



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL



TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA PREDIAL DE ÁGUA FRIA
COM MEDIÇÃO INDIVIDUALIZADA E APROVEITAMENTO DE
ÁGUA DE CHUVA**

LUCAS FERNANDES SOARES

UBERLÂNDIA – MINAS GERAIS

DEZEMBRO 2017

LUCAS FERNANDES SOARES

**DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA PREDIAL DE ÁGUA FRIA
COM MEDIÇÃO INDIVIDUALIZADA E APROVEITAMENTO DE
ÁGUA DE CHUVA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Faculdade de Engenharia Civil, da Universidade
Federal de Uberlândia, como requisito para a
conclusão do curso.

Orientador: Prof.º Dr. André Luiz de Oliveira

UBERLÂNDIA – MINAS GERAIS

DEZEMBRO 2017

FOLHA DE ASSINATURAS

LUCAS FERNANDES SOARES

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

SEGUNDO SEMESTRE DE 2017

Termo de compromisso firmado entre o estudante do curso de Engenharia Civil, da Universidade Federal de Uberlândia, e o orientador André Luiz de Oliveira para a realização da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso.

Uberlândia, 11 de dezembro de 2017

Assinaturas:

Lucas Fernandes Soares – Aluno

Dr. André Luiz de Oliveira – Professor Orientador

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom de viver e pelas bênçãos concedidas a mim durante toda a minha vida, por ser presença constante e força nos momentos de dúvida e dificuldade. À Nossa Senhora, intercessora e advogada, pelos inúmeros benefícios recebidos de suas mãos liberais.

Aos meus pais, Helvécio e Divina, bases da minha educação e do meu caráter, pelo carinho, dedicação, cuidado e amor incondicional. A vocês o reconhecimento por serem quem são, meus primeiros e melhores professores, educadores e catequistas.

Aos meus avós, padrinhos e madrinhas, tios e tias, primos e primas que sempre me apoiam e torcem por mim em todos os momentos. Aos meus amigos, da vida e da faculdade, que me proporcionaram momentos de descontração na rotina difícil da graduação e me ajudaram a trilhar o caminho para que eu chegasse até a conclusão do curso de Engenharia Civil.

Aos professores, pela dedicação e entrega na transmissão do conhecimento, por todas as ensinamentos e orientações. Muito além de informação e conhecimento, vocês trouxeram motivação para que eu concluísse tantas etapas da minha formação, do ensino infantil ao superior. Em especial, ao professor André, pela prontidão e dedicação ao me orientar nesse trabalho.

A todos, que em algum momento passaram pela minha vida, acrescentando sorrisos e criando boas recordações, ETERNA GRATIDÃO!

RESUMO

No decorrer da história, as chuvas foram utilizadas de diferentes formas pelo ser humano para suprir sua necessidade de água. A utilização da chuva em edificações é uma prática relativamente nova como medida de conservação das águas e sua viabilidade é explicada pela queda da demanda de água potável advinda das companhias de saneamento, tendo como consequência a diminuição de custos com água potável e a minimização do risco de enchentes nos períodos de chuva. Nesse contexto, o presente trabalho, ao promover o dimensionamento do sistema de aproveitamento de água de chuva de um edifício residencial, permite conhecer os elementos do sistema, os métodos de dimensionamento dos reservatórios e o sistema de distribuição de água potável e não potável. O texto apresenta conceitos fundamentais para o entendimento do projeto cujas análises e dimensionamentos foram realizados utilizando-se, principalmente, as normas brasileiras ABNT NBR 5626:1998 e a ABNT NBR 15527:2007. Por fim, foi verificada a viabilidade do sistema observando o volume de água potável economizado em função da utilização de água de chuva no acionamento de válvulas de descarga de bacias sanitárias. De forma estimada foi possível observar uma recuperação de investimento em cerca de 9 anos.

Palavras chave: Água de chuva, sistema predial de água fria, reservatório de água de chuva.

ABSTRACT

Throughout history, rain had been used in various ways by humans to supply their water needs. The use of rainfall in buildings is a relatively new practice as a measure of water conservation and its viability can be explained by the reduction of the demand for potable water from sanitation companies, and by consequence the lowering of costs related to potable water and the minimization of flooding risks during precipitation periods. Within this context, the present work, by promoting the dimensioning of rainwater harvesting system of a residential building, allows to know the elements of this system, the methods of sizing of the reservoirs and the distribution system of potable and non-potable water. This work establishes the fundamental concepts for the understanding of the project whose analysis and dimensioning were performed using mostly the Brazilian standards ABNT NBR 5626:1998 and ABNT NBR 15527:2007. Finally, the viability of the system was detected by observing the water volume saved by the use of rain water in the actuation of flushing valve of sanitary basins. So, was esteemed a possible recovery of investment in about 9 years.

Key words: Rainwater, cold water system, rainwater reservoir.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Distribuição da água doce no planeta	11
Figura 2 - População brasileira (em milhões de habitantes) de 1980 a 2010.	12
Figura 3 - Representação do ciclo hidrológico.	14
Figura 4 - Esquema simplificado de um pluviômetro.	16
Figura 5 - Precipitações médias mensais para Uberlândia.	19
Figura 6 – Planta de Cobertura.	20
Figura 7 - Reservatório de descarte com sistema de autolimpeza com torneira boia.	22
Figura 8 - Filtro Vortex.	23
Figura 9 - Água transbordante e suprimento externo de acordo com o volume do reservatório.	28
Figura 10 - Reservatório inferior de água de chuva.	34
Figura 11 - Caixa d'água de 5000 L de polietileno.	37
Figura 12 - Esquematização da instalação - Coluna de distribuição (à esquerda), ramais e subramais (à direita).	45
Figura 13 - Esquematização da instalação (coluna de distribuição de água de chuva).	48
Figura 14 - Projeto Isométrico dos sub-ramais dos banheiros.	49
Figura 15 - Projeto isométrico dos sub-ramais da área de serviço.	50
Figura 16 - Projeto isométrico dos sub-ramais da cozinha.	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Área dos pavimentos e da cobertura do edifício.	17
Tabela 2 - Alturas da edificação	17
Tabela 3 - Parâmetros de qualidade da água de chuva para usos restritivos não potáveis.	21
Tabela 4 - Cálculo do volume do reservatório pelo Método de Rippl.	25
Tabela 5 – Método da Simulação para volume fixado de 40 m ³	27
Tabela 6 - Método da Simulação para volume fixado de 54 m ³	29
Tabela 7 - Cálculo do volume do reservatório pelo Método Prático Inglês.	31
Tabela 8 - Volume do reservatório pelo Método de Azevedo Neto.	32
Tabela 9 - Volume do reservatório pelo Método Prático Alemão.	33
Tabela 10 - Volume do reservatório para cada método.	33
Tabela 11 - Tipo de sistema e Volume de Reserva de Incêndio mínima (m ³).	36
Tabela 12 - Bomba centrífuga de aplicação múltipla.	38
Tabela 13 - Pesos relativos nos pontos de utilização identificados em função do aparelho sanitário e da peça de utilização.	41
Tabela 14 - Perda de carga em conexões - Comprimento equivalente para tubo liso (tubo de plástico, cobre ou liga de cobre).	43
Tabela 15 - Valor da vazão máxima (Q _{máx}) em hidrômetros.	44
Tabela 16 - Planilha de dimensionamento das tubulações (colunas de distribuição e ramais do 3º e 4º andar).	46
Tabela 17 - Planilha de dimensionamento das tubulações (ramais do 1º e 2º andar).	47
Tabela 18 - Planilha de dimensionamento das tubulações (colunas de distribuição da água de chuva).	49
Tabela 19 - Orçamento do sistema de aproveitamento de águas pluviais.	51

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1. Histórico	11
1.2. Objetivos.....	13
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1. Ciclo Hidrológico	14
2.2. Precipitação atmosférica.....	15
2.3. Medição da Precipitação.....	15
2.4. Aproveitamento de água de chuva pelo mundo	16
3 O PROJETO	17
4 APROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA (INFORMAÇÕES BÁSICAS E DIMENSIONAMENTO)	18
4.1. Precipitação Média Local	18
4.2. Área de coleta	19
4.3. Coeficiente de escoamento superficial	19
4.4. Qualidade da água pluvial	20
4.5. Reservatório de Descarte	21
4.6. Filtro Vortex	23
4.7. Reservatório de Armazenamento	23
4.7.1. Cálculo da demanda mensal de água não potável	24
4.7.1.1. Demanda diária por apartamento.....	24
4.7.1.2. Demanda mensal por apartamento	24
4.7.1.3. Demanda mensal total	24
4.7.2. Método de Rippl	25
4.7.3. Método da Simulação	26

4.7.4. Método Prático Australiano.....	29
4.7.5. Método Prático Inglês.....	31
4.7.6. Método de Azevedo Neto	31
4.7.7. Método Prático Alemão.....	32
5 INSTALAÇÕES PREDIAIS DE ÁGUA FRIA.....	34
5.1. Reservatórios	35
5.1.2. Reservatório Superior.....	36
5.1.3. Reservatório Inferior.....	37
5.1.4. Elevatórias de água.....	38
5.2. Rede predial de distribuição	39
5.2.1. Dimensionamento das tubulações	40
5.2.1.1. Vazão	41
5.2.1.2. Perda de carga.....	42
5.2.1.3. Esquematização da instalação e planilha de dimensionamento.....	44
6 VIABILIDADE DO APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA	51
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	52
8 REFERÊNCIAS	54
APÊNDICE A – Projeto arquitetônico	57
APÊNDICE B – Reservatório superior	60
APÊNDICE C – Projeto de instalações prediais de água fria	62

1 INTRODUÇÃO

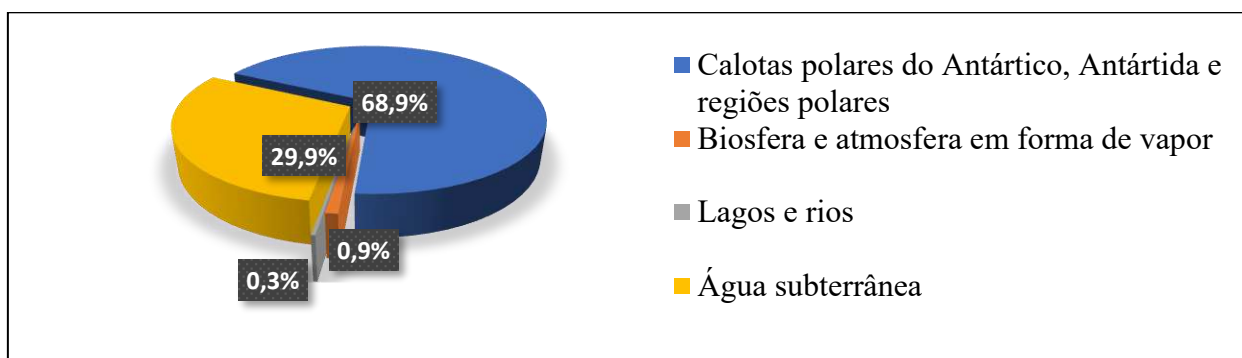
1.1. Histórico

No início da humanidade, quando os povos ainda eram nômades e perambulavam em pequenos grupos em busca de alimentos, a chuva era fonte de água para a sobrevivência. Quando, por volta de 7000 a.C., iniciaram-se o cultivo de trigo e cevada e a domesticação de ovelhas e cabras foram surgindo grupos mais sedentários e técnicas de drenagem para irrigação de cultivos independentemente das chuvas (MEDEIROS FILHO, 2002). Para tal, essas populações se estabeleciam em regiões próximas a nascentes e rios.

Na medida em que se aprimoraram as técnicas de captação e drenagem da água, cidades se estabeleceram e cresceram. Com o aumento populacional e resultante processo de urbanização, os solos vão sendo impermeabilizados e a água que teria de recarregar os lençóis subterrâneos escoava celeremente pelo solo impermeabilizado modificando o ciclo hidrológico (ZARDINI, 2014).

Além de implicar na redução da disponibilidade hídrica, o crescimento populacional provoca o aumento da demanda pelos recursos hídricos. A hidrosfera contém cerca de 1386 milhões de km³ de água, entretanto, 97,5% dessa água é salgada, restando apenas 2,5% de água doce (34,65 milhões de km³) (SHIKLOMANOV, 1998). A água doce pode ser encontrada na natureza em três fases diferentes: sólida, líquida e gasosa. Os rios, lagos, subsolo e reservatórios contêm água na fase líquida; a água na fase sólida é encontrada nas regiões montanhosas e nas calotas polares; e a fase gasosa é encontrada na atmosfera e na biosfera (MAY, 2004). A Figura 1 ilustra as proporções de água doce no planeta, em cada uma de suas fontes.

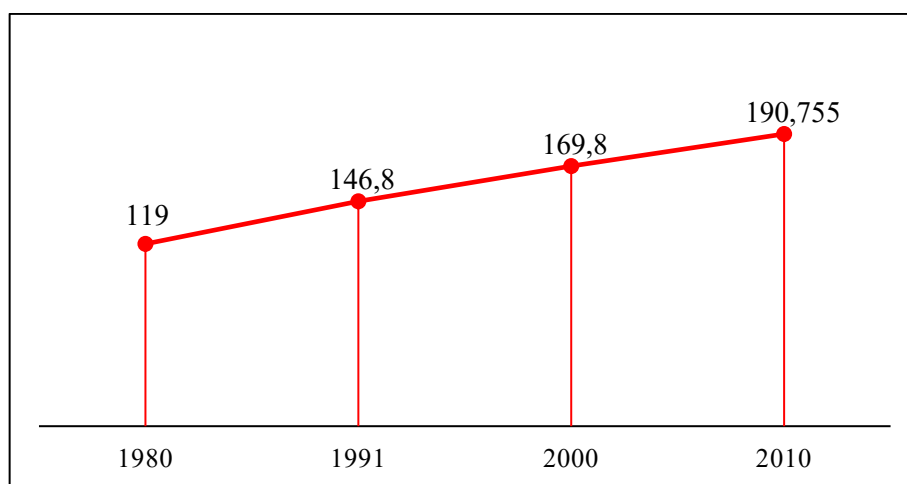
Figura 1 - Distribuição da água doce no planeta



Fonte: Shiklomanov (1998).

Para atender à demanda de uma população em crescimento constante, os setores de energia e agricultura precisam continuar a produzir cada vez mais. A agricultura consome a maior parte da água do planeta para a produção de alimentos, de 2015 até 2050 será necessária uma produção 60% maior. Já na indústria, é esperado um crescimento de 400% na demanda por água, entre 2000 e 2050. Estima-se um déficit de 40% da água do planeta até 2030, caso não sejam tomadas providências eficazes para melhorar a gestão desse recurso. (UNESCO, 2017). No Brasil, a disponibilidade hídrica diminuiu em 66%, entre 1980 e 2007, principalmente devido ao crescimento populacional (LIMA et. al., 2011). A Figura 2 mostra o crescimento populacional de 1980 até 2010, que representa um aumento de 60,3% na população do Brasil em 30 anos.

Figura 2 - População brasileira (em milhões de habitantes) de 1980 a 2010.



Fonte: IBGE (2017).

Nesse contexto, medidas de conservação da água surgiram para reduzir o impacto causado pelo uso irracional da água e pela falta de cuidado com suas principais fontes. Uma medida não convencional é o aproveitamento da água de chuva para uso não potável em edificações, foco deste trabalho. A viabilidade do uso de água de chuva é explicada pela queda da demanda de água potável advinda das companhias de saneamento, tendo como consequência a diminuição de custos com água potável e a minimização do risco de enchentes nos períodos de chuvas fortes (MAY, 2004).

A utilização das chuvas é uma prática relativamente nova como medida de conservação das águas, entretanto existem relatos dessa ação nos tempos antigos. No decorrer da história, as chuvas foram utilizadas de diferentes formas pelo ser humano para suprir sua necessidade de

água. A Pedra Moabita, encontrada a leste do mar Morto no Oriente Médio é uma das inscrições mais antigas do mundo, datada de 830 a.C. Nessa inscrição, o rei Mesha dos Moabitas, sugere que seja feito um reservatório em cada casa para aproveitamento da água de chuva (TOMAZ, 2011).

Segundo Tomaz (2011), na região da ilha de Creta, para aproveitar a água de chuva para consumo humano, eram escavados reservatórios em rochas anteriores a 3000 a.C. A fortaleza de Masada, famosa paisagem de Israel, tem dez reservatórios (rochas escavadas) cuja capacidade total atinge 40 milhões de litros.

Nas américas, existem reservatórios que datam de antes da chegada de Cristóvão Colombo, eles estão localizados na Península de Iucatã, no México, e ainda são utilizados (TOMAZ, 2011). Nas colinas afastadas o meio urbano, localizadas na Ilha de Oahu, no Havaí, a água de chuva é o único meio de abastecimento. Neste lugar, a rede de abastecimento de água tratada não chega até as colinas e a água subterrânea não está disponível, por isso o costume de recolher as águas de chuva é antigo, existindo um tanque de madeira com mais de 120 anos (GROUP RAINDROPS, 2002 apud PEREIRA, 2012).

Atualmente, países como Austrália, Alemanha, Estados Unidos e Japão utilizam sistemas de aproveitamento de água de chuva para consumo potável. Estudos realizados nesses países apontam para uma economia usualmente maior que 30% no gasto de água nas residências (LIMA et. al., 2011). De acordo com Viola (2008), no Brasil, há um enfoque nos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, desprezando-se outras fontes. Entretanto, áreas com baixa disponibilidade hídrica, como Fernando de Noronha e o sertão nordestino têm experiências exitosas em captação e manejo de águas de chuva.

1.2. Objetivos

Este trabalho tem como objetivo o dimensionamento do sistema de aproveitamento de água de chuva de um edifício residencial. Para tanto serão dispostos os elementos do sistema, dimensionados os reservatórios e o sistema de distribuição de água não potável. Por fim, será analisada a viabilidade econômica e ambiental do sistema.

Deve-se ressaltar que o projeto das instalações prediais de águas pluviais não será apresentado uma vez que a real diferença entre o sistema convencional e o de reaproveitamento reside na instalação dos reservatórios.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Visando o entendimento pleno do projeto de captação da água de chuva é fundamental a introdução dos processos componentes do ciclo hidrológico. Assim pode-se compreender melhor como se formam e estabelecem as fontes de águas utilizadas, sejam elas convencionais ou alternativas.

2.1. Ciclo Hidrológico

O ciclo hidrológico é um imenso movimento gerado a partir da energia solar compreendendo toda a água da terra. Ele é um processo natural de dessalinização e purificação, não tendo início nem fim (PHILIPPI *et al.*, 2006). Esse ciclo é composto de precipitação, evaporação, transpiração, infiltração, percolação e drenagem. Em cada era geológica, a velocidade de deslocamento e a transformação de cada um desses processos sofreu variações (TUNDISI, 2006). A Figura 3 esquematiza os processos do ciclo hidrológico.

Figura 3 - Representação do ciclo hidrológico.



Fonte: Philippi *et al.* (2006)

Através do calor do sol, a água presente nos rios, lagos, oceanos e superfície terrestre evapora e eleva-se. Em determinada altitude, o resfriamento do vapor de água provoca a condensação, formando assim as nuvens. As gotículas de água presentes nas nuvens retornam para a

superfície da terra através do processo de precipitação e podem escoar pelos corpos d'água ou permanecer no solo através da infiltração. A água infiltrada no solo pode ainda formar lençóis subterrâneos de água pelo processo de percolação.

2.2. Precipitação atmosférica

As precipitações ocorrem quando as gotas de água ou partículas de gelo que estão nas nuvens atingem um volume tal que seu peso supere as forças que as mantêm em suspensão (PHILIPPI *et al.*, 2006). As chuvas podem ser classificadas em três diferentes tipos, dependendo do mecanismo principal pelo qual ocorre a ascensão do ar úmido, são elas:

— **Convectivas:** são chuvas produzidas pela elevação de massas de ar quente cheias de vapor d'água. A partir da superfície, o ar sobe resfriando-se causando a condensação do vapor d'água e, por conseguinte, a precipitação. Esse tipo de precipitação caracteriza-se pela curta duração, abrangência de áreas pequenas, grande intensidade e frequentes descargas elétricas (MEDEIROS FILHO, 2002).

— **Orográficas:** são precipitações provocadas por ventos quentes e úmidos que se elevam ao encontrar barreiras montanhosas. Em geral, esses ventos sopram do oceano para o continente e são responsáveis por chuvas de pequena intensidade, grande duração e cobertura de pequenas áreas (PHILIPPI *et al.*, 2006).

— **Frontais ou ciclônicas:** são resultado da interação de massas de ar frias e quentes. No choque entre as massas de ar, o ar quente é impulsionado para altitudes superiores, resultando em sua queda de temperatura e na condensação do vapor de água nele presente (PHILIPPI *et al.*, 2006). As chuvas formadas costumam ser fortes e abranger grandes áreas, precipitando-se intermitentemente com rápidas estiagens e intensas descargas elétricas (MEDEIROS FILHO, 2002).

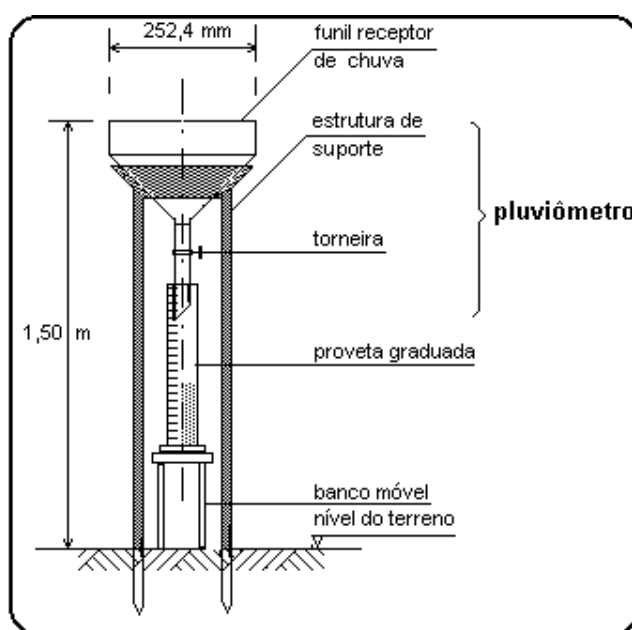
2.3. Medição da Precipitação

Os dados referentes à precipitação são medidos em estações meteorológicas em aparelhos denominados pluviômetro e pluviógrafo. O pluviômetro mede a altura de coluna d'água que se acumularia sobre o solo supondo que não houvessem infiltração, evaporação ou escoamento, durante uma chuva. Em contrapartida, o pluviógrafo faz o registro da intensidade da chuva, ou seja, permite conhecer a quantidade de chuva por hora ou por minuto (VIANELLO, 2011).

Esses dados são importantes para o dimensionamento de um sistema de aproveitamento de água pluvial.

O pluviômetro é mais utilizado em razão da facilidade de sua instalação e operação, por isso, ele é comumente encontrado em estações meteorológicas. Nesse aparelho é lida a altura total de água precipitada, sendo os seus registros apresentados em milímetros por dia ou milímetros por chuva (MEDEIROS FILHO, 2002). A Figura 4 apresenta os componentes de um pluviômetro e detalha a sua instalação em uma estação meteorológica.

Figura 4 - Esquema simplificado de um pluviômetro.



Fonte: Medeiros Filho (2002).

2.4. Aproveitamento de água de chuva pelo mundo

Atualmente, vários países da Europa, Ásia, Oceania e da América utilizam água de chuva em residências, indústrias, comércios e irrigação de agriculturas. Algumas cidades, estados e países têm adotado legislações visando a conservação da água, principalmente, o aproveitamento da água de chuva e o reuso em grandes edificações. Exemplos de notoriedade são as cidades de Tóquio, Berlim e Sidney (PHILIPPI *et al.*, 2006).

Segundo May (2004), o manejo e o aproveitamento das águas pluviais para uso industrial, agrícola e doméstico tem ganhado notoriedade em várias partes do mundo, sendo considerado um meio simples e eficaz para reduzir o grande problema ambiental da escassez de água para consumo.

No Brasil, o primeiro relato de aproveitamento de água de chuva é a Ilha Fernando de Noronha. Em 1943 o exército norte-americano construiu um reservatório que é usado até hoje para abastecimento da população. Atualmente, cidades como São Paulo, Rio de Janeiro, Curitiba, Porto Alegre, tem adotado legislações específicas sobre coleta da água de chuva, com o objetivo de reduzir as enchentes, enquanto ONGs utilizam as águas de chuva em regiões do Nordeste para atender a população que sofre com a escassez (PHILIPPI *et al.*, 2006).

3 O PROJETO

O projeto escolhido foi o de um edifício residencial multifamiliar a ser implantado no bairro Santa Mônica no município de Uberlândia, MG. Esse edifício contém um pavimento de subsolo, um pavimento térreo e 3 pavimentos tipo, com áreas especificadas nas Tabelas 1 e 2. O Apêndice A contém as plantas dos pavimentos dessa edificação.

Tabela 1- Área dos pavimentos e da cobertura do edifício.

Local	Área (m²)
Terreno	605
Subsolo (garagem)	507,015
Pavimento térreo (apartamentos)	316,04
Pavimento tipo 3x (apartamentos)	316,04
Cobertura (inclinação 10,00%)	
Área da projeção	282,29 m²
Área do telhado	283,69 m²

Fonte: Autor (2017).

Tabela 2 - Alturas da edificação

Colunas	Altura (m)
Pilotis	3,10
Pé-direito	2,9
Espessura da laje	0,1
Platibanda	1
Altura total da edificação	16,01

Fonte: Autor (2017).

4 APROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA (INFORMAÇÕES BÁSICAS E DIMENSIONAMENTO)

Geralmente, as técnicas de coleta da água de chuva envolvem a superfície dos telhados e das superfícies do solo (pátios ou áreas de estacionamento), sendo, posteriormente, encaminhada a reservatórios de acumulação. Em seguida, a água deve passar por unidades de tratamento para que atinja níveis de qualidade adequados ao uso determinado no caso (ANA; FIESP; Sinduscon-SP, 2005).

Ainda que tenha pequenas ou grandes dimensões, o sistema de aproveitamento é composto por:

- Área de captação/telhado;
- Tubulações para condução da água;
- Telas ou filtros para a remoção de materiais grosseiros, como folhas e galhos;
- Reservatório de armazenamento/cisterna.

De acordo com ANA, FIESP e Sinduscon-SP (2005), a metodologia básica para projeto de sistemas de coleta, tratamento e uso de água pluvial envolve as seguintes etapas:

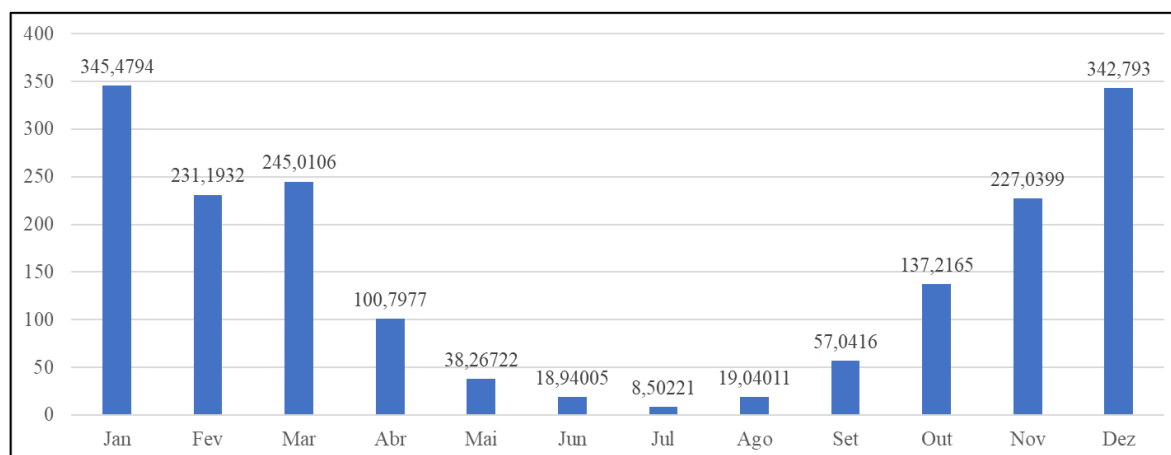
- determinação da precipitação média local (mm/mês);
- determinação da área de coleta;
- determinação do coeficiente de escoamento superficial;
- caracterização da qualidade da água pluvial;
- projeto do reservatório de descarte;
- projeto do reservatório de armazenamento;
- identificação dos usos da água (demanda e qualidade);
- estabelecimento do sistema de tratamento necessário;
- projeto dos sistemas complementares (grades, filtros, tubulações etc.).

4.1. Precipitação Média Local

De acordo com ANA, FIESP e Sinduscon-SP (2005), a precipitação média local deve ser estabelecida de acordo com dados mensais divulgados em plano nacional, regional ou local. As precipitações médias mensais utilizadas neste trabalho foram obtidas através do balanço hídrico climatológico, publicado pelo Sistema de Suporte à Decisão na Agropecuária (SISDAGRO) no site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

No SISDAGRO são disponibilizadas avaliações do balanço hídrico decendial e mensal das 1447 estações meteorológicas instaladas pelo Brasil, sendo que, os resultados apresentados foram processados por um período de 30 anos, de 1981 até 2010 (INMET, 2017). A Figura 5 mostra os valores das precipitações médias mensais obtidas na estação meteorológica do município de Uberlândia.

Figura 5 - Precipitações médias mensais para Uberlândia.



Fonte: INMET (2017).

4.2. Área de coleta

Por se tratar de um sistema mais simples e que quase sempre produz uma água de melhor qualidade, utiliza-se a coleta da chuva através dos telhados. Assim a área de coleta pode ser aferida através da planta de cobertura da edificação. Como exposto na Tabela 1, a área de projeção da cobertura é igual a 282,29 m².

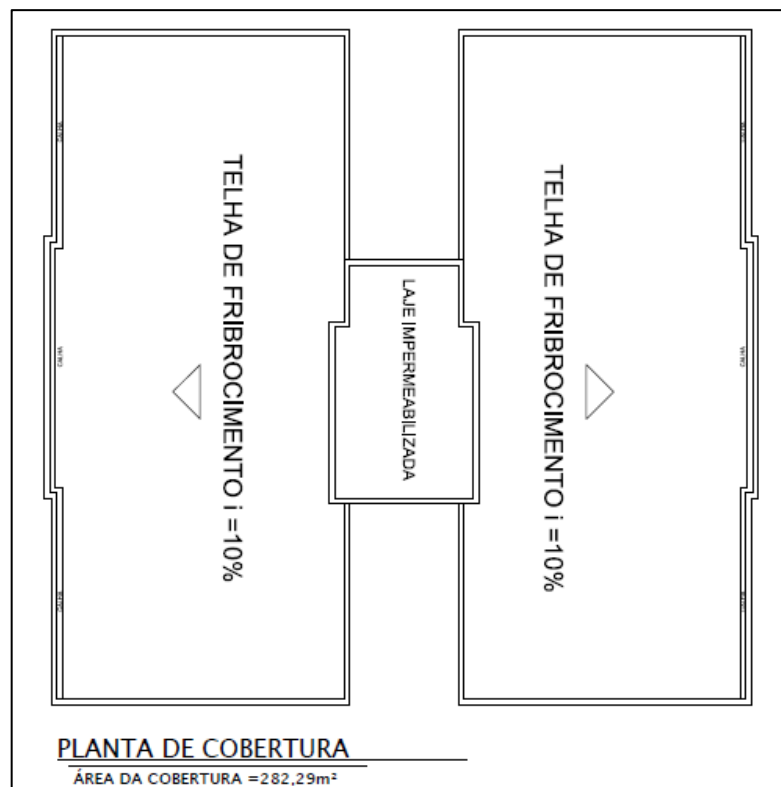
4.3. Coeficiente de escoamento superficial

Também chamado de coeficiente de runoff, o coeficiente de escoamento superficial (C) é determinado em função do material do acabamento da área de coleta. De acordo com Tomaz (2011), para o aproveitamento de água de chuva o melhor valor a ser adotado como multiplicador da água precipitada, considerando o rendimento do dispositivo de carga de lavagem do sistema, é 0,8.

A ABNT NBR 15527:2007 também indica que, em geral, o coeficiente de escoamento superficial para telhados gira em torno de 0,8. Ao multiplicar esse valor pelo volume de água de chuva precipitado é possível encontrar o volume de chuva realmente aproveitado. A Figura

6 representa a planta de cobertura do edifício que será utilizada para calcular o volume do reservatório.

Figura 6 – Planta de Cobertura.



Fonte: Autor (2017).

4.4. Qualidade da água pluvial

A caracterização da qualidade da água pluvial é importante para fornecer elementos para o cálculo do reservatório de descarte que se destina à retenção temporária e futuro descarte da água coletada na fase inicial da precipitação. De acordo com ANA, FIESP e Sinduscon-SP (2005), essa caracterização deve ser feita após períodos variáveis de estiagem em sistemas automáticos de amostragem.

De acordo com a ABNT NBR 15527:2007, o projetista deve definir os padrões de qualidade da água de acordo com a utilização prevista. A norma ainda prevê que em casos de uso mais restritivo da água de chuva para fins não potáveis, os parâmetros a serem observados devem atender as especificações da Tabela 3.

Tabela 3 - Parâmetros de qualidade da água de chuva para usos restritivos não potáveis.

Parâmetro	Análise	Valor
Coliformes totais	Semestral	Ausência em 100 mL
Coliformes termotolerantes	Semestral	Ausência em 100 mL
Cloro residual livre ^a	Mensal	0,5 a 3,0 mg/L
Turbidez	Mensal	< 2,0 uT ^b , para usos menos restritivos < 5,0 uT
Cor aparente (caso não seja utilizado nenhum corante, ou antes da sua utilização)	Mensal	< 15 uH ^c
Deve prever ajuste de pH para proteção das redes de distribuição, caso necessário	Mensal	pH de 6,0 a 8,0 no caso de tubulação de aço carbono ou galvanizado
NOTA Podem ser usados outros processos de desinfecção além do cloro, como a aplicação de raio ultravioleta e aplicação de ozônio.		
^a No caso de serem utilizados compostos de cloro para desinfecção.		
^b uT é a unidade de turbidez.		
^c uH é a unidade Hazen.		

Fonte: ABNT NBR 15527:2007.

Por se tratar do aproveitamento de água de chuva para limpeza de vasos sanitários, esse projeto não leva em conta os parâmetros para usos restritivos, sendo realizados apenas o descarte da água de limpeza do telhado e a instalação de grades para a retirada de materiais grosseiros que possam obstruir as tubulações.

4.5. Reservatório de Descarte

A primeira chuva ou chuva inicial lava a atmosfera e a superfície de captação, neste caso o telhado, assim ela é evidenciada por estudos técnicos como mais poluída. Assim, faz-se necessário um reservatório de descarte que retenha essa água para que a mesma seja descartada de forma gradual. A água pode ser encaminhada para esse reservatório através de válvulas de acionamento manual ou de forma automática por dispositivos de autolimpeza.

A ABNT NBR 15527:2007 recomenda que na falta de dados referentes à qualidade da água sejam descartados 2mm da precipitação inicial. Com base nessa determinação, pode-se calcular o volume do reservatório de descarte, através da seguinte fórmula.

$$V = P \times A;$$

em que

V é o volume do reservatório de descarte, em m^3 ;

P é a precipitação inicial, em m ;

A é a área de coleta, em m^2 ;

Assim,

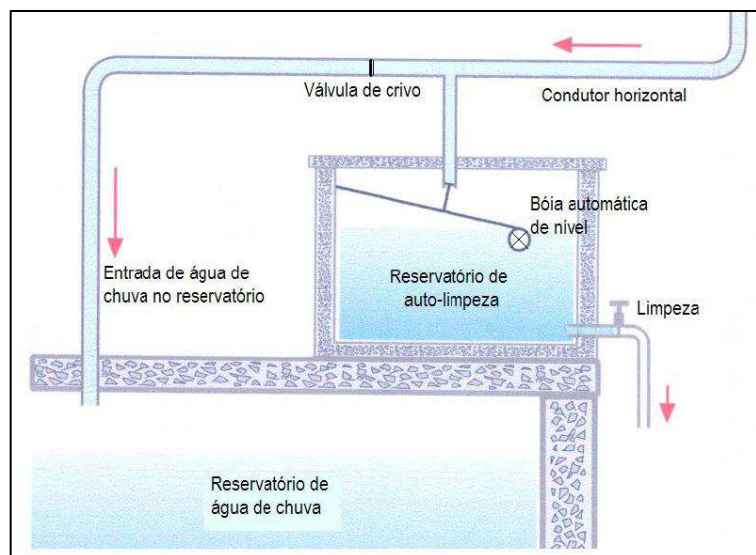
$$V = 0,002 \times 282,29;$$

$$V = 0,564572 \, m^3;$$

$$V = 564,57 \, L$$

Portanto o reservatório de descarte da chuva inicial deve ter um volume igual a 564,57 L, sendo adotado um volume de 570 L. A ABNT NBR 15527:2007 ainda recomenda que o dispositivo de descarte da água de escoamento inicial seja automático. A Figura 7 esquematiza o funcionamento do sistema de autolimpeza com torneira bóia.

Figura 7 - Reservatório de descarte com sistema de autolimpeza com torneira bóia.



Fonte: DACACH (1990 *apud* MAY 2004).

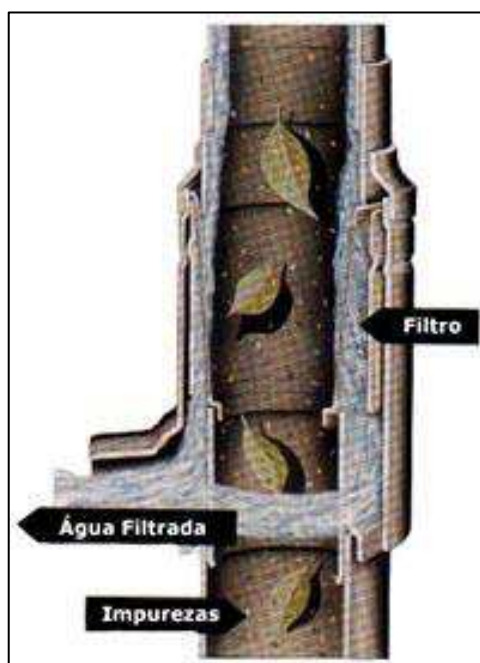
Um reservatório de autolimpeza com torneira bóia funciona da seguinte maneira: a água de chuva passa pela calha seguindo pelo condutor vertical, chegando ao reservatório de autolimpeza que fica sobre o reservatório de armazenamento de água pluvial. A água entra no

reservatório de autolimpeza até que atinja o nível determinando fechando automaticamente a torneira boia. Então, a água começa a escoar para o reservatório de água de chuva (MAY, 2004).

4.6. Filtro Vortex

Segundo May (2004), ainda podem ser utilizados filtros como sistema de remoção de detritos. Um filtro Vortex utiliza um princípio original de filtragem que garante grande eficiência, separando a água de chuva de impurezas como folhas, galhos, insetos e musgo, com pequena exigência de manutenção, podendo captar cerca de 90% da água e filtrando partículas de até 0,28mm (ENGEPLAS, 2017). A figura 8 mostra a seção de um filtro.

Figura 8 - Filtro Vortex.



Fonte: ENGEPLAS (2017).

4.7. Reservatório de Armazenamento

O volume do reservatório de armazenamento pode ser determinado por diferentes métodos. A escolha do método mais eficaz está ligada à eficiência do sistema, visando um ponto ótimo na combinação do volume de reservação e da demanda a ser atendida, com o menor gasto possível. A ABNT NBR 15527:2007 apresenta uma série de métodos de cálculo do volume do reservatório que em sua ampla maioria dependem do volume de água captado e da demanda de consumo de água não potável.

4.7.1. Cálculo da demanda mensal de água não potável

Para o cálculo da demanda de água não potável, admitiu-se que na edificação serão utilizadas caixas acopladas de descarga existentes no mercado com volume igual a 6 L. Adotou-se ainda uma perda por vazamentos igual a 10%, assim como Philippi *et al.* (2006).

De acordo com as características dos apartamentos foi estimado também que residem 4 pessoas em cada uma das residências e considera-se que cada uma dessas pessoas aciona a descarga 3 vezes por dia. Desse modo, pôde-se calcular a demanda da seguinte forma:

4.7.1.1. Demanda diária por apartamento

$$D_{dia} = 6 \times 3 \times 4 \times 1,1$$

$$D_{dia} = 79,2 \frac{\text{litros}}{\text{dia}} ;$$

4.7.1.2. Demanda mensal por apartamento

$$D_{mês} = 79,2 \times 30$$

$$D_{mês} = 2376 \frac{l}{mês} ;$$

4.7.1.3. Demanda mensal total

Ao todo, a edificação conta com 16 apartamentos. Então, foi possível obter a demanda total da seguinte forma:

$$D_{total} = 2376 \times 16$$

$$D_{total} = 38016 \frac{l}{mês} ;$$

$$D_{total} = 38 \frac{m^3}{mês} ;$$

Portanto a demanda mensal do prédio em questão é igual a 38 m³/mês. De posse desse valor e da área de coleta de água de chuva é possível calcular o volume do reservatório por cada um dos métodos informados pela ABNT NBR 15527:2007.

4.7.2. Método de Rippl

Nesse método, geralmente são utilizadas séries históricas de precipitação mensais onde todas as variáveis estão em função do tempo. O método é representado pelas equações a seguir.

$$S_{(t)} = D_{(t)} - Q_{(t)} ;$$

$$Q_{(t)} = C \times \text{precipitação da chuva}_{(t)} \times \text{área de captação}_{(t)} ;$$

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

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

onde:

$S_{(t)}$ é o volume de água no reservatório no tempo t, em m³;

$Q_{(t)}$ é o volume de chuva aproveitável no tempo t, em m³;

$D_{(t)}$ é a demanda ou consumo no tempo t, em m³;

V é o volume do reservatório, em m;

C é o coeficiente de escoamento superficial;

Os cálculos, realizados através do software Excel, estão expressos na Tabela 4.

Tabela 4 - Cálculo do volume do reservatório pelo Método de Rippl.

Meses	Precipitação (mm)	D _(t) (m ³)	A (m ²)	Q _(t) (m ³)	S _(t) (m ³)	V _(t) (m ³)
Janeiro	345,4794	38	284	93	-55	0
Fevereiro	231,1932	38	284	62	-24	0
Março	245,0106	38	284	66	-28	0
Abril	100,7977	38	284	27	11	11
Maiο	38,26722	38	284	10	28	39
Junho	18,94005	38	284	5	33	72
Julho	8,50221	38	284	2	36	108
Agosto	19,04011	38	284	5	33	141
Setembro	57,0416	38	284	15	23	164
Outubro	137,2165	38	284	37	1	165
Novembro	227,0399	38	284	61	-23	165
Dezembro	342,793	38	284	92	-54	165
Total	1771,32149	456		475	Volume=	165

Fonte: Autor (2017).

Observa-se que $\sum D_{(t)} < \sum Q_{(t)}$, então, pelo método de Rippl o volume do reservatório deve ser igual a 165 m³ ou 165000 l.

4.7.3. Método da Simulação

Esse método é semelhante ao Método Rippl, porém utiliza valores pré-definidos para o volume do reservatório e considera o volume inicial de chuva presente no reservatório em cada período de tempo, sendo que no início da contagem do tempo “t” considera-se que o reservatório está cheio. As fórmulas a seguir são utilizadas nesse caso.

$$S_{(t)} = Q_{(t)} + S_{(t-1)} - D_{(t)};$$

$$Q_{(t)} = C \times \text{precipitação da chuva}_{(t)} \times \text{área de captação};$$

Sendo que: $0 < S_{(t)} < V$

onde:

$S_{(t)}$ é o volume do reservatório no tempo t, em m³;

$S_{(t-1)}$ é o volume do reservatório no tempo t – 1, em m³;

$Q_{(t)}$ é o volume de chuva no tempo t, em m³;

V é o volume do reservatório fixado, em m³;

C é o coeficiente de escoamento superficial.

Essas fórmulas permitem que sejam encontradas variações de volume no reservatório para cada volume fixado. É possível também encontrar o volume de água que transborda do reservatório em determinados meses, o qual é descartado, e o volume de suprimento de água externo, em meses de escassez, para atender a demanda de água não potável. Esses cálculos podem ser realizados da seguinte forma.

$$T_{(t)} = Q_{(t)} + S_{(t-1)} - D_{(t)} - V;$$

$$E_{(t)} = D_{(t)} - Q_{(t)} - S_{(t-1)};$$

Sendo que: $T_{(t)} > 0$ e $E_{(t)} > 0$;

onde:

$T(t)$ é o volume de água que transborda do reservatório no tempo t , em m^3 ;

$E(t)$ é o volume de suprimento externo de água no tempo t , em m^3 ;

As duas fórmulas anteriores não são informadas pela norma, mas foram utilizadas pelo autor para analisar o comportamento do reservatório no decorrer dos meses de acordo com o método da simulação. A Tabela 5 ilustra os cálculos pelo método da simulação para um volume fixado de $40 m^3$.

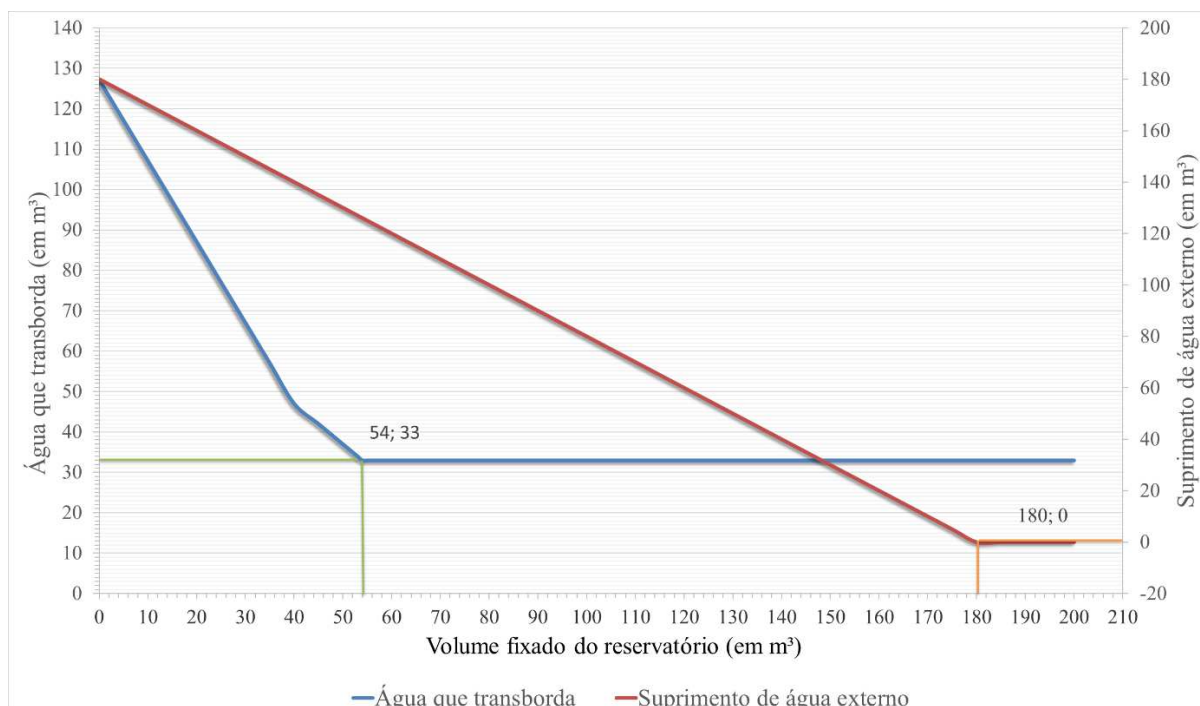
Tabela 5 – Método da Simulação para volume fixado de $40 m^3$.

Meses	Precipitação (t) (mm)	D (t) (m^3)	Área (m^2)	Q (t) (m^3)	V (m^3)	S $(t-1)$ (m^3)	S (t) (m^3)	T (t) (m^3)	E (t) (m^3)
Janeiro	345,4794	38	284	78	40	0	40	0	0
Fevereiro	231,1932	38	284	53	40	40	40	15	0
Março	245,0106	38	284	56	40	40	40	18	0
Abril	100,7977	38	284	23	40	40	25	0	0
Maio	38,26722	38	284	9	40	25	-4	0	4
Junho	18,94005	38	284	4	40	0	-34	0	34
Julho	8,50221	38	284	2	40	0	-36	0	36
Agosto	19,04011	38	284	4	40	0	-34	0	34
Setembro	57,0416	38	284	13	40	0	-25	0	25
Outubro	137,2165	38	284	31	40	0	-7	0	7
Novembro	227,0399	38	284	52	40	0	14	0	0
Dezembro	342,793	38	284	78	40	14	40	14	0
Total	1771,32149	456		403				47	140

Fonte: Autor (2017).

Realizando os cálculos para diferentes volumes é possível montar um gráfico que relaciona o volume fixado do reservatório, o volume total de água que transborda e o volume total de suprimento externo necessário. A Figura 9 foi elaborada através de cálculos para volumes de 0 a $200 m^3$.

Figura 9 - Água transbordante e suprimento externo de acordo com o volume do reservatório.



Fonte: Autor (2017).

Com base no gráfico, pode-se observar que a partir de 54 m³, a quantidade de água que transborda permanece constante em 33 m³. Também é possível verificar que a partir do volume fixado de 180 m³ não seria mais necessário suprimento externo de água. Como o volume de 180 m³ atinge proporções fora do que é usual nesse tipo de projeto, adotou-se o volume de 54 m³. Para esse volume, o suprimento externo de água é igual a 126 m³, 28% da demanda total (456 m³).

É válido lembrar que essas hipóteses pressupõem chuva e demanda distribuídas homogeneamente ao longo dos meses, o que na prática não acontece. Ainda assim, o método da simulação pode apresentar valores que induzem a um dimensionamento eficaz do reservatório. A Tabela 6 apresenta os resultados para o volume do reservatório fixado em 54 m³.

Tabela 6 - Método da Simulação para volume fixado de 54 m³.

Meses	Precipitação (t) (mm)	D (t) (m³)	Área (m²)	Q (t) (m³)	V (m³)	V (t-1) (m³)	V (t) (m³)	T (t) (m³)	E (t) (m³)
Janeiro	345,4794	38	284	78	54	0	54	0	0
Fevereiro	231,1932	38	284	53	54	54	54	15	0
Março	245,0106	38	284	56	54	54	54	18	0
Abril	100,7977	38	284	23	54	54	39	0	0
Maio	38,26722	38	284	9	54	39	10	0	4
Junho	18,94005	38	284	4	54	10	-24	0	24
Julho	8,50221	38	284	2	54	0	-36	0	36
Agosto	19,04011	38	284	4	54	0	-34	0	34
Setembro	57,0416	38	284	13	54	0	-25	0	25
Outubro	137,2165	38	284	31	54	0	-7	0	7
Novembro	227,0399	38	284	52	54	0	14	0	0
Dezembro	342,793	38	284	78	54	14	54	0	0
Total	1771,32149	456		403				33	126

Fonte: Autor (2017).

4.7.4. Método Prático Australiano

O Método Prático Australiano, além de utilizar valores pré-definidos para o volume do reservatório e considerar o volume inicial de chuva presente no reservatório, acrescenta uma variável responsável pelas perdas por evaporação e interceptação antes da chuva atingir a superfície de captação. O volume do reservatório pode ser obtido através da seguinte fórmula.

$$Q_{(t)} = C \times A \times (P_{(t)} - I)$$

$$V_{(t)} = V_{(t-1)} + Q_{(t)} - D_{(t)}$$

Onde:

$Q_{(t)}$ volume mensal produzido pela chuva no mês t , em m^3 ;

C é o coeficiente de escoamento superficial, em m^3 ;

A é a área de coleta, em m^2 ;

$P_{(t)}$ é a precipitação média no mês t , em m ;

I é interceptação da água que molha as superfícies e perdas por evaporação, geralmente 2 mm, expressa em m ;

$V_{(t)}$ é o volume de chuva que está no tanque no fim do mês t , em m^3 ;

$V_{(t-1)}$ é o volume de chuva que está no tanque no início do mês t , em m^3 ;

$D_{(t)}$ é a demanda mensal, em m^3 ;

V é o volume do reservatório fixado, em m^3 .

Esse método considera o reservatório vazio no primeiro mês e quando $V_{(t-1)} + Q_{(t)} - D_{(t)} < 0$, então $V_{(t)} = 0$.

O volume do tanque escolhido será aquele que obtiver um nível de confiança entre 90% e 99%.

A confiança do método pode ser calculada da seguinte forma:

$$Pr = \frac{Nr}{n};$$

$$Confiança = (1 - Pr) \times 100 ;$$

Pr é a falha;

Nr é o número de meses em que o reservatório não atendeu à demanda, isto é, quando $V_t = 0$;

N é o número total de meses considerado, no caso, 12 meses;

De modo similar ao método da simulação foram realizados cálculos para diferentes volumes e pode-se observar uma confiança máxima de 58%, invalidando assim o método prático australiano para esse caso.

4.7.5. Método Prático Inglês

O Método Prático Inglês é uma metodologia de cálculo empírica e mais simplificada, que utiliza diferentemente dos métodos vistos anteriormente, a média de precipitação anual e não considera demanda como dado de entrada. O volume pode ser obtido pela seguinte equação.

$$V = 0,05 \times P \times A;$$

onde:

V é o valor numérico do volume de água aproveitável e o volume de água da cisterna, em L;

P é o valor numérico da precipitação média anual, em mm;

A é o valor numérico da área de coleta em projeção, em m².

Os dados de entrada e o volume obtido por este método estão expressos na Tabela 7.

Tabela 7 - Cálculo do volume do reservatório pelo Método Prático Inglês.

Variável	Valor	Unidade	Observação
P	1771	mm	valor numérico da precipitação média anual
A	282	m ²	valor numérico da área de coleta em projeção
V	24971,1	l	valor numérico do volume de água aproveitável

Fonte: Autor (2017).

Obteve-se então um volume igual a 24971,1 litros, igual a 25 m³, aproximadamente.

4.7.6. Método de Azevedo Neto

A diferença entre o Método de Azevedo Neto e o Método Prático Inglês é somente o valor do coeficiente determinado empiricamente e pela inclusão da variável relativa ao número de meses de estiagem. Assim, o volume pode ser calculado através da seguinte equação.

$$V = 0,042 \times P \times A \times T;$$

onde:

V é o volume de água do reservatório, em L;

P é o valor numérico da precipitação média anual, em mm;

A é o valor numérico da área de coleta em projeção, em m²;

T é o valor numérico do número de meses de pouca chuva ou seca.

A Tabela 8 apresenta os dados de entrada e o volume obtido pelo método de Azevedo Neto.

Tabela 8 - Volume do reservatório pelo Método de Azevedo Neto.

Variável	Valor	Unidade	Observação
P	1771	mm	precipitação média anual
T	3	meses	valor numérico de meses de pouca chuva ou seca
A	282	m ²	valor numérico de área de coleta em projeção
V	62927,2	litros	valor numérico de volume de água aproveitável, volume do reservatório

Fonte: Autor (2017).

O volume encontrado é igual a 62927,2 litros de água aproveitável, equivalente a aproximadamente 63 m³.

4.7.7. Método Prático Alemão

Esse método, também empírico, utiliza a média de precipitação anual e busca o volume mínimo para o dimensionamento do reservatório determinado dentre os seguintes valores: 6% do volume anual de consumo ou 6% do volume anual de precipitação captada e pode ser expresso utilizando a equação a seguir.

$$V_{adotado} = \min(V; D) \times 0,06;$$

onde:

$V_{adotado}$ é o valor numérico do volume de água do reservatório, em L;

V é o valor numérico do volume aproveitável de água de chuva anual, em L, na tabela 9;

D é o valor numérico da demanda anual de água não potável, em L.

Tabela 9 - Volume do reservatório pelo Método Prático Alemão.

Variável	Valor	Unidade	Observação
V	403000	l	<i>mínimo</i>
D	840000	l	<i>máximo</i>
V_{adotado}	24180	l	$V_{adotado} = V \times 0,06$

Fonte: Autor (2017).

O volume adotado foi igual a 24180 L, o que equivale a aproximados 24m³. A Tabela 10 apresenta os resultados para cada um dos métodos de cálculo do volume do reservatório.

Tabela 10 - Volume do reservatório para cada método.

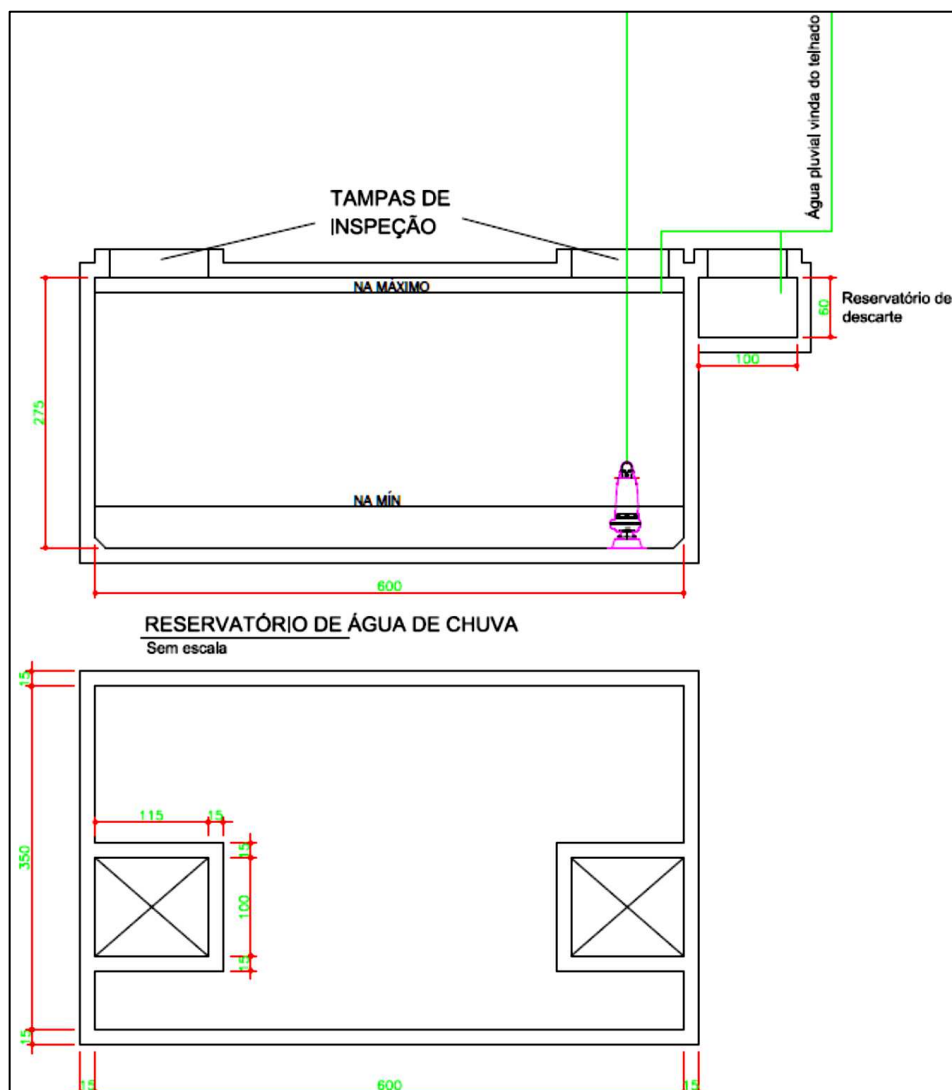
Método	Volume (l)
Rippl	165000
Simulação	54000
Prático Australiano	-
Prático Inglês	24971,1
Azevedo Neto	62927,2
Prático Alemão	24180

Fonte: Autor (2017).

Comparando-se os seis métodos de dimensionamento, verifica-se que neste caso, o Método de Rippl, não se mostrou um bom modelo, resultando em volumes muito grandes, enquanto o método prático australiano apresentou um nível de confiança inferior ao significativo.

Os demais métodos são mais realistas, propondo volumes menores de reservação sem, entretanto, perder em eficiência de atendimento à demanda de água não potável. Nota-se que o resultado obtido pelo método da Simulação apresenta um resultado intermediário e oferece um volume mínimo que gera o menor desperdício de água captada. Por essa razão, será adotado o volume de 54 m³ para o reservatório desse projeto, representado na Figura 10.

Figura 10 - Reservatório inferior de água de chuva.



Fonte: Autor (2017).

5 INSTALAÇÕES PREDIAIS DE ÁGUA FRIA

As instalações prediais de água fria devem ser projetadas seguindo as especificações da ABNT NBR 5626:1998. Essa norma apresenta as definições de cada componente do sistema, além de fornecer os critérios para dimensionamento, execução e manutenção desses componentes, estabelecendo as seguintes exigências ao projeto, de modo que ele atenda aos seguintes requisitos durante a vida útil do projeto:

- Preservar a potabilidade da água;
- Garantir o fornecimento de água de forma contínua, em quantidade adequada e com pressões e velocidades compatíveis com o perfeito funcionamento dos aparelhos sanitários, peças de utilização e demais componentes;

- Promover economia de água e de energia;
- Possibilitar manutenção fácil e econômica;
- Evitar níveis de ruído inadequados à ocupação do ambiente;
- Proporcionar conforto aos usuários, prevendo peças de utilização adequadamente localizadas, de fácil operação, com vazões satisfatórias e atendendo as demais exigências do usuário.

As condições gerais e o dimensionamento do sistema predial de água fria serão apresentados na sequência desse trabalho. Este sistema é composto por: alimentador predial, reservatórios, instalação elevatória e rede predial de distribuição. Nos itens seguintes estão demonstrados as especificações gerais e os cálculos de dimensionamento desses componentes.

5.1. Reservatórios

A capacidade dos reservatórios deve ser determinada considerando o padrão de consumo de água na edificação. De acordo com Carvalho Júnior (2008), conhecida a população do prédio, pode-se estimar o consumo de 200 L/dia *per capita* em apartamentos.

O volume de água reservado para uso doméstico deve pelo menos ser o necessário para 24h de consumo normal no edifício, sem considerar o volume de água para a reserva incêndio (ABNT NBR 5626:1998). Assim, foi determinada a demanda de água da edificação, multiplicando o número de moradores (64 pessoas) pelo consumo *per capita* (200 L/dia), obtendo um volume igual a 12800 L.

Deste modo, foi determinado um volume equivalente a $\frac{3}{5}$ da demanda diária para o reservatório inferior, aproximadamente 8000 L. O reservatório superior foi dimensionado para receber 13000 L, isso porque, além dos 5000 L restantes, equivalente a $\frac{2}{5}$ da demanda diária de água, ele ainda deve armazenar a reserva de incêndio (8000 L).

A reserva de incêndio foi calculada seguindo as instruções técnicas do Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais. Para uma edificação do Grupo A-2 (Habitação Multifamiliar), com área compreendida entre 3000 m² e 6001 m², adotando-se um sistema tipo 1, a reserva de incêndio deve conter 8 m³ de água, conforme indica a Tabela 11.

Tabela 11 - Tipo de sistema e Volume de Reserva de Incêndio mínima (m³).

Área das edificações e áreas de risco (m²)	Grupo/Divisão				
	A-2, A-3, C-1, D-2, E-1, E-2, E-3, E-4, E-5, E-6, F-2, F-3, F-4, F-8, G-1, G-2, G-3, G-4, H1, H-2, H-3, H-5, H-6; I-1, J-1, J-2 e M-3 ----- Carga Incêndio até 300 MJ/m² D-1, D-3, D-4, F-1	B-1; B-2, C-3, F-5, F-6, F-7, F-9 e H-4 ----- Carga Incêndio > 300 MJ/m² D-1, D-3, D-4 ----- Carga Incêndio acima de 300 até 800 MJ/m² C-2, I-2 e J-3	F-10, G-5, L-1 e M-1 ----- Carga Incêndio > 800 MJ/m² C-2, I-2, J-3 ----- > 300 MJ/m² F-1	I-3, J-4, L-2 e L-3	
Até 3.000	Tipo 1 R.I. 6 m³	Tipo 2 R.I. 8 m³	Tipo 3 R.I. 12 m³	Tipo 3 R.I. 20 m³	Tipo 3 R.I. 20 m³
De 3.001 até 6.000	Tipo 1 R.I. 8 m³	Tipo 2 R.I. 12 m³	Tipo 3 R.I. 18 m³	Tipo 4 R.I. 20 m³	Tipo 4 R.I. 30 m³
De 6.001 até 10.000	Tipo 1 R.I. 12 m³	Tipo 2 R.I. 16 m³	Tipo 3 R.I. 25 m³	Tipo 4 R.I. 30 m³	Tipo 5 R.I. 50 m³
De 10.001 até 15.000	Tipo 1 R.I. 16 m³	Tipo 2 R.I. 20 m³	Tipo 3 R.I. 30 m³	Tipo 5 R.I. 45 m³	Tipo 5 R.I. 80 m³
De 15.001 até 30.000	Tipo 1 R.I. 25 m³	Tipo 2 R.I. 35 m³	Tipo 3 R.I. 40 m³	Tipo 5 R.I. 50 m³	Tipo 5 R.I. 110 m³
Acima de 30.000	Tipo 1 R.I. 35 m³	Tipo 2 R.I. 47 m³	Tipo 3 R.I. 60 m³	Tipo 5 R.I. 90 m³	Tipo 5 R.I. 140 m³
Nota: 1) R.I. Reserva de Incêndio; 2) Para a divisão M –2 adotar o item 5.18.1 desta I.T.					

Fonte: IT 17 - CORPO DE BOMBEIRO MILITAR DE MINAS GERAIS.

5.1.2. Reservatório Superior

Várias podem ser as posições dos reservatórios em um sistema de reaproveitamento de água de chuva. Nesse caso, existem dois reservatórios superiores, sendo um deles de água potável (mais elevado) e outro de água não potável. Para o aproveitamento da estrutura da caixa de escada, optou-se pela sobreposição dos reservatórios superiores.

O funcionamento dos reservatórios compreende várias etapas e pode ser explicado de uma maneira simples e prática. Primeiramente, durante a chuva, a primeira água captada é lançada no reservatório de descarte. Ao encher, o reservatório aciona uma válvula de boia automática e a água é redirecionada para reservatório inferior de água de chuva, em seguida a água entra nesse reservatório e é bombeada para o reservatório superior de água não potável que abastece as bacias sanitárias.

Quando não há água de chuva suficiente para o abastecimento das bacias sanitárias uma válvula é automaticamente acionada e o reservatório de água não potável é abastecido pelo reservatório

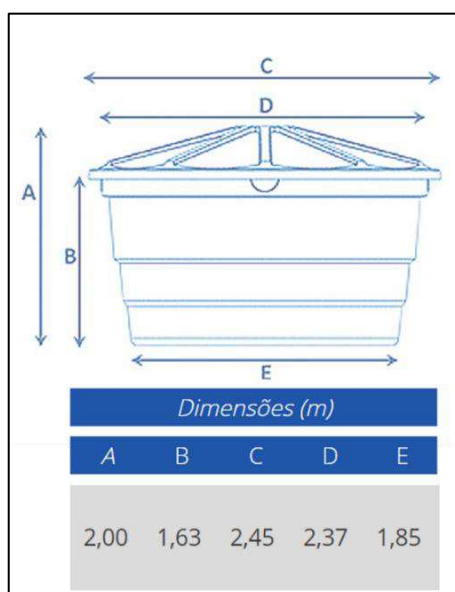
de água potável, todavia o fechamento da válvula acontece em um nível menor que o nível de consumo para que haja maior economia de água potável. A explicação para esta manobra é dada no parágrafo seguinte.

O reservatório superior de água potável possui dois níveis, “o NA MIN”, nível d’água mínimo para o acionamento do conjunto motobomba e o “NA MÁXIMO”, nível d’água máximo do reservatório para desligamento automático do conjunto motobomba. Já para o reservatório superior de água não potável foram previstos quatro níveis: “NA CONSUMO”, nível d’água máximo do reservatório que uma vez alcançado o conjunto motobomba do reservatório inferior de reuso é desligado, “NA MAX VÁLVULA”, nível d’água de fechamento da válvula que liga o reservatório de água potável ao não potável (esta válvula é aberta quando o NA VÁLVULA é atingido), “NA BOMBA”, nível d’água de acionamento do conjunto motobomba e “NA VÁLVULA”, nível d’água de acionamento da válvula que liga o reservatório de água potável ao de água não potável. O projeto do reservatório superior está representado no Apêndice B.

5.1.3. Reservatório Inferior

O reservatório inferior de água potável deve ter um volume de no mínimo 8000 L, aproximadamente. A critério do projetista foram adotadas duas caixas de água de polietileno de 5000 L cada uma, garantindo o armazenamento de 10000 L de água. As dimensões da caixa d’água utilizada estão indicadas na Figura 11.

Figura 11 - Caixa d’água de 5000 L de polietileno.



Fonte: FORTLEV (2017).

5.1.4. Elevatórias de água

A critério do projetista foram utilizadas bombas centrífugas de aplicações múltiplas. Os diâmetros das tubulações de sucção e recalque, bem como a potência da bomba foram determinados de acordo com a Tabela 12, do fabricante.

Tabela 12 - Bomba centrífuga de aplicação múltipla.

Pot. (cv)	Tubulação		Diâmetro rotor (mm)	AMT max. (mca)	Altura Manométrica Total em metros de Coluna de Água (mca) Não estão incluídas as perdas por atrito																
	Suc. (bsp)	Elev. (bsp)			8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
					Vazão (m³/h)																
3/4	1"	1"	130,0	32	9,3	9,0	8,6	8,2	7,7	7,1	6,5	5,6	4,5	3,2	1,8	0,8					
1			136,0	35	9,3	9,0	8,6	8,3	7,9	7,5	7,0	6,4	5,7	4,8	3,8	2,5	1,3	0,4			
1½*			145,0	42				8,6	8,2	7,7	7,3	6,8	6,3	5,8	5,2	4,6	3,9	3,2	2,4	1,5	0,6
2*			156,0	48			8,2	7,9	7,6	7,3	7,0	6,7	6,3	6,0	5,6	5,2	4,7	4,2	3,7	3,1	2,5

Fonte: DANCOR (2017).

A ABNT NBR 5626:1998 estabelece que para grandes reservatórios, destinados ao abastecimento de edifícios residências multifamiliares, o tempo de enchimento pode ser de até 6h. Dessa forma, considerando-se o consumo diário de água potável de 12800 L (sem exclusão do volume relativo à água de reuso, para fins de segurança), a vazão de bombeamento é de 0,000593 m³/s, calculada da seguinte forma:

$$Q = \frac{12,8}{6 \times 3600};$$

$$Q = 0,000593 \frac{m^3}{s}.$$

O diâmetro de recalque, calculado conforme equação de Forscheimer é de DN 25 (DI 21,6 mm). Considerando-se estes parâmetros, adotando-se o diâmetro de sucção igual ao de recalque, a altura geométrica de 20 m, perdas de carga iguais a 3,2 m, foi calculada a potência da bomba.

$$Pot = \frac{9,8 \times H_m \times Q_r}{0,75 \times \eta};$$

onde:

Pot é a potência da bomba, em cv;

H_m é a altura manométrica, em m;

Q_r é a vazão de recalque, em m^3/s ;

η é o rendimento da bomba.

Considerando que a bomba tem rendimento de 100%, foi possível calcular a potência da bomba:

$$Pot = \frac{9,81 \times 23,2 \times 0,000593}{0,75 \times 1} ;$$

$$Pot = 0,18 \text{ cv.}$$

O sistema de bombeamento da água não potável foi determinado de forma análoga. Considerando-se o consumo diário de água não potável por apartamento igual a 1267,2 L, a vazão de bombeamento é de $0,000117 \text{ m}^3/s$, calculada da seguinte forma:

$$Q = \frac{1,267}{6 \times 3600} ;$$

$$Q = 0,000117 \frac{m^3}{s} .$$

O diâmetro de recalque, calculado conforme equação de Forscheimer é de DN 20 (DI 17 mm). Considerando-se estes parâmetros, adotando-se o diâmetro de sucção igual ao de recalque, a altura geométrica é de 18 m, perdas de carga iguais a 0,6 m, foi calculada a potência da bomba.

$$Pot = \frac{9,81 \times 18,6 \times 0,000117}{0,75 \times 1} ;$$

$$Pot = 0,02 \text{ cv.}$$

Assim, foram utilizadas bombas de $\frac{3}{4}$ cv, conforme a potência mínima verificada na Tabela 11.

5.2. Rede predial de distribuição

Nesse projeto adotou-se uma rede predial com medição individualizada, neste caso, cada apartamento recebe um hidrômetro para que sejam emitidas contas individuais para os condôminos. Todavia, por se tratar de um sistema com aproveitamento de água de chuva, a água utilizada para as bacias sanitárias foi prevista para ser medida de maneira coletiva.

Entretanto, haverá consumo de água potável, a ser rateado por todos os condôminos, apenas nos momentos em que houver necessidade de o reservatório de água de chuva receber água potável, ou seja, nos momentos em que a demanda das bacias sanitárias não for atendida pelo volume captado pelo reservatório de água de chuva.

A inviabilidade da medição da água utilizada nas bacias sanitárias pode ser explicada também pela necessidade de duas colunas de abastecimento, uma para a água potável e uma para a água de chuva, implicando diretamente na instalação de dois hidrômetros para cada apartamento.

Deste modo, a rede predial de água fria projetada, conta com 5 colunas de distribuição, sendo que uma delas atende todos os apartamentos para as demandas da cozinha, da lavanderia, dos chuveiros e dos lavatórios. Outras 4 colunas de distribuição atendem às demandas das bacias sanitárias individualmente. O Apêndice C traz a planta de instalação de água fria do pavimento térreo e dos pavimentos tipo 1 e 2.

5.2.1. Dimensionamento das tubulações

A ABNT NBR 5626:1998 estabelece uma série de condições para o funcionamento adequado das tubulações, as quais foram observadas para o dimensionamento dos condutos deste projeto. Dentre as exigências da norma pode-se destacar:

- A velocidade da água, em qualquer trecho da tubulação, deve ser inferior a 3 m/s;
- A pressão da água em condições dinâmicas, em qualquer ponto da tubulação não deve ser inferior a 5 kPa.
- Em qualquer ponto de utilização, a pressão em condições dinâmicas não deve ser inferior a 10 kPa, com exceção do ponto da caixa de descarga onde a pressão pode ser até o mínimo de 5 kPa.
- A pressão da água em qualquer ponto de utilização, em condições estáticas, não deve ser superior a 400 kPa.
- São admitidas sobrepressões devidas a transientes hidráulicos desde que estas não superem o valor de 200 kPa.

Para determinar a pressão dinâmica e a velocidade em qualquer ponto do sistema é necessário obter valores como vazão, perda de carga nas tubulações e perda de carga nas singularidades. Os métodos para obtenção da vazão e da perda de carga também são expressos nos anexos da ABNT NBR 5626:1998.

5.2.1.1. Vazão

A unidade de carga usada na estimativa da vazão é o peso relativo de cada equipamento em função de sua influência no sistema, que é estabelecido empiricamente em função da vazão de projeto. O método dos pesos relativos adotado pela norma, estabelece como provável uma demanda simultânea de água menor do que a possível, por razões de economia.

No dimensionamento do sistema cada equipamento de utilização de água alimentado pelas tubulações é multiplicado pelo correspondente peso relativo e a soma dos valores obtidos nas multiplicações de todos os tipos de peças de utilização constitui a somatória total dos pesos (ΣP). O peso de funcionamento de cada aparelho sanitário é encontrado na Tabela 13.

Tabela 13 - Pesos relativos nos pontos de utilização identificados em função do aparelho sanitário e da peça de utilização.

Aparelho sanitário		Peça de utilização	Vazão de projeto L/s	Peso relativo
Bacia sanitária		Caixa de descarga	0,15	0,3
		Válvula de descarga	1,70	32
Banheira		Misturador (água fria)	0,30	1,0
Banheira		Registro de pressão	0,10	0,1
Bidê		Misturador (água fria)	0,10	0,1
Chuveiro ou ducha		Misturador (água fria)	0,20	0,4
Chuveiro elétrico		Registro de pressão	0,10	0,1
Lavadora de pratos ou de roupas		Registro de pressão	0,30	1,0
Lavatório		Torneira ou misturador (água fria)	0,15	0,3
Mictório cerâmico	Com sifão integrado	Válvula de descarga	0,50	2,8
	Sem sifão integrado	Caixa de descarga, registro de pressão ou válvula de descarga para mictório	0,15	0,3
Mictório tipo calha		Caixa de descarga ou registro de pressão	0,15 por metro de calha	0,3
Pia		Torneira ou misturador (água fria)	0,25	0,7
		Torneira elétrica	0,10	0,1
Tanque		Torneira	0,25	0,7
Torneira de jardim ou lavagem em geral		Torneira	0,20	0,4

Fonte: ABNT NBR 5626:1998.

Usando a equação apresentada a seguir, esse somatório é convertido na demanda simultânea total do grupo de peças de utilização considerado, que é expressa como uma estimativa da vazão a ser usada no dimensionamento da tubulação.

$$Q = 0,3 \times \sqrt{\Sigma P};$$

onde:

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

ΣP é a soma dos pesos relativos de todas as peças de utilização alimentadas pela tubulação considerada.

5.2.1.2. Perda de carga

Neste projeto, foram utilizadas tubulações de PVC soldável para o sistema predial de água fria. As especificações normativas estabelecem a seguinte equação para o cálculo da perda de carga em tubos lisos (tubos de plástico, cobre ou liga de cobre).

$$J = 8,69 \times 10^6 \times Q^{1,75} \times d^{-4,75};$$

onde:

J é a perda de carga unitária, em kPa/m;

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

d é o diâmetro interno do tubo, em mm.

A perda de carga nas conexões que ligam os tubos, formando as tubulações, deve ser expressa em termos de comprimentos equivalentes desses tubos. A Tabela 14 mostra esses comprimentos para os casos de equivalência com tubos lisos, visto que serão utilizados tubos de PVC soldável marrom.

Tabela 14 - Perda de carga em conexões - Comprimento equivalente para tubo liso (tubo de plástico, cobre ou liga de cobre).

Diâmetro nominal (DN)	Tipo de conexão					
	Cotovelo 90°	Cotovelo 45°	Curva 90°	Curva 45°	Tê passagem direta	Tê passagem lateral
15	1,1	0,4	0,4	0,2	0,7	2,3
20	1,2	0,5	0,5	0,3	0,8	2,4
25	1,5	0,7	0,6	0,4	0,9	3,1
32	2,0	1,0	0,7	0,5	1,5	4,6
40	3,2	1,0	1,2	0,6	2,2	7,3
50	3,4	1,3	1,3	0,7	2,3	7,6
65	3,7	1,7	1,4	0,8	2,4	7,8
80	3,9	1,8	1,5	0,9	2,5	8,0
100	4,3	1,9	1,6	1,0	2,6	8,3
125	4,9	2,4	1,9	1,1	3,3	10,0
150	5,4	2,6	2,1	1,2	3,8	11,1

Fonte: ABNT NBR 5626:1998.

A perda de carga em registros de fechamento (registros de gaveta) pode ser desconsiderada, para efeito deste cálculo, pois esses registros apresentam pequena perda de carga. Já os registros de utilização (registros de pressão) apresentam elevada perda de carga, que deve ser cuidadosamente computada. A perda de carga nesses registros pode ser obtida através da seguinte equação.

$$\Delta h = 8 \times 10^6 \times K \times Q^2 \times \pi^{-2} \times d^{-4};$$

onde:

h é a perda de carga no registro, em kPa;

K é o coeficiente de perda de carga do registro;

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

d é o diâmetro interno da tubulação, em mm.

Em hidrômetros, a perda de carga pode ser estimada empregando-se a seguinte equação.

$$\Delta h = (36 \times Q)^2 \times (Q_{m\acute{a}x})^{-2};$$

onde:

h é a perda de carga no hidrômetro, em kPa;

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

$Q_{m\acute{a}x}$ é a vazão máxima especificada para o hidrômetro, em m³/h (Tabela 15).

Tabela 15 - Valor da vazão máxima ($Q_{m\acute{a}x}$) em hidrômetros.

$Q_{m\acute{a}x}$ M ³ /h	Diâmetro nominal DN
1,5	15 e 20
3	15 e 20
5	20
7	25
10	25
20	40
30	50

Fonte: ABNT NBR 5626:1998.

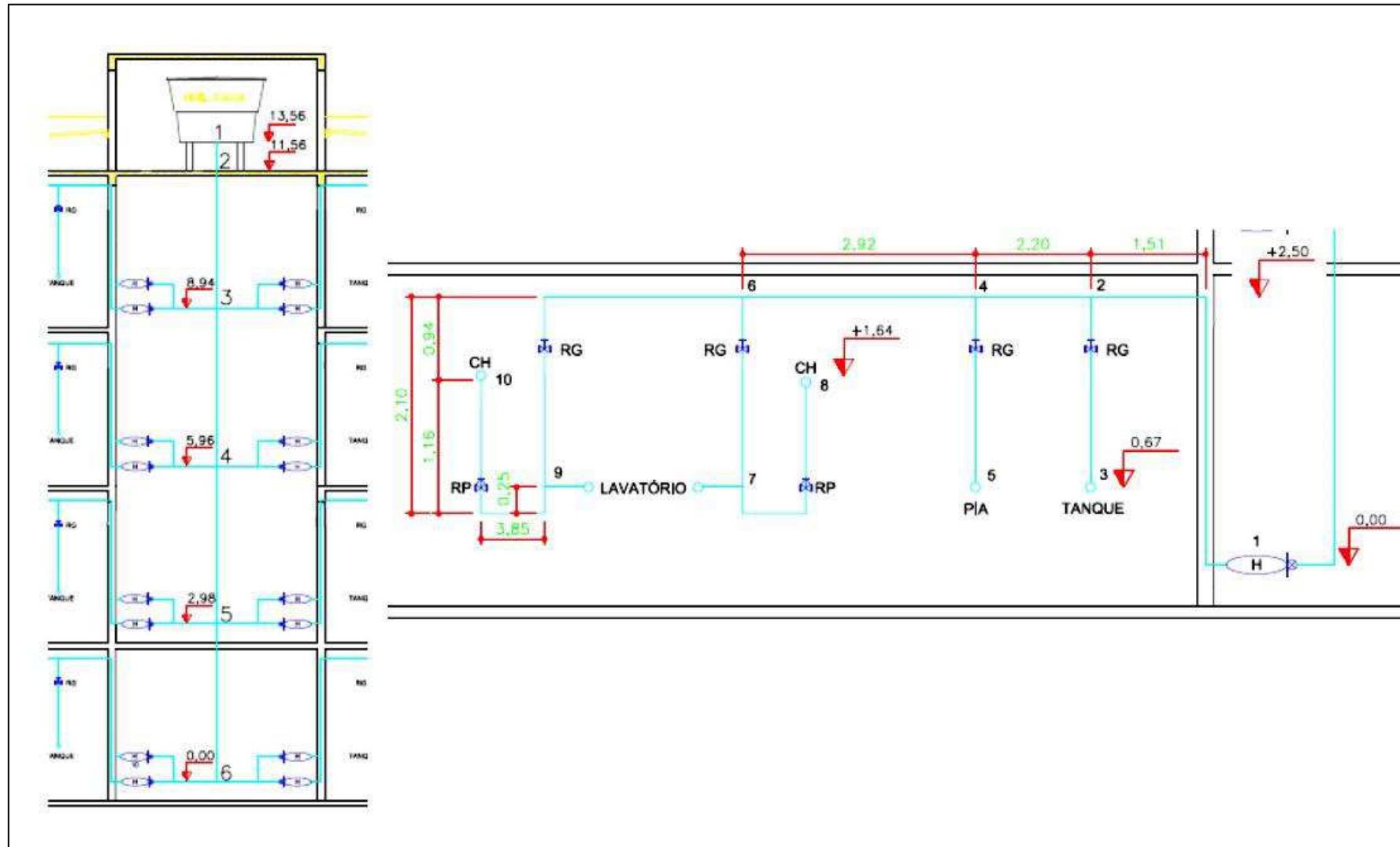
Nesse projeto serão utilizados hidrômetros com diâmetro nominal igual a 20. Por esse motivo a vazão máxima utilizada para o cálculo da perda de carga é equivalente a 5 m³/h.

5.2.1.3. Esquematização da instalação e planilha de dimensionamento

Para o cálculo do diâmetro das tubulações foram montados os esquemas ilustrados na Figura 12 utilizando números para identificar cada nó (derivação de tubos) e cada ponto de utilização da rede. Os pontos enumerados serviram para a denominação de cada trecho em uma planilha elaborada no software Excel, onde foram realizados os cálculos para dimensionamento das tubulações.

As Tabelas 16 e 17 apresentam os passos necessários para o dimensionamento e a verificação das tubulações destinadas à distribuição predial de água fria, bem como os diâmetros adotados para cada trecho.

Figura 12 - Esquemática da instalação - Coluna de distribuição (à esquerda), ramais e subramais (à direita).



Fonte: Autor (2017).

Tabela 16 - Planilha de dimensionamento das tubulações (colunas de distribuição e ramais do 3º e 4º andar).

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Trecho	Soma dos pesos	Vazão estimada	Diâmetro	Velocidade	Perda de carga unitária	Diferença de cota desce + sobe -	Pressão disponível	Comprimento da tubulação		Perda de carga			Pressão disponível residual	Pressão requerida no ponto de utilização
								Real	Equivalente	Tubulação	Registros e outros	Total		
							(14) + 10 x (7)			(10) x (6)		(11) + (12)	(8) - (13)	
		L/s	mm	m/s	kPa/m	m	kPa	m	m	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa
Colunas de distribuição														
1 - 2	35,2	1,779888	32,5	2,14553688	1,5694983	2	20	2	3,1	4,865445	0	4,86544	15,1345554	> 5
2 - 3	35,2	1,779888	32,5	2,14553688	1,5694983	2,62	46,2	2,62	2,62	4,112085	0	4,11209	42,0879146	> 5
3 - 4	26,4	1,541428	32,5	1,85808944	1,2202237	2,98	76	2,98	2,98	3,636267	0	3,63627	72,3637335	> 5
4 - 5	17,6	1,258571	32,5	1,51712367	0,855775	2,98	105,8	2,98	2,98	2,550209	0	2,55021	103,249791	> 5
5 - 6	8,8	0,889944	32,5	1,07276844	0,4666146	2,98	135,6	2,98	2,98	1,390512	0	1,39051	134,209488	> 5
Apartamentos 401, 402, 403 e 404														
1 - 2	2,2	0,444972	32,5	0,53638422	0,1387254	-2,5	17,08791456	4,01	6,21	0,8615	10,2931	11,1546	5,9333	> 5
2 - 3	0,7	0,250998	27,8	0,41351456	0,0106962	1,83	35,38791456	1,85	2,95	0,0316	0,0171	0,0487	35,3393	> 10
2 - 4	1,5	0,367423	21,6	1,0026965	0,0690886	0	17,08791456	2,2	4,4	0,3040	0,0000	0,3040	16,7839	> 5
4 - 5	0,7	0,250998	17	1,10581519	0,1106141	1,83	35,38791456	1,85	2,95	0,3263	0,1223	0,4486	34,9393	> 10
4 - 6	0,8	0,268328	17	1,18216616	0,1243235	0	17,08791456	2,92	2,92	0,3630	0,0000	0,3630	16,7249	> 5
6 - 7	0,4	0,189737	17	0,83591771	0,0677879	1,83	35,38791456	1,85	1,85	0,1254	0,0699	0,1953	35,1926	> 10
7 - 8	0,1	0,094868	17	0,41795885	0,0201535	-0,97	25,68791456	5,26	5,26	0,1060	0,0000	0,1060	25,5819	> 10
6 - 9	0,4	0,189737	17	0,83591771	0,0677879	1,83	35,38791456	1,85	1,85	0,1254	0,0699	0,1953	35,1926	> 10
9 - 10	0,1	0,094868	17	0,41795885	0,0201535	-0,97	25,68791456	5,26	6,36	0,1282	0,0000	0,1282	25,5597	> 10
Apartamentos 301, 302, 303 e 304														
1 - 2	2,2	0,444972	17	1,9604008	3,012794	-2,5	47,36373348	4,01	6,21	18,7095	10,6486	29,3581	18,0056	> 5
2 - 3	0,7	0,250998	17	1,10581519	1,1061407	1,83	65,66373348	1,85	2,95	3,2631	0,1223	3,3854	62,2783	> 10
2 - 4	1,5	0,367423	17	1,61874768	2,1549115	0	47,36373348	2,2	4,4	9,4816	0,2620	9,7436	37,6201	> 5
4 - 5	0,7	0,250998	17	1,10581519	1,1061407	1,83	65,66373348	1,85	2,95	3,2631	0,1223	3,3854	62,2783	> 10
4 - 6	0,8	0,268328	17	1,18216616	1,2432353	0	47,36373348	2,92	2,92	3,6302	0,0000	3,6302	43,7335	> 5
6 - 7	0,4	0,189737	17	0,83591771	0,6778789	1,83	65,66373348	1,85	1,85	1,2541	0,0699	1,3240	64,3398	> 10
7 - 8	0,1	0,094868	17	0,41795885	0,2015346	-0,97	55,96373348	5,26	5,26	1,0601	0,0000	1,0601	54,9037	> 10
6 - 9	0,4	0,189737	17	0,83591771	0,6778789	1,83	65,66373348	1,85	1,85	1,2541	0,0699	1,3240	64,3398	> 10
9 - 10	0,1	0,094868	17	0,41795885	0,2015346	-0,97	55,96373348	5,26	6,36	1,2818	0,0000	1,2818	54,6820	> 10

Fonte: Autor (2017).

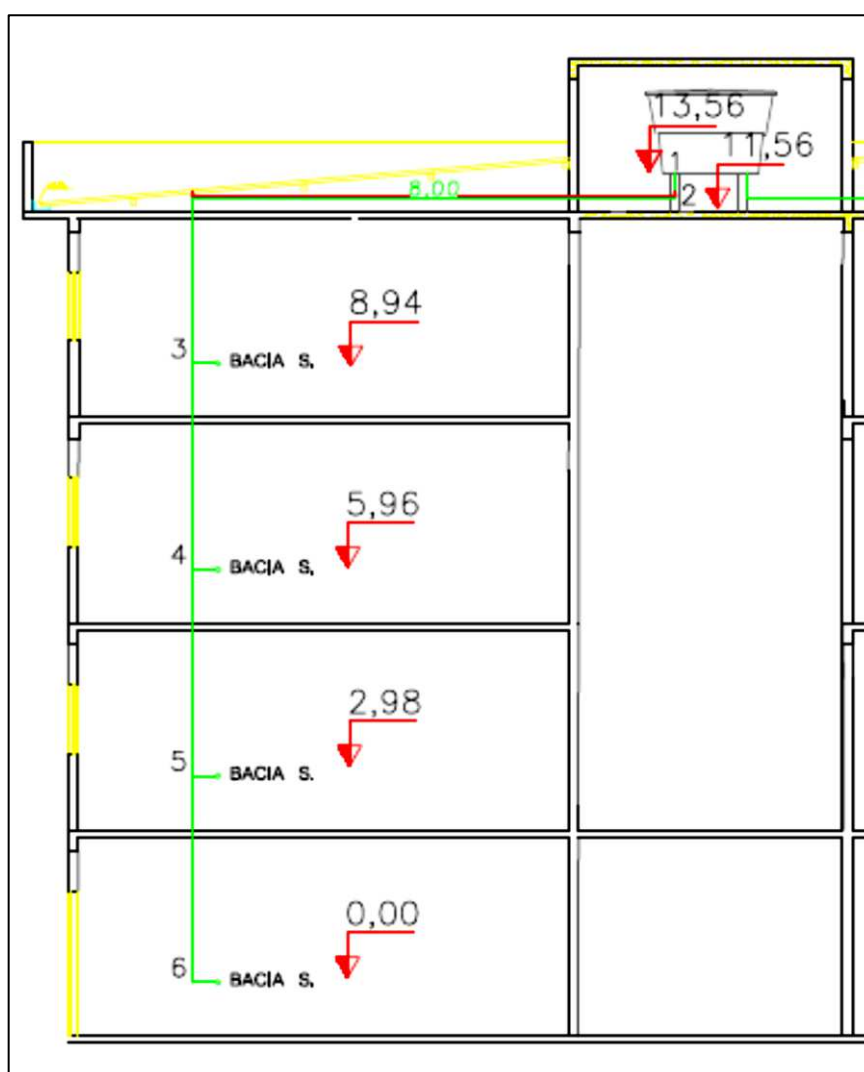
Tabela 17 - Planilha de dimensionamento das tubulações (ramais do 1º e 2º andar).

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Trecho	Soma dos pesos	Vazão estimada	Diâmetro	Velocidade	Perda de carga unitária	Diferença de cota desce + sobe -	Pressão disponível	Comprimento da tubulação		Perda de carga			Pressão disponível residual	Pressão requerida no ponto de utilização
								Real	Equivalente	Tubulação	Registros e outros	Total		
							(14) + 10 x (7)			(10) x (6)		(11) + (12)	(8) - (13)	
		L/s	mm	m/s	kPa/m	m	kPa	m	m	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa
Apartamentos 201, 202, 203 e 204														
1 - 2	2,2	0,444972	17	1,9604008	3,012794	-2,5	78,24979052	4,01	6,21	18,7095	10,6486	29,3581	48,8917	> 5
2 - 3	0,7	0,250998	17	1,10581519	1,1061407	1,83	96,54979052	1,85	2,95	3,2631	0,1223	3,3854	93,1644	> 10
2 - 4	1,5	0,367423	17	1,61874768	2,1549115	0	78,24979052	2,2	4,4	9,4816	0,2620	9,7436	68,5061	> 5
4 - 5	0,7	0,250998	17	1,10581519	1,1061407	1,83	96,54979052	1,85	2,95	3,2631	0,1223	3,3854	93,1644	> 10
4 - 6	0,8	0,268328	17	1,18216616	1,2432353	0	78,24979052	2,92	2,92	3,6302	0,0000	3,6302	74,6195	> 5
6 - 7	0,4	0,189737	17	0,83591771	0,6778789	1,83	96,54979052	1,85	1,85	1,2541	0,0699	1,3240	95,2258	> 10
7 - 8	0,1	0,094868	17	0,41795885	0,2015346	-0,97	86,84979052	5,26	5,26	1,0601	0,0000	1,0601	85,7897	> 10
6 - 9	0,4	0,189737	17	0,83591771	0,6778789	1,83	96,54979052	1,85	1,85	1,2541	0,0699	1,3240	95,2258	> 10
9 - 10	0,1	0,094868	17	0,41795885	0,2015346	-0,97	86,84979052	5,26	6,36	1,2818	0,0000	1,2818	85,5680	> 10
Apartamentos 101, 102, 103 e 104														
1 - 2	2,2	0,444972	17	1,9604008	3,012794	-2,5	109,2094884	4,01	6,21	18,7095	10,6486	29,3581	79,8514	> 5
2 - 3	0,7	0,250998	17	1,10581519	1,1061407	1,83	127,5094884	1,85	2,95	3,2631	0,1223	3,3854	124,1241	> 10
2 - 4	1,5	0,367423	17	1,61874768	2,1549115	0	109,2094884	2,2	4,4	9,4816	0,2620	9,7436	99,4658	> 5
4 - 5	0,7	0,250998	17	1,10581519	1,1061407	1,83	127,5094884	1,85	2,95	3,2631	0,1223	3,3854	124,1241	> 10
4 - 6	0,8	0,268328	17	1,18216616	1,2432353	0	109,2094884	2,92	2,92	3,6302	0,0000	3,6302	105,5792	> 5
6 - 7	0,4	0,189737	17	0,83591771	0,6778789	1,83	127,5094884	1,85	1,85	1,2541	0,0699	1,3240	126,1855	> 10
7 - 8	0,1	0,094868	17	0,41795885	0,2015346	-0,97	117,8094884	5,26	5,26	1,0601	0,0000	1,0601	116,7494	> 10
6 - 9	0,4	0,189737	17	0,83591771	0,6778789	1,83	127,5094884	1,85	1,85	1,2541	0,0699	1,3240	126,1855	> 10
9 - 10	0,1	0,094868	17	0,41795885	0,2015346	-0,97	117,8094884	5,26	6,36	1,2818	0,0000	1,2818	116,5277	> 10

Fonte: Autor (2017).

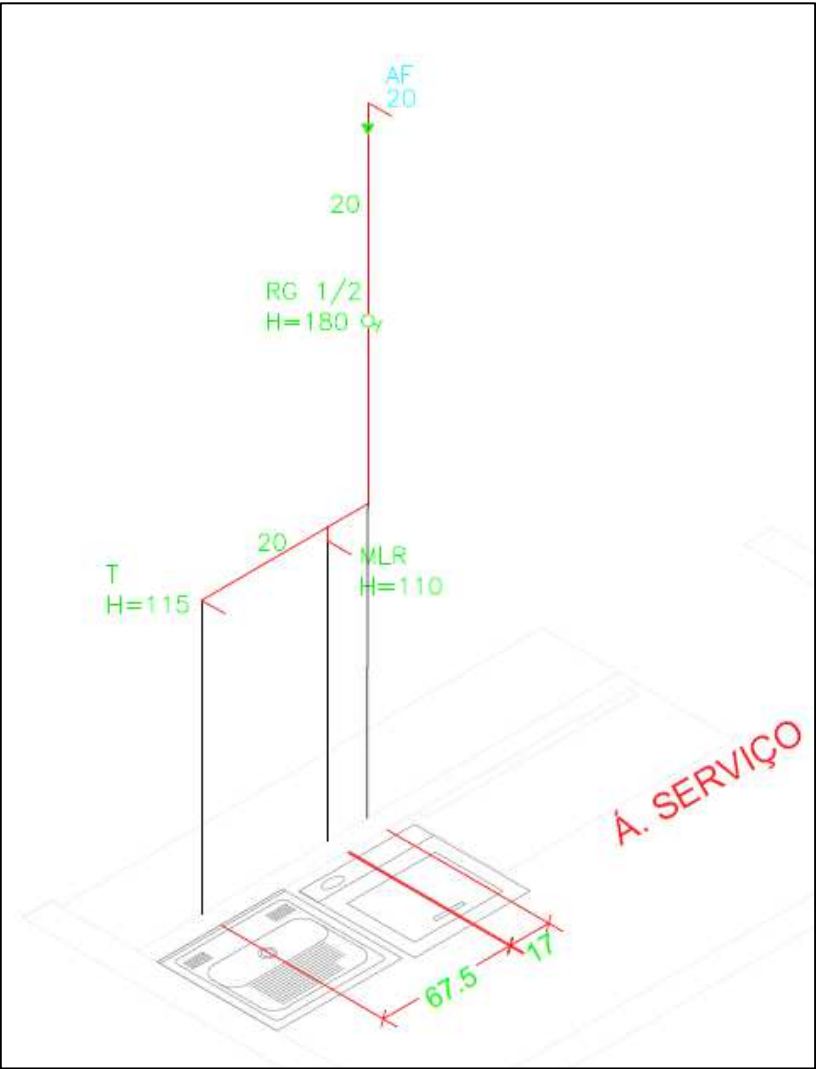
As colunas de distribuição destinadas as bacias sanitárias foram dimensionadas de maneira análoga. Entretanto, vale lembrar que essas colunas foram projetadas para uso coletivo, mesmo porque, o grande percentual do volume consumido é oriundo do sistema de coleta, tratamento e distribuição de águas pluviais, não implicando, portanto, no pagamento de água para a concessionária de saneamento. A Figura 13 ilustra o esquema criado para dimensionamento desses condutos, enquanto a Tabela 18, apresenta parte da planilha de dimensionamento dos trechos indicados na figura. As isometrias do pavimento térreo e dos pavimentos tipo 1 e 2 estão destacadas nas Figuras 14, 15 e 16.

Figura 13 - Esquemática da instalação
(coluna de distribuição de água de chuva).



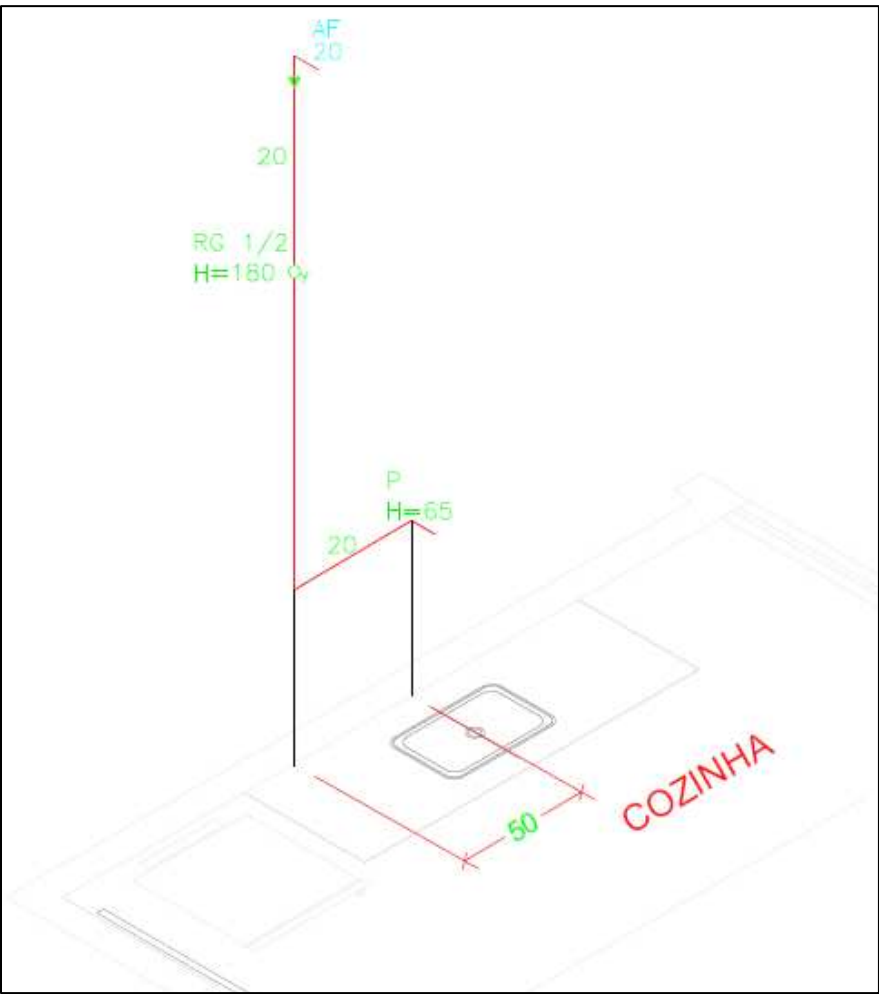
Fonte: Autor (2017).

Figura 15 - Projeto isométrico dos sub-ramais da área de serviço.



Fonte: Autor (2017).

Figura 16 - Projeto isométrico dos sub-ramais da cozinha.



Fonte: Autor (2017).

6 VIABILIDADE DO APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA

Levando-se em conta o Método da Simulação, adotado nesse trabalho para o cálculo do volume do reservatório, o volume total de água reservado, em um ano, será de 403 m³. Considerando uma perda de 10%, referente ao volume de descarte e saída de água pelo extravasor do reservatório, tem-se que em um ano são reaproveitados 362,7m³ de água.

O preço por metro cubico de água em Uberlândia varia, de R\$1,19/m³ à R\$4,03/m³, de acordo com o volume de água consumido (DMAE, 2017). Nessas condições, atribuiu-se ao valor da água uma média de R\$2,50/m³ a fim de estimar o valor economizado anualmente com o aproveitamento da água de chuva. Assim, pode-se dizer que o sistema implantado proporciona uma economia anual de R\$906,75.

O valor dos materiais e mão-de-obra utilizados para a instalação do sistema de aproveitamento de água de chuva foi aferido através de composições da tabela do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices de construção Civil (SINAPI), elaborada pela Caixa Econômica Federal, para o Estado de Minas Gerais. A quantidade de material medida e seus respectivos valores bem como o valor total do sistema estão listados na Tabela 19.

Tabela 19 - Orçamento do sistema de aproveitamento de águas pluviais.

Composição	Descrição	Unidade	Quantidade	Valor Unitário (R\$)	Valor total (R\$)
PVC Soldável 25mm	Coluna de distribuição e barrilete	m	51,6	5,84	301,344
PVC Soldável 25mm	Tubulação recalque	m	12,9	5,84	75,336
Conjunto Motobomba	Bomba de recalque	un	1	1.204,68	1204,68
Concretagem Dos Reservatórios	Reservatório de água de chuva (superior e inferior)	m ³	18	336,94	6064,92
Total					7646,28

Fonte: Autor (2017).

Tendo um custo de implantação estimado, conforme Tabela SINAPI, de R\$ 7646,28 pode-se dizer que o tempo de retorno do investimento é de aproximadamente 9 anos. Entretanto, é válido ressaltar que os cálculos realizados não garantem resultados precisos, tanto do volume de água aproveitado quanto do orçamento realizado. Para uma análise mais precisa seria necessário um modelo de cálculo do reservatório que otimizasse a relação entre volume aproveitado e custo de implantação.

Mesmo não apresentando valores absolutamente reais, os resultados obtidos apontam para a possibilidade de compensação do valor investido no projeto. Além disso, o uso de água de chuva não visa somente a economia financeira, o principal objetivo da implantação desse sistema é reduzir o volume de água captado dos mananciais e contribuir para a redução de problemas de drenagem urbana.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A perda da qualidade dos mananciais pelo aumento da poluição, a escassez de água em várias partes do mundo, associadas a serviços de abastecimento públicos ineficientes têm criado consciência em diversos setores da sociedade para a necessidade de conservação da água. Além de possuir um valor econômico associado ao tratamento e distribuição pelas concessionárias, a água possui um valor ambiental imensurável, pois além de ser um produto direto para a sobrevivência humana, ela é parte fundamental de toda produção agrícola e industrial.

Neste trabalho, agregaram-se informações para incentivar medidas de conservação da água, tendo como enfoque principal o aproveitamento da água de chuva. Essa prática exercida por diferentes civilizações ao longo do tempo, hoje torna-se essencial para a preservação dos recursos hídricos.

Um passo fundamental para a elaboração do sistema é o cálculo do volume do reservatório inferior de águas pluviais. Os métodos utilizados para o cálculo desse volume consideram em sua maioria o volume mensal de chuvas, impossibilitando uma análise do comportamento do sistema no momento em que ocorrem as chuvas. Além disso, os métodos apresentaram valores com grande discrepância, o que dificultou mais a escolha do volume do reservatório.

Após a determinação do volume do reservatório, o sistema predial de água fria foi dimensionado normalmente, observando que as tubulações de água potável e não potável nunca

devem se cruzar devido ao risco de contaminação. Os reservatórios, apesar de se comunicarem, não permitem a passagem de água não potável para o reservatório de água potável.

Apesar de não terem sido previstos hidrômetros individuais por apartamento para medição da água consumida no acionamento das válvulas de descarga, esta opção pode ser viável, além do mais, a receita relativa à utilização de água de chuva poderia ser utilizada para a manutenção do sistema exigindo investimento diferenciado entre os condôminos em função do padrão de uso.

Em relação ao sistema de medição individualizada de água, o grande impasse é a passagem de tubulações sobre áreas de elevada permanência (acima do forro de gesso, por exemplo) como salas de estar e quartos, entretanto, os problemas podem ser minimizados utilizando-se “tubos camisa” dentro dos quais passam-se tubulações do tipo PEX (Polietileno reticulado), de fácil manutenção. Quanto à elevação do custo de implantação há a necessidade de tubulações horizontais sobre o forro de gesso para cada apartamento além dos hidrômetros, entretanto, há necessidade de apenas uma coluna de distribuição de água da qual derivam-se as tubulações que alimentam os sistemas dos apartamentos após passagem pelos hidrômetros.

O uso de água de chuva no Brasil, para fins potáveis ou não potáveis é comum apenas em regiões de escassez. Todavia, o aproveitamento de água de chuva é uma necessidade real dos grandes centros urbanos onde a permeabilidade do solo é reduzida, causando as enchentes. Portanto, a missão desse estudo é contribuir para a conscientização das pessoas e para a formação de profissionais capacitados para implantar projetos como esse, tornando-os uma realidade.

8 REFERÊNCIAS

ANA, FIESP e SindusCon-SP. **Conservação e reúso de água em Edificações**. São Paulo: Prol Editora Gráfica. 2005.

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

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

CARVALHO JÚNIOR, Roberto de. **Instalações Hidráulicas e o projeto de arquitetura**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2008.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE MINAS GERAIS. Instrução Técnica nº 17. Sistema de hidrantes e mangotinhos para combate a incêndio. [S.L.], [2005?].

DACAH, N. G. **Saneamento Básico**. 3 ed. Rio de Janeiro: Didática Científica, 1990.

DANCOR. **Bombas centrífugas**. Disponível em: < <http://www.dancor.com.br> >. Acesso em: 29 nov. 2017.

DMAE. **Cálculo da conta**. Disponível em: < <http://www.dmae.mg.gov.br> >. Acesso em: 30 nov. 2017.

ENGEPLAS. **Aproveitamento de água de chuva**. Disponível em: <<http://www.engeplas.com.br>>. Acesso em: 01 dez. 2017.

FORTLEV. **Caixa d'água de polietileno**. Disponível em: < <http://www.fortlev.com.br> >. Acesso em: 29 nov. 2017.

GROUP RAINDROPS. **Aproveitamento da água de chuva**. Curitiba: ORGANIC TRADING, 2002.

IBGE. **Censo 2010**. Disponível em: <<https://censo2010.ibge.gov.br>>. Acesso em: 18 dez. 2017.

INMET. **Balanço hídrico climatológico mensal**. Disponível em:

<<http://sisdagro.inmet.gov.br>>. Acesso em: 10 set. 2017.

LIMA, J.A. *et al.* Potencial da economia de água potável pelo uso de água pluvial: análise de 40 cidades da Amazônia. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, n.3, v.16, p. 291-298, 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/esa/v16n3/v16n3a12>>. Acesso em: 21 out. 2017.

MAY, Simone. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações**. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica.

Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004. Disponível em:

<<http://observatorio.faculdadeguanambi.edu.br/wp-content/uploads/2015/07/May-2004.pdf>>.

Acesso em: 17 out. 2017.

MEDEIROS FILHO, C.F. **Microdenagem – um estudo inicial**. Campina Grande: [s.n.],

2002. Disponível em: <<http://www.dec.ufcg.edu.br/saneamento/Drenagem.html>>. Acesso em:

08 out. 2017.

PEREIRA, D. R. **Construção de sistema de aproveitamento de água de chuva sem bombeamento elétrico (SAAC_SBE) utilizando materiais alternativos**. Monografia -

Cursos de Pós-graduação lato Sensu em Formas Alternativas de Energia, Universidade Federal de Lavras – UFLA, Lavras, 2012.

PHILIPPI, L.S. *et al.* Aproveitamento da água de chuva. **Uso racional da água em edificações**. Vitória, n.1, v.1, p. 73-152, 2006.

SHIKLOMANOV, I.A. **World Water Resources. A new appraisal and assessment for the 21st century**. Paris: United Nations Educational. Scientific and Cultural Organization, 1998.

Disponível em: <<http://unesdoc.unesco.org/images/0011/001126/112671eo.pdf>>. Acesso em: 15 out. 2017.

TOMAZ, Plinio. **Aproveitamento de água de chuva**. Guarulhos: PLINIO TOMAZ, 2011.

Disponível em: <<http://pliniotomaz.com.br/livros-digitais/>>. Acesso em: 23 out. 2017.

TUNDISI, J.G. Novas perspectivas para a gestão de recursos hídricos. **Revista USP**. São Paulo, n.70, v.1, p. 24-35, 2006. Disponível em:

<<http://www.revistas.usp.br/revusp/article/view/13529/15347>>. Acesso em: 25 out. 2017.

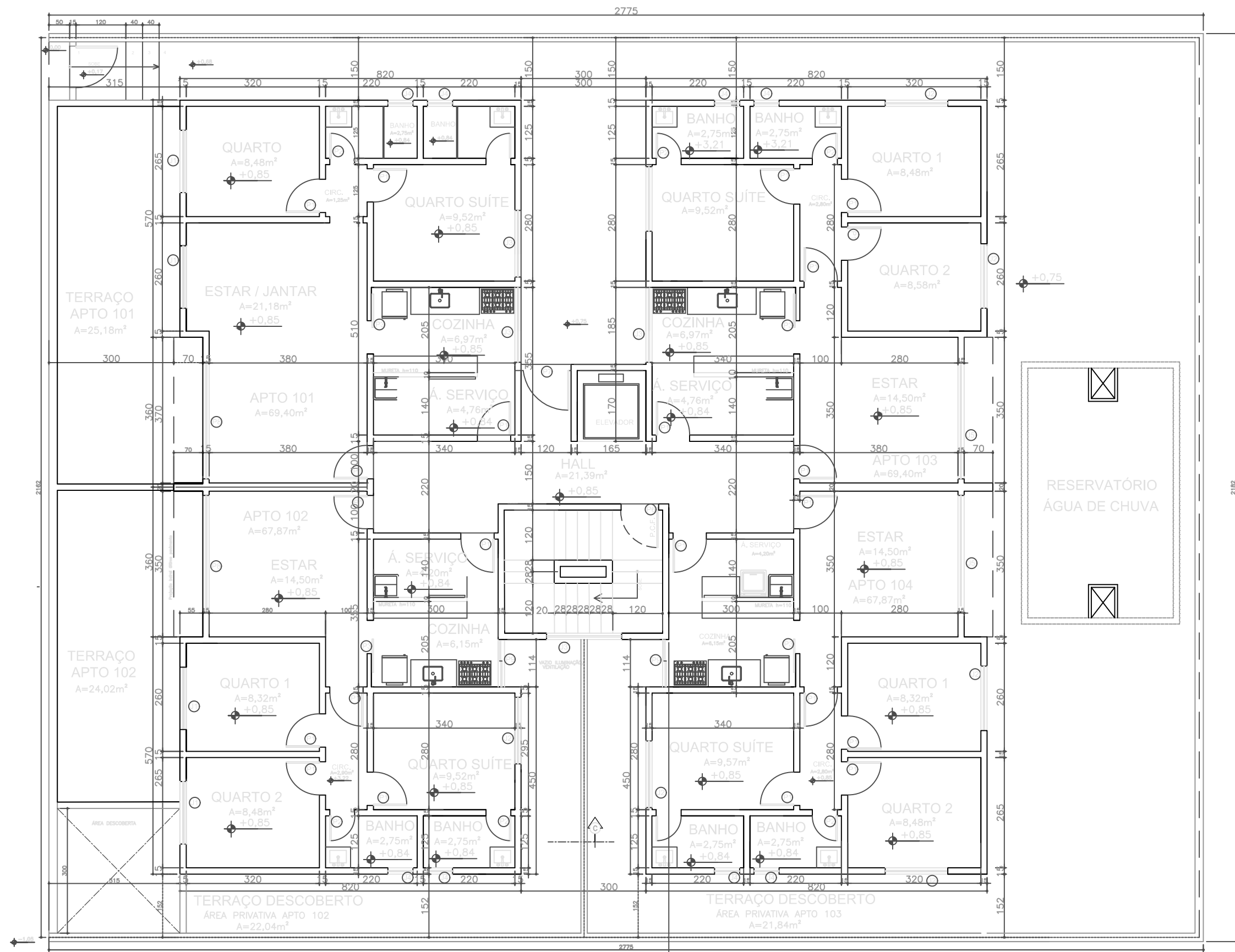
UNESCO. **Gestão mais sustentável da água é urgente, diz relatório da ONU.** Disponível em: <<http://www.unesco.org>>. Acesso em: 21 out. 2017.

VIANELLO, R.L. **A estação meteorológica e seu observador.** Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/publicacoes/Publicacao-RubensVianello.pdf>>. Acesso em: 30 out. 2017.

VIOLA, Heitor. **Gestão de águas pluviais em áreas urbanas – O estudo de caso da cidade do samba.** Dissertação (Mestrado) – Programa de pós-graduação de engenharia. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <<http://www.ppe.ufrj.br/ppe/production/tesis/heitorv.pdf>>, Acesso em: 25 out. 2017.

ZARDINI, C.S. Aproveitamento de água de chuva – Estudo da viabilidade em diferentes capitais brasileiras. Trabalho de Conclusão de Curso – Escola de Engenharia Civil, Curso de graduação em engenharia ambiental e sanitária, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2014. Disponível em: <<https://www.eec.ufg.br/up/140/o/>>>. Acesso em: 15 out. 2017.

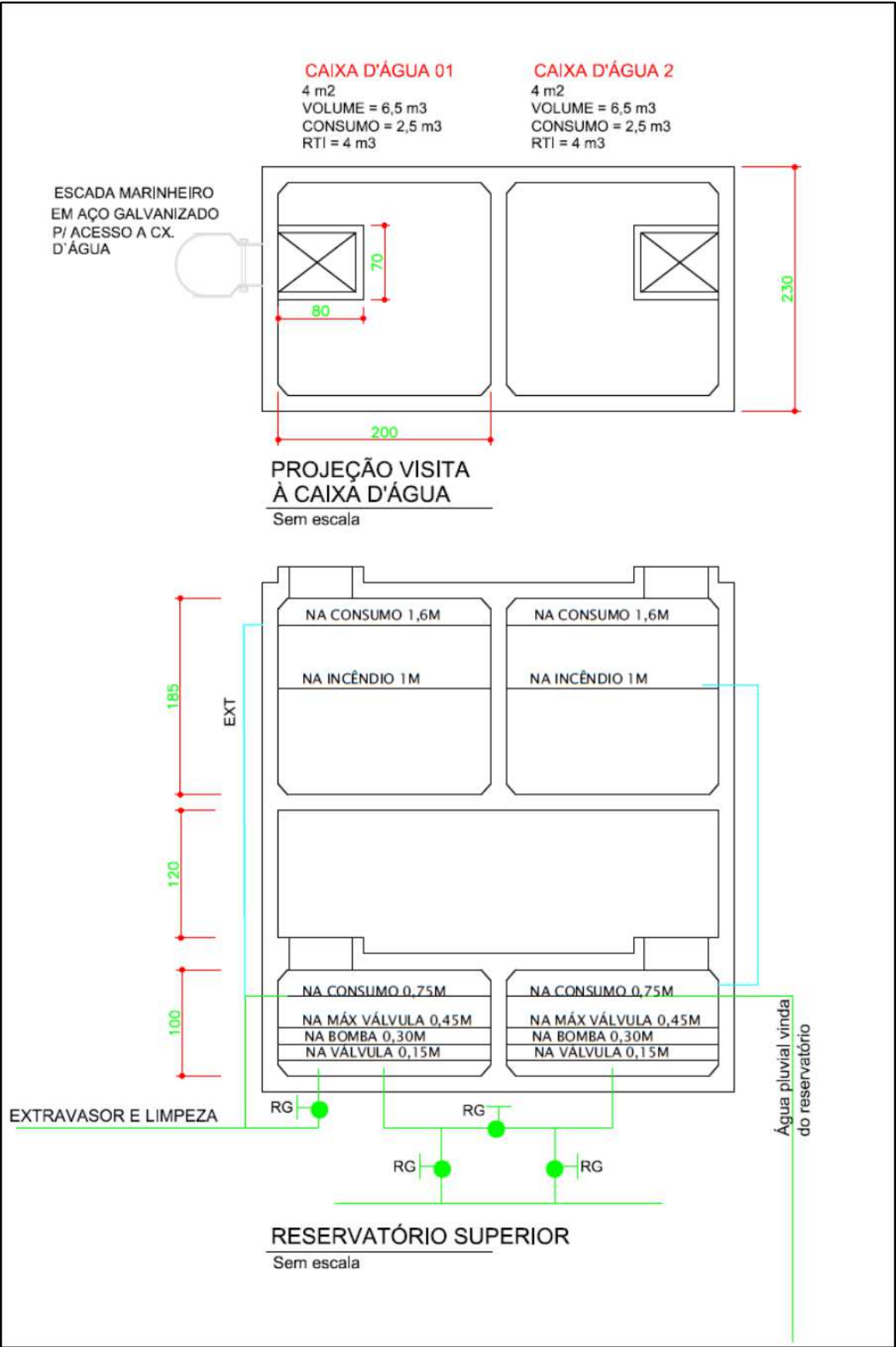
APÊNDICE A – Projeto arquitetônico



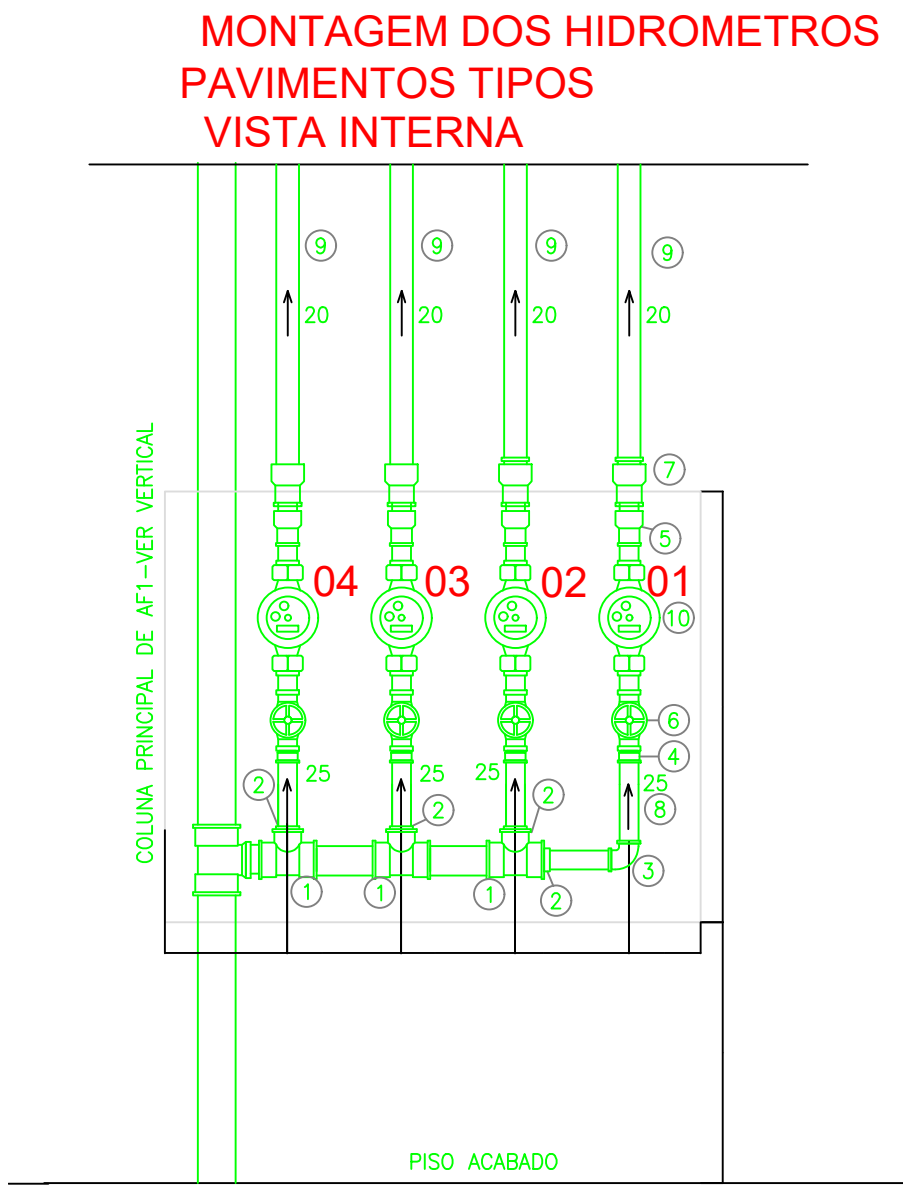
TÍTULO:	PLANTA BAIXA - TÉRREO		ASSUNTO:	PROJETO ARQUITETÔNICO	
ALUNO:	LUCAS FERNANDES SOARES		ESCALA:	1/100	FOLHA: 01
PROFESSOR:	ANDRÉ LUIZ DE OLIVEIRA		DATA:	11/12/2017	

APÊNDICE B – Reservatório superior

Projeto do reservatório superior.



APÊNDICE C – Projeto de instalações prediais de água fria

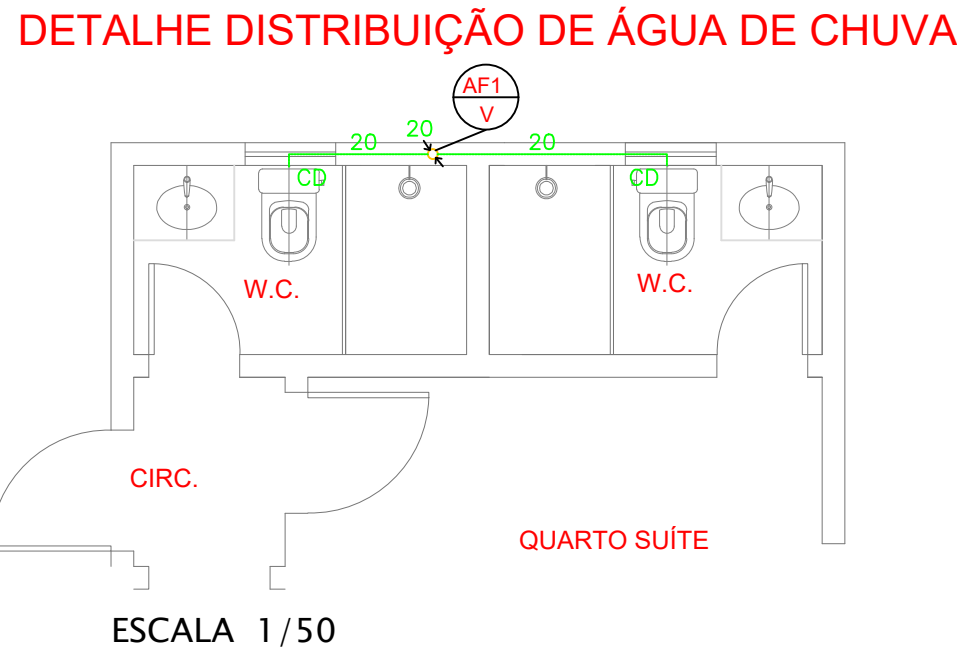


SIMBOLOGIA

CH-	CHUVEIRO
L-	LAVATÓRIO
D-	DUCHA
RG-	REG. DE GAVETA
RP-	REG. DE PRESSÃO-CH
P-	PIA COZINHA COM TORNEIRA DE BANCADA
T-	TANQUE
MLR	MÁQ. LAVAR ROUPA
CD-	CAIXA DE DESCARGA
F-	FILTRO DE PAREDE

LISTA DE MATERIAL HÍDR. ÁGUA FRIA

ITEM	DESCRIÇÃO DO MATERIAL
01	TÊ DE PVC SOLD. 40x32
02	BUCHA DE REDUÇÃO LONGA DE PVC SOLD. 40x25 mm
03	JOELHO 90° DE PVC SOLD. 25 mm
04	ADAPTADORCURTO DE PVC SOLD. 25x3/4"
05	LUVA SOLD. C/ BUCHA DE LATÃO ø25 mm X 3/4"
06	REGISTRO DE GAVETA BRUTO 3/4"
07	LUVA DE REDUÇÃO SOLD. ø32 mm X 25 mm
08	TUBO DE PVC SOLD. 25 mm
09	TUBO DE PVC SOLD. 32 mm
10	HIDROMETRO CARACTERÍSTICAS: TURBIMAX, INSTALADOS NA POSIÇÃO VERTICAL ø3/4" - V=3 m³/h



PLANTA T'ÉRREO E PAVIMENTOS TIPO 1 E 2 - ÁGUA FRIA
ESCALA 1/50

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

TÍTULO:	PROJETO INSTALAÇÕES PREDIAIS DE ÁGUA FRIA		
ALUNO:	LUCAS FERNANDES SOARES		
ORIENTADOR:	ANDRÉ LUIZ DE OLIVEIRA		
CONTEÚDO:	PLANTA DE INSTALAÇÕES PREDIAIS DE ÁGUA FRIA, PAV. T'ÉRREO E PAV. TIPO 1° E 2° DETALHES: HIDROMETROS, TUBOS PEX NA LAJE, DISTRIBUIÇÃO DA ÁGUA DE CHUVA		FOLHA
LOCAL:	UBERLÂNDIA - MG	DATA:	08/12/2017
ESCALA:	1:50		

01