores, propriedades da cobertura (material, inclinação e área) e período de projeto.

Quadro 2 – Eficiência na economia de abastecimento de água devido ao aproveitamento de água pluvial.

Local	Potencial de economia de água potável	Fonte
Pequim, China	25%	Zhang et al. (2009)
Berlim, Alemanha	70%	Nolde (2007)
Partes da Jordânia	0,27-19,7%	Abdulla and Al-Shareef (2009)
Diferentes regiões do Brasil	48-100%	Ghisi (2006)
Tóquio, Japão	59%	Zaizen et al. (2000)
Norrköping, Suécia	33-44%	Villarreal and Dixon (2005)
Nottingham, Inglaterra	4-100%	Fewkes (1999)

Fonte: Adaptado de Akter e Ahmed (2015, p. 84).

No Quadro 2, é possível observar que o Brasil apresenta um grande potencial na economia de água abastecida pelas redes públicas devido ao aproveitamento de águas pluviais,

pois a precipitação média no país é alta quando comparada com a do mundo, sendo de 1443 e 760 mm por ano, respectivamente (GHISI, 2006).

Ghisi (2006) estimou os valores demonstrado no Quadro 2 para as cinco regiões geográficas do país, através da determinação da precipitação média, área específica da cobertura por pessoa e demanda de água potável. No estudo, a região Sul, detentora da segunda maior precipitação média do país, obteve 82% de potencial de economia de água potável pelo uso de águas pluviais em residências. Em um estudo mais detalhado no estado de Santa Catarina, o potencial obtido foi de 69% (GHISI; MONTIBELLER; SCHMIDT, 2006).

Assim, a utilização de água pluvial, como fonte alternativa ao abastecimento de água potável, mostra um alto potencial para reduzir a demanda de água potável em conjunto com a redução dos custos associados às tarifas de água. Além disso, tal prática também auxilia em situações de excesso de água de chuva que pode colocar cargas adicionais na rede de drenagem existente, reduzindo o risco de enchentes em áreas urbanas, já que diminui o escoamento superficial (AKTER; AHMED, 2015; MINAS GERAIS, 2016).

No Brasil, a NBR 15527:2007 define que o aproveitamento de água pluvial

[...] se aplica a usos não potáveis em que as águas de chuva podem ser utilizadas após tratamento adequado como, por exemplo, descargas em bacias sanitárias, irrigação de gramados e plantas ornamentais, lavagem de veículos, limpeza de calçadas e ruas, limpeza de pátios, espelhos d'água e usos industriais. (ABNT, 2007, p. 1).

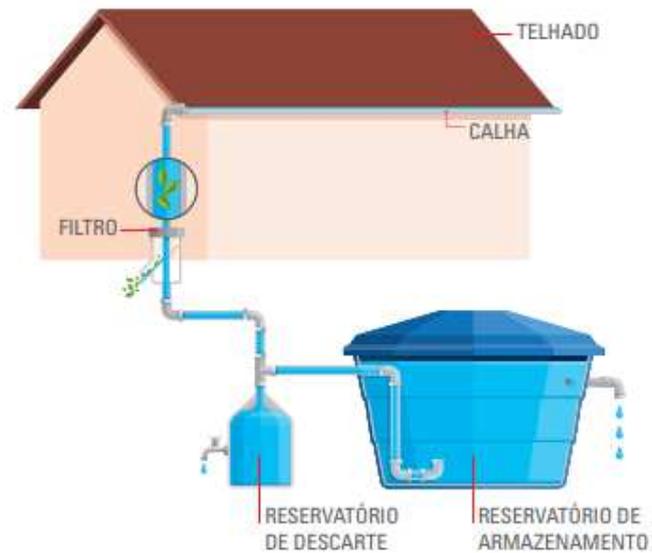
Portanto, a água da chuva pode ser utilizada nas atividades em que a sua qualidade não precise seguir os padrões de potabilidade definidos pelo Ministério da Saúde. Para isso, é necessária a aplicação de um sistema de aproveitamento de água da chuva. A ABNT (2007) afirma que para a concepção do sistema deve-se determinar o alcance do projeto, a população que irá utilizar a água da chuva e o volume que será demandado, além de serem estudadas as séries históricas de precipitação da região onde o sistema será implantado.

2.4 SISTEMA PARA APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL

Em geral, este sistema engloba a captação, armazenamento e utilização da água precipitada, sendo “[...] composto por: área impermeabilizada de captação, calhas e condutores verticais, filtro autolimpante, reservatório de descarte da água de limpeza do telhado (água da primeira chuva), reservatório de armazenamento e tratamento da água.” (MINAS GERAIS,

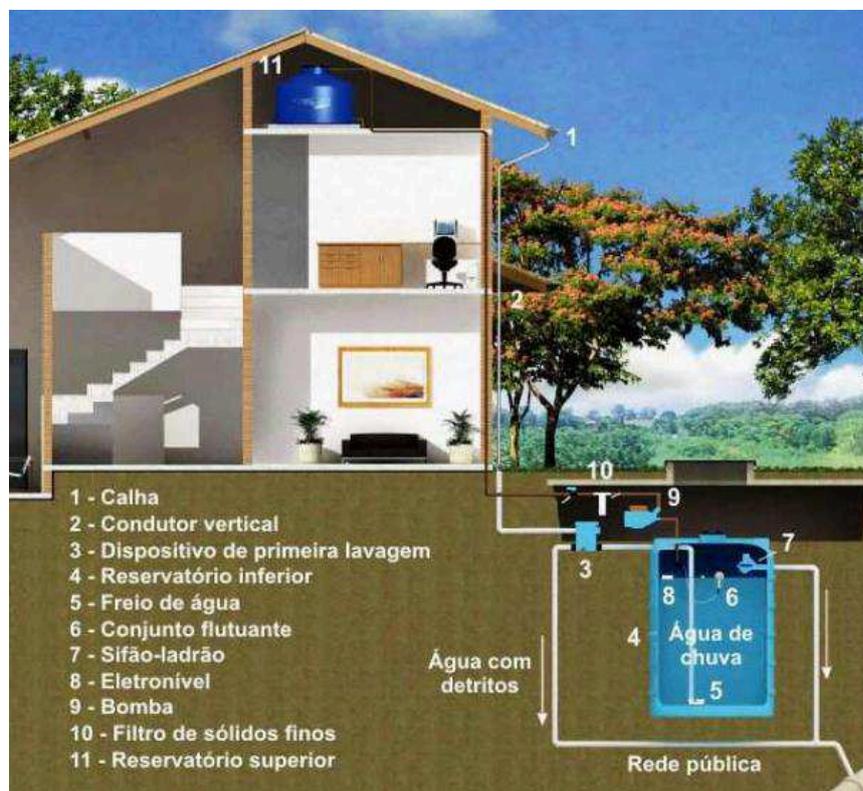
2016, p. 11). As Figuras 3 e 4 ilustram os componentes do sistema de forma simplificada e detalhada, respectivamente.

Figura 3 – Esquema simplificado do sistema de aproveitamento de água pluvial.



Fonte: Adaptado de IPT (2015 apud MINAS GERAIS, 2016, p. 11).

Figura 4 – Esquema detalhado do sistema de aproveitamento de água pluvial.



Fonte: Rocatherm (2011 apud LOPES, 2012, p. 19).

Dessa forma, a água da chuva primeiramente cai sobre a área de captação, representada nas Figuras 3 e 4 pelo telhado. Essa água é conduzida para o reservatório de armazenamento através de calhas e condutores verticais e horizontais, passando por dispositivos de filtragem e descarte de impurezas. A água é então armazenada em um reservatório ou cisterna para posteriormente ser distribuída pelas instalações prediais de águas pluviais até os pontos de utilização (CARVALHO, 2010).

2.4.1 Captação da Água Pluvial

A água precipitada é captada através das superfícies impermeáveis da cobertura de uma edificação, como telhados, lajes e pisos. Pode-se captar a água também de estacionamentos, calçadas e pátios, porém esses tipos de captação são menos comuns, já que a qualidade da água captada em áreas de superfícies do solo é alterada devido ao tráfego de pessoas e veículos (OLIVEIRA; CHRISTMANN; PIEREZAN, 2014).

Oliveira, Christmann e Pierezan (2014) afirmam que geralmente a área de captação considerada é a da superfície de cobertura, que tem como vantagem não só a qualidade da água, como também a ação da gravidade para a condução da água até o reservatório, desprezando a necessidade de um sistema de bombeamento. Logo, dá-se preferência aos telhados com alguma inclinação para realizar a captação da água pluvial.

O material no qual a superfície de captação é constituída também influencia na qualidade da água captada e determina o coeficiente de escoamento superficial, parâmetro que “[...] representa a relação entre o volume total de escoamento superficial e o volume total precipitado, variando conforme a superfície.” (ABNT, 2007, p. 2).

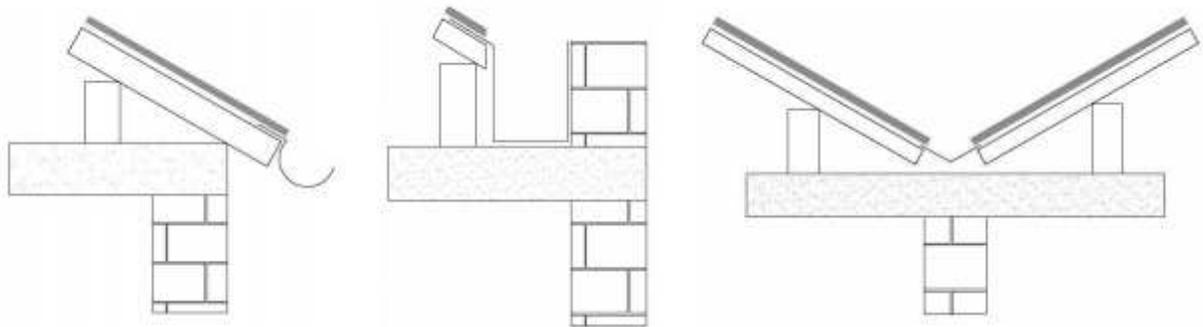
Esse coeficiente, também chamado de coeficiente de runoff (C), representa o quanto da água precipitada se transforma em escoamento. Por isso, os materiais mais indicados para a superfície de captação são os que apresentam valor de coeficiente de escoamento mais próximo de 1, que são os materiais com menor perda de água na captação.

2.4.2 Calhas e Condutores

As águas pluviais escoam pela área de captação e são recolhidas pelas calhas. As águas são direcionadas aos tubos de queda pluviais para serem levadas através de condutores verticais e horizontais até a área de armazenamento. Esse sistema deve ser dimensionado conforme a ABNT NBR 10844:1989, de acordo com as condições de projeto.

A norma indica os materiais que podem ser utilizados nas calhas e nos condutores, como o aço galvanizado ou o PVC (policloreto de vinila) rígido, devendo ser resistente a intempéries e a variações térmicas. A Figura 5 indica os tipos mais comuns de calhas.

Figura 5 – Tipos mais comuns de calhas, da esquerda para a direita: calhas de beiral, de platibanda e água-furtada.



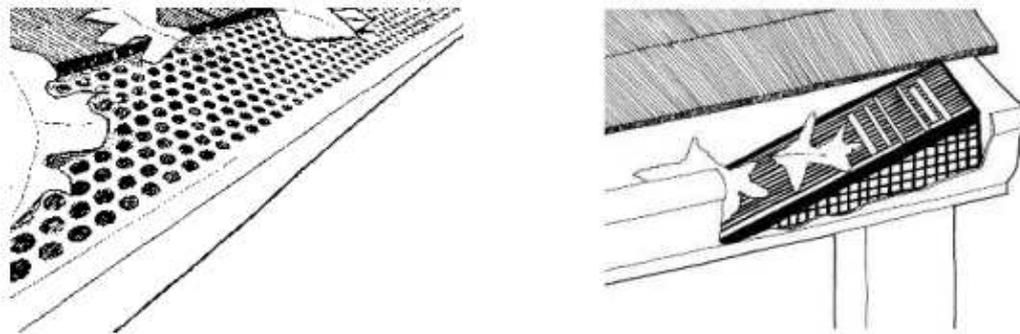
Fonte: Dias (2007 apud LOPES, 2012, p. 25).

Segundo Lopes (2012), as calhas recolhem tanto água quanto sedimentos, folhas e gravetos que podem estar presentes na área de captação. Por esse motivo, é importante a instalação de dispositivos para retenção dos sólidos grosseiros, evitando entupimentos no sistema e a decomposição de matéria orgânica, que poderiam comprometer a qualidade da água no reservatório. Esses dispositivos podem ser telas ou grades de plástico ou metal, instaladas em toda a extensão das calhas, permitindo a manutenção periódica para remoção dos detritos acumulados.

Outra opção é o uso de filtros autolimpantes que conduzem a água da chuva com sólidos mais grosseiros para o descarte através de galeria pluvial, enquanto o restante da água segue em direção ao reservatório de armazenamento. O dispositivo pode ser fabricado localmente ou adquirido no comércio e deve ser instalado no trecho de condução da água coletada pelas calhas para o reservatório de armazenamento (MINAS GERAIS, 2016).

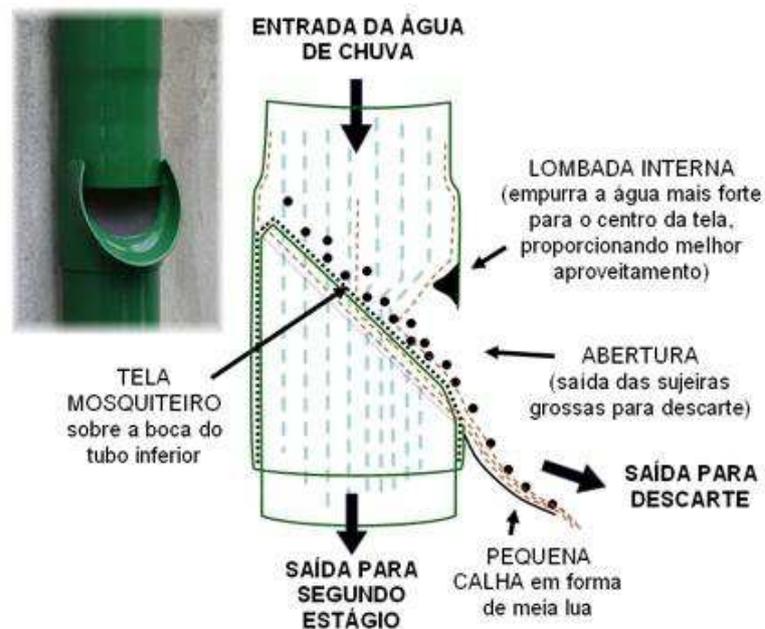
As Figuras 6 e 7 exemplificam os dispositivos para retenção dos sólidos grosseiros.

Figura 6 – Tela de metal ou plástico e sistema de peneiras sobre a calha, da esquerda para a direita.



Fonte: Waterfall (2006 apud LOPES, 2012, p. 26).

Figura 7 – Filtro autolimpante.



Fonte: Adaptado de Urbano (2014a).

Tendo em vista que a água da chuva faz a limpeza superficial do telhado e recolhe os detritos ali presentes, o grau de contaminação desta água pode ser bastante elevado, segundo Lage (2010).

Os dispositivos apresentados nas Figuras 6 e 7 realizam apenas a separação da sujeira mais grossa, ou seja, os finos não são retidos. Diante disso, recomenda-se o uso de dispositivo para o descarte da água de escoamento inicial, que é a “[...] água proveniente da área de captação suficiente para carregar a poeira, fuligem, folhas, galhos e detritos.”, segundo a ABNT NBR 15527:2007 (p. 2).

2.4.3 Dispositivos de Descarte de Água

A norma da ABNT NBR 15527:2007 recomenda que o dispositivo de descarte de água seja automático e dimensionado pelo projetista, porém na falta de dados, devem ser descartados 2 mm da precipitação inicial. Isso significa que para uma área de captação de 1 m², o volume de água a ser descartado equivalente a 2 mm de chuva seria de 2 litros de água da chuva. Desse modo, o volume de água a ser descartado é diretamente proporcional a área de captação e indica o volume útil do reservatório de descarte (MINAS GERAIS, 2016).

Dentre os diversos modelos de dispositivo de descarte da água de escoamento inicial que existem, estão o separador de águas pluviais com fundo roscável, o tonel para descarte e o reservatório com boia.

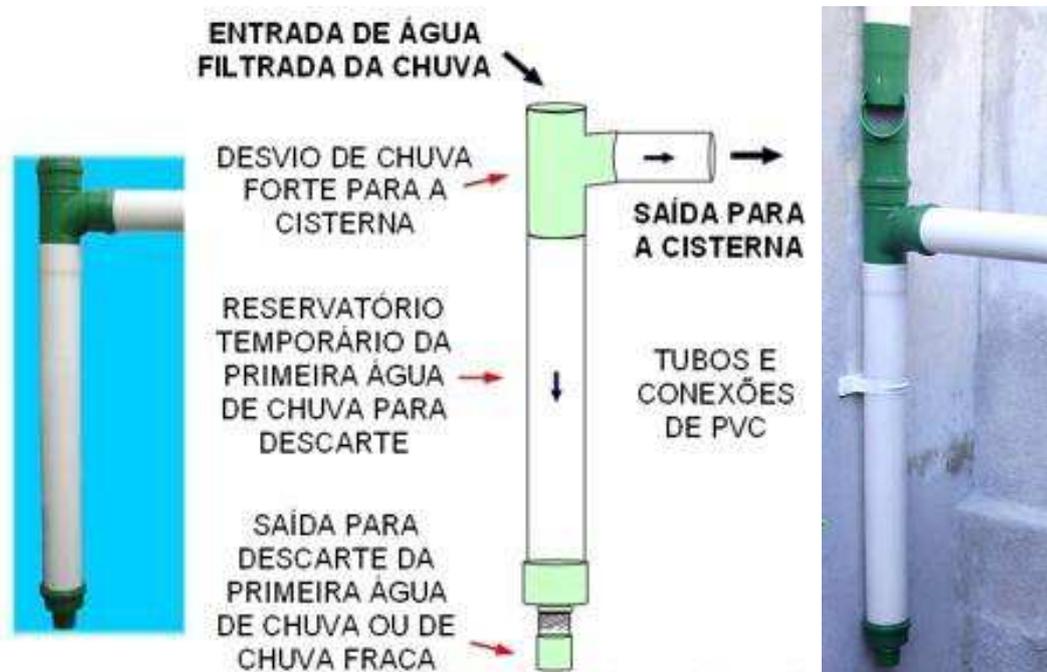
O separador de águas pluviais com fundo roscável é um exemplo de técnica simples e de baixo custo que deve ser instalado no condutor de descida da água da chuva coletada pelas calhas, logo após o filtro autolimpante mostrado na Figura 7.

Esse separador possui um reservatório temporário, para o qual são destinadas as águas de chuvas fracas e as primeiras águas de chuvas fortes. Uma parte da água é descartada por um furo existente no fundo roscável do separador, da magnitude de cerca de 2,5 mm. O furo funciona como um redutor de vazão, dado que o escoamento de saída se torna menor que o de entrada, fazendo com que o nível de água do reservatório temporário aumente gradativamente. Assim que a capacidade do reservatório temporário é atingida, a água é desviada para o reservatório de armazenamento (URBANO, 2014b; LOPES, 2012).

O funcionamento do dispositivo com tonel para descarte é similar ao do separador, diferindo apenas pela capacidade do reservatório temporário, devido à presença do tonel, e pelo tamanho do orifício de saída, que para o dispositivo com tonel é da magnitude de cerca de 5 mm.

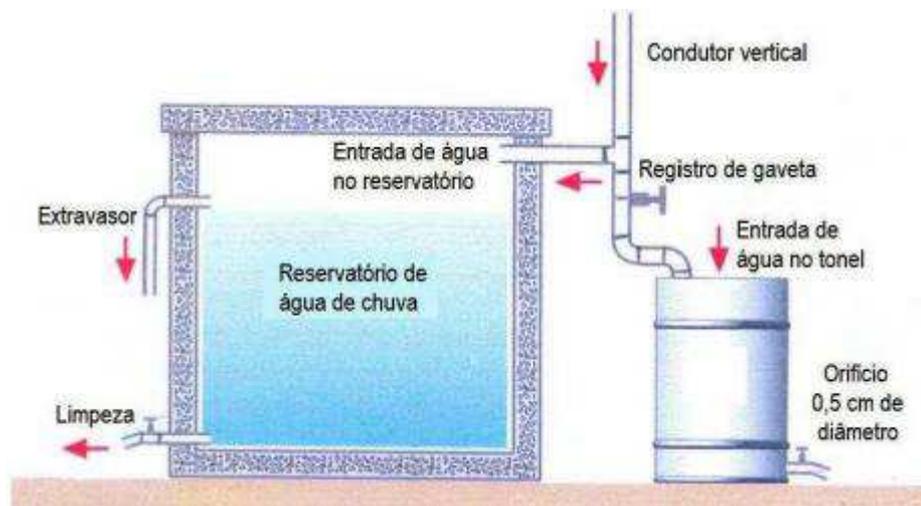
A Figura 8 apresenta o separador de águas pluviais com fundo roscável e a instalação do filtro autolimpante em conjunto com o separador, enquanto a Figura 9 apresenta o dispositivo com tonel para descarte da primeira chuva.

Figura 8 – Separador de águas pluviais com fundo roscável e instalação do filtro autolimpante e do separador de águas pluviais em conjunto.



Fonte: Urbano (2014b).

Figura 9 – Dispositivo com tonel para descarte da primeira chuva.

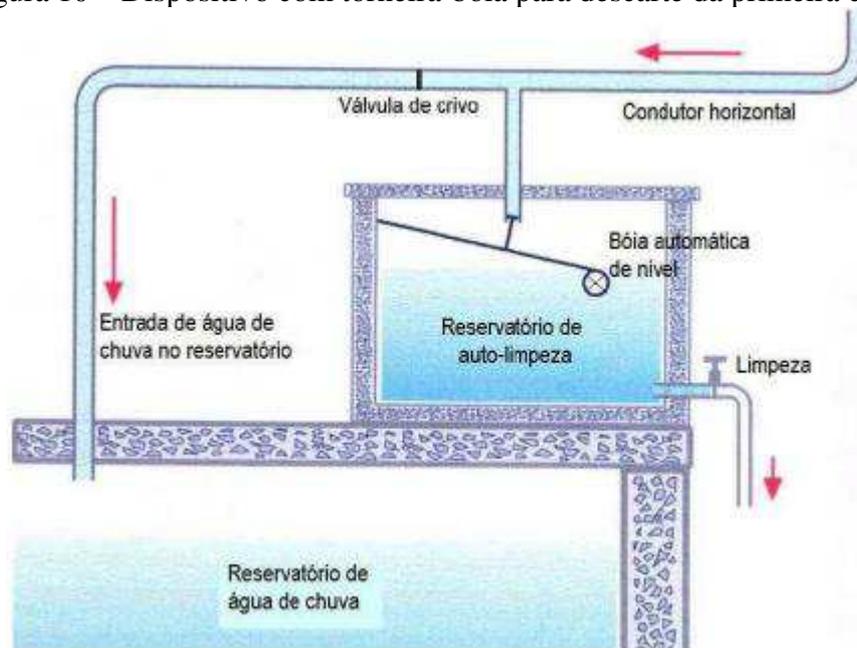


Fonte: DACACH (1979 apud LOPES, 2012, p. 27).

Analisando o modo de funcionamento e instalação do sistema de descarte e filtragem de água pluviais mostrado na Figura 8, conclui-se que seu uso seja recomendado em edificações que tenham os condutores verticais aparentes, facilitando a drenagem da água descartada. O dispositivo apresentado na Figura 9, por sua vez, requiere espaço disponível para a instalação de um tonel que será o reservatório de água pluvial temporário.

No dispositivo com torneira-boia, representado na Figura 10, o reservatório de descarte fica situado acima do reservatório de armazenamento. A água coletada pelas calhas é levada pelos condutores ao reservatório de descarte e o nível de água [...] “aumenta gradativamente até atingir uma situação limite que implica no fechamento automático da torneira-boia. A partir daí, a água é desviada para o reservatório inferior onde ficará armazenada até ser distribuída.” (LOPES, 2012, p. 27). Ao final da precipitação, deve-se esvaziar o reservatório de descarte pela abertura do registro de descarte.

Figura 10 – Dispositivo com torneira-boia para descarte da primeira chuva.



Fonte: DACACH (1979 apud LOPES, 2012, p. 28).

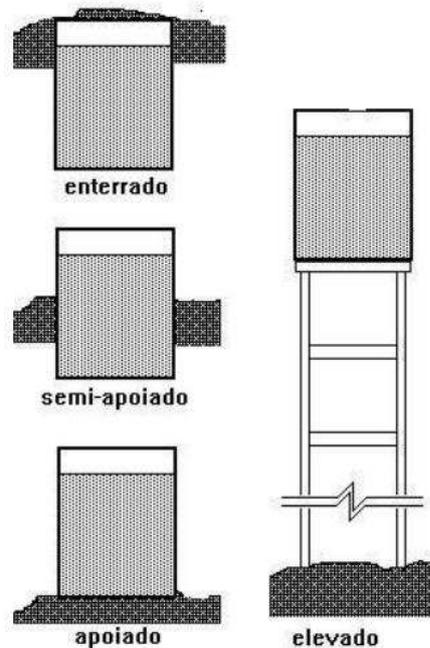
Tal como o dispositivo com tonel, apresentado na Figura 9, o dispositivo com torneira-boia necessita de espaço disponível para instalação de um reservatório temporário. Contudo, para o dispositivo com torneira-boia, o reservatório temporário é instalado acima do reservatório de armazenamento de águas pluviais, o que deve ser previsto na escolha do reservatório.

2.4.4 Reservatório de Armazenamento

O reservatório deve armazenar a água captada para que, através das instalações prediais de água pluvial, seja direcionada aos pontos de uso não potável. Para esse fim, podem ser utilizadas cisternas ou caixas d'água e o reservatório pode ser enterrado, semi-apoiado,

apoiado ou elevado, conforme a Figura 11. A escolha da posição e do material do reservatório depende das condições do terreno e do espaço disponível para instalação (BERTOLDI, 2017).

Figura 11 – Posições do reservatório de armazenamento.



Fonte: Reckziegel (2010 apud OLIVEIRA; CHRISTMANN; PIEREZAN, 2014, p. 10).

Oliveira (2005) afirma que geralmente são utilizados dois reservatórios: um inferior que recebe a água da chuva captada e outro superior que recebe a água bombeada por um sistema de moto-bomba para que seja posteriormente levada aos pontos de consumo.

Segundo a ABNT NBR 15527:2007, devem ser utilizados reservatórios separados para a água da chuva e a água potável, porém o reservatório de águas pluviais pode conter um sistema de realimentação com água potável. Este sistema serve para abastecer o reservatório com água potável em períodos de escassez de água de chuva, de forma que os pontos de consumo para fins não potáveis não fiquem comprometidos. Nesse caso, é necessário o uso de dispositivos que impeçam a conexão cruzada (BERTOLDI, 2017; MINAS GERAIS, 2016).

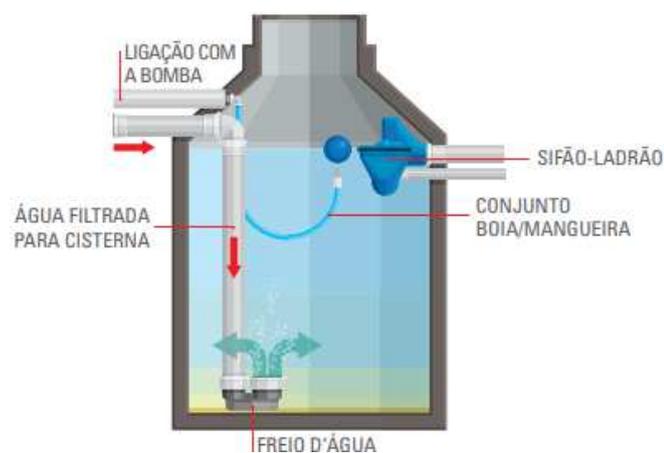
A norma afirma que deve ser minimizado o turbilhonamento da água no reservatório para evitar a ressuspensão de sólidos e o arraste de materiais flutuantes. Além disso, “A retirada de água do reservatório deve ser feita próxima à superfície. Recomenda-se que a retirada seja feita a 15 cm da superfície.” (ABNT, 2007, p. 3). Para atender a esses pontos da norma, podem ser utilizados no reservatório de armazenamento os dispositivos expostos no Quadro 3 e na Figura 12.

Quadro 3 – Dispositivos do reservatório de armazenamento.



Fonte: Adaptado de Sicolino e Furtado (2015 apud MINAS GERAIS, 2016, p. 24).

Figura 12 – Reservatório de armazenamento com freio d'água, sifão-ladrão e sistema flutuante de captação da água.



Fonte: Minas Gerais (2016, p. 25).

O freio d'água é utilizado para redução do turbilhonamento, enquanto o sifão-ladrão e o conjunto boia/mangueira favorecem a captação da água mais limpa para o uso nos pontos de consumo.

O volume do reservatório deve ser determinado conforme as necessidades do usuário e a disponibilidade pluviométrica local, podendo ser utilizado algum dos métodos descritos pela ABNT NBR 15527:2007, conforme o Quadro 4 (OLIVEIRA; CHRISTMANN; PIEREZAN, 2014).

Quadro 4 – Métodos para dimensionamento dos reservatórios de armazenamento.

Método	Descrição	Fórmulas
Método de Rippl	A determinação do volume é realizada com base na área de captação e na precipitação registrada; considera que nem toda a água precipitada seja armazenada, e correlaciona tal volume ao consumo mensal da edificação.	$S(t) = D(t) - Q(t)$ $Q(t) = C * P(t) * A$ $V = \sum S(t), \text{ somente para } S(t) > 0$
Método de Simulação	Os registros de precipitação (mensais ou diários) são utilizados para simular o comportamento do volume de água no reservatório, sem contabilizar a evaporação da água.	$S(t) = Q(t) + S(t-1) - D(t)$ $Q(t) = C * P(t) * A$
Método Azevedo Neto	Utiliza uma série de precipitações de forma anual, relacionando com a quantidade de meses com pouca chuva ou seca. É definido como volume ideal de reservatório, 4,2% do produto entre o volume de chuva coletado no telhado e o número de meses secos.	$V = 0,042 * P * A * T$
Método Prático Alemão	É um método empírico onde se toma o menor valor do volume do reservatório entre 6% do volume anual de consumo, ou 6% do volume anual de precipitação aproveitável. Compara o volume de chuva aproveitável com a demanda anual.	$V = \text{mín}(D; PA) * 0,06$
Método Prático Inglês	Metodologia que utiliza série histórica anual, considera o volume ideal de armazenamento como sendo 5% do volume de água coletado no telhado, e despreza a variável de demanda da água, sendo o volume obtido independente deste.	$V = 0,05 * P * A$
Método Prático Australiano	É necessário obter uma série histórica mensal de precipitação; esse método se diferencia por produzir resultados mais criteriosos devido à realização de um pequeno balanço das variáveis empregadas. Utiliza uma análise entre a chuva total do mês, em conjunto com a demanda também mensal, para equacionar o melhor volume de reservatório.	$Q = A * C * (P - I)$ $V_t = V_{t-1} + Q_t - D_t$ $\text{Confiança} = 1 - (N_r / N)$

Fonte: Adaptado de ABNT (2007, p. 6-8) e Bertoldi (2017, p. 19-20).

A Cartilha de Aproveitamento de Água Pluvial desenvolvida pela Fundação Estadual do Meio Ambiente (MINAS GERAIS, 2016) comenta sobre os métodos apresentados no Quadro 4. Segundo os autores, o método da simulação é um dos métodos mais elaborados, em decorrência da realização de um balanço de massa. O método prático australiano é considerado o mais trabalhoso, em virtude de o volume do reservatório ser determinado por tentativa e erro, até que o valor de confiança encontrado esteja dentro do intervalo recomendado por norma.

O método de Rippl também é considerado pelos autores um método mais elaborado. Segundo Tomaz (2010), geralmente resulta em um superdimensionamento do reservatório, porém é recomendado para verificar o limite superior do volume do reservatório de armazenamento de águas pluviais.

Para os autores da Cartilha de Aproveitamento de Água Pluvial (MINAS GERAIS, 2016), os métodos prático inglês, prático alemão e Azevedo Neto são métodos mais simples. O primeiro pode resultar em um superdimensionamento do reservatório, enquanto o segundo em um subdimensionamento do mesmo, pois toma o menor valor do volume do reservatório, de acordo com a norma da ABNT NBR 15527:2007. Para método Azevedo Neto, é necessária a determinação dos meses com pouca chuva, o que pode gerar certa dificuldade, posto que a norma não estabelece valores de referência.

Neste trabalho, o volume do reservatório de armazenamento de águas pluviais é realizado pelos métodos Azevedo Neto, prático inglês e de Rippl. Dessa forma, tem-se um valor de referência máxima fornecido pelo método de Rippl e outros dois valores obtidos de forma mais simplificada. Foi descartado o uso dos demais métodos indicados pela norma em função da complexidade no cálculo ou da possibilidade do resultado não ser coerente com a realidade do projeto.

2.4.5 Qualidade da Água Pluvial

Segundo Oliveira, Christmann e Pierezan (2014), “Antes de sua utilização, a verificação da qualidade e da necessidade de tratamento da água é fundamental para que não ocorram riscos de saúde em seus usuários.” (p. 5). O Quadro 5 relaciona a área de coleta com o grau de purificação da água da chuva, indicando o seu possível uso.

Quadro 5 – Variação da qualidade da água da chuva devido ao sistema de coleta.

Grau de purificação	Área de coleta da chuva	Uso da água da chuva
A	Telhados (lugares não ocupados por pessoas ou animais)	Lavar banheiros, regar as plantas, a água filtrada é potável
B	Telhados (lugares frequentados por animais e pessoas)	Lavar banheiros, regar as plantas, a água não pode ser usada para beber
C	Terraços e terrenos impermeabilizados, áreas de estacionamento	Mesmo para os usos não potáveis, necessita de tratamento
D	Estradas, vias férreas elevadas	Mesmo para os usos não potáveis, necessita de tratamento

Fonte: Group Raindrops (2002 apud OLIVEIRA, 2005, p. 10).

De acordo com o Quadro 5, as águas pluviais com o melhor grau de purificação são as captadas por telhados. Todavia, mesmo com a qualidade das águas coletadas por telhados, deve-se ressaltar que a norma da ABNT NBR 15527:2007 determina que o aproveitamento de água pluvial se aplica somente a usos não potáveis.

A norma afirma que a utilização prevista para o aproveitamento da água pluvial é que define os padrões de qualidade a serem adotados pelo projetista, podendo ou não ser necessária a realização do tratamento da água pluvial. Para usos mais restritivos, a norma dá recomendações dos parâmetros de qualidade da água que devem ser controlados e indica técnicas de desinfecção que podem ser aplicados aos casos em que haja esta necessidade. O Quadro 6 expõe as recomendações de tratamento da água pluvial conforme o seu uso previsto.

Quadro 6 – Diferentes qualidades de água para diferentes aplicações.

Uso requerido pela água	Tratamento necessário
Irrigação de jardins	Nenhum tratamento
Prevenção de incêndio, condicionamento de ar	Cuidados para manter o equipamento de estocagem e distribuição em condições de uso
Fontes e lagoas, descargas de banheiro, lavação de roupas e lavação de carros	Tratamento higiênico, devido ao possível contato do corpo humano com a água
Piscina/banho, consumo humano e preparo de alimentos	Desinfecção, para a água ser consumida direta ou indiretamente

Fonte: Group Raindrops (2002 apud MINAS GERAIS, 2016, p. 36).

Para os usos indicados pela norma para o aproveitamento de água pluvial, o tratamento higiênico da água é suficiente, como mostrado no Quadro 6. O Group Raindrops (2002 apud

MINAS GERAIS, 2016) afirma que para usos não potáveis não há a necessidade da desinfecção, pois esta acarretaria no aumento de custos e manutenção permanente.

Por fim, segundo a Cartilha de Aproveitamento de Água Pluvial (MINAS GERAIS, 2016), recomenda-se que seja realizada uma caracterização físico-química e microbiológica da água no início da sua captação, para verificação da sua qualidade. Ainda assim, deve-se fazer uma inspeção visual do aspecto da água, periodicamente, para identificar alterações no funcionamento adequado dos componentes do sistema.

2.4.6 Instalações Prediais

Conforme a norma da ABNT NBR 15527:2007, as instalações prediais de aproveitamento de água pluvial devem atender à ABNT NBR 5626:1998 – Instalação predial de água fria.

A norma determina que as tubulações e conexões do sistema de aproveitamento de água pluvial sejam diferenciadas dos componentes do sistema água potável, lembrando que não é permitida a conexão cruzada. Os pontos de consumo devem ser identificados com placa de advertência para que sejam utilizados somente para fins não potáveis.

2.4.7 Manutenção

Devem ser realizadas manutenções em todo o sistema de aproveitamento de águas pluviais, seguindo a frequência recomendada pela ABNT NBR 15527:2007, conforme o Quadro 7.

Quadro 7 – Frequência de manutenção.

Componente	Frequência de manutenção
Dispositivo de descarte de detritos	Inspeção mensal Limpeza trimestral
Dispositivo de descarte do escoamento inicial	Limpeza mensal
Calhas, condutores verticais e horizontais	Semestral
Dispositivos de desinfecção	Mensal
Bombas	Mensal
Reservatório	Limpeza e desinfecção anual

Fonte: ABNT (2007).

A norma ainda recomenda que o sistema seja desconectado quando forem utilizados produtos nocivos à saúde humana na área de captação, devido ao risco de contaminação da água do reservatório de armazenamento. A reconexão só deve ser feita após lavagem adequada para garantir que não haja mais este risco.

3 METODOLOGIA

Neste capítulo é apresentado o objeto de estudo e, com base nas características e localização da edificação em análise, são expostos os principais métodos e normativas adotados para o dimensionamento do sistema de aproveitamento de águas pluviais, bem como variáveis, diretrizes e equações a serem utilizadas.

3.1 OBJETO DE ESTUDO

O objeto de estudo deste trabalho é uma edificação multifamiliar de dois pavimentos, localizada na Rua Desembargador Guilherme Abry, 342, bairro Saguacu, Joinville-SC. A edificação se trata de um sobrado composto por três apartamentos, uma sala comercial e uma garagem coberta, projetada e construída em 2011.

Cada apartamento possui dois quartos, um banheiro, uma sala de estar, uma cozinha e uma lavanderia. Os apartamentos localizados no pavimento superior, apartamentos 201 e 202, possuem uma sacada com churrasqueira cada. O apartamento 202 possui uma sacada adicional no quarto de maior área.

A edificação possui 267,81 m² de área total construída, sendo que o pavimento térreo apresenta 133,67 m² e o pavimento superior, 134,14 m². O terreno em que o sobrado está situado possui 470,03 m² de área total e já contava com uma casa de alvenaria construída anteriormente. Essa casa de alvenaria, de 78,09 m² de área total construída, não foi considerada neste trabalho.

A empresa que realizou os projetos da edificação em estudo foi a Amauri Engenharia e a mesma forneceu as plantas de localização e situação e os projetos arquitetônico, hidráulico, hidrossanitário, elétrico, estrutural e preventivo de incêndio. Os projetos originais foram desenvolvidos no software AutoCAD e, para este trabalho, foram redesenhados os projetos arquitetônico e hidráulico no software Revit, de modo a facilitar a obtenção da lista de materiais hidráulicos.

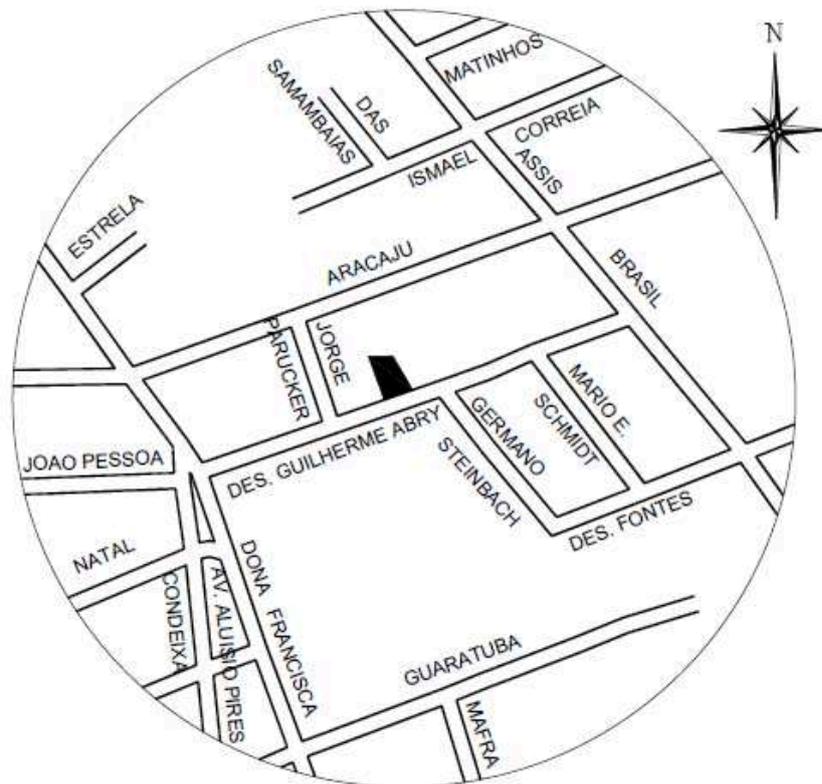
No projeto estrutural, há somente a locação das sapatas e identificação das vigas, pilares e lajes, sem informações mais detalhadas sobre as lajes. Não será considerado o dimensionamento das lajes neste trabalho, em decorrência da diretriz projetual assumir a distribuição da nova instalação hidráulica pela parte externa da edificação.

Não há indicação, em nenhum dos projetos, da quantidade e localização dos condutores verticais e horizontais de águas pluviais. A única informação presente em um dos

cortes do projeto arquitetônico é que existem condutores verticais embutidos nas paredes da edificação. A identificação da quantidade e localização estimada dos condutores verticais e horizontais de águas pluviais foi feita através de contato com o proprietário do imóvel e de verificação in loco.

A Figura 13 mostra a planta de localização do terreno em que se encontra o objeto de estudo e o Quadro 8 expõe o quadro de áreas, conforme indicado no projeto original. Os Anexos A, B, C, D, E e F apresentam a planta de situação, o projeto arquitetônico dos pavimentos térreo e superior e o projeto hidráulico dos pavimentos térreo, superior e cobertura, respectivamente. O Anexo G apresenta os detalhes isométricos do projeto hidráulico.

Figura 13 – Planta de localização do terreno em Joinville-SC (sem escala).



Fonte: Amauri Engenharia (2011a).

Quadro 8 – Quadro de áreas.

Discriminação	Pavimento	Área total
Apartamento 101	Térreo	52,12 m ²
Sala Comercial e Garagem	Térreo	70,58 m ²
Apartamento 201	Superior	56,15 m ²
Apartamento 202	Superior	67,02 m ²
Escada e Circulação	-	10,97 m ² (x2)
Total	-	267,81 m ²

Fonte: Amauri Engenharia (2011a).

3.2 FATORES METEOROLÓGICOS

Para fins de projeto, foi determinada a intensidade pluviométrica, através de dados pluviométricos locais e valores fixados de duração de precipitação e período de retorno.

A estação pluviométrica utilizada para o fornecimento de dados para este trabalho foi a estação de código 02648036, localizada no Campus da Universidade da Região de Joinville (Univille), a latitude 26° 15' 7,92" Sul, longitude 48° 51' 21,96" Oeste e altitude de 20 metros. A Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI-SC) é a operadora e a responsável por esta estação (ANA, 2019).

A estação da Univille se localiza na Zona Industrial Norte, bairro considerado o 5º mais chuvoso da cidade de Joinville, segundo Mello (2017). O bairro Saguçu, local onde o objeto de estudo se encontra, apresenta valores intermediários de precipitação média anual de acordo com essa mesma autora. Sabe-se que os dados de precipitação da estação da Univille podem ser tendenciosos, porém como a distância em linha reta entre a estação e o objeto de estudo é de cerca de 3 km, mantiveram-se os dados coletados por essa estação como base para este trabalho (GOOGLE MAPS, 2019).

No site da Univille (2019), é disponibilizada uma tabela com os dados mensais de precipitação, de janeiro de 1996 a janeiro de 2015, constando também a soma da precipitação anual e a média mensal por ano (Anexo H).

Tendo como base a estação da Univille para obtenção dos dados pluviométricos, o cálculo da intensidade pluviométrica foi realizado por meio da Equação 1, desenvolvida para esta mesma estação pluviométrica por Lopes (2006).

$$i = \frac{1,14 * e^{1,5 * \ln\left(\frac{\ln t}{7,3}\right)} * \left\{97,756 - 19,068 * \ln\left[-\ln\left(1 - \frac{1}{T}\right)\right] - 11,005\right\}}{t} \quad (1)$$

Onde:

i = intensidade pluviométrica, em mm/min;

T = período de retorno, em anos;

t = duração de precipitação, em minutos.

A norma da ABNT NBR 10844:1989 estabelece que seja utilizado o período de retorno T = 5 anos, para coberturas e/ou terraços, e a duração de precipitação t = 5 min.

3.3 ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO

Segundo a NBR 10844 (ABNT, 1989), “No cálculo da área de contribuição, devem-se considerar os incrementos devidos à inclinação da cobertura e às paredes que interceptem água de chuva que também deva ser drenada pela cobertura.” (p. 3).

A inclinação do telhado da edificação em estudo é de 15%. Para superfícies inclinadas, a norma indica que a área de contribuição seja calculada através da Equação 2, sendo que as variáveis estão representadas na Figura 14.

$$A = \left(a + \frac{h}{2} \right) * b \quad (2)$$

Onde:

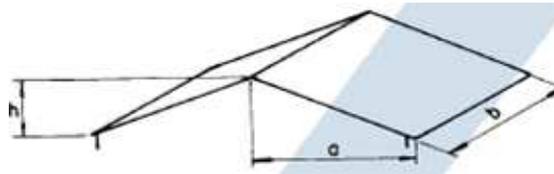
A = área de contribuição, em m²;

a = largura da água (plano do telhado), em m;

b = comprimento do telhado, em m;

h = altura do telhado, em m.

Figura 14 – Cálculo da área de contribuição de superfícies inclinadas.



Fonte: ABNT (1989, p. 5).

3.4 VAZÃO DE PROJETO

A vazão de projeto foi calculada a partir da Equação 3, de acordo com a NBR 10844 (ABNT, 1989).

$$Q = \frac{i * A}{60} \quad (3)$$

Onde:

Q = vazão de projeto, em L/min;

i = intensidade pluviométrica, em mm/h;

A = área de contribuição, em m².

3.5 CALHAS

Segundo a norma da ABNT NBR 10844:1989, as calhas de beiral e platibanda devem ter inclinação uniforme e de no mínimo 0,5%. Para as calhas de água-furtada, a inclinação é definida conforme o projeto da cobertura. O dimensionamento das calhas pode ser feito pela fórmula de Manning-Strickler, representada na Equação 4.

$$Q = \frac{K * S * \sqrt[3]{Rh^2} * \sqrt{i}}{n} \quad (4)$$

Onde:

Q = vazão de projeto, em L/min;

S = área da seção molhada, em m²;

P = perímetro molhado, em m;

$Rh = S/P$ = raio hidráulico, em m;

i = declividade da calha, em m/m;

n = coeficiente de rugosidade;

$K = 60000$.

Para calhas de alumínio, como as adotadas na edificação em estudo, a norma indica que seja considerado o coeficiente de rugosidade $n = 0,011$. O formato da calha é retangular e foi considerado que a lâmina de água corresponde à metade da sua seção interna.

3.6 CONDUTORES VERTICAIS

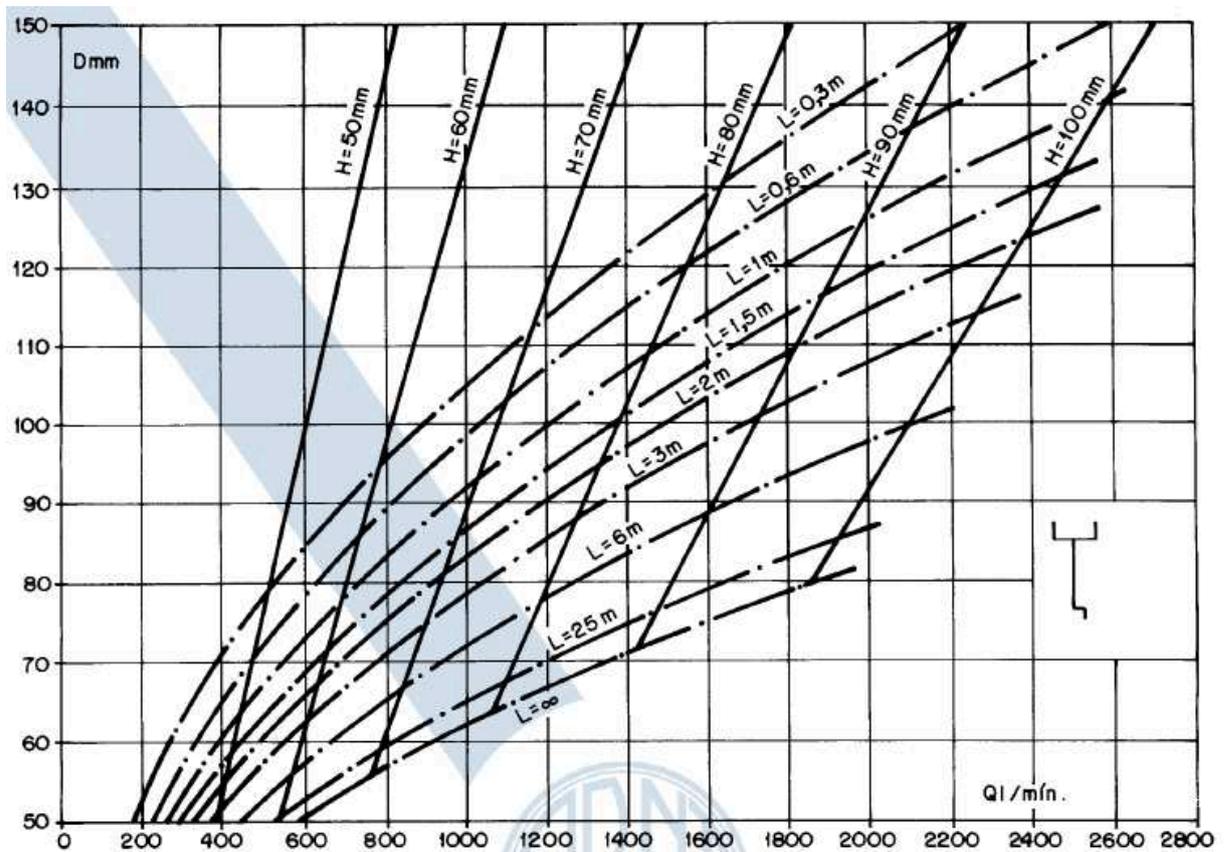
A norma da ABNT NBR 10844:1989 afirma que o diâmetro interno mínimo dos condutores verticais de seção circular é 70 mm e que esses condutores podem ser colocados interna ou externamente ao edifício.

Para o dimensionamento dos condutores verticais, são utilizados ábacos de calha com saída em aresta viva ou funil de saída, pelos quais o diâmetro interno (D) do condutor vertical é obtido através dos seguintes dados:

- Q = Vazão de projeto, em L/min;
- H = altura da lâmina de água na calha, em mm;
- L = comprimento do condutor vertical, em m.

As calhas do objeto de estudo são com saída em aresta viva, portanto o ábaco utilizado é o apresentado na Figura 15.

Figura 15 – Ábaco para a determinação de diâmetros de condutores verticais.



Fonte: ABNT (1989, p. 8).

3.7 CONDUTORES HORIZONTAIS

Os condutores horizontais devem ser projetados com declividade uniforme e de no mínimo 0,5%. De acordo com a norma da ABNT NBR 10844:1989, para condutores horizontais de seção circular, o dimensionamento “[...] deve ser feito para escoamento com lâmina de altura igual a 2/3 do diâmetro interno (D) do tubo.” (p. 9).

A Tabela 3 indica as vazões máximas para tubos de materiais com coeficiente de rugosidade $n = 0,011$ e declividades usuais. Para tubos de PVC, material dos condutores instalados no objeto de estudo, o coeficiente de rugosidade é igual a $0,011$ (ABNT, 1989).

Tabela 3 – Capacidade de condutores horizontais de seção circular e coeficiente de rugosidade $n = 0,011$ (vazões em L/min).

Diâmetro interno (mm)	Declividade			
	0,5%	1%	2%	4%
50	32	45	64	90
75	95	133	188	267
100	204	287	405	575
125	370	521	735	1040
150	602	847	1190	1690
200	1300	1820	2570	3650
250	2350	3310	4660	6620
300	3820	5380	7590	10800

Nota: As vazões foram calculadas utilizando-se a fórmula de Manning-Strickler, com a altura de lâmina de água igual a $2/3 D$.

Fonte: Adaptado de ABNT (1989, p. 9).

A norma da ABNT NBR 10844:1989 ainda indica que a ligação entre os condutores verticais e horizontais seja feita por curva de raio longo, com inspeção ou caixa de areia. Além disso, no caso de conexões com outra tubulação, mudança de declividade ou de direção e a cada trecho de 20 metros nos percursos retilíneos, deve-se prever uma caixa de areia ou inspeção, para tubulações enterradas e aparentes, respectivamente. Entretanto, a norma da ABNT NBR 15527:2007 afirma que “[...] não deve ser utilizada caixa de areia e sim caixa de inspeção.” (p. 2).

3.8 PREVISÃO DE CONSUMO

A norma da ABNT NBR 5626:1998 indica que o volume de água reservado em uma edificação deve ser o suficiente para, no mínimo, 24 horas de consumo normal. Adicionalmente, deve ser considerado o volume de água para combate a incêndio.

Conforme o Quadro 4, os métodos para dimensionamento do reservatório de armazenamento de um sistema de aproveitamento de águas pluviais geralmente utilizam a informação de demanda ou consumo dos pontos de uso não potável. Por isso, a Tabela 4 traz a previsão de consumo dos pontos de uso não potável.

Tabela 4 – Previsão de consumo dos pontos de uso não potável.

Ponto de consumo	Taxa	Frequência
Descarga em bacias sanitárias	9 L/descarga/pessoa	5 vezes/dia
Rega de jardim	2 L/m ²	1 vez/semana
Limpeza de pátios comuns	2 L/m ²	1 vez/semana
Lavagem de carro	150 L/lavagem/carro	1 vez/semana

Fonte: Adaptado de Tomaz (2010).

Tomaz (2010) afirma que a taxa de consumo de água por descarga em bacias sanitárias leva em consideração a ocorrência de possíveis vazamentos na ordem de 30%. Por isso, apesar de existirem bacias sanitárias mais econômicas no mercado brasileiro, a previsão do consumo para esse fim se torna mais elevada.

Para a previsão do consumo dos pontos de uso não potável em uma residência, deve-se estimar o número de habitantes, número de carros e área dos locais de limpeza e irrigação, como jardim, calçadas e escadas, por exemplo.

Creder (2006) recomenda que se considere a taxa de ocupação de duas pessoas para cada quarto social e de uma pessoa a cada 6 m² de área para um escritório.

3.9 ÁREA DE CAPTAÇÃO

De acordo com a ABNT NBR 15527:2007, a área de captação é a “[...] área, em metros quadrados, projetada na horizontal da superfície impermeável da cobertura onde a água é captada” (p. 2).

3.10 COEFICIENTE DE ESCOAMENTO

O coeficiente de escoamento superficial, ou coeficiente de runoff (C), é utilizado em alguns métodos de dimensionamento do reservatório de águas pluviais. Esse coeficiente depende do material utilizado na área de captação, normalmente representada pelo telhado das edificações.

Segundo Azevedo Netto (1998), os valores usuais desse coeficiente para telhados são entre 0,70 e 0,95, sendo que a variação depende da declividade e da permeabilidade do material utilizado. Entretanto, Tomaz (2010) indica que, para efeito de cálculo, seja adotado o coeficiente de runoff de 0,95.

3.11 RESERVATÓRIO DE ARMAZENAMENTO

O reservatório de armazenamento será dimensionado por três métodos descritos pela ABNT NBR 15527:2007.

3.11.1 Método de Rippl

O dimensionamento do reservatório por este método é feito através das Equações 5, 6 e 7, utilizando séries históricas mensais da estação pluviométrica da Univille.

$$S_{(t)} = D_{(t)} - Q_{(t)} \quad (5)$$

$$Q_{(t)} = C * P_{(t)} * A \quad (6)$$

$$V = \sum S_{(t)}, \text{ somente para valores } S_{(t)} > 0 \quad (7)$$

Sendo que: $\sum D_{(t)} < \sum Q_{(t)}$.

Onde:

S (t) = volume de água no reservatório no tempo t, em m³;

D (t) = demanda ou consumo no tempo t, em m³;

Q (t) = volume de chuva aproveitável no tempo t, em m³;

P (t) = precipitação da chuva no tempo t, em m;

A = área de captação, em m²;

C = coeficiente de escoamento superficial;

V = volume do reservatório, em m³.

3.11.2 Método Azevedo Neto

Para este método, o volume do reservatório de armazenamento é encontrado pela Equação 8.

$$V = 0,042 * P * A * T \quad (8)$$

Onde:

P = precipitação média anual, em mm;

A = área de captação, em m²;

T = número de meses de pouca chuva ou seca;

V = volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório, em L.

3.11.3 Método Prático Inglês

O dimensionamento do reservatório pelo método prático inglês é realizado por meio da Equação 9.

$$V = 0,05 * P * A \quad (9)$$

Onde:

P = precipitação média anual, em mm;

A = área de captação, em m²;

V = volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório, em L.

3.12 BOMBEAMENTO

Azevedo Netto (1998) explica que um conjunto elevatório (bomba-motor) pode ser utilizado para vencer a diferença de nível entre dois pontos, considerando também as perdas de carga do percurso.

Segundo a ABNT NBR 5626:1998, “Uma instalação elevatória consiste no bombeamento de água de um reservatório inferior para um reservatório superior ou para um reservatório hidropneumático.” (p. 11).

A norma citada recomenda que, no caso de edifícios com pequenos reservatórios, o tempo de enchimento do reservatório deve ser menor do que 1 hora. Para grandes reservatórios, o tempo de enchimento pode ser de até 6 horas. Ghisi (2004) afirma que, para prédios de apartamentos, o tempo de enchimento recomendado é de 5 horas.

Para bombas que tem o funcionamento descontínuo, isto é, bombas que funcionam apenas algumas horas por dia, o dimensionamento das linhas de recalque é dado pela fórmula de Forschheimer, representada pela Equação 10. Para isso, é necessário o cálculo da vazão

do abastecimento do reservatório, conforme a Equação 11 (AZEVEDO NETTO, 1998; GHISI, 2004; BOHN, 2019).

$$D_r = 1,3 * \sqrt[4]{\frac{h}{24}} * \sqrt{Q} \quad (10)$$

$$Q = \frac{CD}{3600 * h} \quad (11)$$

Onde:

D_r = diâmetro da tubulação de recalque, em m;

Q = vazão de recalque, em m^3/s ;

h = número de horas de bombeamento por dia;

CD = consumo diário, em m^3 .

De acordo com Azevedo Netto (1998), para a tubulação de sucção é geralmente adotado o diâmetro comercial imediatamente superior ao diâmetro de recalque. O diâmetro dos extravasores, tanto do reservatório inferior quanto do superior, é considerado um diâmetro comercial superior ao diâmetro da alimentação dos reservatórios (GHISI, 2004; BOHN, 2019).

Com o diâmetro das tubulações de recalque e de sucção definidos, é possível dimensionar a bomba do conjunto elevatório. Segundo Creder (2006), o dimensionamento da bomba depende da altura manométrica (H_{man}), da vazão (Q) e do rendimento do conjunto motor-bomba (η). Por sua vez, para o cálculo da altura manométrica, é necessário o conhecimento das alturas estáticas (H_{est}) e da perda de carga total (Δh).

A altura estática de recalque é a distância vertical entre o eixo da bomba e o nível superior, enquanto a altura estática de sucção é a distância vertical entre o eixo da bomba e o nível inferior. A altura estática também pode ser chamada de altura geométrica, dado que corresponde à diferença de nível (AZEVEDO NETTO, 1998).

A perda de carga total é o produto entre a perda de carga unitária (J) e o comprimento total do trecho (L_{total}), considerando o comprimento real da tubulação (L_{real}) e o comprimento equivalente das conexões (L_{eq}).

O projeto hidráulico foi realizado utilizando tubos e conexões de PVC, portanto, o cálculo da perda de carga unitária é feito pela fórmula de Fair-Whipple-Hsiao para tubos lisos (tubos de plástico, cobre ou liga de cobre), representada na Equação 12, conforme a ABNT NBR 5626:1998.

$$J = 8,69 * 10^6 * Q^{1,75} * d^{-4,75} \quad (12)$$

Onde:

J = perda de carga unitária, em kPa/m;

Q = vazão estimada na seção considerada, em L/s;

d = diâmetro interno do tubo, em mm.

A perda de carga nas conexões que ligam os tubos é dada pelos comprimentos equivalentes desses tubos. O Anexo I apresenta os comprimentos equivalentes para tubos de PVC rígido, conforme indicado pelo Manual Técnico Tigre (TIGRE, 2010).

A altura manométrica do sistema é então calculada conforme descrito, através das Equações 13 a 19 (AZEVEDO NETTO, 1998; CREDER, 2006).

$$H_{man} = H_{man,r} + H_{man,s} \quad (13)$$

$$H_{man,r} = H_{est,r} + \Delta h_r \quad (14)$$

$$H_{man,s} = H_{est,s} + \Delta h_s \quad (15)$$

$$\Delta h_r = J_r * L_{total,r} \quad (16)$$

$$\Delta h_s = J_s * L_{total,s} \quad (17)$$

$$L_{total,r} = L_{real,r} + L_{eq,r} \quad (18)$$

$$L_{total,s} = L_{real,s} + L_{eq,s} \quad (19)$$

Onde:

H_{man} = altura manométrica, em m;

H_{man,r} = altura manométrica do recalque, em m;

H_{man,s} = altura manométrica da sucção, em m;

H_{est,r} = altura estática do recalque, em m;

H_{est,s} = altura estática da sucção, em m;

Δh_r = perda de carga total do recalque, em m;

Δh_s = perda de carga total da sucção, em m;

J_r = perda de carga unitária do recalque, em m/m;

J_s = perda de carga unitária da sucção, em m/m;

L_{total,r} = comprimento total do recalque, em m;

L_{total,s} = comprimento total da sucção, em m;

$L_{real,r}$ = comprimento real da tubulação do recalque, em m;

$L_{real,s}$ = comprimento real da tubulação da sucção, em m;

$L_{eq,r}$ = comprimento equivalente das conexões do recalque, em m;

$L_{eq,s}$ = comprimento equivalente das conexões da sucção, em m.

Por fim, a determinação da potência do conjunto elevatório é feita pelas Equações 20 e 21 (AZEVEDO NETTO, 1998).

$$P = \frac{\gamma * Q * H_{man}}{75 * \eta} \quad (20)$$

$$\eta = \eta_{motor} * \eta_{bomba} \quad (21)$$

Onde:

P = potência, em cv;

γ = peso específico da água (1000 kgf/m³);

Q = vazão ou descarga, em m³/s;

H_{man} = altura manométrica, em m;

η = rendimento global do conjunto elevatório.

O rendimento médio de motores elétricos e de bombas centrífugas pode ser estimado através das Tabelas 5 e 6, conforme Azevedo Netto (1998).

Tabela 5 – Rendimento médio de motores elétricos.

HP	½	¾	1	1 ½	2	3	5	10	20	30	50	100
η_{motor}	64%	67%	72%	73%	75%	77%	81%	84%	86%	87%	88%	90%

Fonte: Azevedo Netto (1998, p. 272).

Tabela 6 – Rendimento médio de bombas centrífugas.

Q (L/s)	5	7,5	10	15	20	25	30	40	50	100	200
η_{bomba}	52%	61%	66%	68%	71%	75%	80%	84%	85%	87%	88%

Fonte: Azevedo Netto (1998, p. 272).

Através dos dados calculados e dos catálogos dos fabricantes de bombas, especifica-se o modelo de bomba mais adequado para o sistema (BOHN, 2019).

3.13 DIMENSIONAMENTO DAS TUBULAÇÕES

As tubulações do sistema de aproveitamento de água pluvial devem ser dimensionadas como o sistema de água fria convencional, garantindo o abastecimento de água com vazão adequada nos pontos de utilização, conforme a ABNT NBR 5626:1998.

A norma ressalta que a velocidade da água, em qualquer trecho de tubulação, não deve atingir valores superiores a 3 m/s. Além disso, em qualquer ponto da rede predial de distribuição, a pressão não deve ser inferior a 10 kPa, exceto no ponto da caixa de descarga da bacia sanitária, onde a pressão não deve ser menor do que 5 kPa.

Para o dimensionamento das tubulações de água fria, deve-se definir o número de peças de utilização que a tubulação irá atender e a vazão que cada peça necessita para funcionar adequadamente; realizando-o por trecho. É definida a vazão, velocidade, pressão e perda de carga para cada um dos trechos.

A norma recomenda o uso do método da soma dos pesos, que atende ao critério do consumo máximo provável, o qual estabelece “[...] como provável uma demanda simultânea de água menor do que a máxima possível.” (p. 28).

Para cada trecho, é feito o somatório dos pesos relativos de todas as peças de utilização alimentadas pelo trecho considerado, conforme indicado na Tabela 7.

Tabela 7 – Pesos relativos nos pontos de utilização.

Aparelho sanitário	Peça de utilização	Vazão de projeto (L/s)	Peso relativo
Bacia sanitária	Caixa de descarga	0,15	0,3
Torneira de jardim ou lavagem em geral	Torneira	0,2	0,4

Fonte: Adaptado de ABNT (1998).

A vazão estimada do trecho é dada pela da Equação 22.

$$Q = 0,3 * \sqrt{\Sigma P} \quad (22)$$

Onde:

Q = vazão estimada na seção considerada, em L/s;

$\sum P$ = soma dos pesos relativos de todas as peças de utilização alimentadas pela tubulação considerada.

Assim, estima-se o diâmetro que será utilizado na tubulação do trecho para verificação da velocidade da água, através da Equação 23.

$$v = 4 * 10^3 * Q * \pi^{-1} * d^{-2} \quad (23)$$

Onde:

v = velocidade, em m/s;

Q = vazão estimada, em L/s;

D = diâmetro interno da tubulação, em mm.

Definido o diâmetro do trecho, é possível calcular a perda de carga total do trecho, através do produto entre a perda de carga unitária, calculada pela Equação 12, e o comprimento total do trecho (comprimento equivalente das conexões somado ao comprimento real da tubulação).

A pressão disponível do primeiro trecho é dada pela diferença de cotas entre a entrada e a saída desse trecho, considerando positiva quando a entrada tem cota superior à da saída e negativa em caso contrário. Enquanto a pressão disponível residual, na saída do trecho, é dada pela subtração da perda de carga total da pressão disponível, sendo que esse valor deve ser maior ou igual a pressão requerida no ponto de utilização.

Nos trechos subsequentes, a pressão disponível é igual a pressão residual na sua entrada, somando ou subtraindo o valor da diferença de cota entre a entrada e saída do trecho em análise.

3.14 QUANTIFICAÇÃO E ORÇAMENTAÇÃO

A quantificação dos materiais foi realizada através do software Revit e, com base nas informações fornecidas pela Tabela de Composições e Preços para Orçamentos (TCPO, 2010), foi realizada a complementação da lista de materiais.

Para a orçamentação, foram consultados os custos unitários sem desoneração no Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI, 2019).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo, é realizada a apresentação dos resultados obtidos em conjunto com as devidas explicações e análises.

Primeiramente, são feitos comentários a respeito das inconsistências encontradas nos projetos arquitetônico e hidráulico e é relatado como foi assumido que estes projetos foram executados, com auxílio de verificações in loco.

É apresentada a previsão de consumo para os usos não potáveis no objeto de estudo e são determinados os reservatórios inferior e superior utilizados no projeto do sistema de aproveitamento de água pluvial.

São mostrados o projeto e o dimensionamento das instalações de água pluvial para identificação do diâmetro provável dos condutores e verificação das vazões nas calhas existentes, tendo em vista a falta deste projeto.

O sistema de aproveitamento de água pluvial é representado em projeto, são mostrados os cálculos realizados para este resultado e são apontados os ajustes que devem ser realizados no objeto de estudo para que o projeto seja executado.

Por fim, são estimados os custos em materiais para implantação do sistema, levando em consideração os materiais referentes às novas instalações hidráulicas e aos ajustes das instalações de águas pluviais existentes.

4.1 INCONSISTÊNCIAS E ALTERAÇÕES DE PROJETO

Ao serem redesenhados os projetos arquitetônico e hidráulico no software Revit, foram observadas inconsistências no projeto e alterações na execução. Os projetos foram redesenhados assumindo as alterações necessárias conforme observado in loco e levando em conta a coerência dos projetos.

Foi constatado que as distâncias horizontais do projeto hidráulico em planta divergem das apresentadas nos isométricos. Sabendo disso, foi feita a verificação in loco e definido que as distâncias horizontais do projeto hidráulico em planta são mais coerentes com o executado no objeto de estudo. Portanto, as distâncias horizontais presentes no projeto representado no Revit coincidem com as do projeto em planta.

As alturas, por sua vez, foram mantidas conforme os isométricos, com exceção da altura dos registros de gaveta. Através de análise no local, definiu-se que os registros de gaveta se encontram a 2,15 m da laje nos banheiros e a 2,40 m nas cozinhas, áreas de serviço e lavabo.

Nos banheiros e lavabo, o projeto original previa o uso de vasos sanitários com válvula de descarga e tubulações de diâmetro nominal (DN) de 50 mm para alimentação desses pontos. Na edificação existente, foi identificado o uso de vasos sanitários com caixa de descarga acoplada, não havendo a necessidade de tubulações de DN 50 mm. Essa consideração altera o projeto hidráulico da cobertura e os isométricos dos banheiros e lavabos.

Além da alteração do tipo de vaso sanitário e do diâmetro da tubulação de alimentação deste aparelho, verificou-se in loco o alinhamento do registro de gaveta com o ponto de uso do vaso sanitário, no qual é utilizada uma conexão azul com bucha de latão de ½” (no trecho visível da conexão) em conjunto com um engate flexível de ½” x 40 cm. No local, os pontos de uso de vaso sanitário se encontram a cerca de 0,27 m da laje nos banheiros e lavabo.

Foi assumido que toda a tubulação nos banheiros e no lavabo é de DN 25 mm e que os pontos de uso são representados por conexão azul com bucha de latão de DN 25 mm x ½”. Apenas na descida da coluna de água fria para os banheiros do segundo pavimento e para o lavabo, há um trecho de tubulação de DN 32 mm, que é alterado para DN 25 mm com uma bucha de redução curta de DN 32 mm x 25 mm.

No isométrico do projeto original, não havia ligação entre os banheiros dos apartamentos 101 e 201. Pelo projeto em planta, a mesma coluna que alimenta o banheiro do apartamento 201 deveria alimentar o do apartamento 101, porém não é apresentado como essa ligação acontece. Presumiu-se que a coluna que alimenta o banheiro do apartamento 201 (AF-3) sofre um desvio horizontal ao chegar no ramal para que então alimente também o banheiro do apartamento 101, considerando tubulações de DN 25 mm.

O isométrico das áreas de serviço dos apartamentos 101 e 201 apresenta a mesma inconsistência: não é demonstrado como a coluna AF-2 alimenta a área de serviço do apartamento no pavimento térreo. O projeto em planta indica que a coluna AF-2 se encontra no mesmo local nos pavimentos superior e térreo, portanto foi assumida a continuação da coluna no pavimento superior em direção ao pavimento térreo, alterando apenas uma conexão para tanto. Com essa consideração, a coluna AF-2 chega ao pavimento térreo com DN 25 mm, diferente do que o projeto original em planta previa.

O projeto hidráulico previa que os pontos de consumo das áreas de serviço e da cozinha estariam a uma altura de 1,10 m com relação a laje. Através de consulta às elevações e cortes do projeto arquitetônico, a essa altura se encontram as janelas. Para que houvesse

compatibilidade entre os dois projetos, foi assumido que os pontos de consumo nesses ambientes estão localizados 10 cm abaixo do indicado em projeto.

Para a cozinha dos apartamentos 101 e 201, o isométrico mostra que há um desvio horizontal da coluna AF-1 para mudança de direção e alimentação da cozinha do pavimento térreo. Entretanto, não é o que foi observado no local e no projeto em planta. O registro de gaveta se encontra no mesmo local tanto no pavimento térreo quanto no superior, indicando que a coluna de água fria não sofre desvio horizontal.

Em planta, é indicado que a coluna AF-1 chega ao pavimento térreo com DN 32 mm, porém no isométrico essa tubulação é de DN 25 mm. Foi suposto que o diâmetro da coluna AF-1 nesse trecho é de DN 25 mm, conforme proposto pelo isométrico.

Constatou-se a necessidade de um desvio horizontal na coluna AF-4, pois em planta essa coluna estaria aérea no trecho entre a edificação e a parede de delimitação do terreno do objeto de estudo, e não é isso que acontece. Foi presumido que a coluna passaria primeiramente pela parede da edificação, com desvio horizontal por baixo do telhado do pavimento térreo, para então passar pela parede do lavabo.

Foi verificado in loco as instalações na torre da caixa d'água e constatou-se que, diferente do que o projeto original previa, é utilizada apenas uma caixa d'água de 1500 L ao invés de 2 caixas d'água de 1000 L cada. Tendo em vista a alteração do reservatório superior e do diâmetro da tubulação de alimentação dos vasos sanitários, houve também ajustes no traçado e diâmetros apresentados no projeto hidráulico da cobertura.

Ainda foram encontradas diferenças com relação ao tamanho e localização das esquadrias e dimensão dos cômodos nos projetos hidráulico e arquitetônico; entende-se que o último deve ser utilizado como fonte dessas informações.

Com a falta do projeto de instalações de água pluvial, foram feitas diversas averiguações no objeto de estudo para que pudesse ser desenvolvido um projeto estimado dessas instalações. Conforme a planta de situação e cortes no projeto arquitetônico, eram previstas 4 calhas retangulares, com dimensões de 18 x 18 cm. Constatou-se a existência de 5 calhas retangulares, feitas in loco, de acordo com o proprietário, e de dimensões de cerca de 18 x 6 cm. A calha não prevista em projeto se encontra na torre da caixa d'água, onde há um telhado no lugar em que haveria apenas uma laje.

O condutor vertical da calha da torre da caixa d'água é aparente e o seu traçado faz com que as águas pluviais sejam direcionadas a calha mais próxima, acompanhando a inclinação do telhado que se encontra no lado externo da torre da caixa d'água. Há mais um condutor vertical aparente na calha do telhado do pavimento térreo. O restante dos condutores

verticais foi identificado pela presença de shafts, não previstos em projeto, no canto de determinados cômodos da edificação.

Ao total, foram identificados 7 shafts de dimensões triangulares (20 x 20 cm) no pavimento superior, sendo que apenas 6 desses também foram encontrados no pavimento térreo, porém com dimensões retangulares (15 x 20 cm e 15 x 15 cm). O motivo de um dos shafts não apresentar continuidade entre os pavimentos é a presença de um chanfro na parede do pavimento térreo. Foi considerado que este condutor vertical, em específico, apresenta desvio horizontal pela parede no pavimento superior para que então pudesse continuar verticalmente até chegar no terreno.

Outro condutor vertical também sofre desvio horizontal, porém por baixo do telhado do pavimento térreo. No pavimento superior, o shaft correspondente a esse condutor vertical se encontra no canto do maior quarto do apartamento 202; no pavimento térreo, esse shaft está no canto da sala comercial. Essas duas localizações não são coincidentes, por isso a necessidade do desvio horizontal.

Os 7 shafts encontrados representam os condutores verticais embutidos na parede, que somados aos outros 2 aparentes, resultam nos 9 condutores verticais da edificação.

Buscou-se informação a respeito dos condutores horizontais, porém não foram encontrados registros fotográficos e existe apenas uma caixa de inspeção que atende ao objeto de estudo. O proprietário do imóvel explicou como ele recordava que as escavações haviam acontecido e o traçado das tubulações foi realizado com base nas informações coletadas, levando em consideração a localização da caixa de inspeção existente. A verificação do dimensionamento das instalações de água pluvial se encontra no tópico 4.3.

A planta de situação apresenta algumas informações divergentes do executado, como: a localização da lixeira, a largura da calçada e a localização dos estacionamentos. Em frente a fachada da edificação, era previsto o estacionamento da área comercial, mas é nesse local que se encontra a calçada interna feita em blocos de concreto intertravados.

Os projetos originais e ajustados, conforme relatado neste tópico, podem ser visualizados nos Anexos e Apêndices, respectivamente, como indica o Quadro 9.

Quadro 9 – Localização dos projetos originais e ajustados neste trabalho.

Projeto/Planta	Originais	Ajustados
Planta de situação	Anexo A	Apêndice A
Planta do pav. térreo	Anexo B	Apêndice B
Planta do pav. superior	Anexo C	Apêndice C
Projeto hidráulico do pav. térreo	Anexo D	Apêndice N
Projeto hidráulico do pav. superior	Anexo E	Apêndice O
Projeto hidráulico da cobertura	Anexo F	Apêndice P
Detalhe da cozinha (aptos. 101 e 201)	Anexo G (H1)	Apêndice D e E
Detalhe da área de serviço (aptos. 101 e 201)	Anexo G (H2)	Apêndice F e G
Detalhe do banheiro (aptos. 101 e 201)	Anexo G (H3)	Apêndice H e I
Detalhe da cozinha (apto. 202)	-	Apêndice J
Detalhe da área de serviço (apto. 202)	Anexo G (H5)	Apêndice K
Detalhe do banheiro (apto. 202)	Anexo G (H3)	Apêndice L
Detalhe do lavabo (sala comercial)	Anexo G (H4)	Apêndice M
Projeto de instalações de água pluvial do pav. térreo	-	Apêndice N
Projeto de instalações de água pluvial do pav. superior	-	Apêndice O
Projeto de instalações de água pluvial da cobertura	-	Apêndice P

Fonte: Autora (2019).

O projeto estrutural foi considerado para o traçado de todas as tubulações, apesar de não ter sido redesenhado no software Revit.

Vale ressaltar que o relatado neste tópico vem de encontro com a interpretação do projeto por parte da autora deste trabalho, pois nem todas as alterações no projeto puderam ser verificadas in loco, tendo em vista que a maioria das tubulações se encontra embutida nas paredes ou enterrada no terreno do objeto de estudo.

4.2 RESERVATÓRIO DE ARMAZENAMENTO

Para o dimensionamento do reservatório de armazenamento, foi obtida a precipitação média anual e mensal, o número de meses de pouca chuva, a previsão de consumo e a área de captação.

A precipitação média anual e mensal foi calculada com base nos dados da estação pluviométrica da Univille, expostos no Anexo H, considerando o período de janeiro de 1996 a dezembro de 2014. Conforme indicado por Oliveira et al. (2017), os meses de inverno são os que apresentam os menores índices pluviométricos, portanto foram fixados 3 meses de pouca chuva para o dimensionamento do reservatório.

Para a previsão de consumo, de acordo com os parâmetros da Tabela 4, foi estipulado um carro por apartamento e estimada a população máxima de 20 pessoas ao total: 4 pessoas morando em cada um dos três apartamentos e 8 pessoas trabalhando na sala comercial de área igual a 45,53 m². Para rega de jardim, foram contabilizados os dois jardins existentes, sendo um próximo ao portão de entrada (Jardim 1) e outro próximo ao apartamento 101 (Jardim 2), resultando na área total de 2,91 m². Para limpeza de pátios comuns foram considerados 118,99 m², correspondente ao somatório das áreas de calçada externa, calçada interna, garagem, lixeira e escada e circulação.

As áreas consideradas para limpeza de pátios comuns e rega de jardins podem ser verificadas na Tabela 8 e a previsão de consumo diário e mensal para fins não potáveis estão indicadas na Tabela 9.

Tabela 8 – Áreas para limpeza de pátios comuns e rega de jardins.

Local	Área
Calçada externa	51,32 m ²
Calçada interna	30,29 m ²
Lixeira	0,54 m ²
Garagem	15,62 m ²
Escada e circulação	21,22 m ²
Jardim 1	1,41 m ²
Jardim 2	1,50 m ²

Fonte: Autora (2019).

Tabela 9 – Previsão de consumo diário e mensal para fins não potáveis.

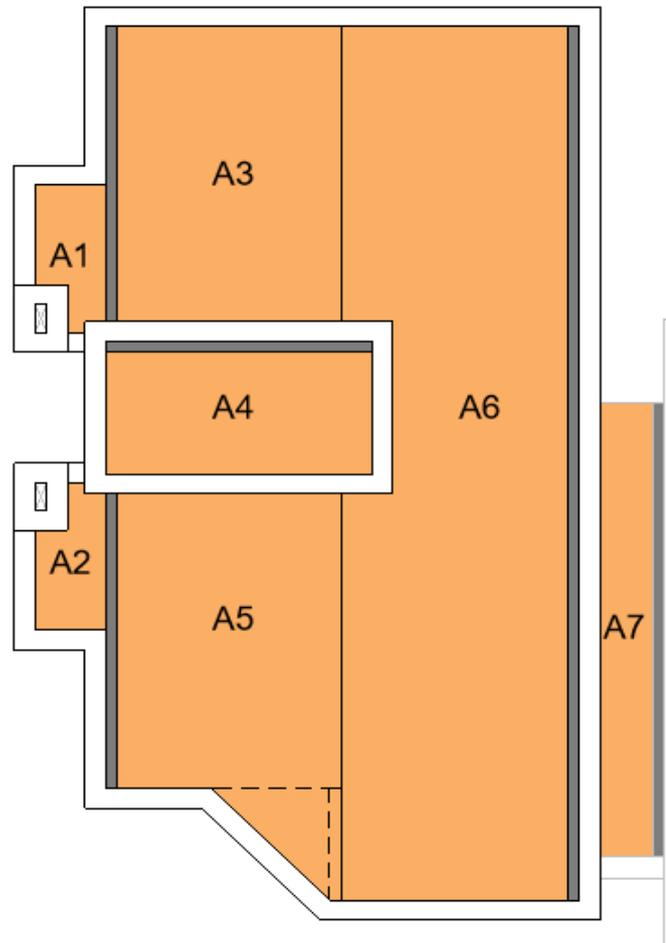
Ponto de consumo	Consumo diário (L)	Consumo mensal (L)
Descarga bacia sanitária	900,00	27000,00
Rega de jardim	5,82	23,28
Limpeza de pátios comuns	237,98	951,92
Lavagem de carro	450,00	1800,00
TOTAL	1593,80	29775,20

Fonte: Autora (2019).

O consumo diário foi obtido considerando o uso de todos os pontos não potáveis no mesmo dia e o consumo mensal foi encontrado de acordo com as frequências de uso por ponto de consumo presentes na Tabela 4.

Para determinar a área de captação, foram identificadas as áreas de telhado do objeto de estudo, conforme a Figura 16. As dimensões dos telhados utilizadas para o cálculo das áreas de captação estão apresentadas na Tabela 10.

Figura 16 – Áreas de captação do telhado do objeto de estudo (sem escala).



Fonte: Autora (2019).

Tabela 10 – Dimensões de cada área de captação do telhado do objeto de estudo.

Telhado	Dimensões (m)						Área (m ²)
	a	b	a'	b'	a''	b''	
A1	1,20	2,65	0,35	0,65	-	-	2,95
A2	1,20	2,65	0,35	0,65	-	-	2,95
A3	3,80	5,50	-	-	-	-	20,90
A4	2,20	4,50	-	-	-	-	9,90
A5	3,80	5,50	0,22	2,00	2,00	2,00	23,34
A6	3,80	15,70	0,65	2,70	-	-	57,91
A7	1,10	8,90	-	-	-	-	9,79
TOTAL							127,74

Fonte: Autora (2019).

As áreas de captação não retangulares foram divididas em menores áreas para facilitar o cálculo. A área de captação A5 foi determinada através do somatório das áreas do retângulo maior (3,80 x 5,50 m), do retângulo menor (0,22 x 2,00 m) e do triângulo (2,00 x 2,00 m), separados por linha tracejada na Figura 16. As áreas de captação A1 e A2 foram calculadas considerando cada telhado como um retângulo maior (1,20 x 2,65 m) menos um retângulo menor (0,35 x 0,65 m), correspondente a chaminé da churrasqueira. De forma análoga, foi determinada a área de captação A6, que é interceptada pelas paredes da torre da caixa d'água.

As áreas calculadas foram comparadas com as áreas fornecidas pelo software Revit e, ao alterar a inclinação do telhado para 0% (para obtenção da área projetada e não da área inclinada), as áreas encontradas foram iguais.

Com isso, foi determinado o volume do reservatório de armazenamento pelos métodos de Rippl, Azevedo Neto e prático inglês; os resultados se encontram, respectivamente, nas Tabelas 11, 12 e 13.

Tabela 11 – Dimensionamento do reservatório pelo método de Rippl.

Método de Rippl							
Meses	Chuva média mensal (m)	A (m²)	C	D (m³)	Q (m³)	S (m³)	V (m³)
Janeiro	0,36	127,74	0,95	29,78	44,06	-14,29	0,00
Fevereiro	0,29	127,74	0,95	29,78	35,00	-5,22	0,00
Março	0,28	127,74	0,95	29,78	33,39	-3,61	0,00
Abril	0,14	127,74	0,95	29,78	17,05	12,73	12,73
Maiο	0,09	127,74	0,95	29,78	11,52	18,25	30,98
Junho	0,13	127,74	0,95	29,78	15,60	14,18	45,16
Julho	0,13	127,74	0,95	29,78	15,55	14,22	59,38
Agosto	0,12	127,74	0,95	29,78	14,01	15,77	75,15
Setembro	0,17	127,74	0,95	29,78	20,43	9,35	84,50
Outubro	0,19	127,74	0,95	29,78	22,98	6,80	91,30
Novembro	0,25	127,74	0,95	29,78	29,92	-0,14	91,15
Dezembro	0,21	127,74	0,95	29,78	25,33	4,44	95,59
TOTAL	-	-	-	357,30	284,83	-	-

Fonte: Autora (2019).

Tabela 12 – Dimensionamento do reservatório pelo método Azevedo Neto.

Método Azevedo Neto	
Precipitação média anual (mm)	2347,14
Área de captação (m ²)	127,74
Número meses de pouca chuva	3
Volume anual (L)	37777,25
Volume mensal (L)	3148,10

Fonte: Autora (2019).

Tabela 13 – Dimensionamento do reservatório pelo método prático inglês.

Método Prático Inglês	
Precipitação média anual (mm)	2347,14
Área de captação (m ²)	127,74
Volume anual (L)	14990,97
Volume mensal (L)	1249,25

Fonte: Autora (2019).

O volume encontrado pelo método de Rippl foi de 95590 L. Esse valor foi descartado, pois, além de ser um valor muito elevado e inviável economicamente para aplicação no objeto de estudo, a condição proposta pela norma não é satisfeita. Para o cenário em análise, o somatório da demanda é maior que o somatório do volume de chuva aproveitável, diferente do que a norma sugere para que o método seja válido.

Pelo método Azevedo Neto, o volume encontrado foi de 3148,10 L, que também é um valor mais elevado do que o esperado para o caso em questão. Tendo em vista que o projeto original da edificação previa apenas 2 caixas d'água de 1000 L cada para o armazenamento de água potável, o volume adotado como base para a determinação da cisterna foi o encontrado pelo método prático inglês, de 1249,25 L.

Dado que os condutores verticais da edificação em estudo são embutidos nas paredes, para a instalação de uma cisterna vertical neste caso é necessária a execução de reforma na edificação e a verificação da possibilidade do aproveitamento de todas as áreas de captação existentes. Uma cisterna enterrada, por sua vez, exige a execução da obra para sua instalação somente no entorno da edificação. Posto isto, foi escolhida para aplicação neste sistema a cisterna apresentada na Figura 17.

Figura 17 – Cisterna para armazenamento de águas pluviais.



Fonte: Bakof Tec (2019).

A cisterna escolhida pode ser enterrada e tem capacidade de 1100 L, altura de 1,53 m e diâmetro da base de 1,10 m. Feita em polietileno, deve ser instalada e operada conforme as indicações do fabricante (BAKOF TEC, 2019).

Para o caso em estudo, foi determinado o uso da cisterna em conjunto com uma instalação elevatória para bombeamento da água até o reservatório superior. Foi escolhida uma caixa d'água com capacidade de 500 L, fabricada em polietileno de média densidade. A escolha do reservatório superior condiz com o projeto original, que previa duas caixas d'água de 1000 L cada. Como a caixa d'água existente para o consumo potável tem capacidade de 1500 L, a instalação da caixa d'água de 500 L para o consumo não potável não altera a carga prevista para a laje da torre da caixa d'água. Assim, não há a necessidade do redimensionamento da laje.

Para suprimento da demanda em períodos de seca, pode ser implantado um sistema de realimentação do reservatório de águas pluviais com água potável. A ABNT NBR 15527:2007 afirma que, nesses casos, deve-se prever o uso de dispositivos que impeçam a conexão cruzada. Este trabalho não abordará a aplicação desse tipo de sistema.

4.3 INSTALAÇÕES DE ÁGUA PLUVIAL

Tendo em vista a falta do projeto de instalações de água pluvial e a realização de levantamento in loco para identificação do traçado estimado dessas instalações, foi feito também o dimensionamento das instalações de água pluvial. Com base nos cálculos

apresentados neste tópico, foram identificados os diâmetros dos condutores e verificadas as vazões máximas nas calhas, a fim de se determinar a troca ou a permanência destes componentes.

Para isso, primeiramente, foi calculada a intensidade pluviométrica através da Equação 1 e obteve-se como resultado o valor de 163,36 mm/h, conforme a Tabela 14.

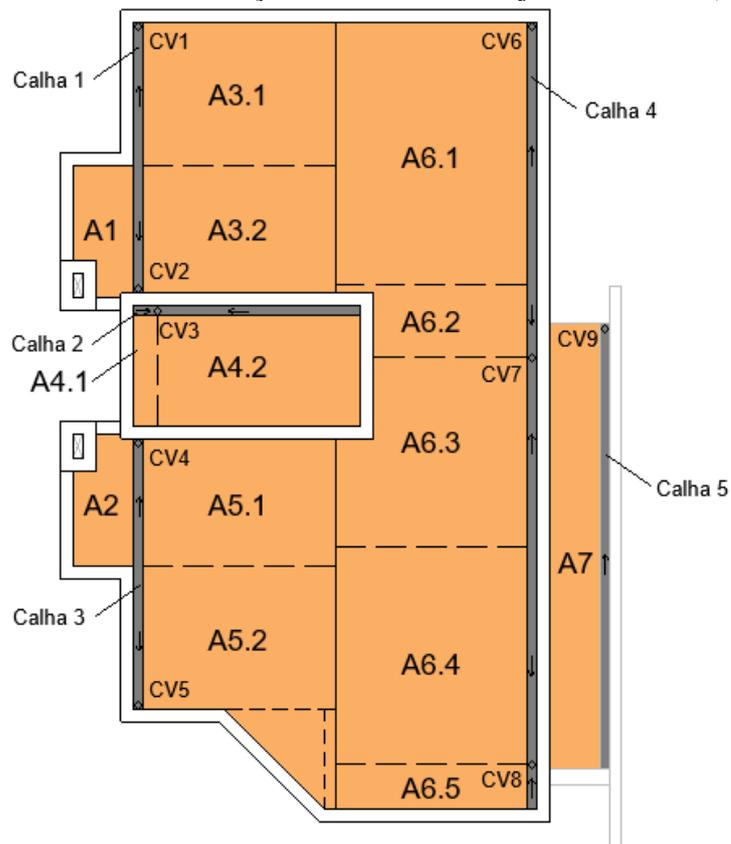
Tabela 14 – Intensidade pluviométrica.

Dados pluviométricos	
Tempo de retorno (anos)	5
Tempo de concentração (min)	5
Intensidade pluviométrica (mm/h)	163,36

Fonte: Autora (2019).

Foram determinadas as áreas de contribuição do telhado, de forma similar ao realizado para a determinação das áreas de captação. Para as áreas de contribuição, foi utilizado a mesma divisão dos telhados conforme mostrado na Figura 16, porém as áreas A3, A4, A5 e A6 foram subdivididas devido à mudança da direção da inclinação da calha, como exposto na Figura 18.

Figura 18 – Áreas de contribuição do telhado do objeto de estudo (sem escala).



Fonte: Autora (2019).

As dimensões utilizadas para o cálculo das áreas de contribuição, conforme a Equação 2, estão apresentadas na Tabela 15.

Tabela 15 – Dimensões de cada área de contribuição do telhado do objeto de estudo.

Telhado	Dimensões (m)									Área (m ²)
	a	b	h	a'	b'	h'	a''	b''	h''	
A1	1,20	2,65	0,18	0,35	0,65	0,05	-	-	-	3,17
A2	1,20	2,65	0,18	0,35	0,65	0,05	-	-	-	3,17
A3.1	3,80	2,85	0,57	-	-	-	-	-	-	11,64
A3.2	3,80	2,65	0,57	-	-	-	-	-	-	10,83
A4.1	2,20	0,42	0,33	-	-	-	-	-	-	0,99
A4.2	2,20	4,08	0,33	-	-	-	-	-	-	9,65
A5.1	3,80	2,65	0,57	-	-	-	-	-	-	10,83
A5.2	3,80	2,85	0,57	0,22	2,00	0,03	2,00	2,00	1,41	14,82
A6.1	3,80	5,23	0,57	-	-	-	-	-	-	21,38
A6.2	3,80	1,47	0,57	0,65	1,20	0,10	-	-	-	5,17
A6.3	3,80	3,76	0,57	0,65	1,50	0,10	-	-	-	14,33
A6.4	3,80	4,35	0,57	-	-	-	-	-	-	17,78
A6.5	3,80	0,88	0,57	-	-	-	-	-	-	3,59
A7	1,10	8,90	0,17	-	-	-	-	-	-	10,52
TOTAL										137,88

Fonte: Autora (2019).

Da mesma forma que realizado para as áreas de captação, as áreas de contribuição não retangulares foram divididas em menores áreas para facilitar o cálculo. Para o trecho triangular da área de contribuição A5.2, a área estimada corresponde à metade da área de contribuição de um retângulo com as dimensões indicadas por a'', b'' e h'' na Tabela 15.

As áreas calculadas foram comparadas com as áreas fornecidas pelo software Revit para o telhado com inclinação de 15%, conforme o projeto original, porém as áreas encontradas foram diferentes. O software fornece as áreas inclinadas, enquanto o cálculo das áreas de contribuição considera a área projetada mais os incrementos devidos à inclinação da cobertura.

Para o cálculo das vazões de projeto, foi analisada a influência de cada área de contribuição nas calhas, por trecho e condutor vertical (CV):

- Calha 1: sofre influência da área de contribuição A3.1 no trecho 1 (CV1) e A1, A3.2 e A4 no trecho 2 (CV2);

- Calha 2: sofre influência da área de contribuição A4.1 no trecho 1 (CV3) e A4.2 no trecho 2 (CV3);
- Calha 3: sofre influência da área de contribuição A2 e A5.1 no trecho 1 (CV4) e A5.2 no trecho 2 (CV5);
- Calha 4: sofre influência da área de contribuição A6.1 no trecho 1 (CV6), A6.2 no trecho 2 (CV7), A6.3 no trecho 3 (CV7), A6.4 no trecho 4 (CV8) e A6.5 no trecho 5 (CV8);
- Calha 5: sofre influência da área de contribuição A7 no trecho 1 (CV9).

Com a intensidade pluviométrica e as áreas de contribuição, foi calculada a vazão de projeto para cada trecho das calhas através da Equação 3, como mostrado na Tabela 16.

Tabela 16 – Vazão de projeto das calhas.

Calha	Trecho	Área de contribuição (m²)	Vazão de projeto (L/min)
1	1	11,64	31,70
1	2	24,64	67,09
2	1	0,99	2,70
2	2	9,65	26,27
3	1	14,00	38,11
3	2	14,82	40,35
4	1	21,38	58,20
4	2	5,17	14,07
4	3	14,33	39,00
4	4	17,78	48,42
4	5	3,59	9,79
5	1	10,52	28,65

Fonte: Autora (2019).

As calhas são dimensionadas considerando o diâmetro que permita uma vazão maior ou igual à vazão de projeto. Por isso, foi determinada a vazão máxima das calhas existentes no objeto de estudo, de modo a verificar se essas atendem as vazões de projeto. Os dados das calhas e a vazão máxima, encontrada pela Equação 4, estão apresentados na Tabela 17.

Tabela 17 – Vazão máxima das calhas.

Dados das calhas	
Seção	Retangular
Declividade (m/m)	0,005
Coefficiente de rugosidade	0,011
Largura (m)	0,18
Altura (m)	0,06
Altura lâmina de água (m)	0,03
Vazão máxima (L/min)	165,99

Fonte: Autora (2019).

Através das Tabelas 16 e 17, é possível afirmar que as calhas existentes atendem mais que o dobro necessário, visto que a maior vazão de projeto das calhas é igual a 67,09 L/min e que a vazão máxima que as calhas existentes suportam é de 165,99 L/min. Logo, não há a necessidade de alteração das calhas.

Tendo as áreas de contribuição por trecho de cada calha, foi calculada a vazão de projeto dos condutores verticais, somando as áreas de contribuição dos trechos que são direcionados para o mesmo condutor. As vazões de projeto dos condutores verticais e as áreas de contribuição consideradas estão expostas na Tabela 18.

Tabela 18 – Vazão de projeto dos condutores verticais.

Condutor vertical	Área de contribuição (m²)	Vazão de projeto (L/min)
CV1	11,64	31,70
CV2	24,64	67,09
CV3	10,64	28,98
CV4	14,00	38,11
CV5	14,82	40,35
CV6	21,38	58,20
CV7	19,49	53,07
CV8	21,38	58,20
CV9	10,52	28,65

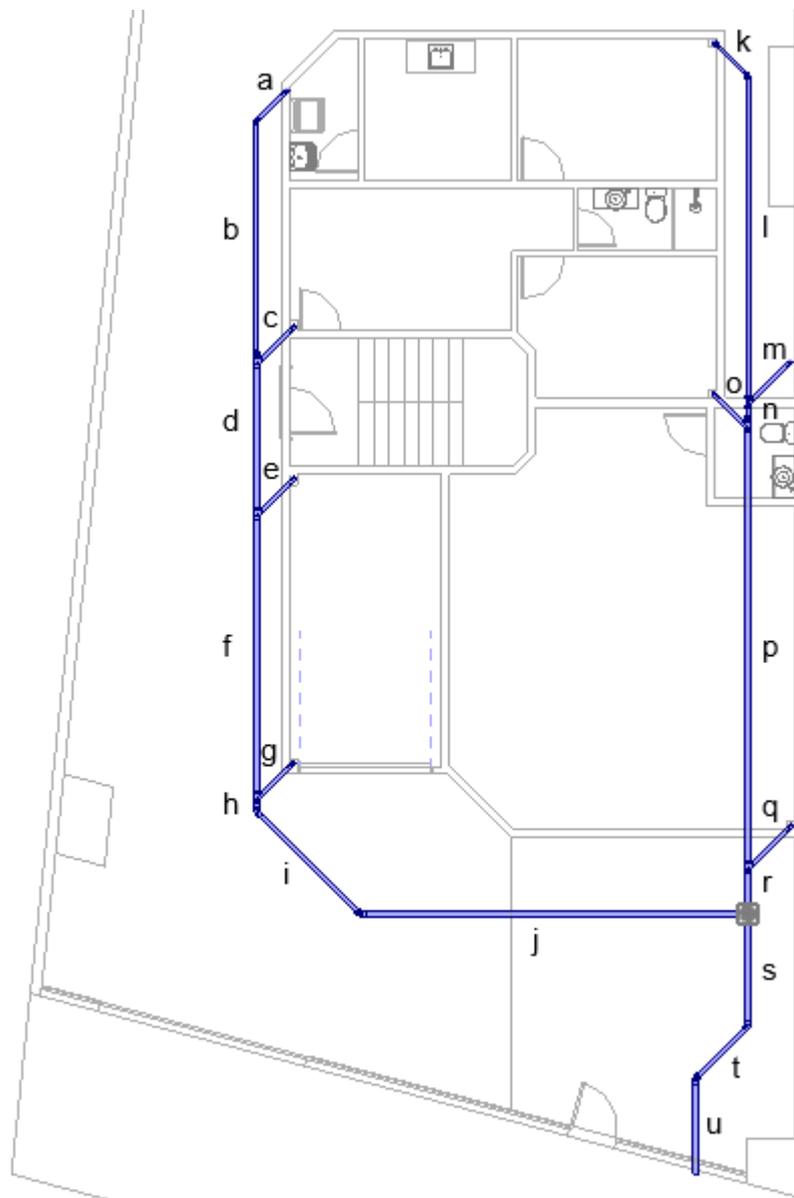
Fonte: Autora (2019).

Observando as vazões de projeto dos condutores verticais, conclui-se que para nenhuma das vazões ocorre interseção entre as linhas L e H do ábaco representado na Figura 15, o que indica que o diâmetro dos 9 condutores verticais é no mínimo igual a 70 mm.

Assumindo que o diâmetro nominal dos condutores verticais é igual a 75 mm, as tubulações se encaixam corretamente nos shafts existentes, sem que haja interferência com elementos estruturais. Por esse motivo, o projeto estimado das instalações pluviais levou em consideração o uso de tubulações de DN 75 mm nos condutores verticais.

Com as vazões de projeto dos condutores verticais, é possível também realizar o dimensionamento dos condutores horizontais. Foram estimados os trechos de condutores horizontais, que se encontram enterrados no terreno do objeto de estudo, conforme a Figura 19. O diâmetro interno da tubulação por trecho, obtido com base na Tabela 3, é apresentado na Tabela 19.

Figura 19 – Trechos de condutores horizontais enterrados (sem escala).



Fonte: Autora (2019).

Tabela 19 – Dimensionamento dos condutores horizontais.

Trecho	Vazão de projeto (L/min)	Inclinação	Diâmetro interno (mm)
a	31,70	0,5%	75
b	31,70	0,5%	75
c	67,09	0,5%	75
d	98,79	0,5%	100
e	38,11	0,5%	75
f	136,90	0,5%	100
g	40,35	0,5%	75
h	177,25	0,5%	100
i	177,25	0,5%	100
j	177,25	0,5%	100
k	58,20	0,5%	75
l	58,20	0,5%	75
m	28,65	0,5%	75
n	86,86	0,5%	75
o	53,07	0,5%	75
p	139,93	0,5%	100
q	58,20	0,5%	75
r	198,13	0,5%	100
s	375,38	2%	100
t	375,38	2%	100
u	375,38	2%	100

Fonte: Autora (2019).

Foi considerado que até a entrada da caixa de inspeção as tubulações têm inclinação de 0,5%. Após a saída da caixa de inspeção, foi assumido que os tubos que conduzem a água até a galeria pluvial têm a inclinação alterada para 2%. O diâmetro da saída da caixa de inspeção é de 100 mm e somente para inclinações a partir de 2% que as tubulações de diâmetro nominal igual a 100 mm têm a capacidade necessária para a vazão de projeto dos trechos s, t e u.

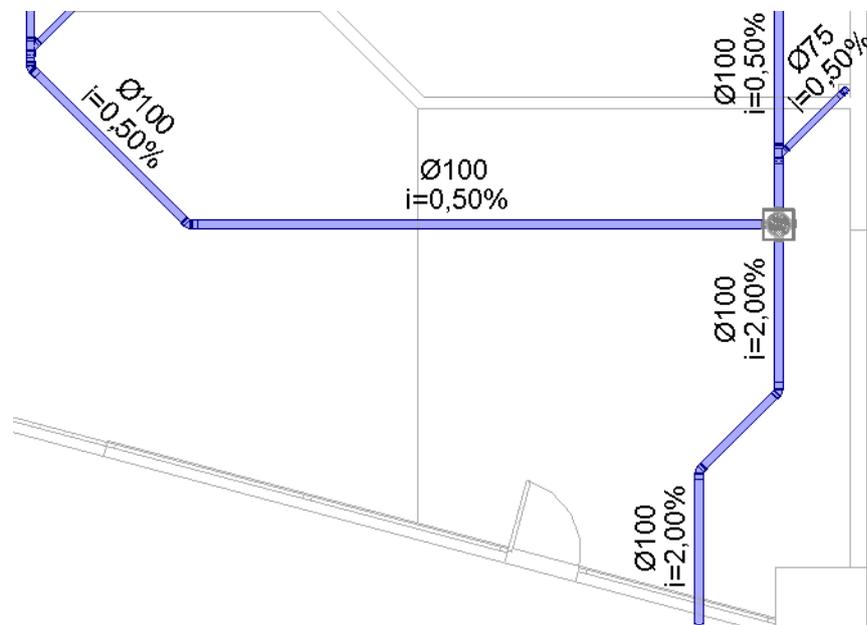
4.4 INSTALAÇÕES DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL

Para o projeto das instalações de aproveitamento de água pluvial, as únicas alterações nas instalações existentes foram relacionadas com a instalação de um plug roscável em cada um dos pontos de uso dos vasos sanitários e a modificação do traçado dos condutores horizontais.

A instalação dos plugs foi indicada para fechamento e vedação das extremidades roscáveis das conexões azuis com bucha de latão, utilizadas nos 4 pontos de vasos sanitários do objeto de estudo.

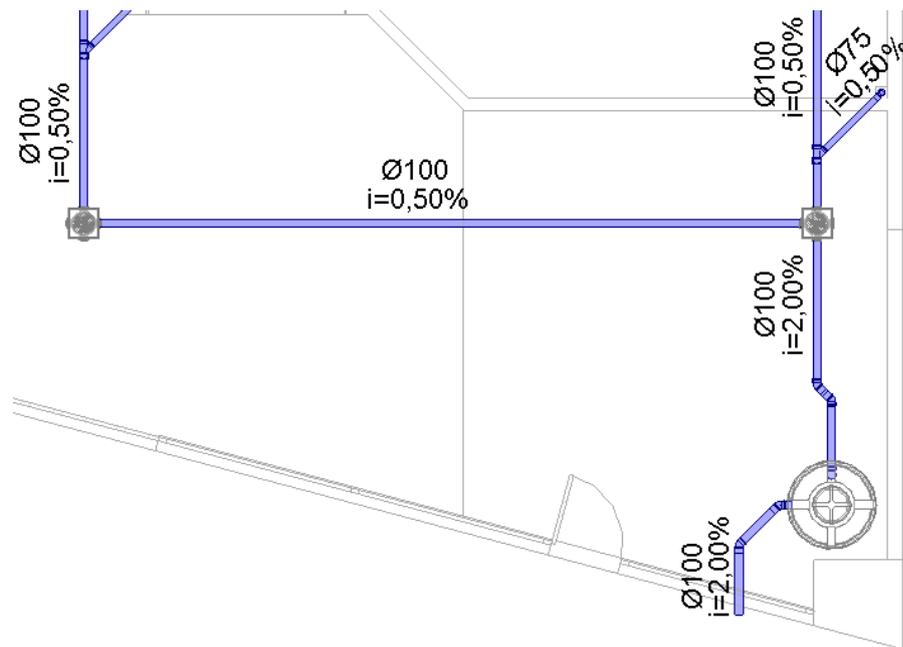
A alteração do traçado dos condutores horizontais foi proposta para que seja instalada mais uma caixa de inspeção, de modo a atender a recomendação da norma de que deve haver uma caixa de inspeção nas mudanças de direção (ABNT, 1989, 2007). A Figura 20 apresenta o trecho dos condutores horizontais conforme foi estimado no tópico anterior e a Figura 21 mostra a proposta de alteração, indicando também a entrada e a saída da tubulação na cisterna.

Figura 20 – Trecho dos condutores horizontais existentes.



Fonte: Autora (2019).

Figura 21 – Trecho alterado dos condutores horizontais.



Fonte: Autora (2019).

Na entrada das águas pluviais na cisterna, foi considerada a instalação de dois joelhos 90° DN 100 mm no final da tubulação, formando um “U” que funciona como freio d’água, conforme exemplificado na Figura 22.

Figura 22 – Freio d’água utilizado.



Fonte: Urbano (2015).

As conexões instaladas em formato de “U” são uma opção mais barata em comparação com os modelos de freio d’água encontrados no mercado e cumprem a mesma função: reduzem a velocidade de entrada da água na cisterna e evitam que os sólidos acumulados no fundo do reservatório sofram ressuspensão, conforme explicado no Quadro 3.

A saída da tubulação foi colocada na porção mais alta do reservatório para garantir o melhor aproveitamento do volume disponível para o uso não potável. Foi previsto o uso de um sifão ladrão na parte interna da cisterna, utilizado para extravasar o volume de água excedente para as galerias pluviais e impedir a contaminação da água por agentes externos (ACQUASAVE, 2019).

Para a alimentação do reservatório superior com as águas pluviais captadas e armazenadas na cisterna, foi projetado o sistema de bombeamento. As tubulações de recalque e sucção foram dimensionadas conforme os dados da Tabela 20.

Tabela 20 – Dados do sistema de bombeamento e dimensionamento das tubulações.

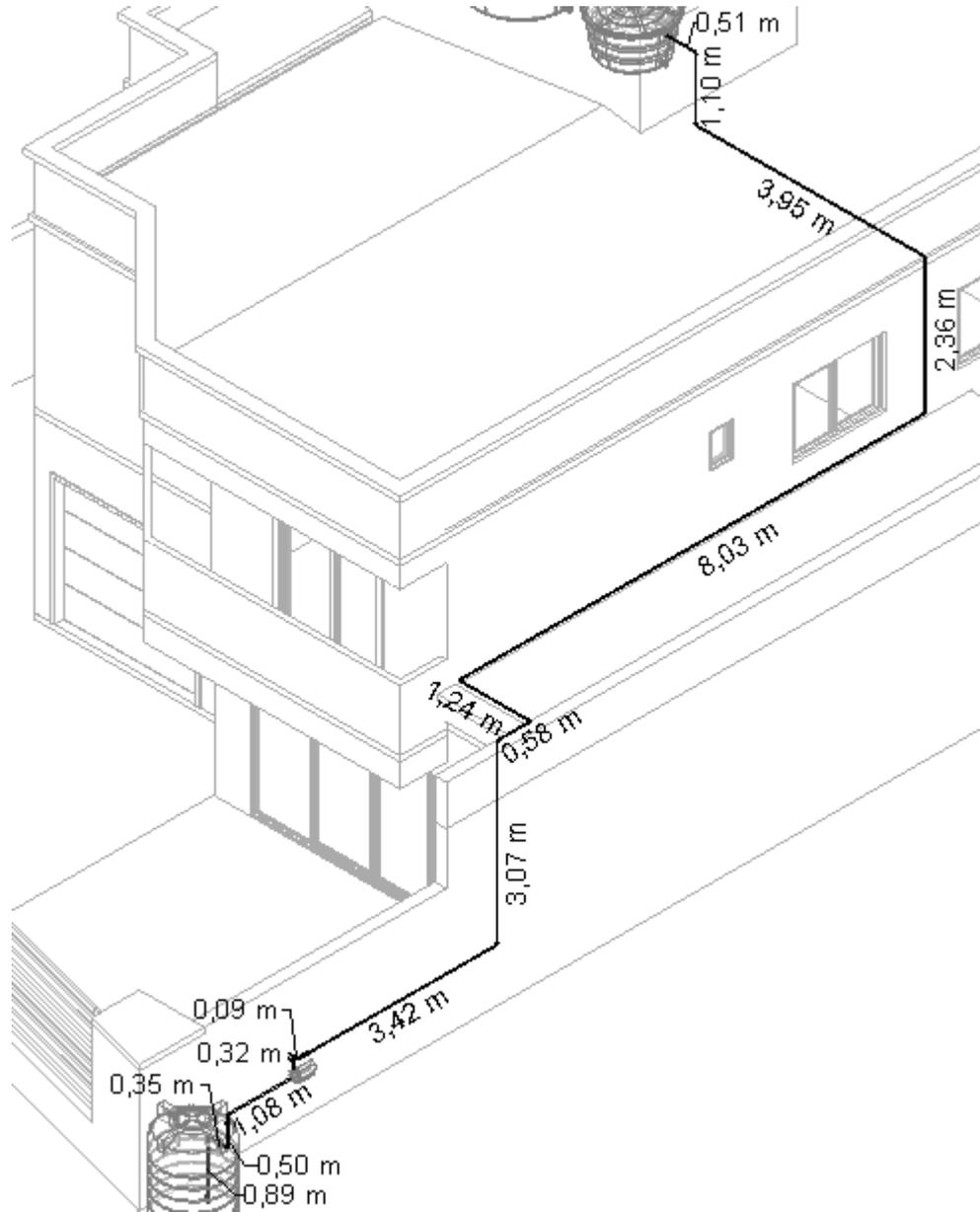
Dados do sistema de bombeamento	
Consumo diário (m ³)	1,59
Tempo de funcionamento diário (h)	2
Material da tubulação	PVC
Rendimento	52%
Vazão (m ³ /s)	2,21E-04
Diâmetro da tubulação de recalque	
Dr (mm)	10,4
DN (mm)	20,0
Espessura (mm)	1,5
DI (mm)	17,0
Diâmetro da tubulação de sucção	
DN (mm)	25,0
Espessura (mm)	1,7
DI (mm)	21,6

Fonte: Autora (2019).

O rendimento da bomba foi estimado conforme indicado na Tabela 6. A espessura dos tubos utilizados no sistema de sucção e recalque foi obtida com base nos dados da linha Soldável fabricada pela Tigre (TIGRE, 2019), possibilitando o cálculo do diâmetro interno (DI) das tubulações.

Tendo os diâmetros definidos, foi desenhado o traçado das tubulações conforme representado pela Figura 23.

Figura 23 – Traçado do sistema de recalque e sucção (sem escala).



Fonte: Autora (2019).

Com base nos dados apresentados na Figura 22, foram identificados o número de conexões no sistema de recalque e sucção e os comprimentos equivalentes, mostrados na Tabela 21.

Tabela 21 – Comprimento equivalente para tubulação de PVC rígido.

Conexões	Recalque			Sucção		
	Leq (m)	Quantidade (un)	Total (m)	Leq (m)	Quantidade (un)	Total (m)
Entrada de borda	-	-	-	1,00	1	1,00
Joelho 90°	1,10	10	11,00	1,20	3	3,60
Registro de gaveta aberto	0,10	1	0,10	-	-	-
Saída de canalização	0,80	1	0,80	-	-	-
Válvula de pé e crivo	-	-	-	9,50	1	9,50
Válvula de retenção tipo leve	2,50	1	2,50	-	-	-
União	0,10	1	0,10	0,10	1	0,10
TOTAL	-	-	14,50	-	-	14,20

Fonte: Autora (2019).

O cálculo da altura manométrica foi realizado de acordo com as Equações de 12 a 19, conforme mostrado na Tabela 22.

Tabela 22 – Determinação da altura manométrica total.

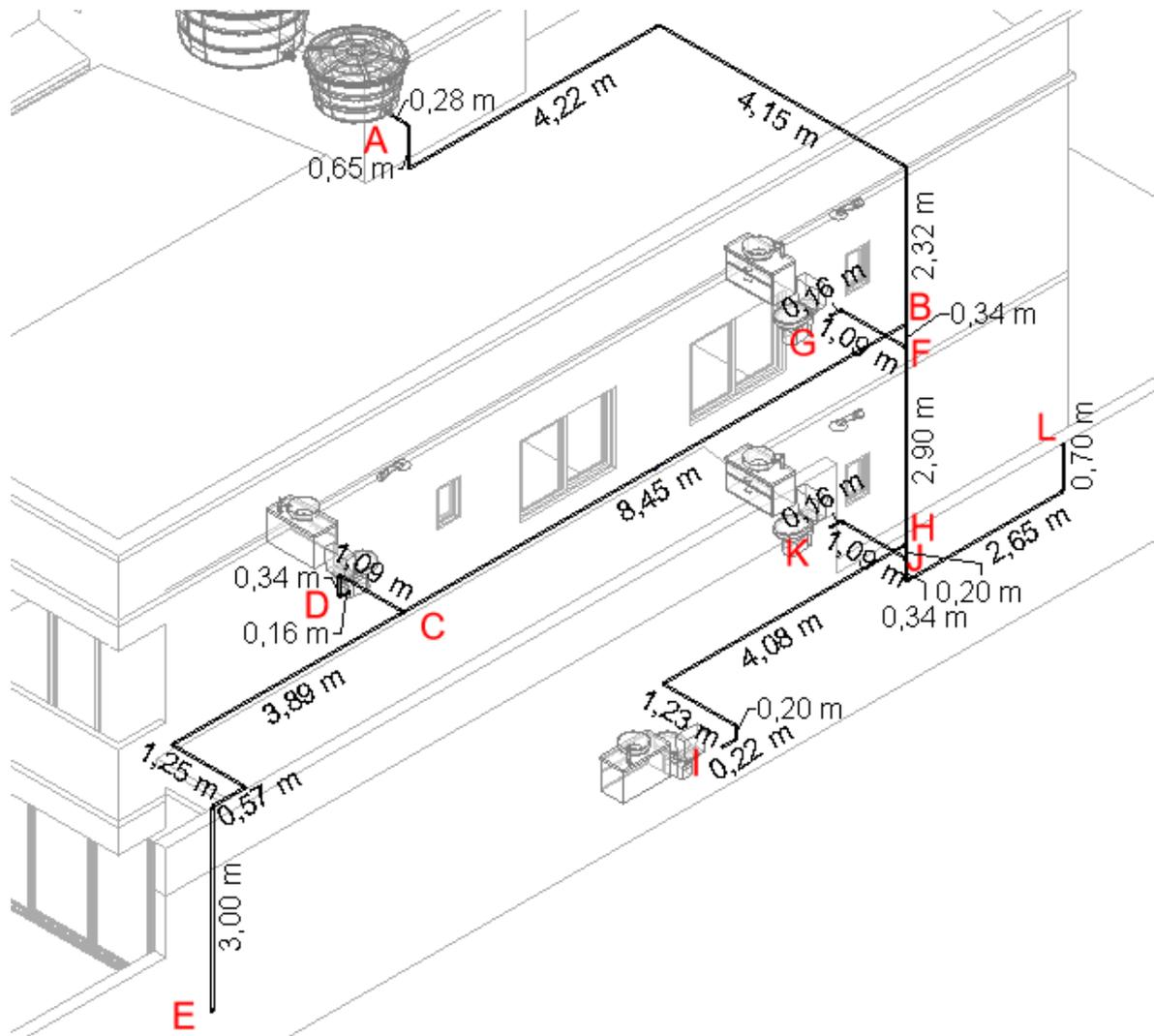
Dados	Recalque	Sucção
J (m/m)	0,09	0,03
Lreal (m)	24,67	2,82
Leq (m)	14,50	14,20
Ltotal (m)	39,17	17,02
Δh (m)	3,48	0,48
Hest (m)	6,86	1,50
Hman (m)	10,34	1,98
Hman,total (m)	12,32	

Fonte: Autora (2019).

Tendo os dados da altura manométrica, vazão e rendimento da motobomba, foi calculada a sua potência através da Equação 20. A potência da motobomba resultou em 0,07 cv e, com base no catálogo do SINAPI (2019), foi escolhida para ser instalada no sistema uma bomba centrífuga com motor elétrico monofásico de potência igual a 0,33 cv. Segundo Azevedo Netto (1998), para a potência da bomba escolhida, recomenda-se que o diâmetro da tubulação de sucção seja de no mínimo 25 mm, conforme utilizado no dimensionamento da tubulação.

A água armazenada no reservatório superior foi distribuída para os pontos de uso não potável dos vasos sanitários e torneiras de jardim, conforme o traçado da Figura 24.

Figura 24 – Distribuição da água pluvial para os pontos de uso não potável (sem escala).



Fonte: Autora (2019).

A distribuição da nova instalação hidráulica foi realizada pela parte externa da edificação, de modo a não interferir nos elementos estruturais existentes e reduzir as reformas que seriam necessárias para sua implantação. Os ramais que alimentam os vasos sanitários passam pela parede dos cômodos adjacentes aos banheiros, nos quartos, tendo sua instalação aparente. Nesses casos, o proprietário do imóvel pode proteger essas instalações que passam nos quartos com placas de drywall, por exemplo.

O traçado foi dividido em trechos para o dimensionamento hidráulico e os nós estão representados pelas letras de A à L na Figura 24. Os nós E e L são os pontos de torneiras de jardim (TJ), onde foram adotados joelhos 90° com bucha de latão de DN 25 x 3/4"; os nós D, G, I e K são os pontos de vasos sanitários (VS), onde foram consideradas luvas com bucha de latão de DN 25 x 1/2".

A partir da Figura 24, foram determinadas a vazão no trecho, os diâmetros internos da tubulação e a velocidade da água. O limite de velocidade estabelecido pela ABNT NBR 5626:1998 foi atendido: em todos os trechos a velocidade é inferior a 3 m/s, conforme a Tabela 23.

Tabela 23 – Dimensionamento hidráulico: peso relativo, vazão, diâmetro interno da tubulação e velocidade da água por trecho.

Ponto	Trecho	Peso		Q (L/s)	DI (mm)	v (m/s)
		Unitário	Acumulado			
-	A-B	2,00	2,00	0,42	21,60	1,16
-	B-C	0,70	0,70	0,25	21,60	0,68
VS	C-D	0,30	0,70	0,25	21,60	0,68
TJ	C-E	0,40	0,40	0,19	21,60	0,52
-	B-F	1,30	1,30	0,34	21,60	0,93
VS	F-G	0,30	1,30	0,34	21,60	0,93
-	F-H	1,00	1,00	0,30	21,60	0,82
VS	H-I	0,30	1,00	0,30	21,60	0,82
-	H-J	0,70	0,70	0,25	21,60	0,68
VS	J-K	0,30	0,70	0,25	21,60	0,68
TJ	J-L	0,40	0,40	0,19	21,60	0,52

Fonte: Autora (2019).

Foram identificados os tipos e a quantidade de conexões por trecho para o cálculo do comprimento equivalente em tubulação de diâmetro comercial igual a 25 mm, de acordo com o Anexo I. A Tabela 24 mostra as conexões consideradas por trecho.

Tabela 24 – Dimensionamento hidráulico: conexões por trecho.

Conexão	Trecho										
	A-B	B-C	C-D	C-E	B-F	F-G	F-H	H-I	H-J	J-K	J-L
Entrada normal	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Joelho 90°	4	-	2	4	-	1	-	3	-	1	3
Registro gaveta	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tê 90° passagem direta	-	-	-	1	1	-	1	-	1	-	1
Tê 90° saída de lado	-	1	1	-	-	1	-	1	-	1	-

Fonte: Autora (2019).

Por fim, foi verificada a pressão disponível nos trechos, com base no cálculo dos comprimentos, diferenças de cotas e perdas de carga. Os resultados estão apresentados na Tabela 25.

Tabela 25 – Dimensionamento hidráulico: comprimentos, perda de carga unitária e total, pressão disponível e pressão disponível residual por trecho.

Ponto	Trecho	Lreal (m)	Leq (m)	Ltotal (m)	Diferença de cota (m)	Pressão Disponível (mca)	J (m/m)	Δh (mca)	Pressão Disponível Residual (mca)
-	A-B	11,62	5,40	17,02	2,97	2,97	0,09	1,51	1,46
-	B-C	8,45	2,40	10,85	0,00	1,46	0,04	0,38	1,07
VS	C-D	1,59	4,80	6,39	0,34	1,41	0,04	0,23	1,19
TJ	C-E	8,71	5,60	14,31	3,00	4,07	0,02	0,31	3,76
-	B-F	0,34	0,80	1,14	0,34	1,80	0,06	0,07	1,73
VS	F-G	1,25	3,60	4,85	0,00	1,73	0,06	0,30	1,43
-	F-H	2,90	0,80	3,70	2,90	4,63	0,05	0,18	4,45
VS	H-I	5,73	6,00	11,73	0,20	4,65	0,05	0,57	4,08
-	H-J	0,20	0,80	1,00	0,20	4,65	0,04	0,04	4,61
VS	J-K	1,25	3,60	4,85	0,00	4,61	0,04	0,17	4,44
TJ	J-L	3,69	4,40	8,09	-0,36	4,25	0,02	0,18	4,08

Fonte: Autora (2019).

Considerando 1 mca (metro de coluna d'água) igual a 10 kPa, todos os pontos das novas instalações hidráulicas satisfazem as condições de pressão mínima recomendadas pela ABNT NBR 5626:1998.

4.5 ORÇAMENTO DOS MATERIAIS

Com base na lista de materiais obtida com base no projeto no software Revit, foi realizada a complementação com os devidos materiais faltantes para que o projeto pudesse ser implantado, segundo dados da TCPO (2010).

Foram considerados os materiais pertinentes às novas instalações hidráulicas, desde a sucção da água na cisterna e o recalque para o abastecimento do reservatório superior até a alimentação dos pontos de uso não potável.

Vale ressaltar que, como as instalações foram projetadas para que sejam instaladas de forma aparente, é necessário o uso de abraçadeiras com espaçamento conforme indicado pelo fabricante. Foi considerado o espaçamento horizontal de 0,90 m e 1,00 m entre abraçadeiras para tubulações de DN 20 e 25 mm, respectivamente. Para tubulações na posição vertical, foram considerados suportes a cada 2,00 m (TIGRE, 2010).

Além dos materiais das novas instalações hidráulicas, foi levado em conta também os materiais necessários para adequação das instalações de águas pluviais existentes; tanto na entrada das tubulações na cisterna, quanto nas tubulações de saída para as galerias pluviais.

Com a quantificação realizada, foi feita a orçamentação de acordo com os dados fornecidos para a região de Santa Catarina pelo SINAPI (2019). A Tabela 26 apresenta a estimativa de custo em materiais para o projeto em questão.

Tabela 26 – Estimativa de custo em materiais.

#	Descrição	Quant.	Un.	Preço unitário (R\$)	Preço total (R\$)
1	Reservatórios de armazenamento				
1.1	Caixa d'água em polietileno, 500 litros, com tampa	1	un	154,44	154,44
1.2	Cisterna vertical em polietileno, 1100 litros ¹	1	un	1251,20	1251,20
SUBTOTAL					1405,64
2	Bombeamento				
2.1	Bomba centrífuga com motor elétrico monofásico, potência 0,33 HP, bocais 1" x 3/4", diâmetro rotor 99 mm, hm/q = 4 mca / 8,5 m ³ /h a 18 mca / 0,9 m ³ /h	1	un	447,23	447,23
SUBTOTAL					447,23
3	Tubos, conexões e outros componentes do sistema de sucção, recalque e distribuição				
3.1	Tubo PVC soldável, DN 20 mm, água fria	24,68	m	1,76	43,44
3.2	Tubo PVC soldável, DN 25 mm, água fria	52,49	m	2,26	118,63
3.3	Adaptador PVC soldável, com flange e anel de vedação, 20 mm x 1/2", para caixa d'água	1	un	5,90	5,90
3.4	Adaptador PVC soldável, com flange e anel de vedação, 25 mm x 3/4", para caixa d'água	1	un	6,78	6,78
3.5	Adaptador para caixa d'água com registro, 25 mm ²	1	un	36,99	36,99
3.6	Adaptador PVC soldável curto com bolsa e rosca, 25 mm x 3/4", para água fria	3	un	0,53	1,59
3.7	Bucha de redução de PVC soldável, curta, com 25 x 20 mm, para água fria predial	4	un	0,26	1,04
3.8	Curva de transposição PVC soldável, 25 mm, para água fria predial	1	un	4,20	4,20
3.9	Joelho 90° PVC soldável, 20 mm, para água fria predial	10	un	0,32	3,20
3.10	Joelho 90° PVC soldável, 25 mm, para água fria predial	20	un	0,44	8,80
3.11	Joelho 90° PVC soldável com bucha de latão, 25 mm x 3/4", para água fria predial	2	un	4,41	8,82
3.12	Luva PVC soldável com bucha de latão, 25 mm x 1/2"	4	un	3,30	13,20
3.13	Luva PVC soldável, 20 mm, para água fria predial	1	un	0,39	0,39
3.14	Luva PVC soldável, 25 mm, para água fria predial	1	un	0,47	0,47
3.15	Tê 90° PVC soldável, 25 mm, para água fria predial	5	un	0,75	3,75
3.16	União PVC soldável, 20 mm, para água fria predial	1	un	4,52	4,52
3.17	União PVC soldável, 25 mm, para água fria predial	1	un	5,42	5,42
3.18	Válvula de pé com crivo PVC roscável, 3/4" ³	1	un	23,00	23,00

3.19	Válvula de retenção PVC soldável, 25mm ⁴	1	un	29,99	29,99
3.20	Plug PVC roscável, 1/2", água fria predial	4	un	0,33	1,32
3.21	Registro gaveta bruto em latão forjado, bitola 3/4 "	1	un	24,18	24,18
3.22	Abraçadeira para tubo PVC soldável 20 mm ⁵	23	un	4,49	103,27
3.23	Abraçadeira para tubo PVC soldável 25 mm ⁶	48	un	4,49	215,52
3.24	Solução preparadora para PVC, frasco com 200 cm ³	1	un	17,05	17,05
3.25	Adesivo plástico para PVC, frasco com 175 g	1	un	16,00	16,00
3.26	Fita veda rosca em rolos de 18 mm x 10 m (L x C)	1	un	2,55	2,55
SUBTOTAL					700,01
4	Condutores e outros componentes das instalações de águas pluviais				
4.1	Tubo PVC série normal, DN 100 mm, para esgoto predial	8,40	m	7,95	66,78
4.2	Joelho 45° PVC para Esgoto, 100mm ⁷	4	un	9,49	37,96
4.3	Joelho 90° PVC para Esgoto, 100mm ⁸	3	un	8,29	24,87
4.4	Anel borracha para tubo esgoto predial, DN 100 mm	7	un	2,20	15,40
4.5	Luva simples, PVC, DN 100 mm, série normal, para esgoto predial	4	un	3,44	13,76
4.6	Caixa de inspeção, DN 100, com tampa ⁹	1	un	174,50	174,50
4.7	Sifão ladrão, 100 mm ¹⁰	1	un	132,90	132,90
4.8	Pasta lubrificante para tubos e conexões com junta elástica (uso em PVC, aço, polietileno e outros), de 400 g	1	un	18,45	18,45
SUBTOTAL					484,62
TOTAL					3037,50

¹ Preço conforme orçamento do fornecedor Casa da Cisterna (Anexo J); ^{2, 4, 5 e 6} Preço conforme site C&C, fabricante Tigre; ³ Preço conforme site Americanas, fabricante Tigre; ^{7 e 8} Preço conforme site Leroy Merlin, fabricante Tigre; ⁹ Preço conforme site Lojas Hidromar, fabricante Tigre; ¹⁰ Preço conforme site Leroy Merlin, fabricante Acquasave.
Fonte: Autora (2019).

O custo em materiais para o sistema em análise é de R\$ 3.037,50. Desse total, quase metade é proveniente do valor referente aos reservatórios de armazenamento. A cisterna escolhida é o item mais caro da lista de materiais, sendo cerca de 41% do valor final proveniente desse item.

O custo total de implantação deste projeto depende também dos valores oriundos da instalação dos sistemas de sucção, recalque e distribuição, assim como da instalação da cisterna e execução da alteração nas instalações de água pluvial. Estes custos envolvem mão de obra e insumos que não são abordados neste trabalho, mas devem ser levados em consideração para o estudo de viabilidade econômica do projeto.

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Este trabalho tratou de uma proposta de substituição de fontes ao abordar o projeto de um sistema de aproveitamento de água pluvial em uma edificação multifamiliar no município de Joinville-SC. Tendo em vista a crescente preocupação com a preservação e o gerenciamento dos recursos hídricos, como também a busca por economia através da redução da demanda de água potável, foi feito um estudo de caso com base nos métodos propostos pela ABNT nas normas: NBR 15527:2007, NBR 10844:1989 e NBR 5626:1998.

Procurou-se atingir o objetivo de identificação das instalações pluviais existentes para propor as adequações necessárias para a implantação do projeto do sistema, dimensionado conforme as normas citadas, considerando também as instalações hidráulicas existentes. Com base no projeto das novas instalações hidráulicas, foi estimado o custo em materiais para sua implantação no objeto de estudo.

Através da análise dos projetos originais da edificação, constataram-se inconsistências de projeto e alterações na execução. Acredita-se que a falta do projeto de instalações de águas pluviais ocasionou a execução de shafts para embutimento dos condutores verticais durante a execução da obra, principal alteração no projeto arquitetônico do objeto de estudo.

Encontrou-se dificuldade na identificação do diâmetro dos condutores verticais e horizontais de águas pluviais, pois essas instalações estão embutidas nas paredes e enterradas no terreno, respectivamente. Para a localização dos condutores horizontais, a mesma dificuldade foi constada. A acurácia deste último parâmetro é o que mais afeta na implantação do sistema de aproveitamento de águas pluviais, pois influencia no local de instalação da cisterna e nas adequações do traçado para condução até este reservatório. Seria necessário realizar a escavação para constatação do local exato dessas instalações e ajustes ao projeto.

A distribuição das novas instalações pela parte externa da edificação e a instalação aparente dos ramais que alimentam os vasos sanitários nos cômodos adjacentes aos banheiros se mostraram como as melhores soluções para o projeto dessas instalações. Considerando as inconsistências e divergências entre o projeto hidráulico e o executado, estas escolhas diminuem a possibilidade de haver incompatibilidade entre os projetos, além de reduzir as reformas que seriam necessárias para sua implantação.

O custo em materiais para implantação do sistema em análise foi de R\$ 3.037,50, sendo o maior valor desta composição proveniente da cisterna enterrada, que foi escolhida pelo fato dos condutores verticais estarem embutidos nas paredes. Para este caso, a instalação de

uma cisterna vertical requer a execução de reforma na edificação e a verificação do aproveitamento de todas as áreas de captação existentes, enquanto a instalação de uma cisterna enterrada exige a execução da obra somente no entorno da edificação.

A composição de custos total para implantação deste projeto depende também dos valores de instalação do sistema e execução da alteração nas instalações existentes, além de outras estruturas e componentes, como um alojamento para a motobomba e placas de drywall para proteger e ocultar trechos de tubulação. Portanto, os custos em materiais apresentados neste trabalho devem ser somados com os custos de mão de obra e insumos das atividades citadas a fim de se obter o custo total de implantação do projeto.

Para realização do estudo de viabilidade econômica do projeto, o custo total de implantação deve ser relacionado com o potencial de economia devido ao aproveitamento de água pluvial. Este potencial depende principalmente da intensidade de precipitação, demanda de água potável e propriedades da cobertura.

Sabendo que a previsão de consumo mensal para o objeto de estudo foi de 29,78 m³ e que a tarifa de água para edificações residenciais com consumo acima de 25 m³ em Joinville-SC em 2018 era de R\$ 8,19/m³, segundo a Companhia Águas de Joinville (2018), a implantação do projeto poderia resultar em uma economia de até R\$ 243,90 por mês na conta de água.

Portanto, aponta-se como possibilidade de continuação da pesquisa o levantamento do custo total para implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial. A partir disso, pode-se determinar o potencial de economia de água potável e realizar o estudo de viabilidade econômica do projeto em questão.

Por fim, sugere-se a realização do estudo com base na população atual da edificação, estimando o consumo de água potável através do levantamento da vazão, frequência e tempo de uso dos aparelhos sanitários e considerando também o histórico das contas de água.

REFERÊNCIAS

ACQUASAVE. **Residencial**. Disponível em: <<https://acquasave.com.br/produtos/acessorios-residencial/>>. Acesso em: 04 jun. 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Água no mundo**: situação da água no mundo. Disponível em: <<http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/panorama-das-aguas/agua-no-mundo/agua-no-mundo>>. Acesso em: 27 abr. 2018.

_____. **Séries históricas de estações**. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/hidroweb/publico/medicoes_historicas_abas.jsf#>. Acesso em: 04 abr. 2019.

AKTER, A.; AHMED, S. Potentiality of rainwater harvesting for an urban community in Bangladesh. **Journal of Hydrology**, v. 528, p.84-93, set. 2015.

AMAURI ENGENHARIA. **Obra Comercial / Residencial**: projeto arquitetônico - plantas baixas / elevação frontal e lateral / cortes / planta de situação / localização. 22 fev. 2011a. Desenhista: Denilson Kaczmarek. Projeto nº 925/11.

AMAURI ENGENHARIA. **Obra Comercial / Residencial**: projeto hidráulico – distribuição água fria / detalhe B.W.C.'s / isométricos. 22 fev. 2011b. Desenhista: Denilson Kaczmarek. Projeto nº 925/11.

AMERICANAS. **Válvula de pé c/ crivo PVC roscável 3/4" – Tigre**. Disponível em: <https://www.americanas.com.br/produto/46187774/valvula-de-pe-c-crivo-pvc-roscavel-3-4-tigre?WT.srch=1&acc=e789ea56094489dff798f86ff51c7a9&epar=bp_pl_00_go_pla_casaeconst_geral_gmv&gclid=CPm_lbay1uICFZCHkQodkDwEaw&i=5b8df695eec3dfb1f8aacc1a&o=5be19520ebb19ac62cdd038a&opn=YSMESP&sellerId=2288806000152>. Acesso em: 07 jun. 2019.

AQUASTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Infographics on water resources and uses**. 2014. Disponível em: <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/infographics/Infographics_all_eng.pdf>. Acesso em: 01 jun. 2018.

_____. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Water uses**: thematic discussion. 2018. Disponível em: <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/water_use/index.stm>. Acesso em: 01 jun. 2018.

_____. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Water withdrawal by sector, around 2010**. 2016. Disponível em: <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/tables/WorldData-Withdrawal_eng.pdf>. Acesso em: 01 jun. 2018.

_____. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Disambiguation of water statistics**. 2010. 6 p. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/a-bc816e.pdf>>. Acesso em: 16 jun. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Consulta nacional**. Disponível em: <<https://www.abntonline.com.br/consultanacional/#>>. Acesso em: 02 mai. 2019.

_____. **NBR 5626**: Instalação predial de água fria. Rio de Janeiro, 1998.

_____. **NBR 10844**: Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro, 1989.

_____. **NBR 15527**: Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos. Rio de Janeiro, 2007.

AZEVEDO, N. J. D. et al. Uma ferramenta da gestão da qualidade como indicativo da sustentabilidade da habitação popular – pesquisa de satisfação do usuário. In: Simpósio de Engenharia de Produção - SIMPEP, 13., 2006, Bauru. **Anais...**. Bauru: SIMPEP, 2006. p. 1 - 12. Disponível em: <http://www.simpep.feb.unesp.br/anais/anais_13/artigos/152.pdf>. Acesso em: 17 jun. 2018.

AZEVEDO NETTO, J. M. **Manual de hidráulica**. 8. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1998. 669 p.

BAKOF TEC. **Cisternas em polietileno**. Disponível em: <http://www.bakof.com.br/site/index.php/produtos/visualizar_produto/cisternas-em-polietileno/2>. Acesso em: 28 mai. 2019.

BERTOLDI, D. **Estudo de implantação de cobertura verde associada à captação de águas pluviais**. 2017. 81 p. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Infraestrutura, Centro Tecnológico de Joinville, Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, 2017.

BOHN, A. R. **Instalação predial de água fria**. Florianópolis, 2019. (Apostila). Disponível em: <<http://www.labee.ufsc.br/~luis/ecv5644/apostilas/af.pdf>>. Acesso em: 24 abr. 2019.

BRASIL. Lei nº 13.501, de 30 de outubro de 2017. Altera o art. 2º da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, para incluir o aproveitamento de águas pluviais como um de seus objetivos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 30 out. 2017. Seção 1, p. 1-112. Disponível em: <<https://www.jusbrasil.com.br/diarios/166336912/dou-secao-1-31-10-2017-pg-1>>. Acesso em: 28 abr. 2018.

_____. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – SNSA. **Sistema nacional de informações sobre saneamento**: diagnóstico dos serviços de água e esgotos – 2016. Brasília: SNSA/MCIDADES, 2018. 218 p. Disponível em: <http://etes-sustentaveis.org/wp-content/uploads/2018/03/Diagnostico_AE2016.pdf>. Acesso em: 03 jun. 2018.

_____. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Coordenação-Geral de Vigilância em Saúde Ambiental. **Portaria MS n.º 518/2004**. Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2005. 30 p. (Série E. Legislação de Saúde). Disponível em: <http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/portaria_518_2004.pdf>. Acesso em: 14 jun. 2018.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Normas de conservação e uso de fontes alternativas de água serão lançadas até outubro**. 2018. Disponível em:

<<https://cbic.org.br/normas-de-conservacao-e-uso-de-fontes-alternativas-de-agua-serao-lancadas-ate-outubro/>>. Acesso em: 17 jun. 2018.

CARVALHO, R. S. **Potencial econômico do aproveitamento de águas pluviais**: análise da implantação de um sistema para a região urbana de Londrina. 2010. 52 p. Monografia (Especialização) - Pós-Graduação em Construção de Obras Públicas, Programa Residência Técnica da Secretaria de Estado de Obras Públicas/SEOP, Universidade Federal do Paraná, Apucarana, 2010. Disponível em: <<https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/34378/CARVALHO,%20RAQUEL%20SARAVY%20DE.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 23 jul. 2018.

CASA DA CISTERNA. **Orçamento** [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <silvana-klein@hotmail.com> em 17 mai. 2019.

CHIZZOTTI, A. **Pesquisa qualitativa em ciências humanas e sociais**. Petrópolis: Vozes, 2006.

COMPANHIA ÁGUAS DE JOINVILLE. **Tabela tarifária de água e esgoto – 2018**. Disponível em: <<https://www.aguasdejoinville.com.br/?publicacao=tabela-tarifaria-de-agua-e-esgoto-062018>>. Acesso em: 08 jun. 2019.

COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Dicas e testes**. Disponível em: <<http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaoId=184>>. Acesso em: 03 jun. 2018.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE MUNICÍPIOS. **Uso de fontes alternativas de água é aprovado no Senado**. 2018. Disponível em: <<https://www.cnm.org.br/index.php/comunicacao/noticias/uso-de-fontes-alternativas-de-agua-e-aprovado-no-senado>>. Acesso em: 17 jun. 2018.

CREDER, H. **Instalações hidráulicas e sanitárias**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006. 423 p.

C&C – CASA E CONSTRUÇÃO. **Tudo para material de construção, reforma e decoração**. Disponível em: <<https://www.cec.com.br/>>. Acesso em: 07 jun. 2019.

FUNDAÇÃO INSTITUTO DE PESQUISA E PLANEJAMENTO URBANO DE JOINVILLE. **Joinville: cidade em dados 2015**. Joinville: Prefeitura Municipal de Joinville, 2015. 180 p.

GHISI, E. Potential for potable water savings by using rainwater in the residential sector of Brazil. **Building and Environment**, v. 41, n. 11, p. 1544-1550, nov. 2006.

GHISI, E. **Instalações prediais de água fria**. Florianópolis, 2004. (Apostila). Disponível em: <http://sinop.unemat.br/site_antigo/prof/foto_p_downloads/fot_5632aguafbia_eghisi_atualiza_da_pdf.pdf>. Acesso em: 24 abr. 2019.

GHISI, E.; MONTIBELLER, A.; SCHMIDT, R. W. Potential for potable water savings by using rainwater: An analysis over 62 cities in southern Brazil. **Building and Environment**, v. 41, n. 2, p. 204-210, fev. 2006.

GO ASSOCIADOS. **Perdas de água**: desafios ao avanço do saneamento básico e à escassez hídrica. São Paulo: Instituto Trata Brasil, 2015. 112 p. Disponível em:

<<http://tratabrasil.org.br/datafiles/estudos/perdas-de-agua/Relatorio-Perdas-2013.pdf>>. Acesso em: 28 abr. 2018.

GONÇALVES, P. M. **Bases metodológicas para a racionalização do uso da água e energia no abastecimento público de água em São Paulo**. 1995. 330 p. Dissertação (Mestrado) - Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia, Instituto de Eletrotécnica e Energia/Escola Politécnica/Instituto de Física/Faculdade de Economia e Administração, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/86/86131/tde-01022012-120615/es.php>>. Acesso em: 15 jun. 2018.

GOOGLE MAPS. **Google Maps**. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps/dir/R.+Des.+Guilherme+Abry,+342+-+Sagua%C3%A7u,+Joinville+-+SC,+89221-600/26%C2%BA15%E2%80%997.92%E2%80%9DS+48%C2%BA51%E2%80%9921.96%E2%80%9DW/@-26.2633502,-48.8745522,14z/data=!3m1!4b1!4m12!4m11!1m5!1m1!1s0x94deafd6a1491a69:0x2e3211061125e3f!2m2!1d-48.8448488!2d-26.2765585!1m3!2m2!1d-48.8561!2d-26.2522!3e0?hl=pt-BR>>. Acesso em: 19 mai. 2019.

HESPANHOL, I. Um novo paradigma para a gestão de recursos hídricos. **Estud. av.**, São Paulo, v. 22, n. 63, p. 131-158, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142008000200009&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 16 jun. 2018.

HIDROMAR. **Caixa de inspeção para esgoto DN100 c/ tampa – Tigre**. Disponível em: <https://www.lojashidromar.com.br/tubos-e-conexoes/caixa-de-inspecao-para-esgoto-dn100-c-tampa-tigre-4654.html?gclid=CKP7w_a31uICFYQRkQodisUBBA>. Acesso em: 07 jun. 2019.

JOINVILLE. Câmara de Vereadores. **Obrigação de reaproveitar água da chuva pode ser ampliada em Joinville**. 2017b. Disponível em: <<http://www.cvj.sc.gov.br/home/72-ssesoes/4215-obrigacao-de-reaproveitar-agua-da-chuva-pode-ser-ampliada-em-joinville>>. Acesso em: 29 abr. 2018.

_____. Lei Complementar nº 220, de 3 de outubro de 2006. Dispõe sobre o reaproveitamento das águas pluviais nos casos que especifica e dá outras providências. **Gabinete da Presidência**, Joinville, 03 out. 2006. Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/a1/sc/j/Joinville/lei-complementar/2006/22/220/lei-complementar-n-220-2006-dispoe-sobre-o-reaproveitamento-das-aguas-pluviais-nos-casos-que-especifica-e-da-outras-providencias>>. Acesso em: 28 abr. 2018.

_____. Lei Complementar nº 492, de 8 de dezembro de 2017. Altera dispositivo da Lei Complementar nº 220, de 3 de outubro de 2006, que dispõe sobre o reaproveitamento de águas pluviais nos casos que especifica. **Diário Oficial Eletrônico do Município de Joinville**, Joinville, 08 dez. 2017a, p. 1-50. Disponível em: <<https://www.joinville.sc.gov.br/public/portaladm/pdf/jornal/2a0f837a48693552a0959c87749aa724.pdf>>. Acesso em: 28 abr. 2018.

KOBIYAMA, M.; GRISON, F.; MOTA, A. A. **Curso de capacitação em hidrologia e hidrometria para conservação de mananciais**. 3. ed. Florianópolis: UFSC/CTC/ENS/LabHidro, 2011. 242 p.

LAGE, E. S. **Aproveitamento de água pluvial em concessionárias de veículos na cidade de Belo Horizonte**: potencial de economia de água potável e estudo de viabilidade econômica. 2010. 181 p. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

LEI vai obrigar uso de água da chuva em novos imóveis de São Carlos, SP: casas com mais de 140 metros quadrados deverão ter o reservatório. **G1 São Paulo**. Aprovada na sexta-feira (6), determinação passa a valer em novembro. 2016. Disponível em: <<http://g1.globo.com/sp/sao-carlos-regiao/noticia/2016/05/lei-vai-obrigar-uso-de-agua-da-chuva-em-novos-imoveis-de-sao-carlos-sp.html>>. Acesso em: 29 abr. 2018.

LEROY MERLIN. **Construção, acabamento, decoração e jardinagem**. Disponível em: <<https://www.leroymerlin.com.br/>>. Acesso em: 07 jun. 2019.

LOPES, F. H. Y. **Estudo comparativo entre equações de chuvas para o município de Joinville, SC**. 2006. 79 p. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Centro de Ciências Tecnológicas, Universidade de Estado de Santa Catarina, Joinville, 2006. Disponível em: <https://www.joinville.sc.gov.br/wp-content/uploads/2017/11/EAS-BHRMA_Anexo-A-Compara%C3%A7%C3%A3o-das-Equa%C3%A7%C3%B5es-de-Chuva-na-%C3%81rea-Urbana-de-Joinville_2006-00-00.pdf>. Acesso em: 08 abr. 2019.

LOPES, G. B. **Estudo de viabilidade técnica do aproveitamento de água da chuva para fins não potáveis na Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia (MG)**. 2012. 190 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2012. Disponível em: <<https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/14171/1/d.pdf>>. Acesso em: 03 fev. 2019.

KNAPIK, H. G. **Tabelas auxiliares para dimensionamento**. Curitiba, 2017. (Apostila). Disponível em: <https://docs.ufpr.br/~heloise.dhs/TH030/Tabelas%20auxiliares%20para%20dimensionamento_2017_%E1gua%20fria.pdf>. Acesso em: 31 mai. 2019.

MELLO, Y. R. **Qual o bairro mais chuvoso de Joinville? E o menos chuvoso?** 2017. Disponível em: <<http://geokiriri.com/qual-o-bairro-mais-chuvoso-de-joinville-e-o-menos-chuvoso/>>. Acesso em: 09 jun. 2019.

MELLO, Y. R.; OLIVEIRA, T. M. N. Análise estatística e geoestatística da precipitação média para o município de Joinville (SC). **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 31, n. 2, p.229-239, jun. 2016.

MELLO, Y.; KOHLS, W.; OLIVEIRA, T. M. N. Análise da precipitação mensal provável para o município de Joinville (SC) e região. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 17, p.246-258, 31 dez. 2015.

MINAS GERAIS. Fundação Estadual do Meio Ambiente. **Aproveitamento de água pluvial: conceitos e informações gerais**. 2016. 42 p. Disponível em: <https://www7.fiemg.com.br/Cms_Data/Contents/central/Media/Documentos/Biblioteca/PDF>

s/SDI/2016/RecursosHidricos/SS-0115-15-CARTILHA-AGUA-DA-CHUVA-INTRANET.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2018.

NASCIMENTO, A. R. S. **Sistema de aproveitamento de águas pluviais em grandes superfícies e o seu impacto ambiental**: realizado na empresa Retailgeste – Sociedade de Gestão de Investimentos Imobiliários, S.A. 2014. 103 p. Dissertação (Mestrado) - Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica Ramo de Energia Térmica, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2014. Disponível em: <<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/72383/2/26228.pdf>>. Acesso em: 17 jun. 2018.

OLIVEIRA, S. M. **Aproveitamento da água da chuva e reúso de água em residências unifamiliares**: estudo de caso em Palhoça - SC. 2005. 134 p. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2005.

OLIVEIRA, T. D.; CHRISTMANN, S. S.; PIEREZAN, J. B. Aproveitamento, captação e (re)uso das águas pluviais na arquitetura. **Revista Gestão e Desenvolvimento em Contexto**, Universidade de Cruz Alta, v. 2, n. 2, p.1-15, 2014. Disponível em: <<http://revistaeletronica.unicruz.edu.br/index.php/GEDECON/article/view/1933/497>>. Acesso em: 24 jul. 2018.

OLIVEIRA, T. M. N. et al. **Bacias hidrográficas da região de Joinville**: gestão e dados. 1. ed. Joinville: Univille, 2017. v. 1. 94 p.

REBOUÇAS, A. **Uso inteligente da água**. São Paulo: Escrituras Editora, 2004. 209 p.

REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas doces no Brasil**: capital ecológico, uso e conservação. 3. ed. São Paulo: Escrituras Editora, 2006. 732 p.

SAAVEDRA, J. Reaproveitamento da água da chuva pode se tornar obrigatória em Joinville: confira essa e outras informações na coluna de Jefferson Saavedra. **A Notícia**. 2017. Disponível em: <<http://anoticia.clicrbs.com.br/sc/politica/noticia/2017/11/saavedra-reaproveitamento-da-agua-da-chuva-pode-se-tornar-obrigatoria-em-joinville-9989562.html>>. Acesso em: 29 abr. 2018.

SÃO PAULO. Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo. **Leis não regulamentadas**. Disponível em: <<https://www.al.sp.gov.br/leis/legislacao-do-estado/leis-nao-regulamentadas/>>. Acesso em: 17 jun. 2018.

SISTEMA NACIONAL DE PESQUISA DE CUSTOS E ÍNDICES DA CONSTRUÇÃO CIVIL. **Relatório de insumos e composições – abr/19 - sem desoneração**. 2019. Disponível em: <http://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx#categoria_662>. Acesso em: 4 mai. 2019.

TCPO: tabelas de composições de preços para orçamentos. 13. ed. São Paulo: Pini, 2010. 630p.

TIGRE. **Manual técnico Tigre**: orientações técnicas sobre instalações hidráulicas prediais. Joinville: Tigre, 2010. 188p.

TIGRE. **Tubo soldável 6 m**. Disponível em: <<https://www.tigre.com.br/tubo-soldavel-6-m>>. Acesso em: 04 jun. 2019.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis**. 2010. 486 p. Disponível em:
<http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/Livro_aprov._aguadechuva/Livro%20Aproveitamento%20de%20agua%20de%20chuva%205%20dez%202015.pdf>. Acesso em: 05 jun. 2018.

UNITED NATIONS; WORLD BANK GROUP. **Making every drop count: an agenda for water action**. 2018. 34 p. Disponível em:
<https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/17825HLPW_Outcome.pdf>. Acesso em: 28 abr. 2018.

UNITED NATIONS WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAMME; UNITED NATIONS WATER. **The United Nations world water development report 2018: nature-based solutions for water**. Paris: UNESCO, 2018. 142 p. Disponível em:
<<http://unesdoc.unesco.org/images/0026/002614/261424e.pdf#nameddest=261604>>. Acesso em: 28 abr. 2018.

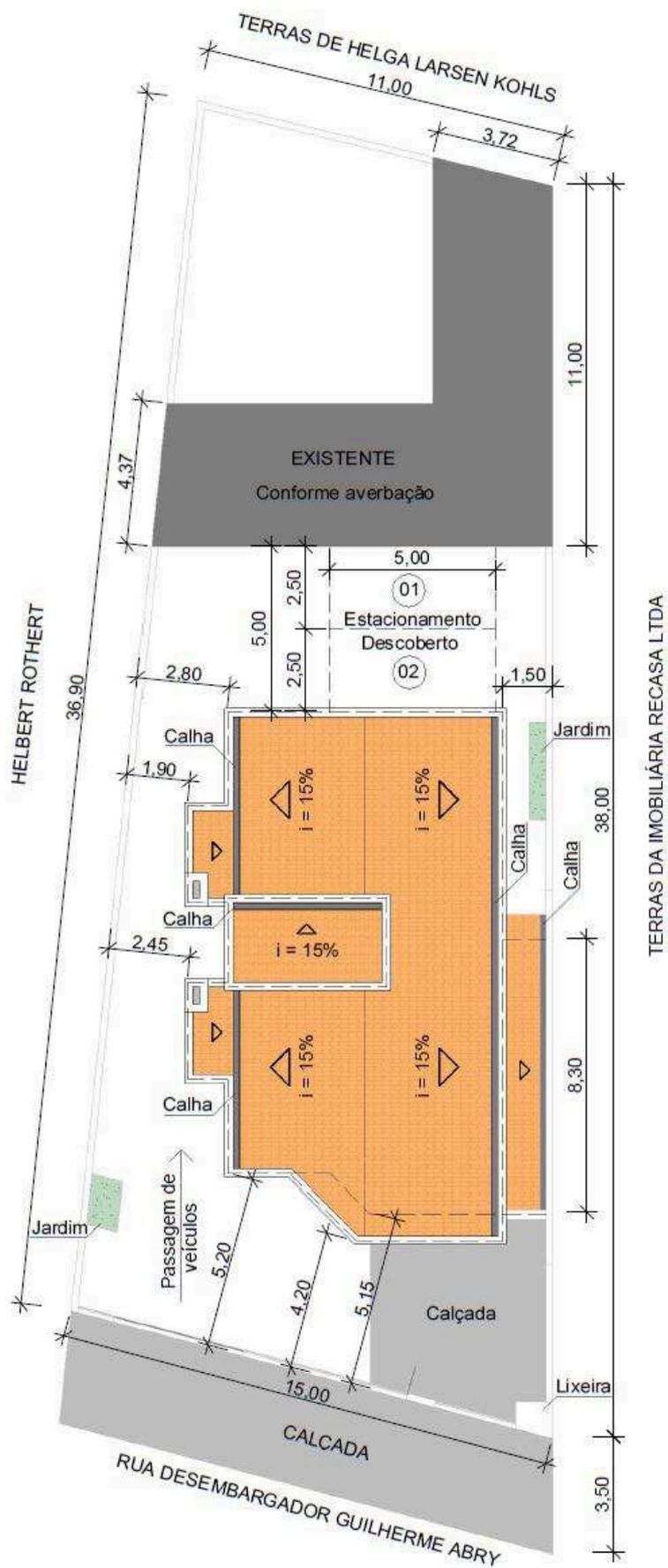
UNIVILLE. **Dados meteorológicos**. Disponível em:
<https://www.univille.edu.br/pt_br/maisuniville/metereologia/dados_meteorologicos/64589>. Acesso em: 07 abr. 2019.

URBANO, E. **Projeto experimental do filtro de água de chuva de baixo custo modelo auto-limpante**. 2014a. Disponível em:
<<http://www.sempresustentavel.com.br/hidrica/minicisterna/filtro-de-agua-de-chuva.htm>>. Acesso em: 10 fev. 2019.

URBANO, E. **Projeto experimental do separador de águas de chuva de baixo custo**. 2014b. Disponível em:
<<http://www.sempresustentavel.com.br/hidrica/minicisterna/separador-de-agua-de-chuva.htm>>. Acesso em: 10 fev. 2019.

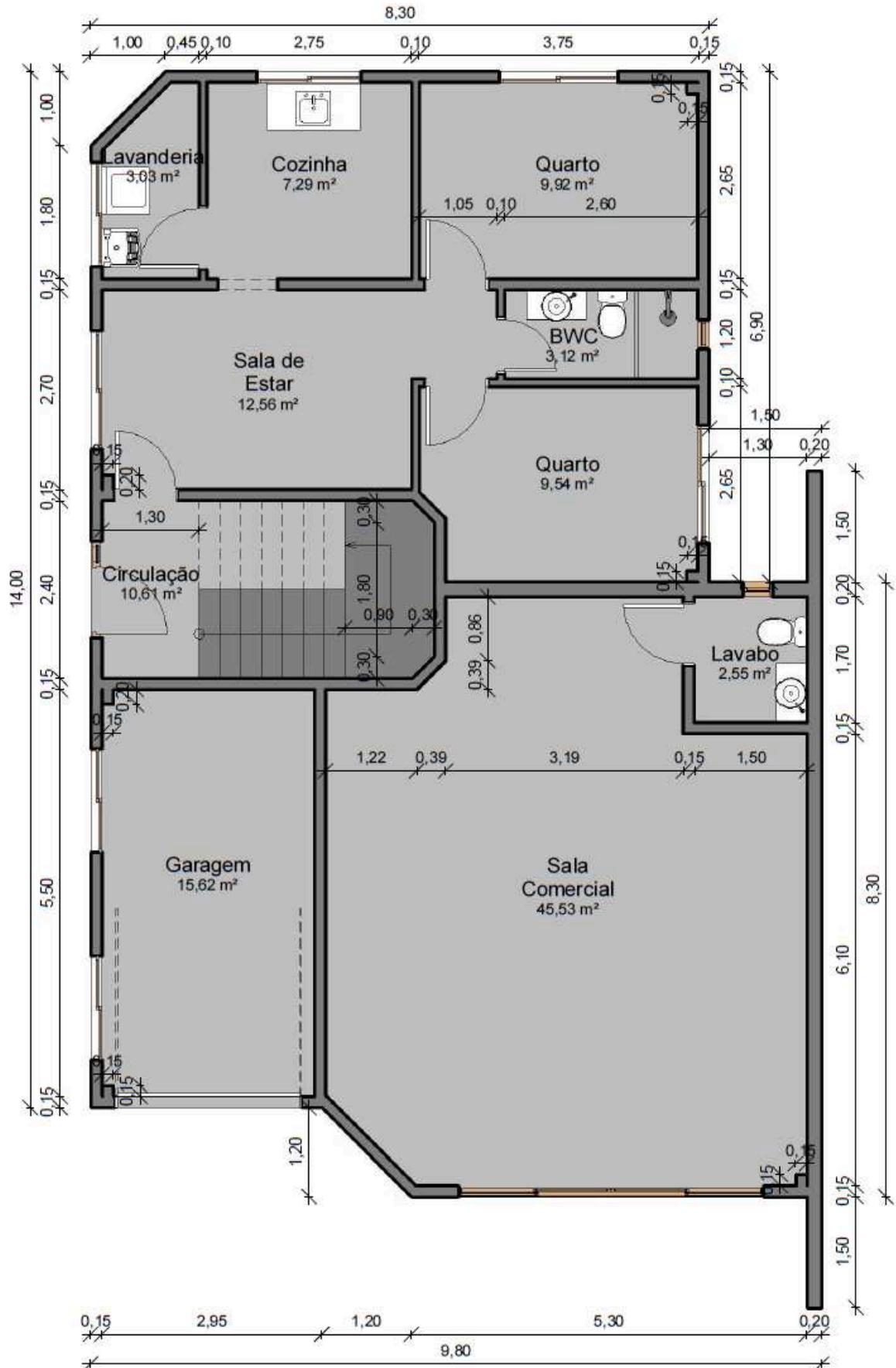
URBANO, E. **Como fazer uma cisterna de baixo custo**. 2015. Disponível em:
<<https://www.blogtorchtools.com.br/cisterna-captacao-agua-de-chuva/>>. Acesso em: 04 jun. 2019.

APÊNDICE A – Planta de situação (sem escala).



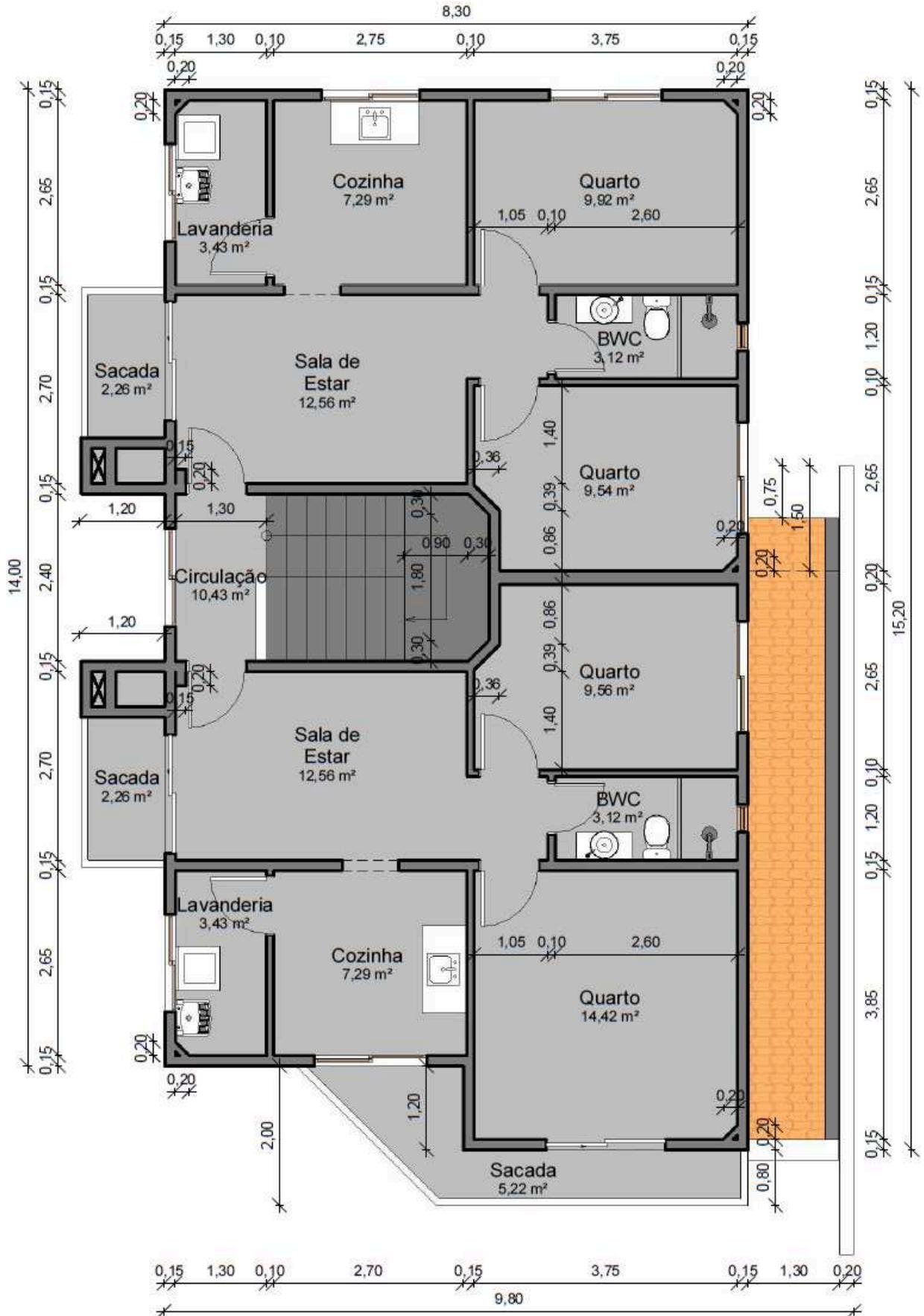
Fonte: Autora (2019).

APÊNDICE B – Planta do pavimento térreo (sem escala).

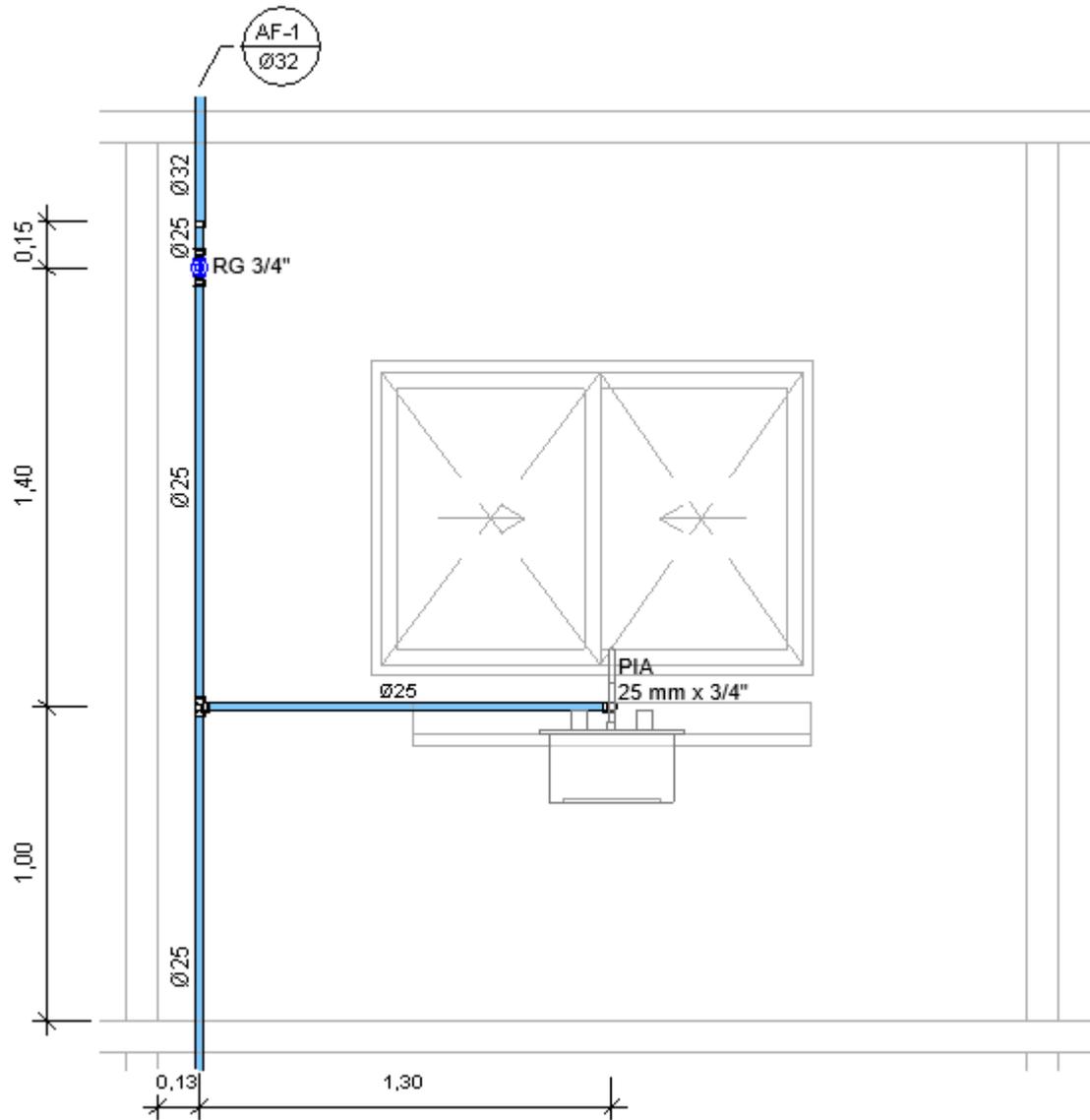


Fonte: Autora (2019).

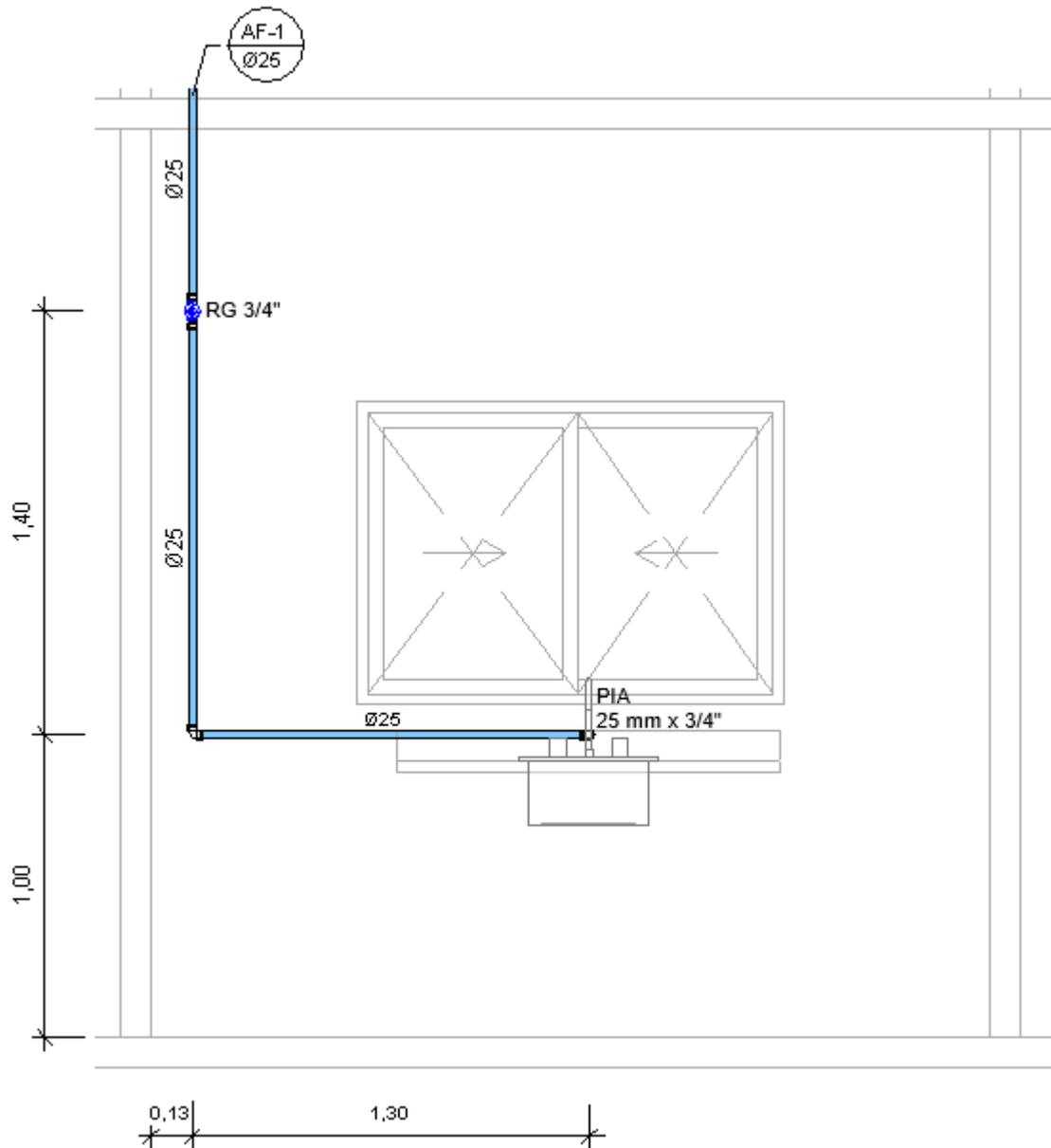
APÊNDICE C – Planta do pavimento superior (sem escala).



Fonte: Autora (2019).

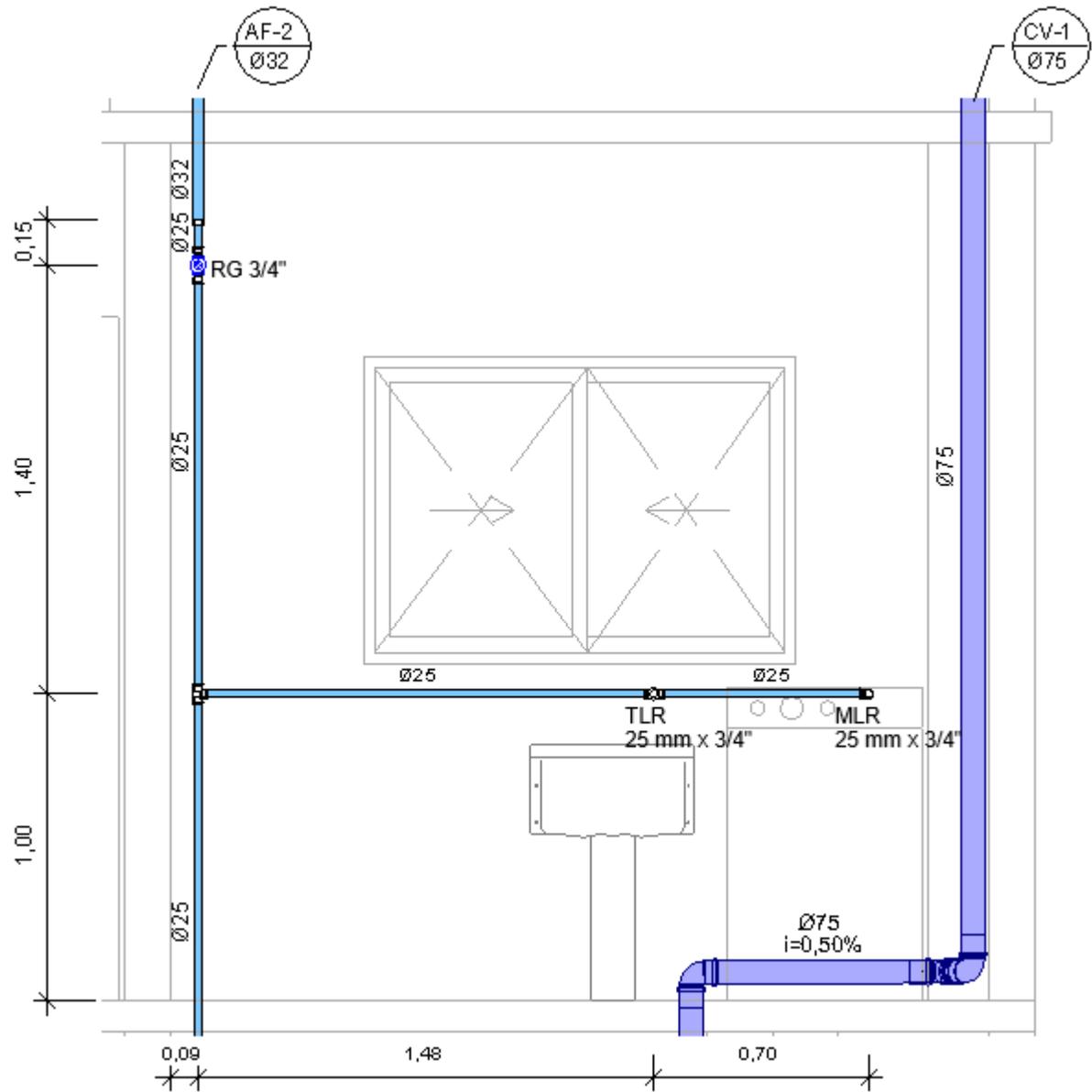
APÊNDICE D – Detalhe da cozinha do apartamento 201 (sem escala).

Fonte: Autora (2019).

APÊNDICE E – Detalhe da cozinha do apartamento 101 (sem escala).

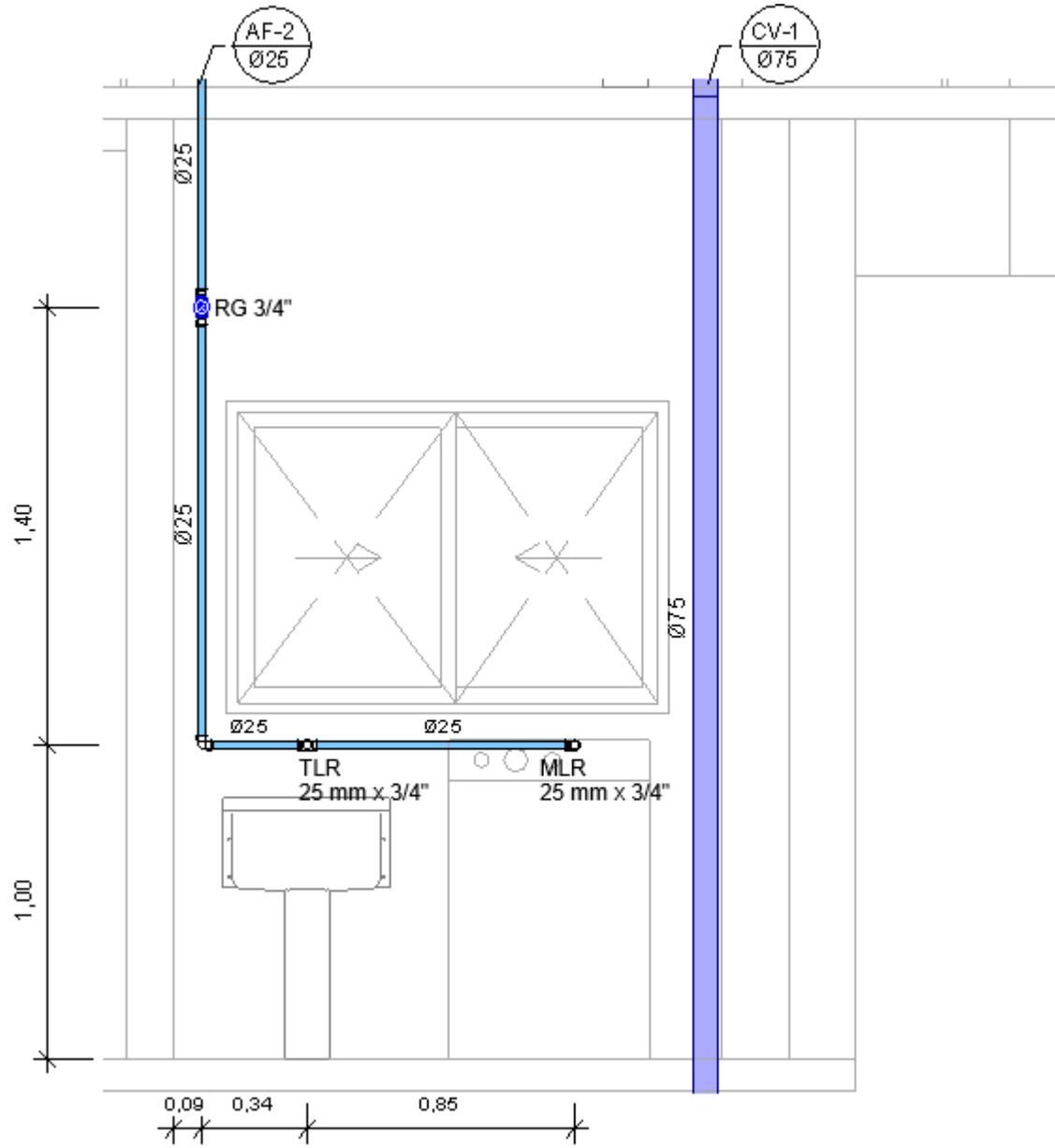
Fonte: Autora (2019).

APÊNDICE F – Detalhe da área de serviço do apartamento 201 (sem escala).



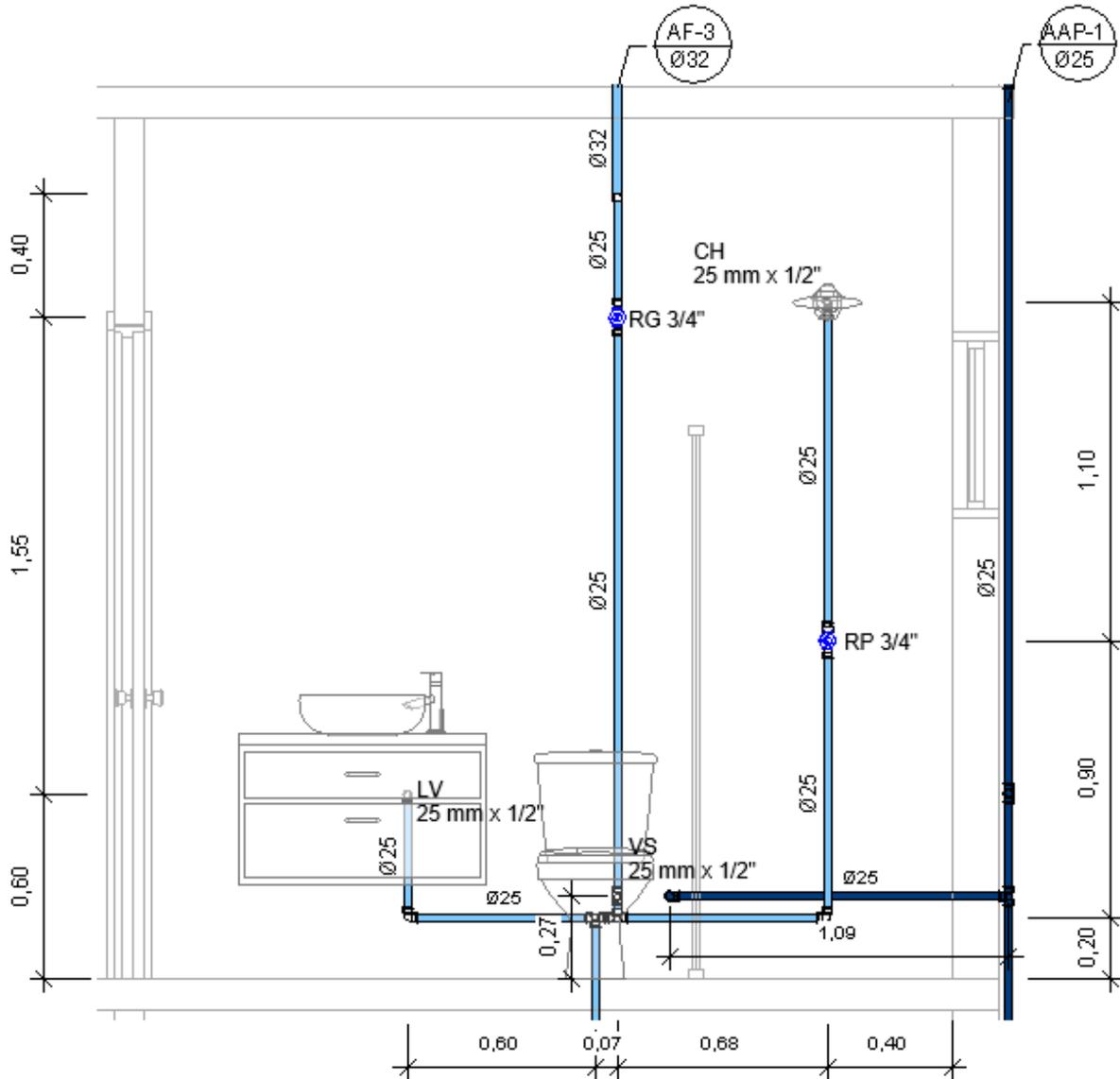
Fonte: Autora (2019).

APÊNDICE G – Detalhe da área de serviço do apartamento 101 (sem escala).



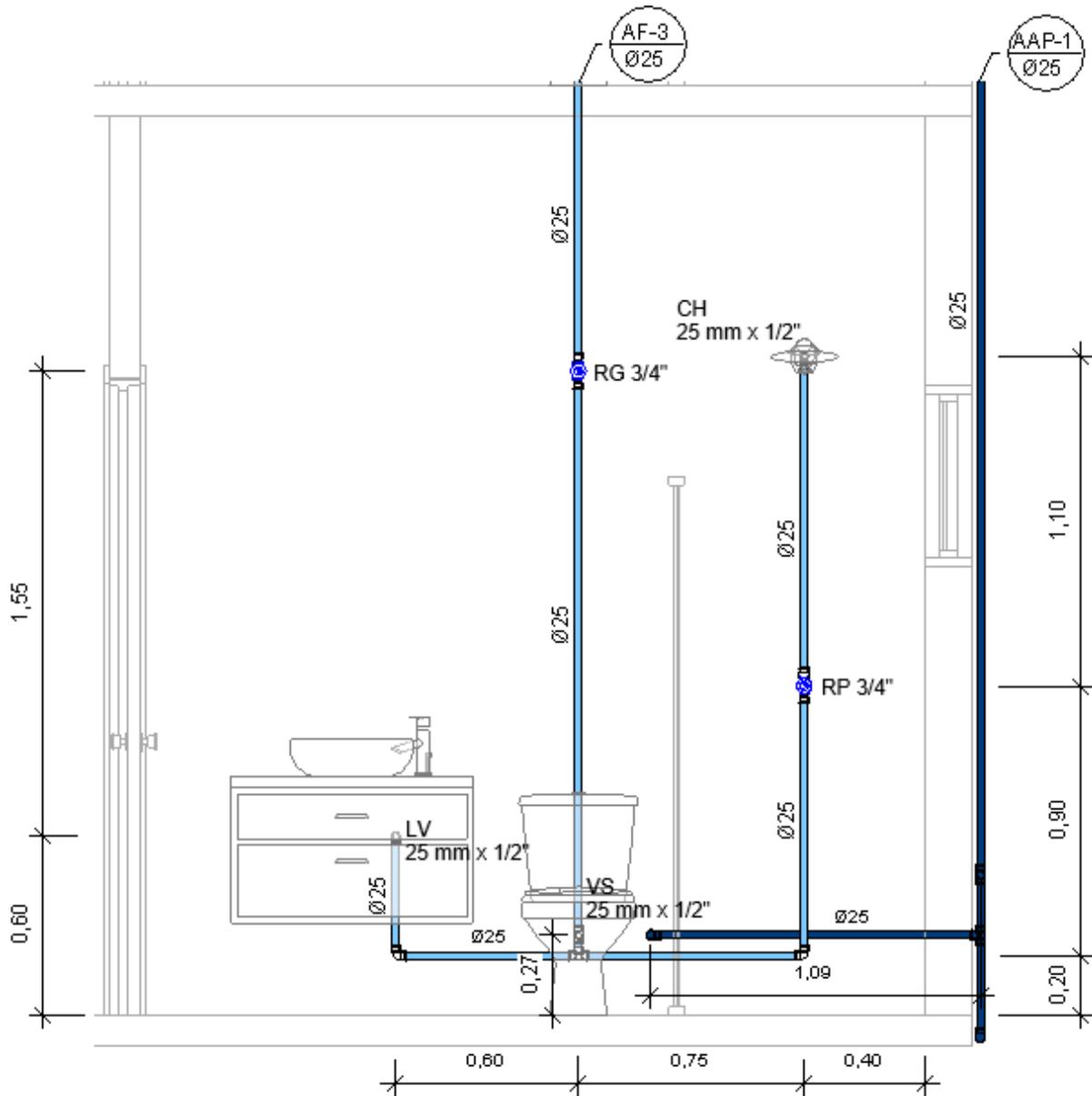
Fonte: Autora (2019).

APÊNDICE H – Detalhe do banheiro do apartamento 201 (sem escala).

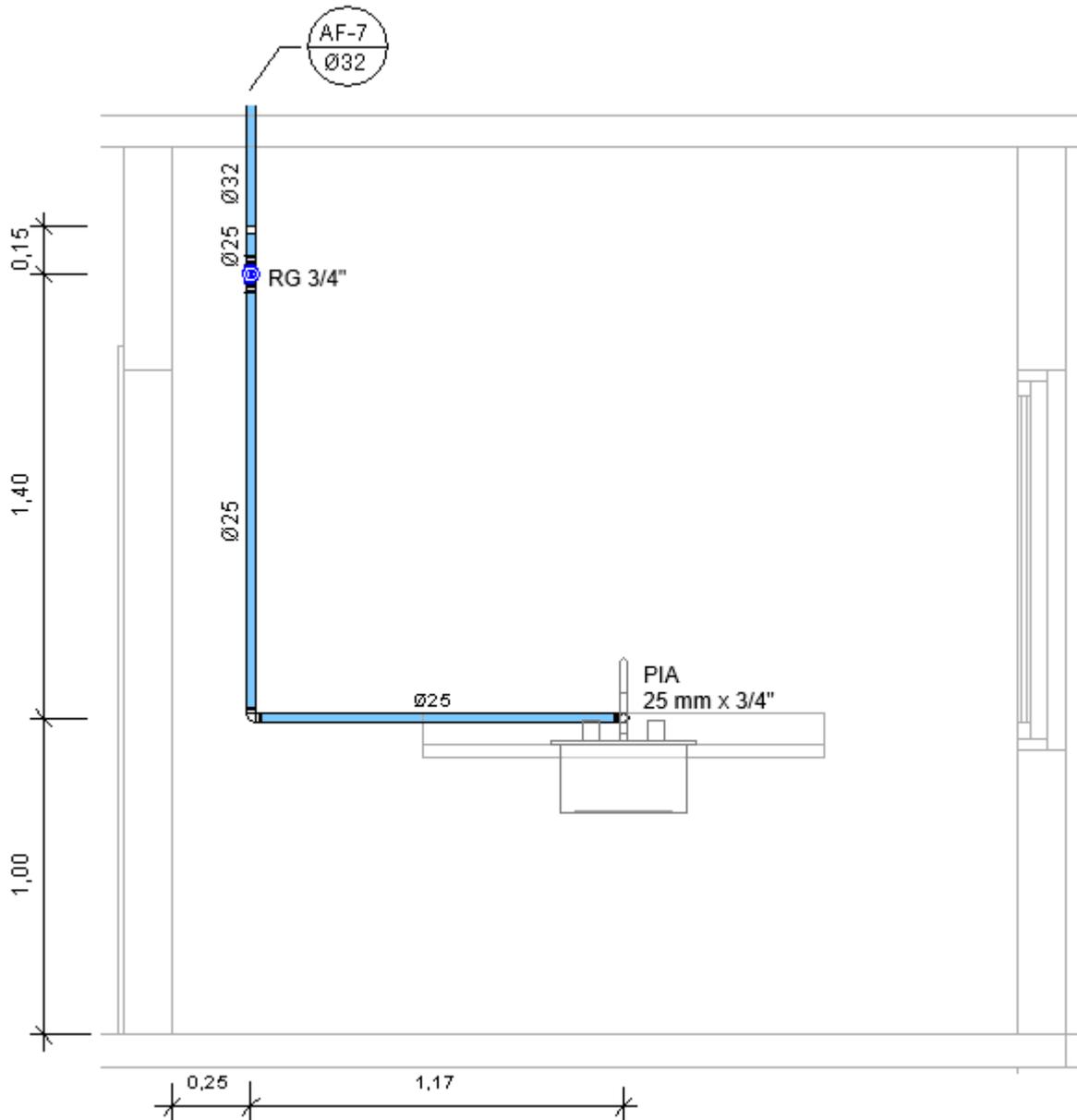


Fonte: Autora (2019).

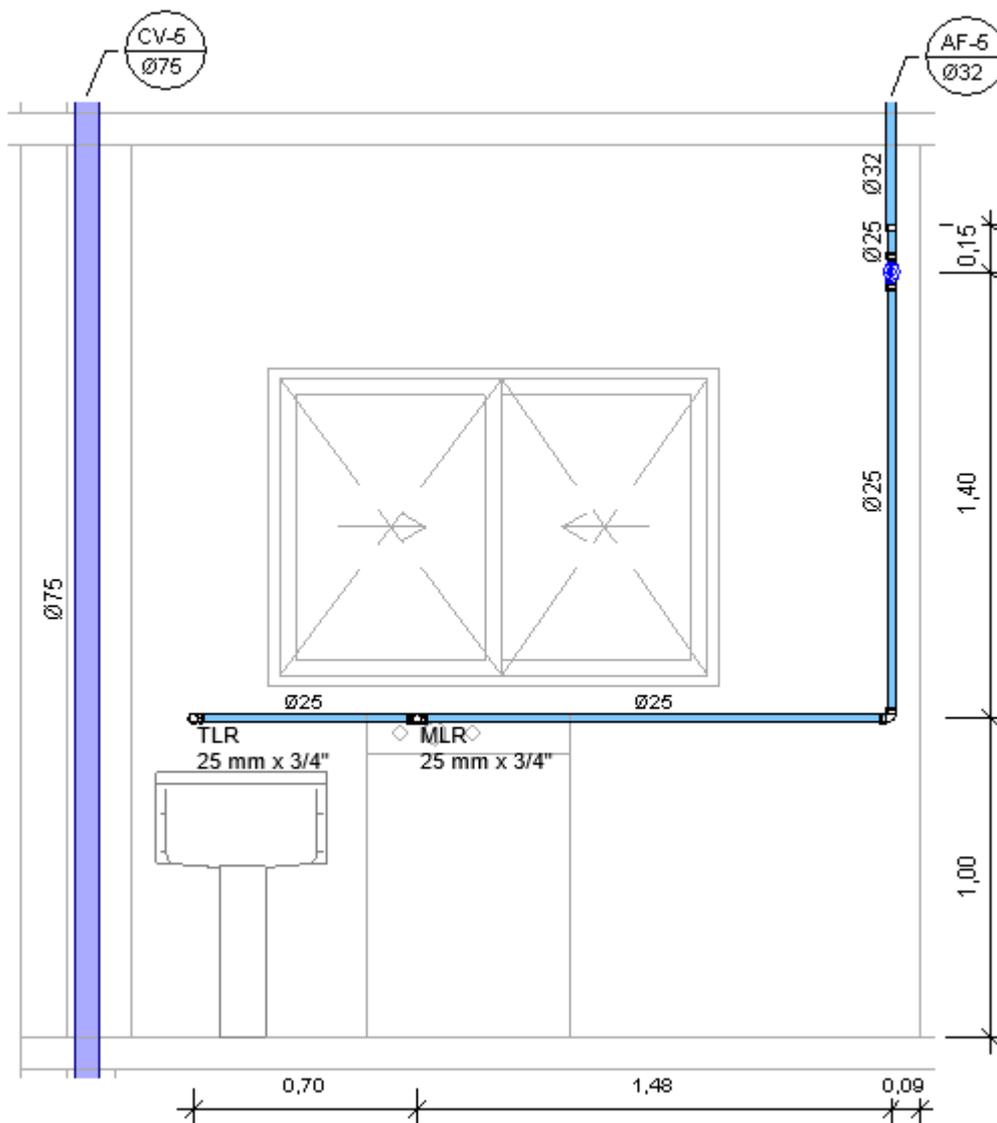
APÊNDICE I – Detalhe do banheiro do apartamento 101 (sem escala).



Fonte: Autora (2019).

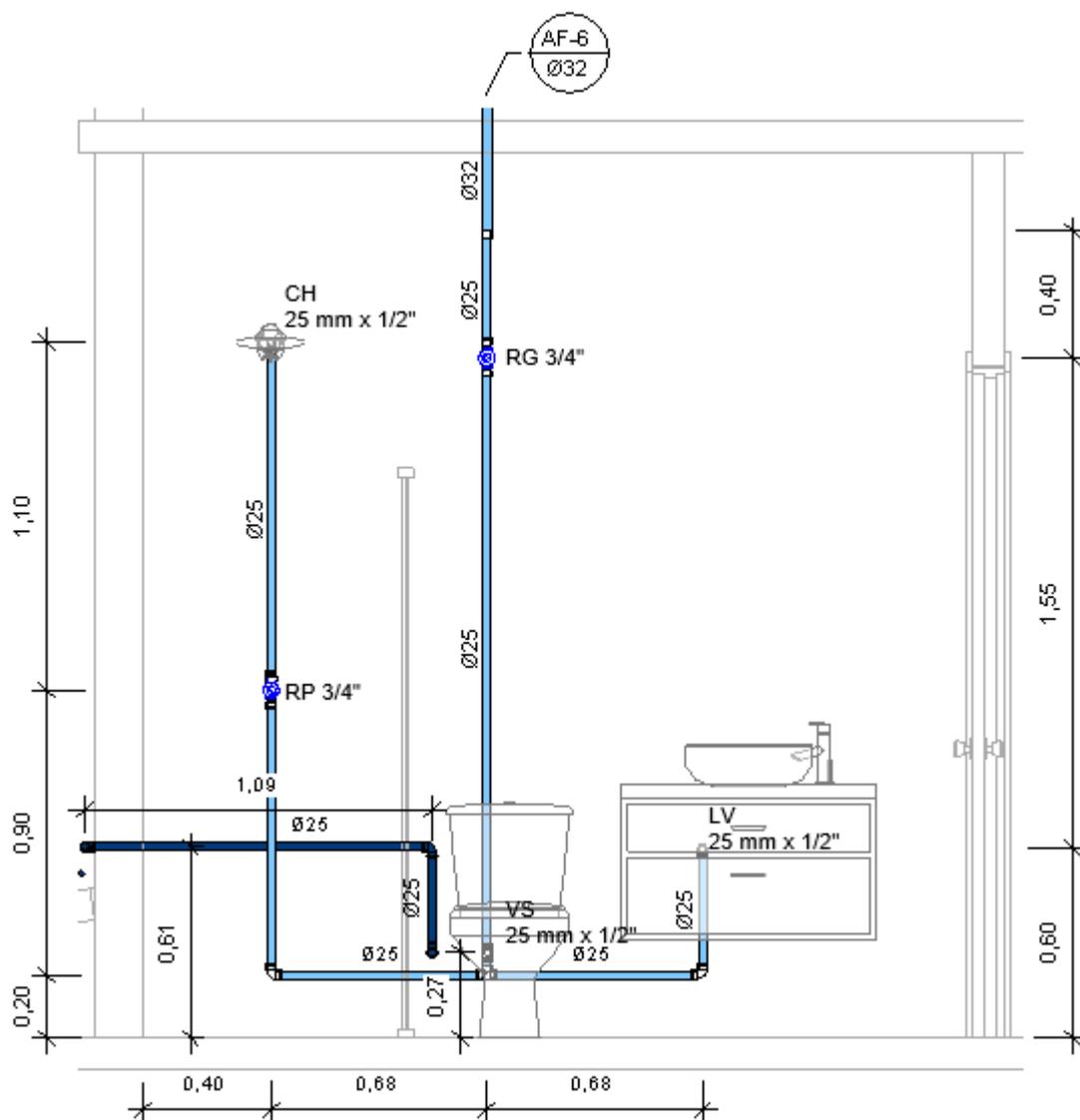
APÊNDICE J – Detalhe da cozinha do apartamento 202 (sem escala).

Fonte: Autora (2019).

APÊNDICE K – Detalhe da área de serviço do apartamento 202 (sem escala).

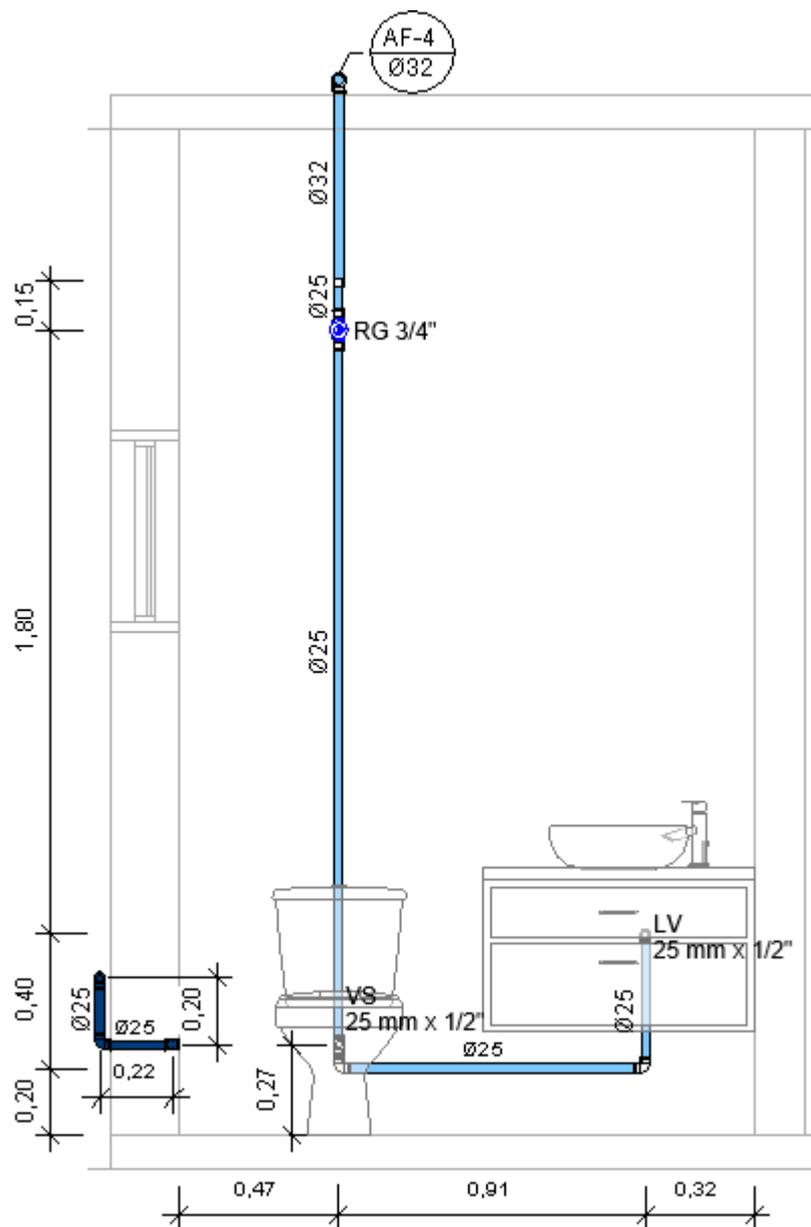
Fonte: Autora (2019).

APÊNDICE L – Detalhe do banheiro do apartamento 202 (sem escala).

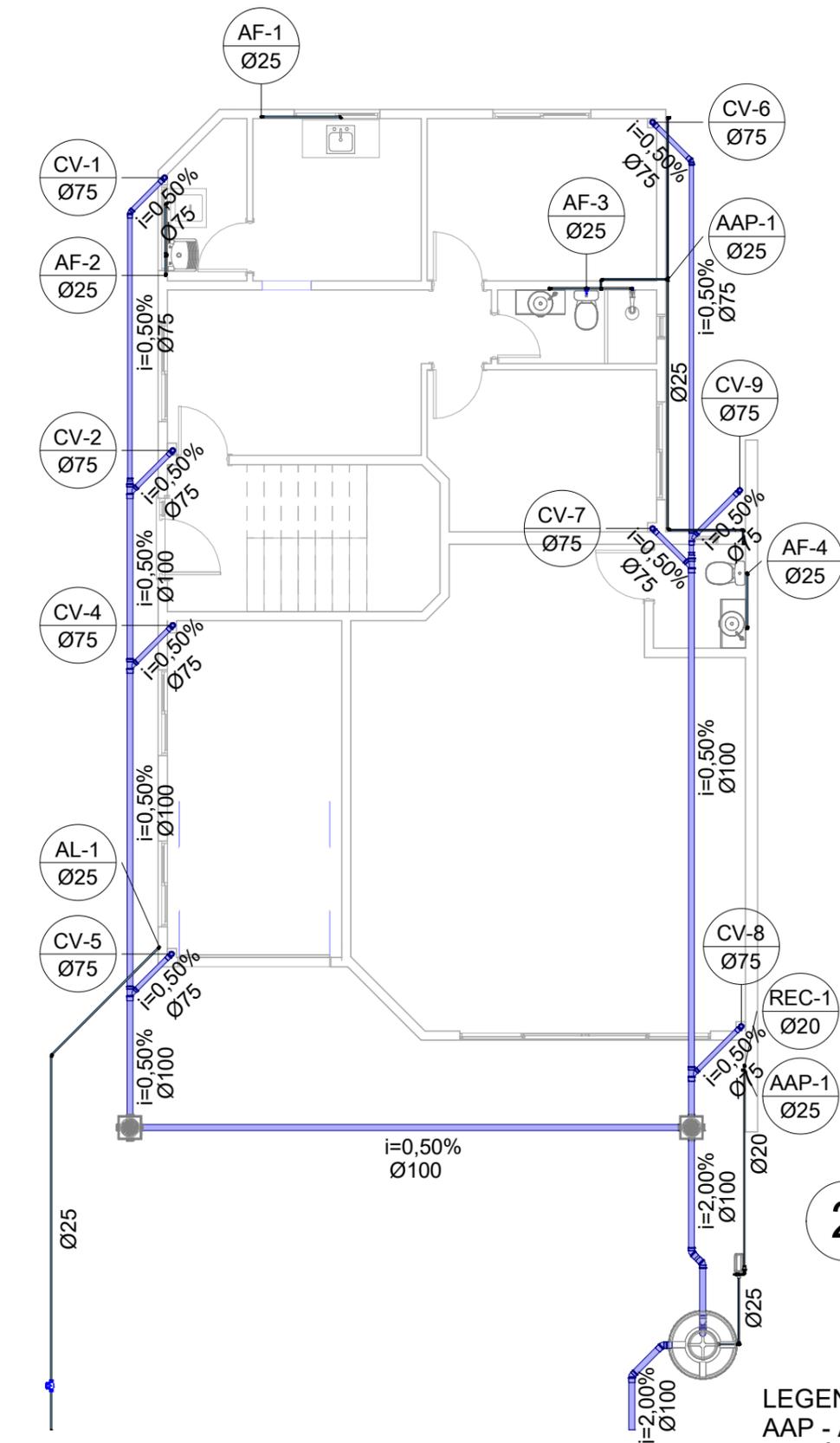


Fonte: Autora (2019).

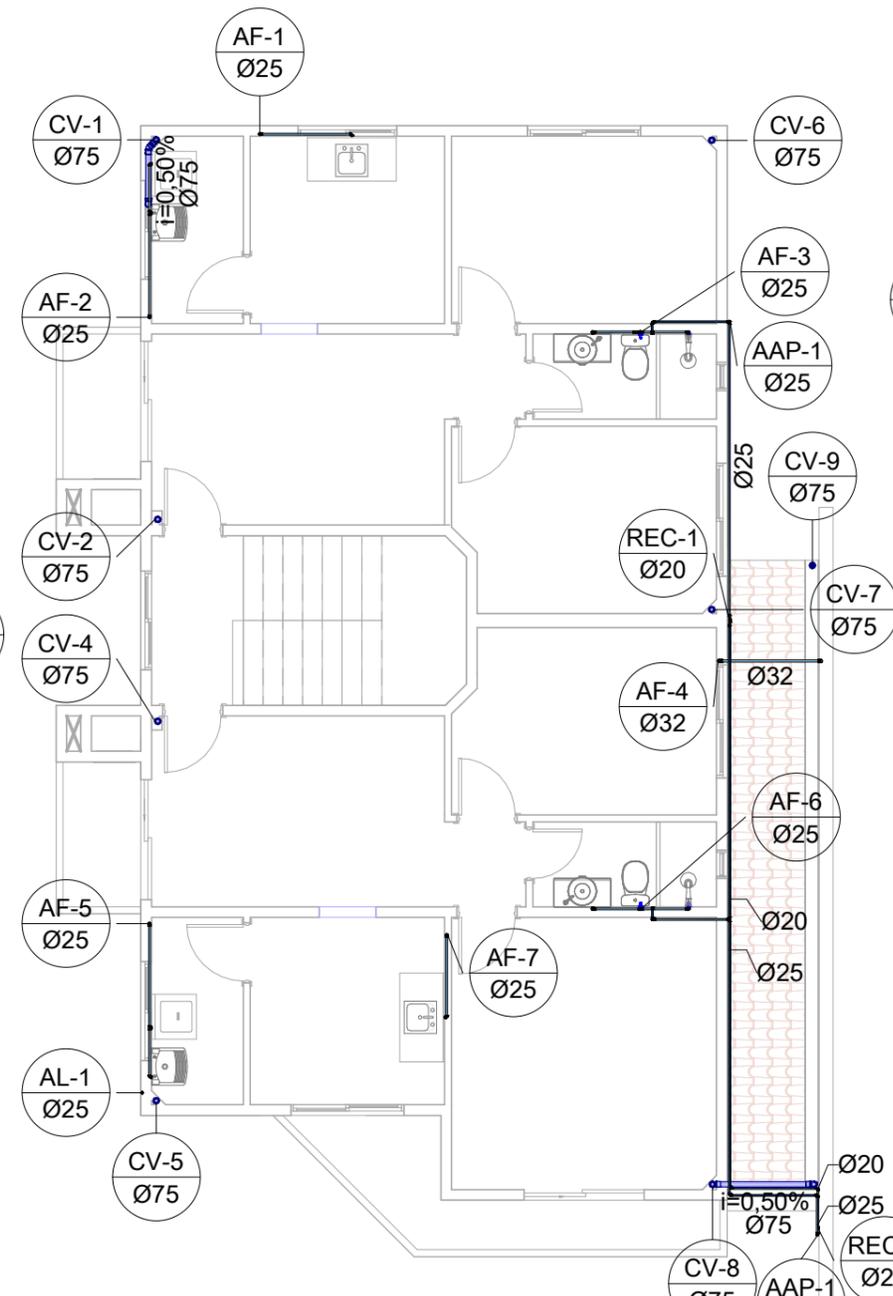
APÊNDICE M – Detalhe do lavabo da sala comercial (sem escala).



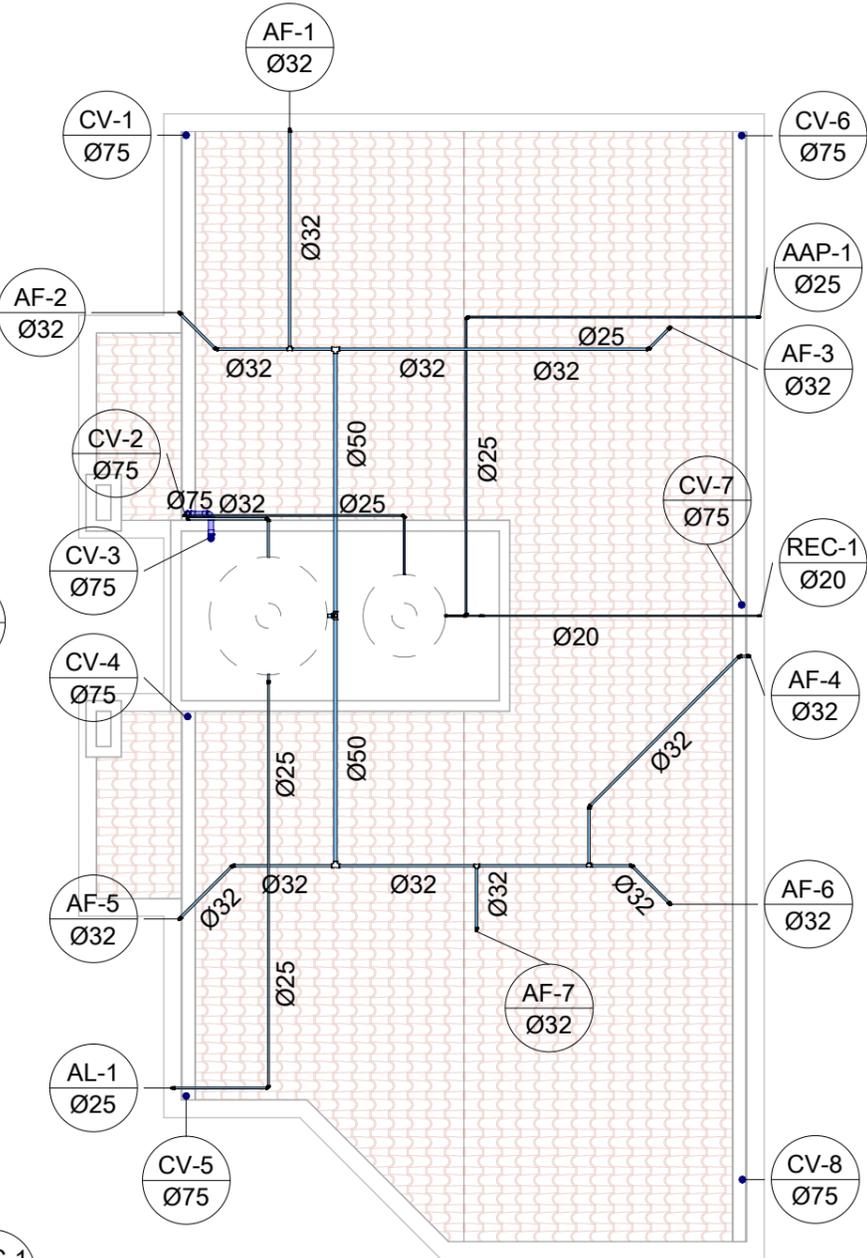
Fonte: Autora (2019).



1 Apêndice N - Pav. Térreo
1 : 100



2 Apêndice O - Pav. Superior
1 : 100



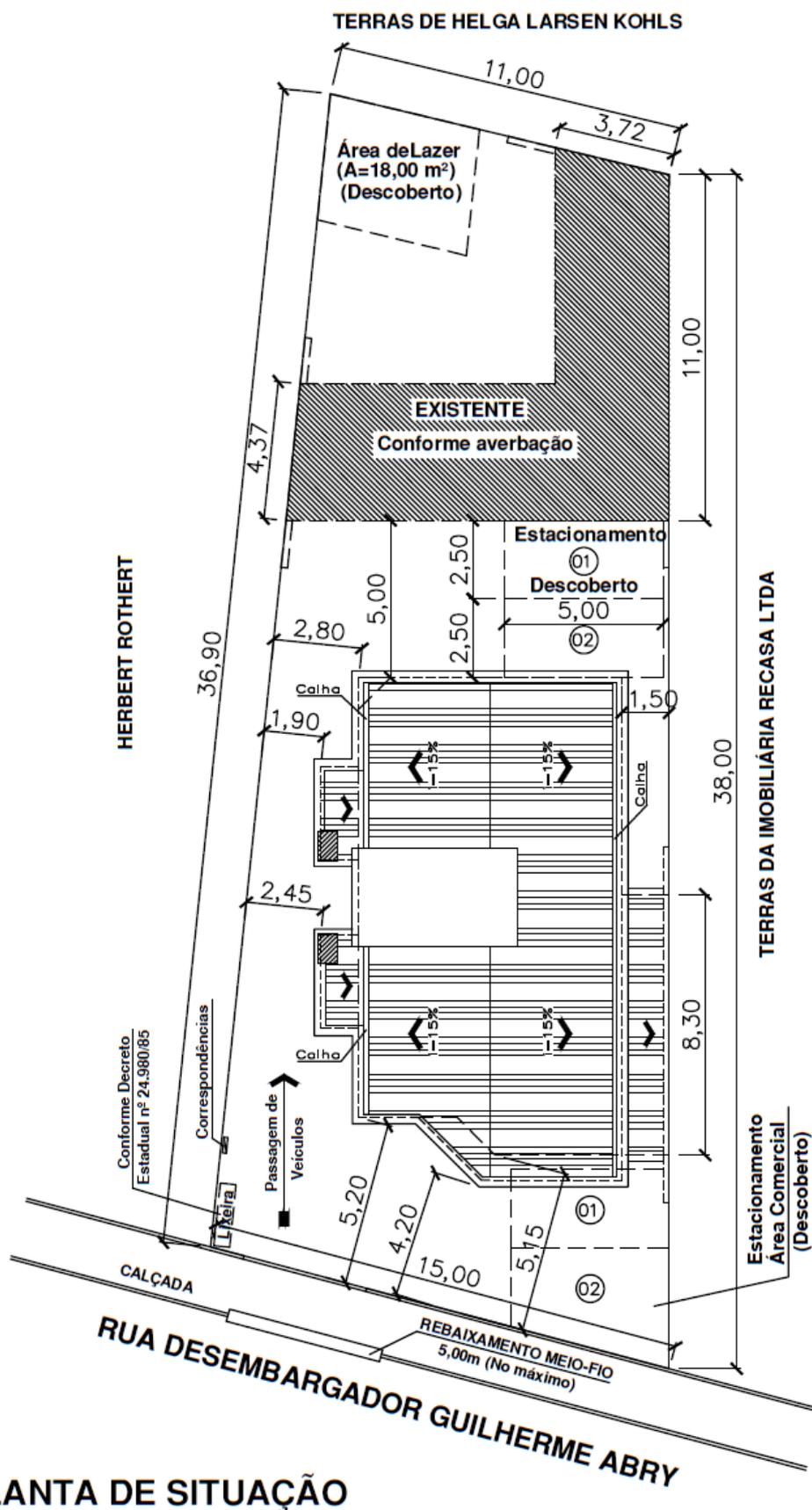
3 Apêndice P - Cobertura
1 : 100

LEGENDA:
 AAP - Aproveitamento de Água Pluvial
 AF - Água Fria
 AL - Alimentação predial
 REC - Recalque

NOTA:
 As vistas com o detalhamento dos banheiros, cozinhas, áreas de serviço e lavabo se encontram nos Apêndices D à M.

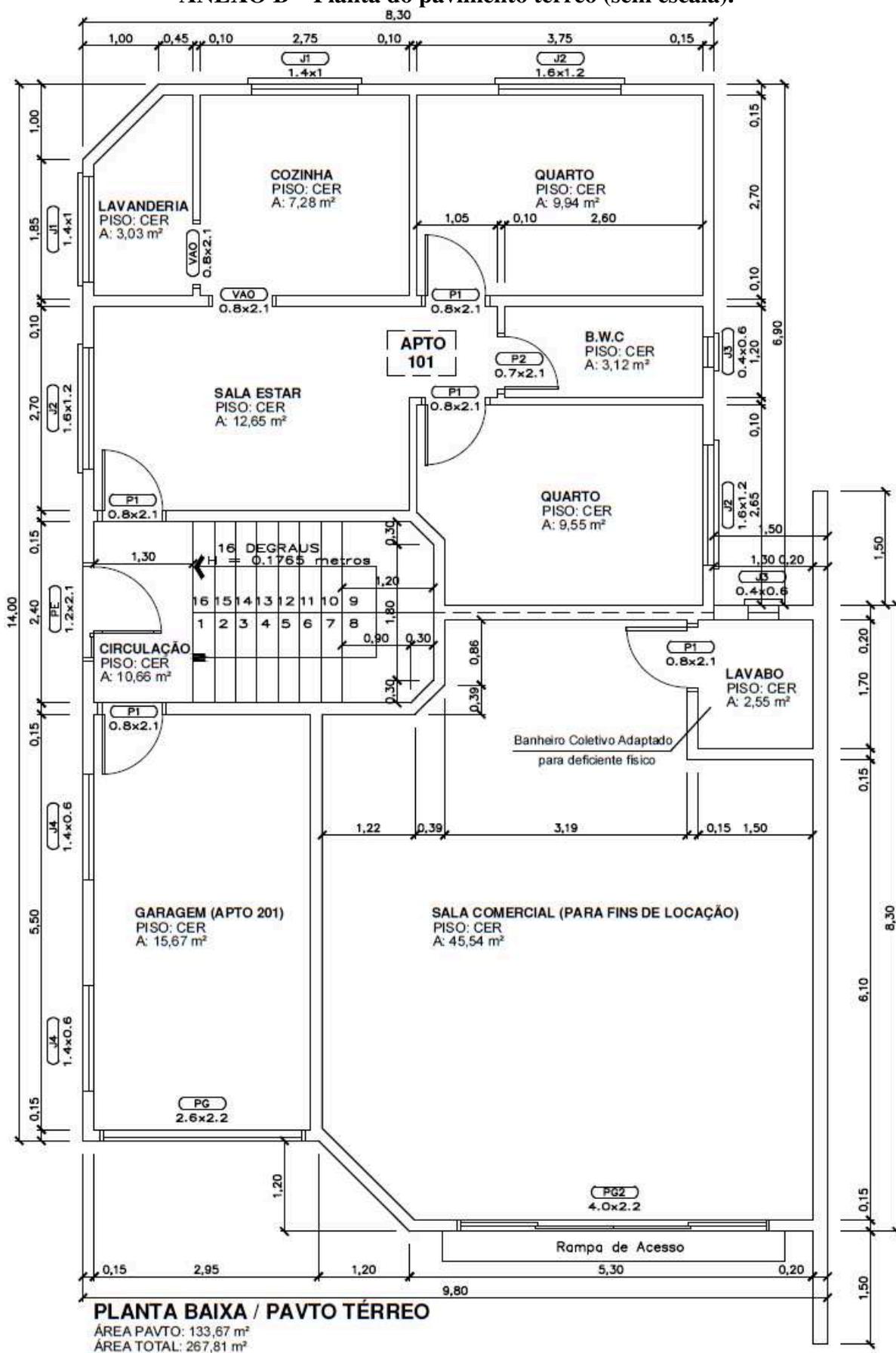
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA	
CURSO: Engenharia Civil de Infraestrutura	DATA: 17/06/2019
ALUNA: Silvana Klein	UNIDADE: Metros
TÍTULO DO PROJETO: Aproveitamento de água pluvial em uma edificação multifamiliar	ESCALA: 1:100
TÍTULO DA PRANCHA: Instalações de água pluvial, água fria e aproveitamento de água pluvial	PRANCHA: 1/1

ANEXO A – Planta de situação (sem escala).

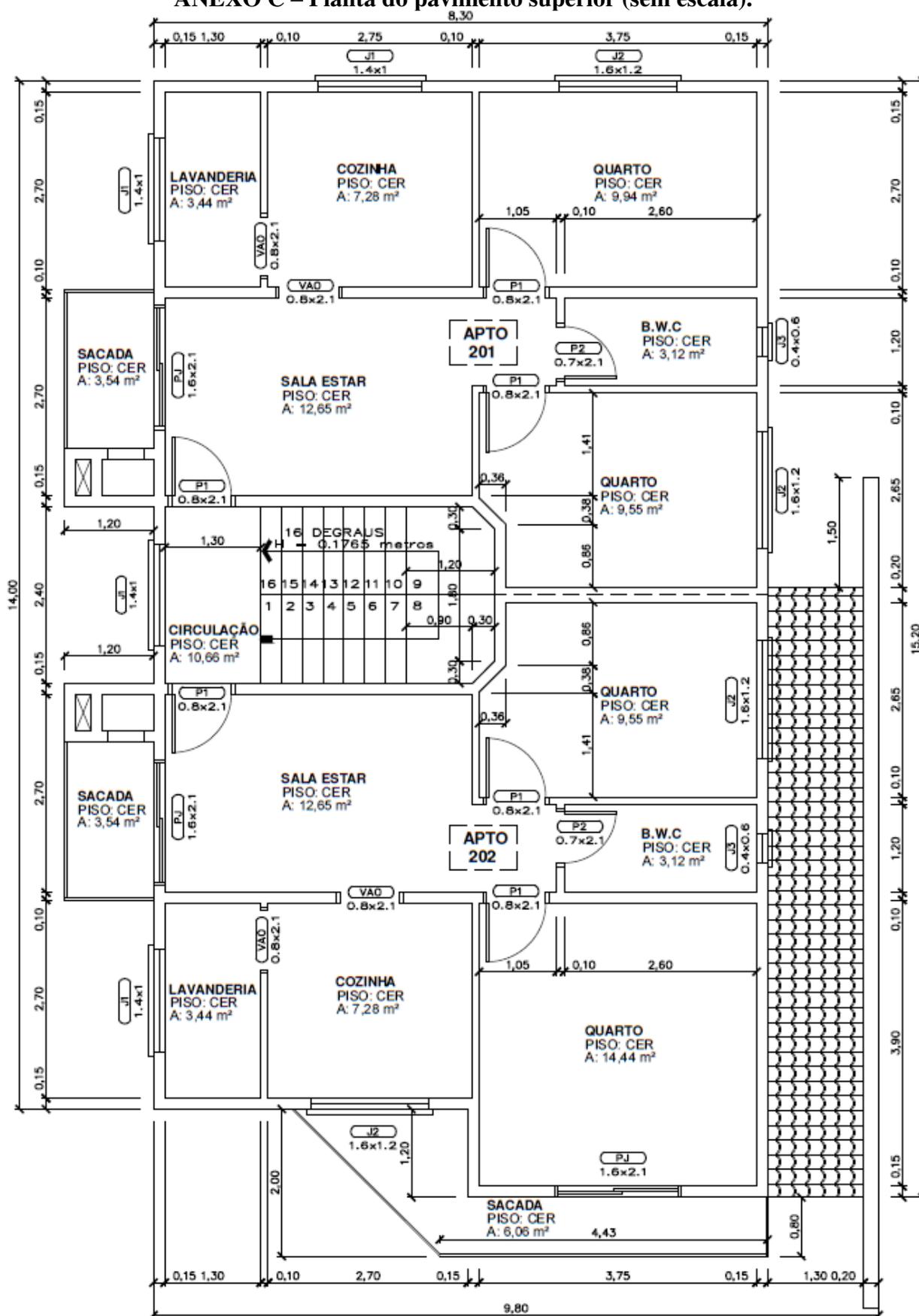


Fonte: Amauri Engenharia (2011a).

ANEXO B – Planta do pavimento térreo (sem escala).



ANEXO C – Planta do pavimento superior (sem escala).

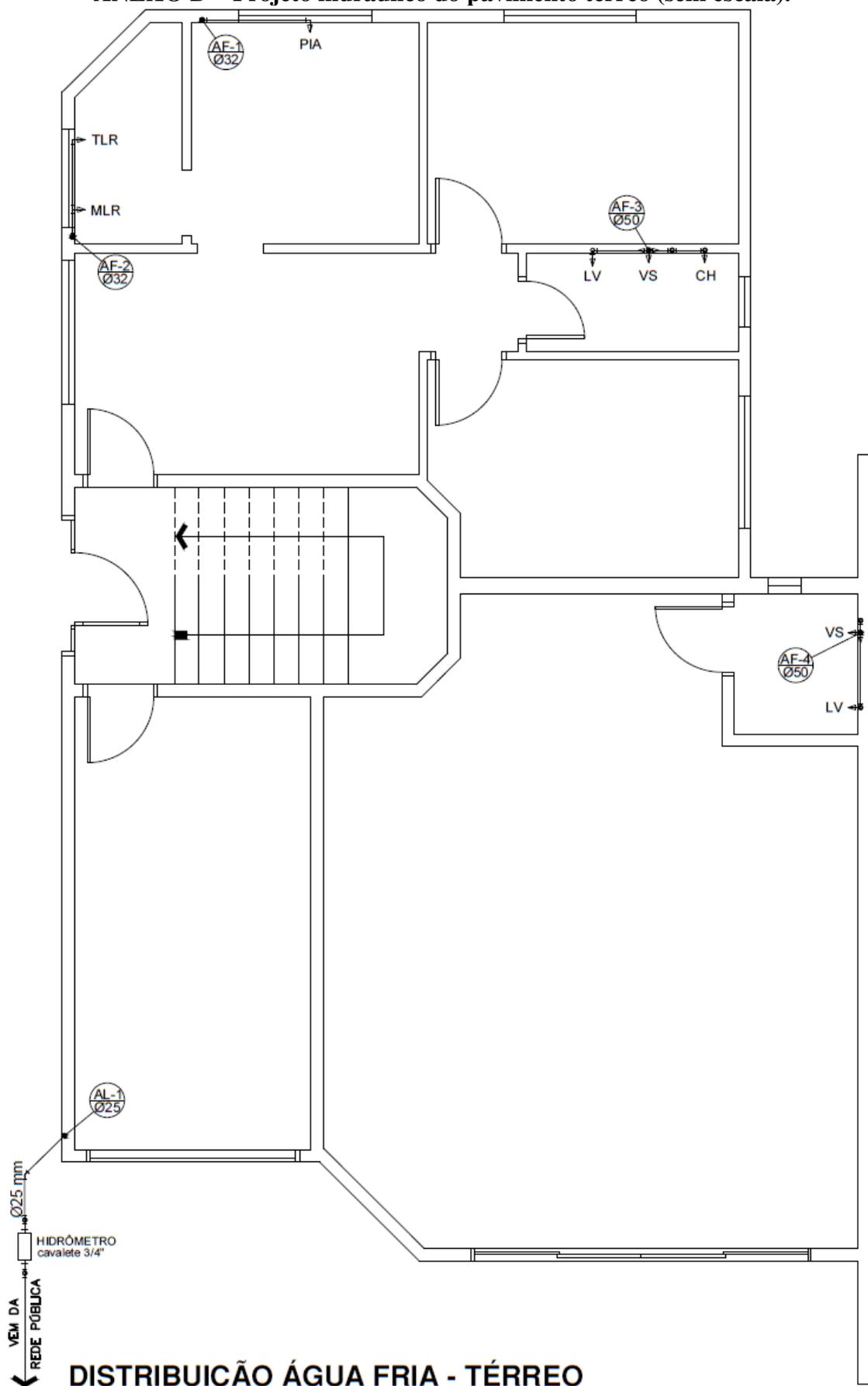


PLANTA BAIXA PAVTO SUPERIOR

ÁREA PAVTO: 134,14 m²

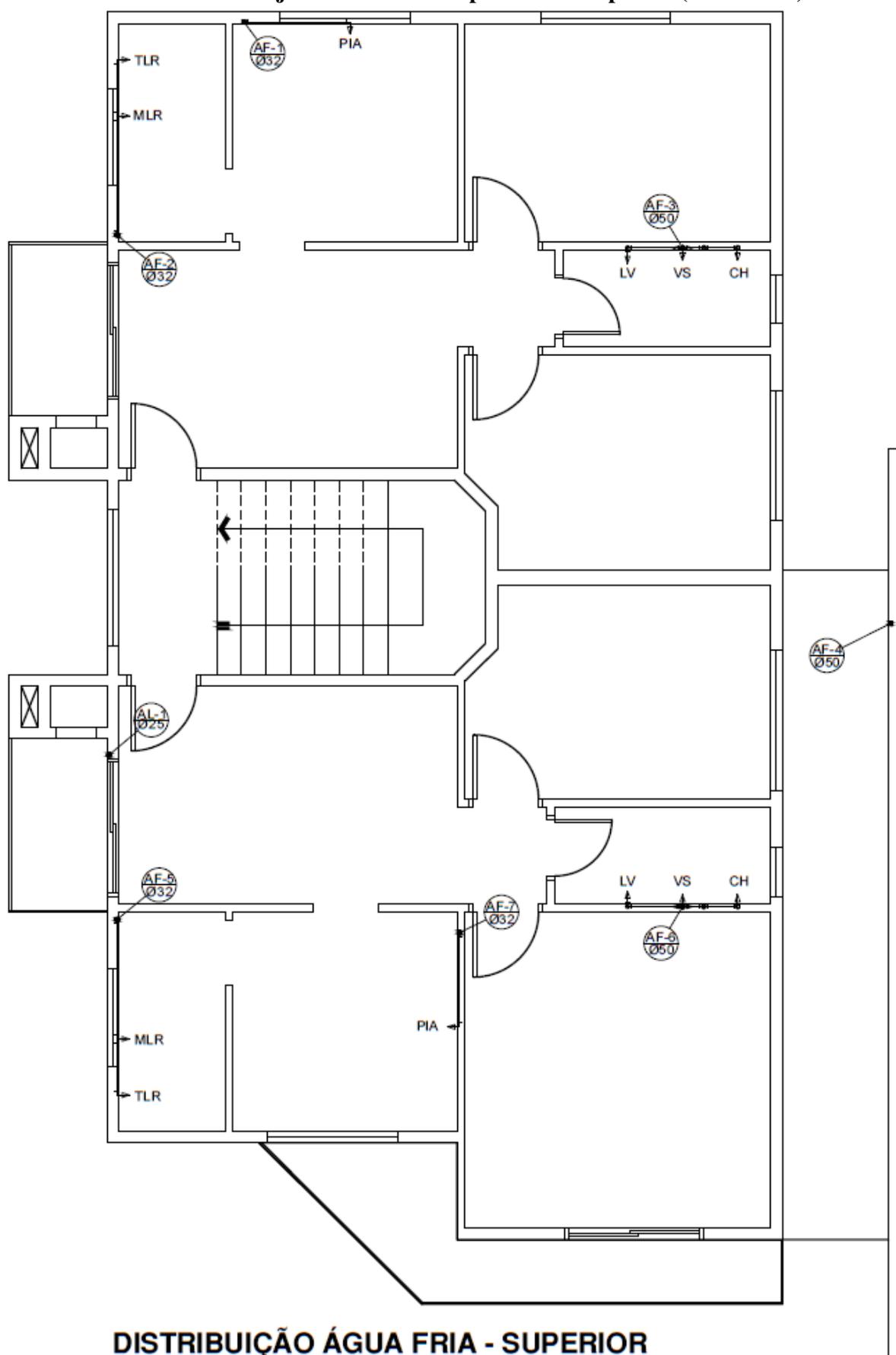
Fonte: Amauri Engenharia (2011a).

ANEXO D – Projeto hidráulico do pavimento térreo (sem escala).



Fonte: Amauri Engenharia (2011b).

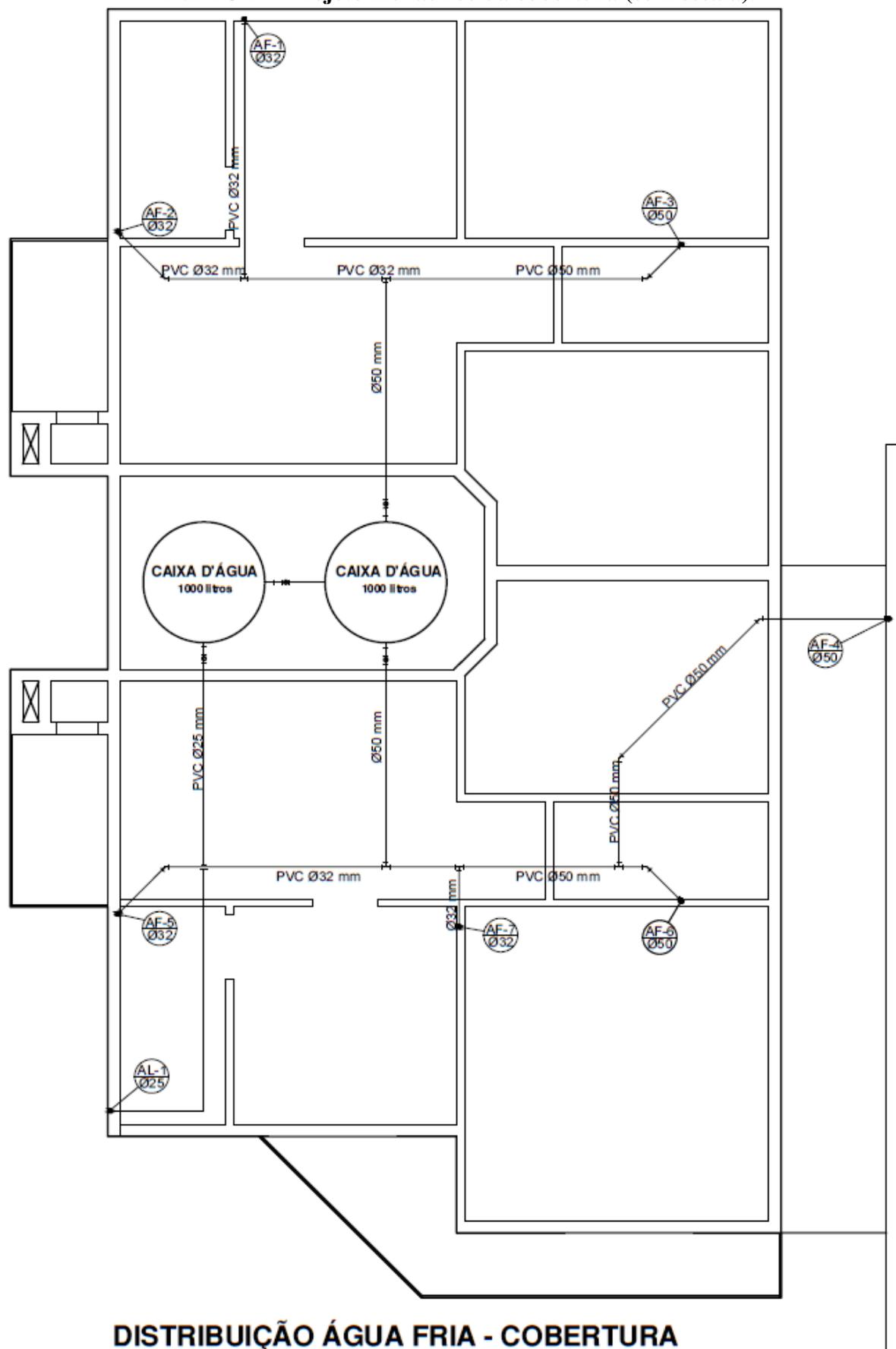
ANEXO E – Projeto hidráulico do pavimento superior (sem escala).



DISTRIBUIÇÃO ÁGUA FRIA - SUPERIOR

Fonte: Amauri Engenharia (2011b).

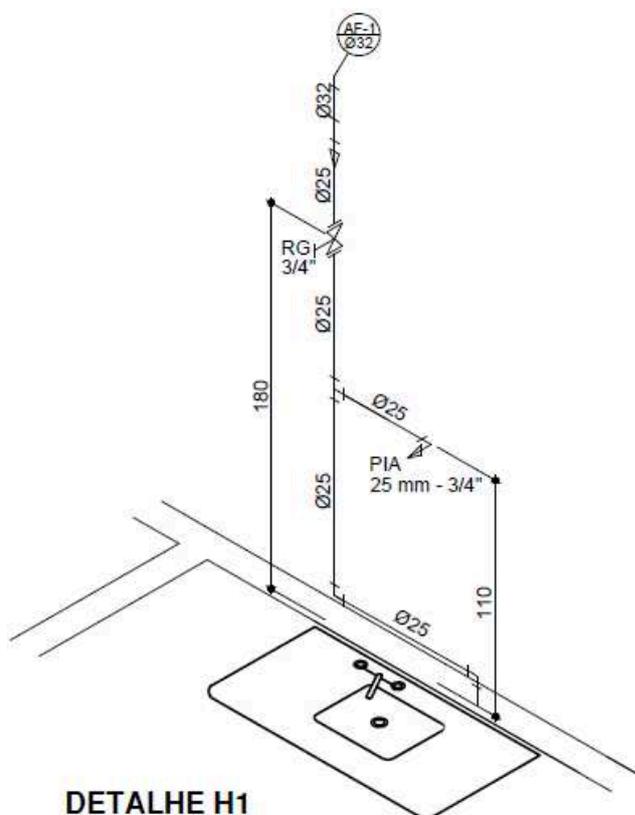
ANEXO F – Projeto hidráulico da cobertura (sem escala).



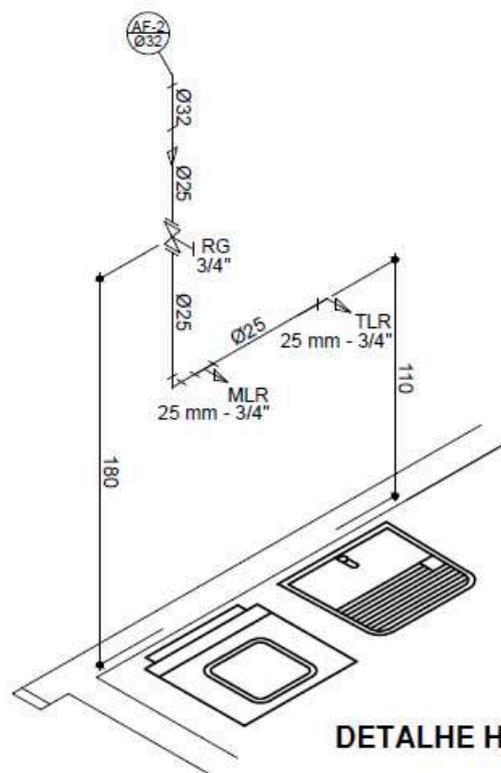
DISTRIBUIÇÃO ÁGUA FRIA - COBERTURA

Fonte: Amauri Engenharia (2011b).

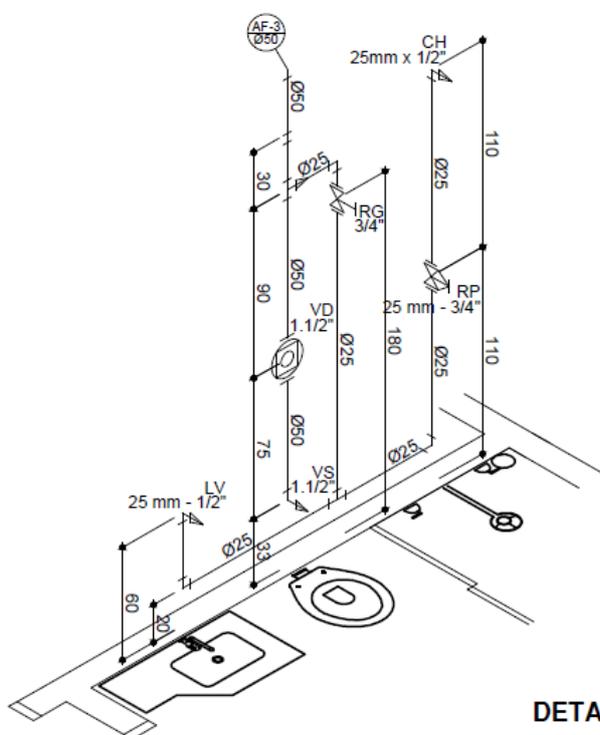
ANEXO G – Detalhes isométricos do projeto hidráulico (sem escala).



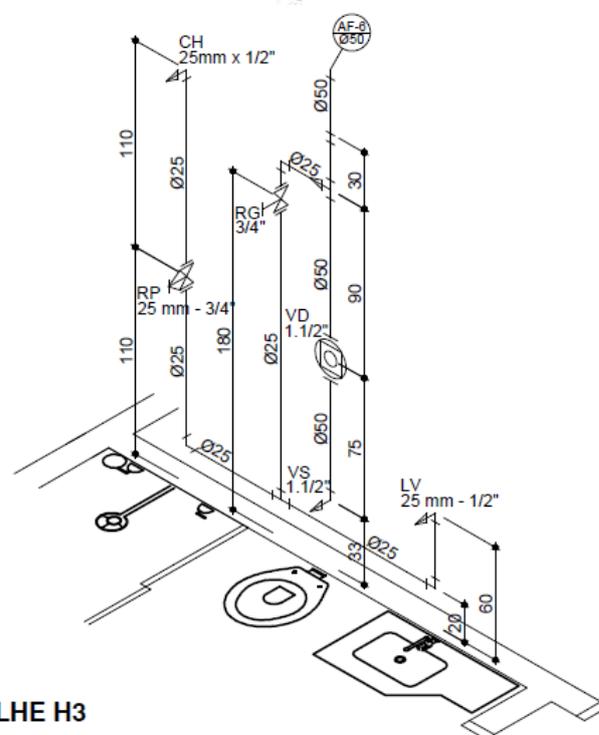
DETALHE H1

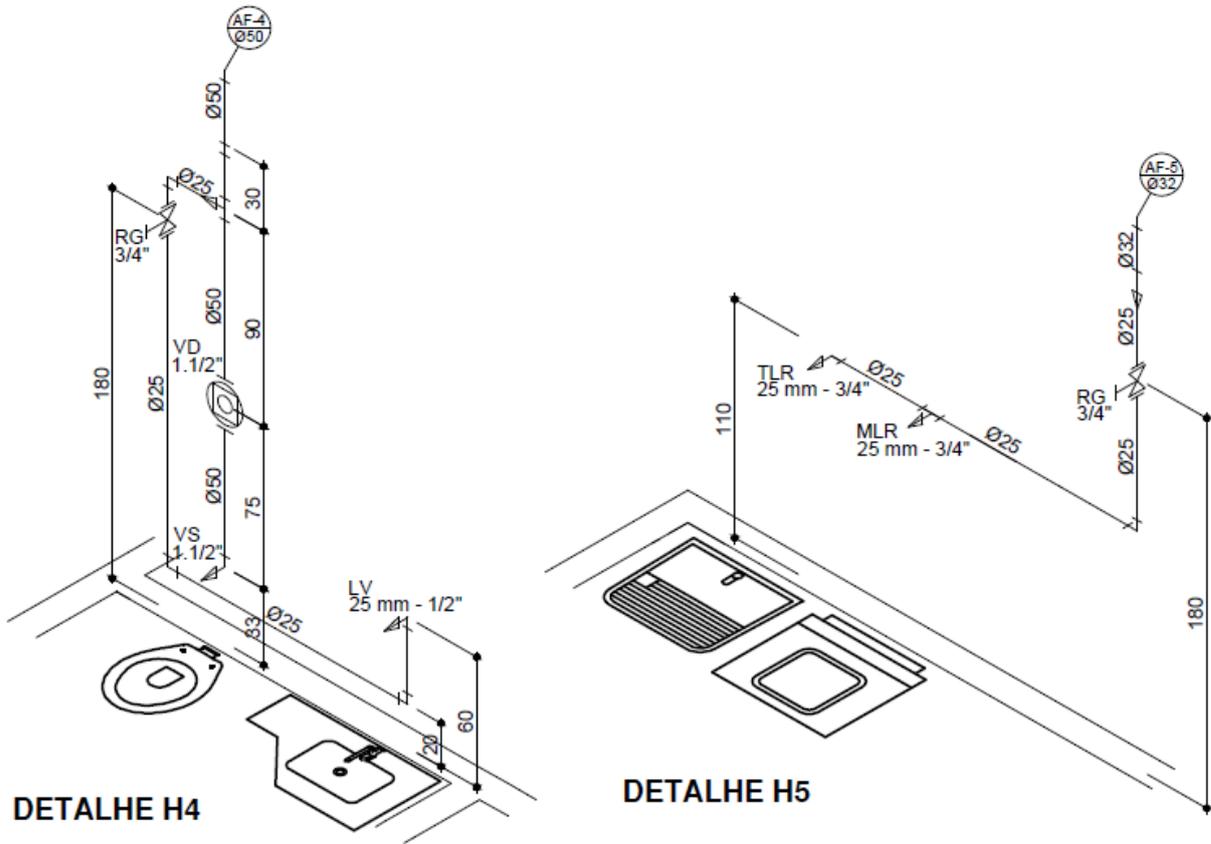


DETALHE H2



DETALHE H3





Fonte: Amauri Engenharia (2011b).

ANEXO H – Dados da estação pluviométrica da Univille.

Dados de Precipitação em Joinville (mensal - em mm)

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Jan	418,00	364,60	492,80	458,70	379,10	277,20	340,10	294,50	231,20	437,90
Fev	281,50	169,30	487,70	382,50	262,90	599,40	122,30	294,10	239,90	80,20
Mar	428,50	193,30	300,40	319,10	116,70	419,40	273,20	228,20	128,70	147,70
Abr	126,00	23,80	226,20	104,50	12,10	173,60	145,40	54,90	213,10	175,30
Mai	17,30	95,80	27,70	99,50	18,40	192,30	95,90	52,90	130,10	121,90
Jun	251,00	76,90	77,20	96,00	62,10	193,40	67,50	83,50	60,90	76,60
Jul	165,00	70,00	160,20	280,70	51,40	181,40	56,70	69,30	175,30	159,10
Ago	65,00	152,40	447,70	26,90	55,20	48,80	104,00	34,10	48,80	189,50
Set	221,70	146,80	154,30	167,80	195,10	247,30	215,80	113,00	138,00	248,80
Out	127,60	450,50	307,10	174,10	159,50	219,20	174,30	77,40	129,90	210,50
Nov	131,60	451,40	125,10	267,80	198,50	144,80	174,30	99,90	110,60	209,10
Dez	237,80	162,70	242,00	188,60	165,50	98,50	223,10	218,10	226,80	119,20
Média	205,92	196,46	254,03	213,85	139,70	232,94	166,10	135,00	152,77	181,31
Soma	2471,00	2357,50	3048,40	2566,20	1676,50	2795,30	1992,60	1401,80	1833,30	2175,80

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Jan	280,30	335,9	478,40	404,00	616,60	502,90	303,14	137,80	145,40	332,80
Fev	300,20	256,20	415,50	269,70	298,00	287,60	243,70	254,80	233,80	
Mar	225,90	184,70	274,30	350,80	494,40	571,60	68,90	193,30	308,20	
Abr	113,20	112,00	185,50	81,60	258,80	138,95	233,10	96,00	195,00	
Mai	22,90	220,00	81,60	55,30	159,90	47,90	114,20	115,60	135,00	
Jun	26,30	21,90	95,80	77,10	141,50	94,50	261,40	376,90	301,90	
Jul	48,30	76,50	26,80	244,90	145,90	181,40	205,90	95,80	40,20	
Ago	52,40	58,10	110,60	159,10	94,90	341,40	27,60	101,90	74,40	
Set	150,10	107,80	127,60	347,50	52,40	161,40	109,50	147,60	145,80	
Out	121,10	162,50	382,60	152,80	187,80	235,20	173,30	124,70	27,60	
Nov	448,60	174,30	974,30	166,10	299,40	147,30	223,20	239,00	99,20	
Dez	118,90	299,10	143,90	166,10	248,40	313,00	325,70	200,80	268,50	
Média	159,02	167,41	274,74	206,25	249,83	251,93	190,80	173,68	164,58	332,80
Soma	1908,20	2009,00	3296,90	2475,00	2998,00	3023,15	2289,64	2084,20	1975,00	332,80

Fonte: Univille (2019).

ANEXO I – Perda de carga em conexões: comprimento equivalente (em metros) para tubulação de PVC rígido.

DE (mm)	D. ref. (pol.)																
20	3/8	1,1	0,4	0,4	0,2	0,7	2,3	2,3	0,3	0,9	0,8	8,1	2,5	3,6	11,1	0,1	5,9
25	3/4	1,2	0,5	0,5	0,3	0,8	2,4	2,4	0,4	1	0,9	9,5	2,7	4,1	11,4	0,2	6,1
32	1	1,5	0,7	0,6	0,4	0,9	3,1	3,1	0,5	1,2	1,3	13,3	3,8	5,8	15	0,3	8,4
40	1 1/4	2	1	0,7	0,5	1,5	4,6	4,6	0,6	1,8	1,4	15,5	4,9	7,4	22	0,4	10,5
50	1 1/2	3,2	1,3	1,2	0,6	2,2	7,3	7,3	1	2,3	3,2	18,3	6,8	9,1	35,8	0,7	17
60	2	3,4	1,5	1,3	0,7	2,3	7,6	7,6	1,5	2,8	3,3	23,7	7,1	10,8	37,9	0,8	18,5
75	2 1/2	3,7	1,7	1,4	0,8	2,4	7,8	7,8	1,6	3,3	3,5	25	8,2	12,5	38	0,9	19
85	3	3,9	1,8	1,5	0,9	2,5	8	8	2	3,7	3,7	26,8	9,3	14,2	40	0,9	20
110	4	4,3	1,9	1,6	1	2,6	8,3	8,3	2,2	4	3,9	28,6	10,4	16	42,3	1	22,1

Fonte: Adaptado de Tigre (2010, p. 201) e Macintyre (2017 apud KNAPIK, 2017, p. 7).

ANEXO J – Orçamento da cisterna vertical em polietileno, 1100 L.

CASA DA CISTERNA		Orçamento	
		CNPJ: 22934813000191 Fone: 4732788665 - Cidade: Joinville-SC	Rua: Rua Capinzal Nº439 Email: contato@casadacisterna.com.br Site: www.casadacisterna.com.br
Contratante: Silvana		Pedido Nº: 4467 de 17/05/2019	
CPF: Fone: Vendedor: Beatriz Mario Rodrigues		Email: silvana-klein@hotmail.com Endereço: , - - Bairro: - / CEP:	
Código Item	Qtd	Valor	Valor Total
49953	Cisterna Vertical Polietileno Subt. 1.100L	1,00	R\$ 1.251,20
Valor Total:			R\$ 1.251,20
Forma de Pagamento: Boleto / Número de Parcelas: 1		Total de um mil duzentos e cinquenta e um reais e vinte centavos	
Condição de Pagamento: Entrada + 1			
Detalhes da entrega: -- Data de Entrega: Prazo de Entrega: 1			
A contratante está de acordo com a solicitação de compra e anexos nas condições deste documento. A empresa contratada não se responsabiliza por alterações que neste documento e anexos não esteja especificada neste ato. Proposta válida durante 30 dias a partir da data de implantação (17/05/2019).			
_____ . Data: _ / _ / ____.			

Fonte: Casa da Cisterna (2019).