

CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIVATES
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

**CAPTAÇÃO DA ÁGUA DAS CHUVAS COM A REUTILIZAÇÃO EM
BACIAS SANITÁRIAS**

Uiliam Eduardo Krützmann

Lajeado, Novembro de 2015

Uiliam Eduardo Krützmann

CAPTAÇÃO DA ÁGUA DAS CHUVAS COM A REUTILIZAÇÃO EM BACIAS SANITÁRIAS

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Centro de Ciências Exatas e
Tecnológicas do Centro Universitário
UNIVATES, como parte dos requisitos para
a obtenção do título de bacharel em
Engenharia Civil. Área de concentração:
Utilização da água da chuva.

Orientador: Marcelo Freitas Ferreira

Lajeado, Novembro de 2015

AGRADECIMENTO

Ao meu orientador, Marcelo Freitas Ferreira, pela oportunidade e ensinamentos.

Aos meus Pais, Ademio e Aneli, minha irmã Daniele pelo apoio.

Aos meus colegas da Univates e amigos que me auxiliaram de alguma forma.

RESUMO

O presente trabalho trata-se de um estudo de revisão bibliográfica, com a finalidade de determinar um sistema de utilização da água da chuva para a descarga de bacias sanitárias em edifícios. Realizou-se pesquisa das etapas presentes nesse sistema, que são coleta, armazenagem e tratamento dessa água, para que a água esteja adequada para utilização no determinado fim, sendo necessário assim atender legislações. A água da chuva é captada e armazenada em cisternas subterrâneas no subsolo da edificação, de onde será bombeada para um reservatório superior, passando pelas etapas de filtragem e cloração, e então conduzida às bacias sanitárias por meio de uma rede hidráulica independente, uma vez que essa água não poderá ter contato com a água potável. O sistema tem como característica a racionalização do consumo de água, mediante a baixa qualidade e disponibilidade da água para consumo humano, além de ser ferramenta para o controle de inundações nos grandes centros. Em algumas grandes cidades já se prevê a obrigatoriedade de se utilizar um sistema de captação da água da chuva em grandes edificações. Na sequência do trabalho realizou-se um estudo sobre o sistema de reutilização da água da chuva, chegando-se a resultados satisfatórios com a implantação desse método em um edifício residencial.

Palavras-chave: Captação. Armazenagem. Sistema de utilização da água da chuva. Descargas sanitárias. Consumo.

ABSTRAT

This paper deals is a bibliographic review, in order to establish a rainwater utilization system for the discharge toilets in buildings. Held search of the stages present in this system, which are collection, storage and treatment of water so that the water is suitable for use in the given order, requiring thus meet legislation. Rain water is collected and stored in underground tanks in the building basement, where it will be pumped to the upper reservoir by passing through the steps of filtering and chlorinating and then led to the toilet bowl by means of an independent hydraulic network, since this water can not come into contact with drinking water. The system is characterized by the rationalization of water consumption by the poor quality and availability of water for human consumption as well as being a tool for flood control in large cities. In some large cities already provides for the obligation to use a rainwater collection system for large buildings. Following on the work carried out a study on rainwater reuse system, coming to satisfactory results with the implementation of this method in a residential building.

Keywords: Capture. Storage. System for the use of rainwater. Sanitary discharges. Consumption.

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agência Nacional das Águas
AWWA	American Works Association
Corsan	Companhia Riograndense de Saneamento
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
OMS	Organização Mundial da Saúde
PVC	Policloreto de Polivinila
STD	Sólidos Totais Dissolvidos
Usepa	United States Environmental Protection Agency
USPHS	United States Public Health Service
VMP	Valor Máximo Permissível

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 – Vazão de projeto	30
Equação 2 – Vazão de projeto, fórmula de Manning-Strickler	31
Equação 3 – Volume aproveitável.....	40
Equação 4 - Diâmetro da tubulação de recalque	43
Equação 5 – Potência da moto-bomba	44
Equação 6 – Rendimento da moto-bomba.....	44
Equação 7 – Altura manométrica	45
Equação 8 – Altura manométrica de recalque.....	45
Equação 9 – Altura manométrica de sucção.....	45
Equação 10 – Perda de carga unitária	46

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Ilustração do ciclo hidrológico	20
Figura 2 – Esquema ilustrativo de um sistema de utilização da água da chuva.....	29
Figura 3 – Ábaco para dimensionamento de condutores verticais	33
Figura 4 – Ábaco para dimensionamento de condutores verticais	34
Figura 5 – Exemplo de filtro de peneira em caixa coletora de água.....	36
Figura 6 – Exemplo de filtro separador de folhas	36
Figura 7 - Água extraída pelo sistema <i>First Flush</i> nos primeiros 10 a 20min de precipitação	37
Figura 8 – Filtro volumétrico	38
Figura 9 – Filtro de areia e carvão ativado	39
Figura 10 – Exemplo de reservatório para água da chuva.....	41
Figura 11 – Exemplo de clorador de passagem	42
Figura 12 – Ilustração da distribuição da água da chuva nas bacias sanitárias	48
Figura 13 – Edifício exemplo	50
Figura 14 - Eliminação da primeira água da chuva.....	54
Figura 15 - Equipamentos de tratamento da água da chuva	61
Figura 16 – Planta baixa	62
Figura 17 – Corte tubulação vertical e horizontal	63
Figura 18 – Corte sistema de reutilização	64
Figura 19 – Eliminação do excesso de água	66
Figura 20 – Retenção da água da chuva	68

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Distribuição da água na Terra	17
Tabela 2 – Estimativa dos fluxos de água anuais do ciclo hidrológico global (valores em km ³ .ano-1).....	21
Tabela 3 – Parâmetros de qualidade da água da chuva para fins não potáveis	26
Tabela 4 – Parâmetros de engenharia para estimativas da demanda residencial de água	27
Tabela 5 – Valores de consumo predial (em litros/dia)	28
Tabela 6 – Médias mensais de chuvas no período de 1948 até 2007	30
Tabela 7 – Coeficiente para dimensionamento de calhas.....	31
Tabela 8 – Coeficiente de rugosidade para dimensionamento de calhas	32
Tabela 9 – Vazões de calhas semi-circulares com n=0,001	32
Tabela 10 – Vazões de condutores verticais de acordo com a fórmula de Manning-Strickler	35
Tabela 11 – Rendimento da moto-bomba em função da potência.....	45
Tabela 12 – Comprimento equivalente para tubos de PVC, cobre ou liga de cobre	46
Tabela 13 - Demanda diária de água para bacias sanitárias	71
Tabela 14 - Balanço mensal de uso da água	71
Tabela 15 - Economia mensal de acordo com tarifa de associação de água	72
Tabela 16 - Economia mensal de acordo com tarifa corsan	73
Tabela 17 - Tempo de retorno para tarifa de associação de água	74
Tabela 18 - Tempo de retorno para tarifa corsan	74

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 Justificativa.....	13
1.2 Objetivos	13
1.2.1 Objetivos específicos.....	13
1.2.2 Objetivos específicos.....	14
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1 A água	15
2.1.1 Diferentes usos da água	16
2.1.2 Características gerais de qualidade da água.....	17
2.2 Água doce no Brasil.....	18
2.2.1 Ciclo Hidrológico.....	19
2.3 Chuvas	21
2.3.1 Formação das chuvas.....	21
2.3.2 Chuvas frontais ou ciclônicas.....	21
2.3.3 Chuvas convectivas	22
2.3.4 Chuvas orográficas	22
2.4 Coleta de dados das chuvas	22
2.4.1 Medição da chuva.....	22
2.4.2 Análise dos dados das chuvas	23
2.5 Aproveitamento da água da chuva para fins urbanos	24
2.6 Código das águas	25
2.7 Qualidade da água da chuva	26
2.8 Previsão de consumo de água.....	26
2.9 Sistema de captação da água da chuva em telhados	28
2.9.1 Fatores meteorológicos.....	29
2.9.2 Vazão de projeto.....	30
2.9.3 Calhas.....	31
2.9.4 Condutores verticais.....	32
2.9.5 Condutores horizontais	34
2.9.6 Pré-filtragem	35
2.9.7 Eliminação da primeira água da chuva	37
2.9.8 Filtro Volumétrico.....	38
2.9.9 Cisternas para armazenamento da água coletada	39

2.9.10 Tratamento da água coletada.....	42
2.9.11 Bombeamento da água para reservatório superior.....	43
2.9.12 Reservatório superior	47
2.9.13 Distribuição da água para as bacias sanitárias	47
 3 METODOLOGIA	 49
3.1 Determinação do Edifício.	49
3.2 Levantamento de dados das chuvas	50
3.3.1 Vazão de projeto.....	51
3.3 Dimensionamento das calhas	52
3.4 Dimensionamento dos condutores verticais	52
3.5 Dimensionamento dos condutores horizontais	53
3.6 Pré-filtragem da água da chuva	53
3.7 Armazenamento da água da chuva	54
3.7.1 Definição do volume de armazenagem	55
3.8 Sistema de bombeamento	55
3.8.1 Dimensionamento da tubulação de recalque	56
3.8.1.1 Altura manométrica de recalque	57
3.8.2 Dimensionamento da tubulação de sucção	58
3.8.2.1 Altura manométrica de sucção	58
3.8.3 Altura manométrica	59
3.8.4 Potência das moto-bombas	60
3.9 Tratamento da água coletada	60
3.10 Definição dos projetos	61
 4 ANÁLISE DOS RESULTADOS	 70
4.1 Demanda e consumo	70
4.2 Economia de água	71
4.3 Custo de implantação	73
 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	 76
 REFERÊNCIAS.....	 78
 ANEXOS	 81

1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho apresenta um sistema de aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis, mais precisamente o aproveitamento para descargas de bacias sanitárias prediais.

Várias são as formas de se captar e armazenar a água da chuva, neste trabalho será abordado a utilização da água da chuva em construções verticais, edifícios residenciais ou mistos.

O consumo da água potável aumenta proporcionalmente com o crescimento da população, atualmente tem-se uma concentração muito grande de habitantes nos centros das grandes cidades brasileiras, elevando o consumo da água potável, conseqüentemente há um aumento na poluição dos grandes rios, que são utilizados para a captação da água para consumo humano, devido a grande quantidade de dejetos gerados e posteriormente despejados nesses rios.

Tendo em vista que estamos vivendo em um período crítico, tendo a necessidade de preservarmos nosso meio ambiente, principalmente a água que necessitamos para sobreviver e nos desenvolvermos, de encontro a isso uma forma de protegermos essa água em com um uso inteligente, a captação da água da chuva é uma alternativa muito interessante. Essa água da chuva além de servir para o uso em fins não potáveis, também tem importância no controle de inundações nos grandes centros urbanos.

Tem-se registros muito antigos em relação à utilização da água da chuva, de acordo com Tomas (2003), o rei Mesha dos Moabits sugeriu que fossem construídos

reservatórios para aproveitamento da água da chuva em cada residência, essa inscrição é conhecida com Pedra Moabita, identificada no Oriente Médio, com data de 850 a.C. Nela. Na Mesopotâmia tinha-se um sistema de armazenamento da água da chuva para abastecimento público.

Países como Estados Unidos, Alemanha e Japão são referências na utilização da água da chuva. No Brasil essa ideia vem sendo difundida, principalmente na região nordeste do país, como alternativa de armazenamento de água para os períodos de estiagem, ou devido à redução da demanda de água fornecida pelas companhias de abastecimento. Para se realizar a coleta dessa água são utilizadas superfícies impermeáveis, basicamente telhados e será utilizada para fins não potáveis (VASCONCELOS; FERREIRA, 2007).

Em janeiro de 1993 a American Water Works Association (AWWA) definiu as práticas de conservação da água, através da implantação de medidas, principalmente na mudança de hábitos para o consumo da água e com a criação de incentivos, que visam estimular esse comportamento (AMY VICKERS, 2001 apud TOMAS, 2003).

No Brasil segue em tramitação na câmara de deputados o projeto de Lei 7818/14 de autoria do Deputado Geraldo Resende, o presente projeto de lei define normas e incentivos econômicos para municípios com mais de 100 mil habitantes ou com característica de estiagem ou cheias, que realizam a captação e utilização da água da chuva. A obrigatoriedade do controle e uso da água da chuva também se estende para edificações com consumo superior a 20 mil litros/dia e edifícios públicos. Para a aprovação de projetos de construções públicas ou privadas será necessária que se faça a captação, armazenamento e o aproveitamento das águas pluviais. Como forma de valorização o projeto prevê financiamentos em linhas de crédito público e redução da taxa de juros para empreendimentos que implantarão esse sistema.

Na cidade do Rio de Janeiro é obrigatório a captação da água da chuva em superfícies impermeáveis maiores que 500m², através do Decreto 23.940 de 30 de janeiro de 2004. Em Curitiba com implantação da Lei 10.785 de 18 de setembro de 2003, que esclarece a importância do uso racional da água, informando a exigência

de captação, armazenamento e aproveitamento da água da chuva em edificações novas. Assim também tornando necessário o reuso de água servida em bacias sanitárias, e somente após esse processo é permitida a sua destinação para a rede pública de esgoto (ÁGUAPARÁ, 2005).

A captação da água da chuva além também vem a reduzir custos com a água potável, assim segue no presente trabalho um sistema de utilização dessa água da chuva, com suas determinadas etapas, até estar apta para utilização nas descargas sanitárias.

1.1 Justificativa

Cada vez mais se fala em uma construção mais sustentável, indo de encontro à proteção do meio ambiente, sem interferir no desenvolvimento da construção civil.

Vindo ao encontro da ideia de sustentabilidade será proposta a utilização da água da chuva para descargas em bacias sanitárias. Protegendo os recursos hídricos e servindo de ferramenta no controle de inundações nos grandes centros, uma vez que em algumas dessas cidades têm-se a obrigatoriedade da construção de um sistema de retenção da água da chuva, torna ainda mais útil a reutilização dessa água para fins não-potáveis de uma edificação. Com um sistema razoavelmente simples e sem grandes valores de investimento podemos fazer uso dessa água da chuva.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivos gerais

O presente trabalho tem por objetivo principal demonstrar a importância de preservar-se os recursos hídricos que nos são disponíveis, nada melhor que demonstrar isso na construção civil, através de uma utilização inteligente da água, para este trabalho será proposto a utilização da água da chuva para descarga em bacias sanitárias em um edifício.

Este trabalho demonstra a instalação de um sistema de utilização da água da chuva em um edifício, representando as etapas de captação dessa água, filtragem, armazenagem, tratamento e disponibilização para o usuário.

A coleta da água da chuva além de ser importante para o abastecimento na própria edificação em fins não potáveis, também é utilizada no controle de inundações nos grandes centros, controlando as descargas de água pluviais.

1.2.2 Objetivos específicos

Como objetivo específico o presente trabalho apresenta um projeto de implantação de captação da água da chuva em um edifício, demonstrado todas suas etapas.

Verificar a viabilidade econômica de implantação do sistema, analisando os custos de implantação e manutenção em relação ao custo com uso de água potável nas descargas sanitárias do prédio, chegando-se a um prazo de tempo em que o sistema implantado retorna o valor investido na implantação e assim ser utilizado com mais frequência em novos empreendimentos imobiliários.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A presente etapa do trabalho tem por objetivo descrever ideias, estudos e processos adotados por autores sobre reaproveitamento da água da chuva para fins não potáveis em bacias sanitárias. Assim pode se ter uma ideia da importância de se preservar os recursos hídricos e de uma utilização inteligente dos mesmos.

2.1 A água

A água é um elemento natural renovável presente na terra nos três estados físicos, líquido, sólido e gasoso. Quando se utiliza a água como recurso hídrico, define-se a sua utilização para fins econômicos, portanto nem toda a água presente no universo é considerada um recurso hídrico, pois nem todas possuem viabilidade econômica para se realizar a sua exploração (REBOUÇAS, 2006).

A água é utilizada pela humanidade para diferentes fins, principalmente para o abastecimento humano, mas também tem sua utilidade na irrigação, geração de energia, criação de animais, navegação, atividades de recreação e paisagismo, entre outras (COLLISCHONN; DORNELLES, 2013).

A água utilizada para o consumo humano é extraída de rios, lagos, represas e aquíferos subterrâneos. A qualidade dessa água varia de acordo com o local onde ela se encontra. De acordo com a classificação mundial das águas, determina como “água doce” aquele que possui teor de sólidos totais dissolvidos (STD) menor que mil mg/L. Aquelas que possuírem STD entre mil e 10 mil mg/L são determinadas

“salobras” e as que possuem STD superior à 10 mil mg/L são classificadas com “salgadas” (REBOUÇAS, 2006).

A utilização da água é normalmente classificada por usos consuntivos e usos não consuntivos. No caso de uso consuntivo a qualidade da água é altamente modificada, diminuindo a sua qualidade para outros usuários, já os usos não consuntivos praticamente não alteram a qualidade dessa água, ou os danos causados pelo seu consumo modificam minimamente a qualidade dessa água (COLLISCHON; DORNELLES, 2013).

A hidrosfera representa toda a água presente no mundo, da água presente no planeta estima-se que 97% encontra-se nos oceanos, a outra parte, 1,5% está presente em forma de gelo e neve. A água que está mais facilmente a disposição para consumo humano não chega a 1% do total de água presente no mundo. Ainda assim a América do Sul possui a maior quantidade de água para consumo humano. Na tabela a seguir temos os volumes de água armazenados na Terra (COLLISCHONN; DORNELLES, 2013).

2.1.1 Diferentes usos da água

Dentre os diferentes usos da água o mais nobre é o abastecimento humano, pois o homem necessita da água para a sua sobrevivência, nas mais variadas atividades do seu cotidiano. A água é utilizada como bebida, preparo dos alimentos, higiene pessoal, lavagem de roupas e utensílios. Em uma residência consome-se em torno de 200 litros de água por pessoa ao dia, e em torno de 80% dessa água retorna ao meio ambiente em forma de esgoto (COLLISCHON; DORNELLES, 2013).

A água também é utilizada em larga escala para o abastecimento industrial, o seu uso vai desde a utilização na fabricação de outros produtos até consumo final, a indústria papelreira é classificada com a que mais utiliza água (COLLISCHON; DORNELLES, 2013).

No que diz respeito à agricultura a água é importante, principalmente na irrigação de culturas, utilizada principalmente em regiões áridas, semi-áridas ou com uma estação seca prolongada. No Brasil a utilização da irrigação vem aumentando

anualmente e as quantidades de água utilizadas variam de acordo com a cultura que se está produzindo (COLLISCHON; DORNELLES, 2013).

Um método não consuntivo de utilização da água é a navegação, onde se utiliza a água como meio de transporte, sem interferir nas suas características. Outro uso não consuntivo da água é a recreação, esse uso é muito comum em rios ou cursos de água onde a mesma se encontra em boa qualidade (COLLISCHON; DORNELLES, 2013).

O uso da água para a geração de energia é outro ponto muito importante, onde utiliza-se do terreno para se gerar potencial. No Brasil a maioria da energia elétrica consumida é gerada em usinas hidrelétrica, em torno de 90% da energia elétrica gerada (COLLISCHON; DORNELLES, 2013).

Tabela 1 – Distribuição da água na Terra

	Volume (10 ³ km ³)	Percentual da água da Terra (%)	Percentual da água doce da Terra (%)
Oceanos/água salgada	1338000	97	
Gelo permanente	24064	1,7	69
Água subterrânea (doce)	10530	0,76	30
Lagos (água doce)	91	0,007	0,26
Umidade do solo	16,5	0,001	0,05
Água atmosférica	12,9	0,001	0,04
Banhados	11,5	0,0008	0,03
Rios	2,12	0,0002	0,006
Biota	1,12	0,0001	0,003

Fonte: Collischon e Dornelles (2013).

2.1.2 Características gerais de qualidade da água

Como escrito anteriormente, a qualidade da água varia de acordo com o meio onde ela se apresenta. O crescimento desordenado do consumo de água no mundo é o principal fator que influi na escassez de água no mundo.

A utilização da água doce para consumo humano é determinada de acordo com os padrões de potabilidade. No Brasil quem determina esses padrões é o Ministério da Saúde, através da Portaria nº 36/90, usa-se como VMP (Valor máximo

permissível) o STD de mil mg/L. Esses mesmo valores de VMP são utilizados pela Organização Mundial da Saúde (OMS), United States Environmental Protection Agency (Usepa), Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e United States Public Health Service (USPHS) (REBOUÇAS, 2006).

Os constituintes de qualidade da água são classificados como maiores quando os teores presentes na água são superiores a 5mg/L, menores quando se apresentam entre 5 a 0,01 mg/L e quando os teores dos constituintes são menores que 0,01 mg/L são denominados traços ou micropoluentes (REBOUÇAS, 2006).

Cada vez mais se têm uma diminuição na qualidade da água disponível para consumo, principalmente nos mananciais próximos de grandes centros urbanos industriais, devido a elevada quantidade de produtos químicos lançados nos rios pelas grandes indústrias, o mesmo acontece nas proximidades de regiões onde se pratica a agricultura, devido a quantidade de materiais tóxicos lançados ao solo por meio de defensivos agrícolas e fertilizantes. A confiabilidade na qualidade dessa água é praticamente inexistente, tornando impossível a sua extração sem um controle intenso de sua qualidade (REBOUÇAS, 2006).

2.2 Água doce no Brasil

O Brasil é o quinto país no mundo em extensão territorial, com uma área em torno de 8.547.403,5 km², além de ter umas das maiores reservas de água doce, devido a grande quantidade de rios perenes. Com tudo isso o Brasil apresenta uma das maiores descargas de água doce em seus rios, com uma vazão que gira em torno de 117.900 m³/s, além dos 73.100 m³/s da Amazônia internacional, valores que representam 53% da água doce do continente sul-americano e 12% do total mundial. Mas esses números nos levam a uma zona de conforto, fazendo com que se instale uma cultura de abundancia, aumentando assim o desperdício e a má conservação dessa água (REBOUÇAS, 2006).

De acordo com estudo realizado pelo IBGE e publicado no ano de 2008, o Brasil possui uma população de aproximadamente 190 milhões de pessoas, em torno de 80% dessa população vive nos grandes centros urbanos, o que dificulta a

execução de um sistema de abastecimento de água eficaz, cerca de 10 milhões de habitantes sofre com a carência de um sistema eficaz de abastecimento de água potável (FERREIRA, 2014).

A maior parte da água doce está disponível nas áreas rurais, contudo nos últimos anos o que se percebe é uma grande quantidade de pessoas que vivem em áreas rurais migrando para os grandes centros. Com essa migração tem se um aumento significativo na quantidade de esgoto gerado, consequentemente tem se uma elevação na taxa de contaminação dos rios que circulam essas cidades e servem de manancial para a extração de água para o consumo da população, gerando custos cada vez mais elevados para o tratamento adequado dessa água (REBOUÇAS, 2006)

Para o ano de 2015 a ANA – Agência Nacional das Águas estipula que em torno de 55% dos estados brasileiros vão passar por problemas de distribuição de água potável, afetando diretamente a qualidade de vida da população, essa falta de abastecimento não se dará somente nos grandes centros urbanos, pois também se estende para as áreas rurais. Estima-se que no Brasil 37% da água tratada disponibilizada para consumo humano é desperdiçada durante o processo, principalmente pela má qualidade dos serviços de abastecimento prestados (HENDGES, 2015).

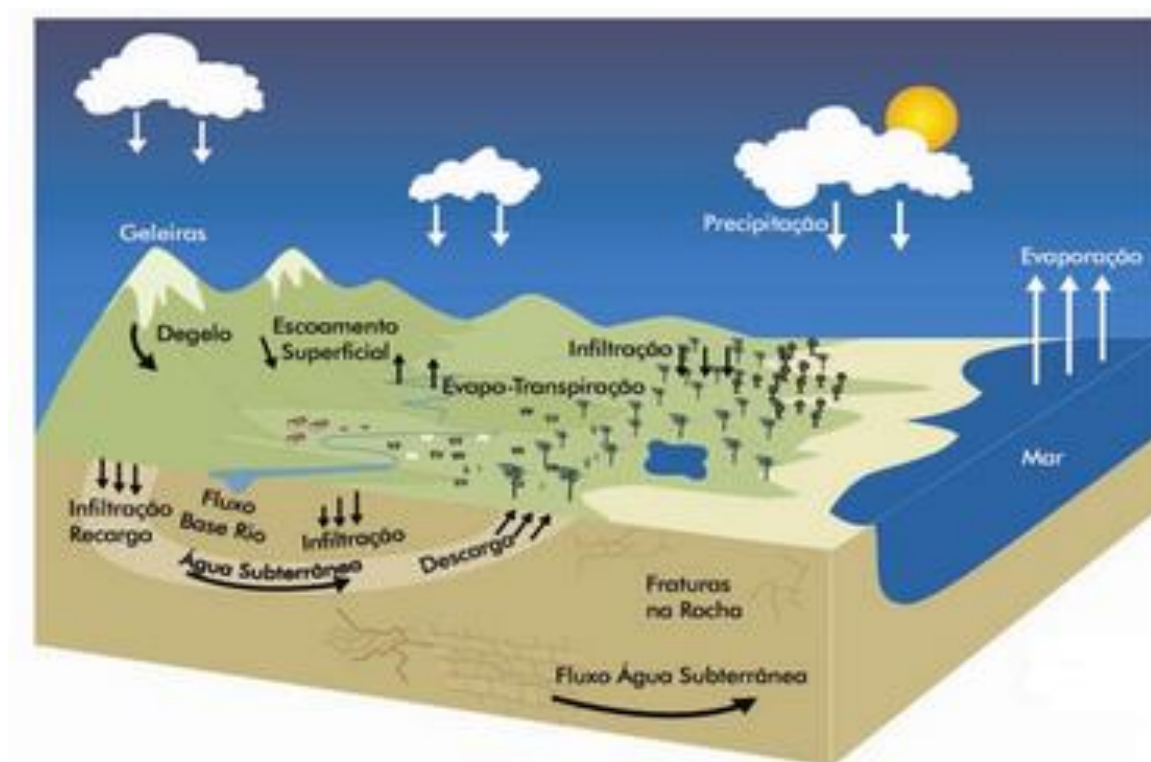
O Rio Grande do Sul também sofrerá com a falta de disponibilidade de água, uma vez que três dos rios mais poluídos do Brasil encontram-se no RS, Rio dos Sinos, Rio Gravataí e Rio Caí. Um dos fatores que agrava essa escassez é grande quantidade de água extraída para irrigação de lavouras e a consequente má conservação dos rios, além da falta de tratamento dos esgotos domésticos e industriais (HENDGES, 2015).

2.2.1 Ciclo Hidrológico

O ciclo hidrológico é o principal conceito da hidrologia, conhecido também como ciclo das águas. A energia solar faz o aquecimento do solo, do ar e da água superficial, com esse aquecimento tem-se a evaporação e evapotranspiração das

partículas de água, assim formam-se as nuvens, que por sua vez retornam essa água ao solo em forma de precipitação. A maior quantidade de água evapora dos oceanos, rios e lagos. A água oriunda da precipitação das nuvens retorna a superfície da terra, onde é infiltrada no solo e escoam pela superfície até retornar aos cursos de água. A água infiltrada no solo é conduzida até os aquíferos e forma um fluxo de água subterrânea. Considerando-se uma escala global o ciclo hidrológico é fechado, mas pode sofrer alterações em determinadas regiões (MINISTÉRIO DE MEIO AMBIENTE, 2015).

Figura 1 – Ilustração do ciclo hidrológico



Fonte: Ministério do meio ambiente (2015).

A água sofre diferentes alterações em suas características ao longo do ciclo hidrológico, a água salgada presente nos oceanos quando evaporada é transformada em água doce, através do processo da evaporação, a água quando precipitada entra em contato com o solo através da infiltração carregando consigo alguns minerais presentes nesse solo, principalmente sais, que são transportados até os cursos de água (COLLISCHONN; DORNELLES, 2013).

O ciclo hidrológico gira em torno de 577.000 km³.ano-1, essa é a quantidade de água que chega até os continentes e oceanos em forma chuva. Na tabela a seguir tem se uma estimativa dos fluxos de água anuais do ciclo hidrológico global.

Tabela 2 – Estimativa dos fluxos de água anuais do ciclo hidrológico global (valores em km³.ano-1)

Processo	Oceanos	Continentes
Precipitação	458000	119000
Evaporação	505000	72000
Fluxo dos continentes para os oceanos por via superficial (rios)	44700	
Fluxo dos continentes para os oceanos por via subterrânea	2200	

Fonte: Collischonn e Dornelles (2013).

2.3 Chuvas

2.3.1 Formação das chuvas

A água presente na atmosfera em sua maior parte encontra-se na forma de vapor, e essa quantidade aumenta conforme a elevação da temperatura do ar. Para a formação das nuvens de chuva tem se um movimento ascendente de uma massa de ar úmido, conforme diminui a temperatura do ar criam-se pequenas partículas de água que vão dar origem as gotas de chuva, também há momentos em que essas partículas de água poderão se transformar em gelo. Essas partículas de água crescem até o momento em que começam a precipitar sobre a superfície da terra, em forma de chuva (COLLISCHONN; DORNELLES, 2013).

2.3.2 Chuvas frontais ou ciclônicas

Essas chuvas ocorrem quando se tem o encontro de duas grandes massas de ar, com temperatura e umidade distintas. Essas chuvas geralmente ocorrem em grandes extensões e são de longa duração, mas muitas vezes tem uma intensidade mais baixa e podem permanecer em determinada região por vários dias. Ocorrem

quando se tem o contato frontal de duas massas de ar, onde a de ar mais quente sobe e atinge temperaturas inferiores, resultando na condensação do ar. (COLLISCHONN; DORNELLES, 2013).

2.3.3 Chuvas convectivas

Ocorrem quando as massas de ar presentes na superfície da Terra ou de Oceanos sofrem um aumento de temperatura, fazendo com que essa massa de ar suba até a atmosfera e condense em contato com temperaturas mais baixas. As nuvens geradas por esse processo têm uma caracterização vertical, gerando chuvas de grande intensidade e normalmente em menores tempos de duração. No Brasil ocorrem principalmente em regiões tropicais e são responsáveis por inundações, normalmente onde se tem bacias de menores proporções (COLLISCHONN; DORNELLES, 2013).

2.3.4 Chuvas orográficas

Ocorrem em regiões onde se tem a presença de relevos acentuados, principalmente junto de cordilheiras, que dificultam a passagem desse ar. Essas massas de ar quando atingem esses obstáculos são forçadas a subir rente a cordilheira, e quando alcançam a sua superfície encontram o ar mais gelado, que faz a condensação desse ar. Normalmente nessas regiões tem-se chuvas com grande frequência. No Brasil observa-se a formação dessas chuvas principalmente na Serra do Mar (COLLISCHONN; DORNELLES, 2013).

2.4 Coleta de dados das chuvas

2.4.1 Medição da chuva

A chuva é medida por meio de pluviômetros, são instrumentos simples, de forma cilíndrica e com dimensões padronizadas. Um pluviômetro muito utilizado é o de 400cm² de área de captação, desta forma 40mL de água recolhida da chuva

represente uma precipitação de 1mm. Esse pluviômetro deve ser instalado em um local específico, afastado de prédios e de árvores, com uma elevação do solo de 1,5m. A leitura das medidas de chuvas é feita manualmente, sendo realizada uma vez por dia, já existem no mercado pluviômetros automatizados, que lançam essas leituras diretamente em um banco de dados, em intervalos de tempo pré-definidos. (COLLISCHONN; DORNELLES, 2013).

No Brasil quem rege esse controle é a ANA, Agencia Nacional de Águas, com uma grande quantidade de estações pluviométricas distribuídas por todo o território nacional, além da ANA existem outras instituições e empresas que realizam esse controle. Assim, tem-se mais de dez mil estações pluviométricas cadastradas pela ANA (COLLISCHONN; DORNELLES, 2013).

2.4.2 Análise dos dados das chuvas

Para se realizar a análise dos dados das chuvas são levados em consideração alguns fatores (COLLISCHONN; DORNELLES, 2013):

- Altura: altura da lâmina de água da chuva precipitada sobre a superfície da Terra, levando em consideração que esta seja totalmente plana e sem considerar a infiltração no solo.
- Duração: período de tempo em que ocorreu a chuva.
- Intensidade: altura de chuva em função do tempo de duração.
- Frequência: repetição de determinadas quantidades de chuvas, normalmente tem se uma grande frequência de chuvas de menor intensidade, chuvas de grande intensidade são menos frequentes.
- Tempo de Retorno (TR): é o determinado período de tempo em que se tem a repetição de uma mesma quantidade de chuva.

No Brasil, por exemplo, há uma grande variabilidade das chuvas, essas variabilidades podem ser espaciais ou sazonais. As variabilidades espaciais são observadas quando se têm uma diferença nos parâmetros de chuvas de um ponto

de medição para outro, no mesmo evento chuvoso, isso ocorre normalmente quando se tem uma chuva de grandes dimensões territoriais, quando um determinado ponto de medição registra uma precipitação diferente que o outro. As variabilidades sazonais são muito comuns no Brasil, devido a grande dimensão territorial do país, em determinadas regiões do país tem se uma diferença nas precipitações em função dos meses do ano (COLLISCHONN; DORNELLES, 2013).

2.5 Aproveitamento da água da chuva para fins urbanos

Cada vez mais se fala na utilização correta da água, evitando danos ao meio ambiente e sua proteção. A utilização da água da chuva para fins não-potáveis é um fator muito importante à se levar em consideração. Países industrializados como Japão e Alemanha utilizam esse método em larga escala, realizando altos investimentos em sistemas de aproveitamento de água da chuva para fins não potáveis, principalmente em descargas de bacias sanitárias (TOMAZ, 2003).

No Brasil os sistemas de otimização do uso da água são pouco difundidos, tem se poucas edificações com sistemas de racionalização do consumo de água. O reuso de águas ou a utilização da água da chuva, que está sendo exposta nesse trabalho, vem de encontro a essa ideia de uso racional na água, utilizando águas de menor qualidade para fins menos nobres, no caso de descargas sanitárias em banheiros. Com esse sistema alivia-se o consumo de água de recursos hídricos, que estão cada vez mais defasados (SINDUSCON-SP, 2007).

Os sistemas de utilização de água da chuva podem ser introduzidos com facilidade nas instalações hidráulicas de um prédio, pois trata-se de uma estrutura relativamente simples. Com a utilização desse sistema pode se ter uma redução significativa no consumo de água potável. Quando o projeto está localizado em regiões com grande intensidade de chuvas, esse processo se torna ainda mais favorável (SINDUSCON-SP, 2007).

2.6 Código das águas

Para se especificar águas pluviais leva-se em consideração o decreto 24.643/1934 do código de águas.

Artigo 102 – Consideram-se águas pluviais as que procedem imediatamente das chuvas.

Artigo 103 – As águas pluviais pertencem ao dono do prédio onde caírem diretamente, podendo o mesmo dispor delas à vontade, salvo existindo direito em contrário.

Parágrafo único: ao dono do prédio, porém não é permitido:

I. Desperdiçar essas águas em prejuízo dos outros prédios que delas se possam aproveitar, sob pena de indenização aos proprietários dos mesmos;

II. Desviar essas água do seu curso natural para lhes dar outro, sem consentimento expresso dos donos dos prédios que irão recebê-las.

Artigo 104 – Transpondo o limite do prédio em que caírem, abandonadas pelo proprietário do mesmo, as águas pluviais, no que lhes for aplicável, ficam sujeitas às regras ditadas para as águas comuns e para as águas públicas.

Artigo 106 – É imprescritível o direito de uso das águas.

Artigo 107 – São de domínio público de uso comum as águas pluviais que caírem em lugares ou terrenos públicos de uso comum.

Artigo 108 – A todos é lícito apanhar estas águas.

Parágrafo único: não se poderão, porém, construir nesses lugares ou terrenos, reservatórios para o aproveitamento das mesmas águas sem licença da administração.

2.7 Qualidade da água da chuva

De acordo com a ABNT, NBR 15527, 2007, a qualidade da água da chuva para aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis deve respeitar os parâmetros apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Parâmetros de qualidade da água da chuva para fins 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).

A desinfecção é realizada de acordo com o critério do projetista, pode-se utilizar derivados de cloro, raios ultravioleta, ozônio, entre outros. Em situações onde se torna necessário um residual desinfetante, utiliza-se derivados de clorado (ABNT, NBR 15527, 2007).

2.8 Previsão de consumo de água

Tem-se uma grande dificuldade de prever a quantidade exata de água utilizada em uma residência, devido a grande quantidade de fatores que se fazem presentes na utilização dessa água. Nos Estados Unidos têm-se esses valores estipulados, no Brasil ainda não se tem um estudo exato no consumo de água em uma residência (TOMAZ, 2003).

Tabela 4 – Parâmetros de engenharia para estimativas da demanda residencial de água

Uso interno	Unidades	Parâmetros		
		Inferior	Superior	Mais provável
Gasto mensal	m³/pessoa/mês	3	5	5
Nº pessoas na casa	Pessoas	2	5	3
Descarga na bacia	descarga/pessoa/dia	4	6	5
Volume de descarga	litros/descarga	6,8	18	9
Vazamento bacias	Porcentagem	0	30	9
Sanitárias				
Frequência de banho	banho/pessoa/dia	0	1	1
Duração do Banho	Minutos	5	15	7,3
Vazão dos chuveiros	litros/segundo	0,08	0,3	0,15
Uso da Banheira	banho/pessoa/dia	0	0,2	0,1
Volume de água	litros/banho	113	189	113
Máquina de lavar pratos	carga/pessoa/dia	0,1	0,3	0,1
Volume de água	litro/ciclo	18	70	18
Máquina de lavar roupa	carga/pessoa/dia	0,2	0,37	0,37
Volume de água	litro/ciclo	108	189	108
Torneira da cozinha	minuto/pessoa/dia	0,5	4	4
Vazão da torneira	litros/segundo	0,126	0,189	0,15
Torneira de banheiro	minuto/pessoa/dia	0,5	4	4
Vazão da torneira	litros/segundo	0,126	0,189	0,15

Fonte: Tomaz (2003)

Para fins de cálculo de consumo em uma bacia sanitária Tomaz (2003) tomou como exemplo uma residência ocupada por 5 pessoas, e estas ocupariam a bacia sanitária 5 vezes durante o dia, estipulando que se tenha um vazamento de água de 8% em cada descarga. Executando o cálculo da forma demonstrada abaixo chega-se ao consumo mensal de 7290 L/mês.

5 pessoas x 5 descargas/pessoa/dia x 9 litros/descarga x 1,08 (vazamentos) x 30 dias = 7290 L/mês.

Para fins de demanda diária de água em diferentes instalações, Ferreira (2014) publicou a seguinte tabela:

Tabela 5 – Valores de consumo predial (em litros/dia)

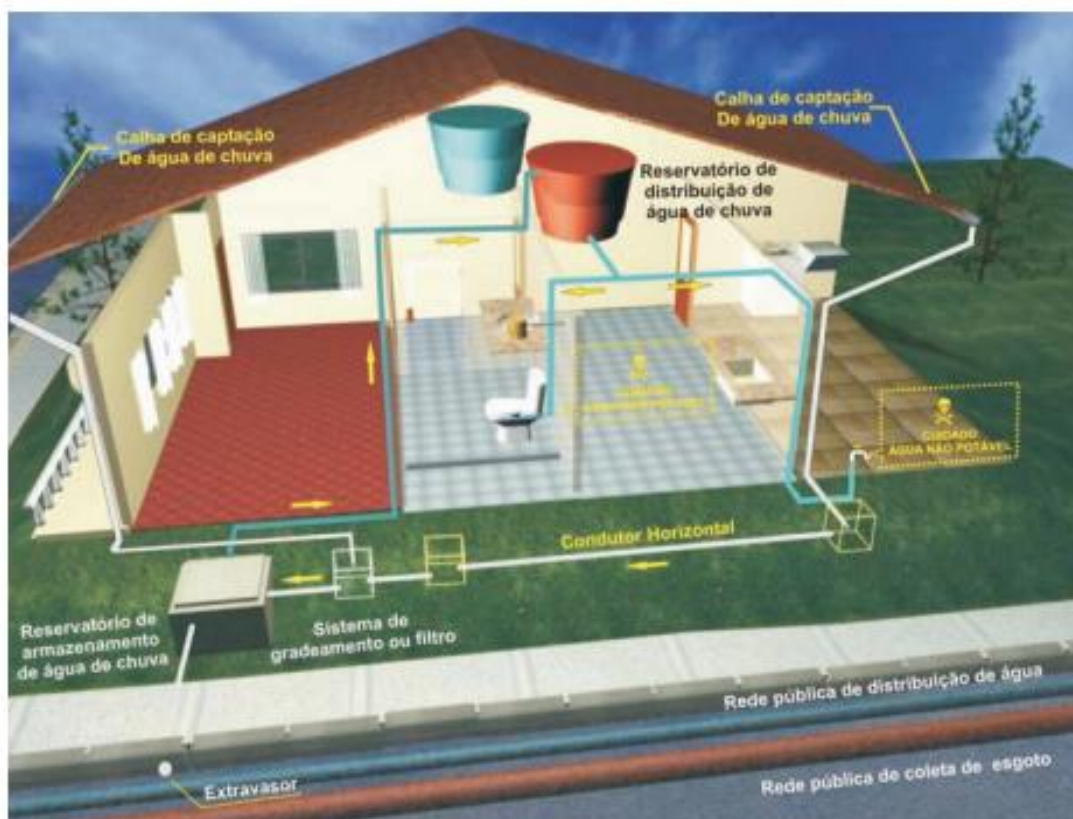
	Consumo (Litros)
Alojamentos provisórios	80 per capita
Casas populares ou rurais	120 per capita
Residências	150 per capita
Apartamentos	200 per capita
Hotéis (s/ cozinha e s/ lavanderia)	120 por hóspede
Hospitais	250 por leito
Escolas (internatos)	150 per capita
Escolas (externatos)	50 per capita
Quartéis	150 per capita
Edifícios públicos ou comerciais	50 per capita
Escritórios	50 per capita
Cinemas e teatros	2 por lugar
Templos	2 por lugar
Restaurantes e similares	25 por refeição
Garagens	50 por automóvel
Lavanderias	30 por Kg de roupa seca
Mercados	5 por m ² de área
Matadouros - animais de grande porte	300 por cabeça abatida
Matadouros - animais de pequeno porte	150 por cabeça abatida
Fábricas em geral (uso pessoal)	70 por operário
Postos de serviços para automóveis	150 por veículo
Cavalariças	100 por cavalo
Jardins	1,5 por m ²

Fonte: Ferreira (2014).

2.9 Sistema de captação da água da chuva em telhados

Para a implantação de um sistema de utilização da água da chuva é necessário que se tenha uma série de elementos que irão constituir esse sistema, como a captação, transporte, tratamento, armazenamento e a utilização requerida para o sistema. Na figura a seguir tem-se a ilustração de um sistema predial de utilização da água da chuva (SINDUSCON-SP, 2007).

Figura 2 – Esquema ilustrativo de um sistema de utilização da água da chuva



Fonte: Sinduscon-SP (2007).

2.9.1 Fatores meteorológicos

Para se calcular a intensidade pluviométrica “i”, são levados em consideração valores adequados de Duração de precipitação e valores de “TR”, Tempo de Retorno, o período de retorno e estipulado da seguinte forma:

$T = 1$ ano, para áreas pavimentadas, onde empoçamentos possam ser tolerados;

$T = 5$ anos, para coberturas e/ou terraços;

$T = 25$ anos, para coberturas ou áreas onde o empoçamento ou extravasamento não possa ser tolerado.

O tempo de precipitação deve ser fixado em $t=5\text{min}$.

Tomando como exemplo uma construção de 100m², com projeção horizontal, adota-se $I = 150\text{mm/h}$.

Para realizar o dimensionamento do sistema de captação da água da chuva é necessário que se tenha conhecimento das precipitações médias mensais. Como exemplo tem-se os dados levantados por Cardozo, Diniz e Silva (2011) apresentados no IV Congresso Sul-Brasileiro de Meteorologia. Para realizar tal levantamento os municípios foram divididos em regiões, o município de Teutônia está localizado na região 6, juntamente com Porto Alegre, Cachoeira do Sul, Encruzilhada do Sul, São Gabriel e Taquari. Os dados coletados foram dos últimos 60 anos, compreendendo o período de 1948 até 2007, as médias mensais desse período estão descritas na tabela 6.

Tabela 6 – Médias mensais de chuvas no período de 1948 até 2007

Chuvas (mm)	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
	114,7	124,6	108,7	110,1	104	144,6	137,2	121,1	149,1	138,4	101,7	99,1

Fonte: Cardozo, Diniz e Silva (2015).

2.9.2 Vazão de projeto

Obtêm-se a vazão de projeto da seguinte forma:

Equação 1 – Vazão de projeto

$$Q = \frac{I \cdot A}{60}$$

Onde:

Q = Vazão de projeto, em L/min;

I = intensidade pluviométrica, em mm/h;

A = área de contribuição, em m²;

O procedimento acima descrito é determinado pela ABNT, NBR 10844, 1989.

2.9.3 Calhas

Sempre que possível as calhas de platibanda e de beiral devem ser fixadas na extremidade da cobertura. Essas calhas devem ser colocadas de forma que a declividade seja uniforme e adotando como valor mínimo uma declividade de 0,5%. Há a necessidade de se instalar extravasadores quando não são aceitáveis transbordos nas calhas, para que essa água seja descarregada em local adequado. (ABNT, NBR 10844, 1989).

De acordo com a ABNT, NBR 10844, 1989, quando a saída da calha estiver a uma distancia menor que 4m de uma mudança de direção, deve se multiplicar a Vazão de projeto (Q), pelos seguintes coeficientes:

Tabela 7 – Coeficiente para dimensionamento de calhas

Tipo de curva	Curva a menos de 2m da saída da calha	Curva entre 2 e 4m da saída da calha
Canto reto	1,2	1,1
Canto arredondado	1,1	1,05

Fonte: ABNT, NBR 10844 (1989).

As calhas são dimensionadas de acordo com a fórmula de Manning-Strickler, representada a baixo:

Equação 2 – Vazão de projeto, fórmula de Manning-Strickler

$$Q = K \frac{S}{n} R_H^{2/3} i^{1/2}$$

Onde:

Q = vazão de projeto, em L/min;

S = área da seção molhada, em m²;

n = coeficiente de rugosidade (ver tabela);

R = raio hidráulico, em m;

R_H = (P/S) perímetro molhada, em m;

i = declividade da calha, em m/m;

$$K = 60.000$$

Tabela 8 – Coeficiente de rugosidade para dimensionamento de calhas

Material	n
plástico, fibrocimento, aço, metais não-ferrosos	0,011
ferro fundido, concreto alisado, alvenaria revestida	0,012
cerâmica, concreto não-alisado	0,013
alvenaria de tijolos não-revestida	0,015

Fonte: ABNT, NBR 10844 (1989).

Conforme o método especificado pela ABNT, NBR 10844, 1989, quando se tem calhas semi-circulares, utilizando coeficiente de rugosidade $n=0,001$. Através da fórmula de Manning-Strickler, com lâmina de água igual à metade do diâmetro interno, tem se as seguintes vazões:

Tabela 9 – Vazões de calhas semi-circulares com $n=0,001$

Diâmetro Interno (mm)	Declividades		
	0,50%	1%	2%
100	130	183	256
125	236	333	466
150	384	541	757
200	829	1167	1634

Fonte: ABNT, NBR 10844 (1989).

2.9.4 Condutores verticais

De acordo com ABNT, NBR 10844, 1989 os condutores verticais podem ser instalados internamente ou externamente na edificação, para obter um rendimento adequado não se permite que esses condutores tenham diâmetro interno inferior à 70mm. Preferencialmente as colunas de descida devem estar livres de mudanças de direção, mas quando se torna necessário devem ser utilizadas curvas de 90° ou curvas de 45°, com a instalação de peças inspeção.

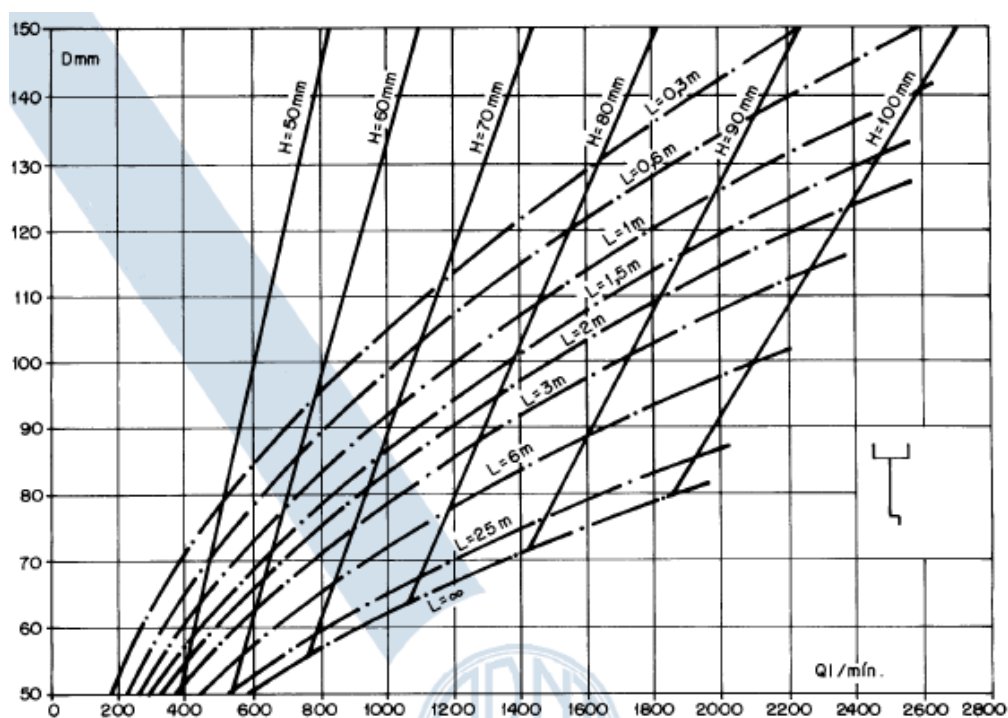
De acordo com essa norma o dimensionamento dos condutores deve ser estabelecido com a utilização dos ábacos, através dos seguintes dados:

Q = Vazão de Projeto, em L/min;

H = altura da lâmina de água na calha, em mm;

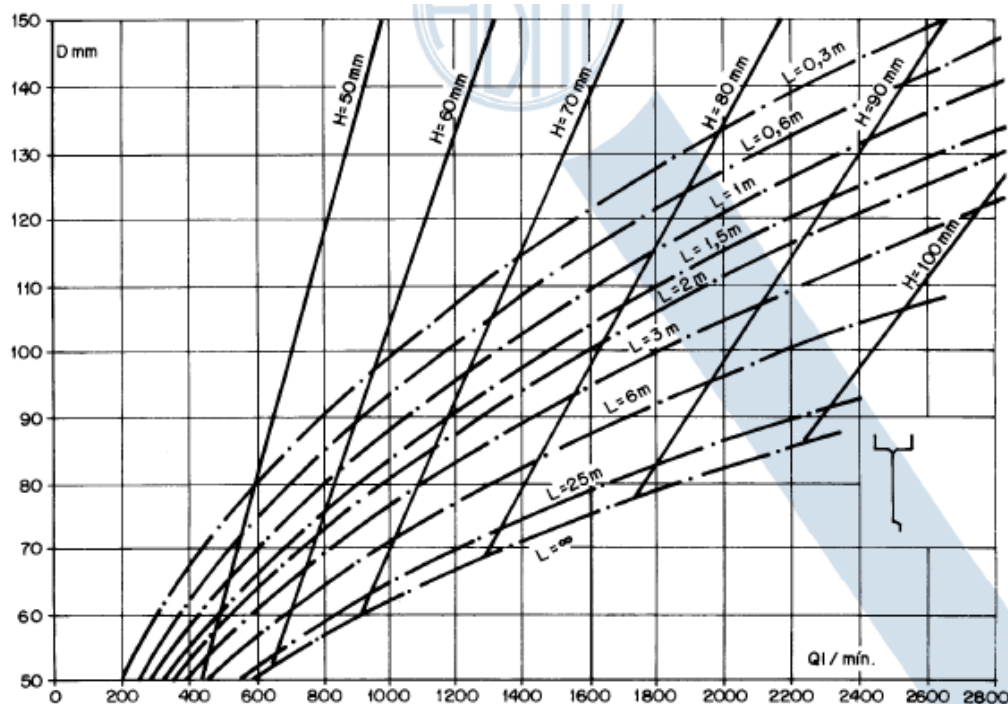
L = comprimento do condutor vertical, em m;

Figura 3 – Ábaco para dimensionamento de condutores verticais



Fonte: ABNT, NBR 10844 (1989).

Figura 4 – Ábaco para dimensionamento de condutores verticais



Fonte: ABNT, NBR 10844 (1989).

2.9.5 Condutores horizontais

Segundo descrito em ABNT, NBR 10844, 1989, os condutores horizontais sempre que possível devem ser instalados com declividade uniforme de no mínimo 0,5%, para calcular seu dimensionamento considera-se como lâmina de água a altura de $2/3$ do diâmetro interno do tubo. Sempre que forem instaladas conexões, ou houver mudança de direção na tubulação devem ser instaladas peças de inspeção, ou a cada 20m retilíneos de tubulação, o mesmo vale para a tubulação que está enterrada. Utilizando a fórmula de Manning-Strickler, e altura de lâmina de água igual a $2/3D$, chegou-se nas seguintes vazões:

Tabela 10 – Vazões de condutores verticais de acordo com a fórmula de Manning-Strickler

Diâmetro interno (D) (mm)	n=0,011				n=0,012				n=0,013			
	0,50%	1%	2%	4%	0,50%	1%	2%	4%	0,50%	1%	2%	4%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
50	32	45	64	90	29	41	59	83	27	38	54	76
75	95	133	188	267	87	122	172	245	80	113	159	226
100	204	287	405	575	187	264	372	527	173	243	343	486
125	370	521	735	1040	339	478	674	956	313	441	622	882
150	602	847	1190	1690	552	777	1100	1550	509	717	1010	1430
200	1300	1820	2570	3650	1190	1670	2360	3350	1100	1540	2180	3040
250	2350	3310	4660	6620	2150	3030	4280	6070	1990	2800	3950	5600
300	3820	5380	7590	10800	3500	4930	6960	9870	3230	4550	6420	9110

Fonte: ABNT, NBR 10844 (1989).

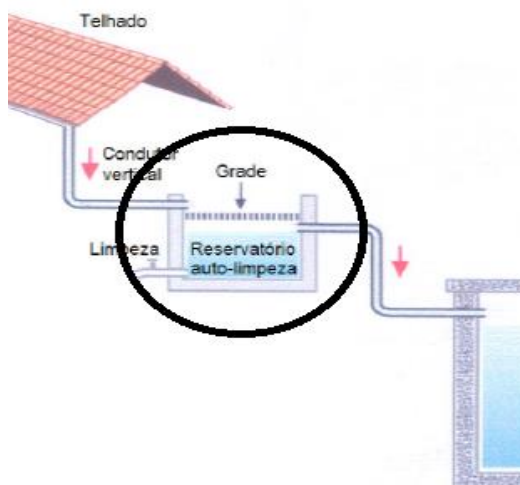
2.9.6 Pré-filtragem

Ao se fazer o recolhimento da água da chuva pelas calhas, faz-se necessário a instalação de um filtro de descida, esse filtro tem por finalidade reter os materiais grosseiros presentes no telhado e nas calhas, para que estes não sejam transportados pela água para o sistema de captação.

Vários podem ser os modelos de filtros, os filtros podem ser instalados diretamente na tubulação de queda das calhas ou através de uma caixa coletora, a água recolhida da chuva escorre por meio da tubulação das calhas e entra na caixa coletora, na superfície da caixa tem-se a presença de uma tela fina ou de qualquer outro material filtrante capaz de reter os materiais indesejados, como folhas de árvores, principalmente.

As peneiras não têm capacidade para reter micróbios e contaminantes químicos, por isso é necessário que se faça uma limpeza periódica desse material, Tomaz (2003) recomenda que se utilize peneiras de tela com diâmetro nominal entre 0,20mm a 1mm.

Figura 5 – Exemplo de filtro de peneira em caixa coletora de água



Fonte: Tomaz (2003)

Além dos filtros de peneira pode se adquirir comercialmente filtros mais simples, os chamados separadores de folhas, esses filtros têm por finalidade reter esses materiais transportados pelos tubos de descida das calhas, servindo como um pré-filtro para materiais filtrantes mais finos. Tem-se a presença de uma grade em forma de rampa que fará com que esses materiais sejam extraídos, sem a necessidade de limpeza frequentes do sistema (3P TECHNIK, 2012).

Figura 6 – Exemplo de filtro separador de folhas



Fonte: Catálogo 3P Technik, 2012

2.9.7 Eliminação da primeira água da chuva

É importante que se faça a eliminação da primeira água da chuva, pois tem se a presença de poeira e fuligem sobre a superfície do telhado, contaminando a água da chuva. Essa sujeira é transportada pela primeira água da chuva, que fará a “limpeza” do telhado. Essa eliminação pode ser feita manualmente ou através de sistemas automatizados (JABUR; BENETTI; SILIPRANDI, 2011).

De acordo com Tomaz (2003) a eliminação da primeira água da chuva é denominada “First Flush”. Esse processo não é obrigatório de acordo com a norma brasileira, mas é de extrema importância para que se tenha um controle eficaz da qualidade da água da chuva utilizada. Trata-se da eliminação dos primeiros 2mm de chuva, esse volume representa geralmente em torno dos primeiros 5 a 10 minutos de precipitação. O processo de limpeza da água pode ser observado na figura 8, percebe-se que a água vai ficando com característica mais limpa no decorrer do processo. Essa água da chuva é encaminhada diretamente para a rede pluvial pública.

Figura 7 - Água extraída pelo sistema “First Flush” nos primeiros 10 a 20min de precipitação.



Fonte: Tomaz (2003)

2.9.8 Filtro Volumétrico

O filtro volumétrico deve ter alto grau de eficiência, indiferente de volume de água que por ele passar. É utilizado para eliminar continuamente as sujeiras, permite grandes intervalos entre revisões e grande facilidade de limpeza do meio filtrante. Sua função também se define em reter detritos grosseiros (TOMAZ, 2003)

Figura 8 – Filtro volumétrico



Fonte: Catálogo 3P Technik (2012).

De acordo com Junior, Kemerich e Righes (2010) a filtragem da água pode ser realizada por meio de um filtro de areia com fluxo reverso. Esse filtro consiste execução de camadas sobre postas de brita nº1, areia com diâmetro de 1 a 2,3mm e sobre esta outra camada de brita, afim de evitar que o choque da água danifique a camada de areia do filtro. A água da chuva entra pela parte superior do filtro, passa pelo material filtrante e é recolhida na parte inferior do filtro e encaminhada ao reservatório.

Para que seja feita a limpeza do filtro de areia é introduzida água limpa pressurizada na base do filtro para a lavagem do material da base à superfície.

Além desses filtros pode-se utilizar filtros mais modernos e que ocupam menos espaço físico, são equipamentos robustos e de fácil manutenção instalados após as bombas de recalque, junto do clorador. De acordo com Harvesting Brasil (2015) esse equipamento possui sistema de filtragem tripla, sendo caracterizado pela eliminação de cor e odor, através da filtragem de sedimentos finos, com até 15

mícron, os materiais filtrantes presentes nesse filtro são areia e carvão ativado, a sua manutenção é realizada de acordo com a intensidade de uso. Sua principal indicação é para a utilização da água da chuva em banheiros e lavanderias.

Figura 9 – Filtro de areia e carvão ativado



Fonte: Catálogo Harvesting Brasil (2015).

2.9.9 Cisternas para armazenamento da água coletada

O armazenamento de água da chuva coletada por meio das calhas é feito em cisternas, ou reservatórios construídos normalmente de PVC, fibra de vidro, ferro-cimento ou alvenaria. Importante destacar que essas cisternas devem estar cobertas e abrigadas da incidência da luz solar. A forma mais adequada seria o sistema de cisternas subterrâneas, pois assim estará abrigada da luz solar, além de manter a água em uma temperatura mais baixa, reduzindo assim a proliferação de bactérias (FERREIRA, 2014).

A água da chuva quando entra no reservatório está com muita velocidade, devido a diferença de nível entre o sistema de coleta e armazenagem, para que se evite a agitação da água dentro do reservatório faz-se a instalação de um freio da água. Além de desacelerar a água, essa peça otimiza a oxigenação da água da chuva com a que está presente no interior da cisterna, evitando que se tenha a suspensão de partículas de sujeira presentes no fundo do tanque (TÉCHNE, 2009).

De acordo com ABNT NBR 15527 (2007) os reservatórios utilizados devem conter em seu projeto extravasor, dispositivo de esgotamento, cobertura, inspeção,

ventilação e segurança. É importante que se evite o agitação dessa água captada dentro do reservatório, afim de não permitir que possíveis materiais flutuantes entrem junto na rede de distribuição, para tal recomende que a captação da água seja à 15cm da superfície da lâmina de água.

Na realização de um projeto de reservatório deve se considerar o seu volume útil, o volume útil é um coeficiente aplicado ao volume final e utilizado para minimizar os efeitos causados pelas variações de consumo. Assim aplica-se o fator 1,2 ao volume calculado (ABNT, NBR 12217, 1994).

Para se calcular o volume de água da chuva aproveitável devem ser levados em consideração o coeficiente de escoamento superficial da cobertura e a eficiência do sistema de descarte do escoamento inicial. Assim conforme especificado pela ABNT, NBR 15527, 2007 o volume do reservatório é calculado de acordo com a seguinte equação.

Equação 3 – Volume aproveitável

$$V = P \times A \times C \times \eta_{\text{fator de captação}}$$

V = volume anual, mensal ou diário de água a chuva aproveitável;

P = precipitação média anual, mensal ou diária;

A = área de coleta;

C = coeficiente de escoamento superficial da cobertura;

$\eta_{\text{fator de captação}}$ = eficiência do sistema de captação, levando em conta o dispositivo de descarte de sólidos e desvio de escoamento inicial, caso seja utilizado.

A água da chuva que não for utilizada deve ser encaminhada às galerias de águas pluviais, ou também pode ser lançada ao solo se não carregar agentes contaminantes ao lençol freático. A água da chuva reservada para utilização deve estar protegida da incidência direta da luz solar e do calor, assim como de animais que possam entrar na tubulação (ABNT, NBR 15527, 2007).

Para uma melhor captação da água presente na cisterna utiliza-se um filtro flutuante, esse filtro tem por finalidade recolher a água de maior qualidade, não capturando a água da superfície nem a do fundo do tanque, essas águas podem possuir alguns resquícios de sujeira que não foram eliminadas pelas filtrações anteriores (TÉCHNE, 2009).

O reservatório deve ter a capacidade de receber água potável do sistema público de abastecimento, para que em caso de períodos secos, quando a água captada da chuva não possui capacidade de manter a demanda do prédio o abastecimento das bacias sanitárias não seja prejudicado (FDE, 2015).

Vários podem ser os modelos de reservatórios utilizados para o armazenamento da água da chuva, os modelos variam de acordo com a escolha do projetista, conforme o local de instalação e vontade do cliente, no mercado tem-se vários modelos e tamanhos, os principais utilizados são os de polietileno e fibra de vidro. Esses podem estar sobre a superfície do solo ou enterrados.

Figura 10 – Exemplo de reservatório para água da chuva



Fonte: Catálogo Fortlev.

2.9.10 Tratamento da água coletada

Antes que a água retida no reservatório inferior ou cisterna chegue ao reservatório superior é necessário que se faça o tratamento dessa água, o tratamento é realizado com a aplicação de cloro.

Como neste trabalho a água coletada da chuva será utilizada em bacias sanitárias, segundo Tomaz (2003) as águas utilizadas em bacias sanitárias devem ser cloradas em uma proporção de 0,5 a 3mg/L devido aos respingos que possam entrar em contato com os órgãos genitais. Para essa cloração utiliza-se Hipoclorito de Sódio (residual).

De acordo com Vieira e Mendonça (2011) pode se utilizar um sistema simples de cloração, através de um clorador flutuante, dentro deste são colocadas as pastilhas de cloro. O clorador é colocado livremente dentro da cisterna e fará a cloração através do contato com a água, o processo é renovado de acordo com a movimentação do equipamento.

Podem ser instalados cloradores automáticos, ou cloradores de passagem, esses são instalados na tubulação que conduz a água para o reservatório superior, o princípio de funcionamento é por contato das pastilhas de cloro com a água, semelhante ao clorador flutuante (FDE, 2015).

Figura 11 – Exemplo de clorador de passagem



Fonte: FDE (2015).

2.9.11 Bombeamento da água para reservatório superior

Para se realizar o transporte da água da cisterna para o reservatório superior é necessário que se tenha um sistema de bombeamento, que será responsável por pressurizar essa água de modo que alcance o topo da edificação.

A alimentação da rede se dá por meio indireto com bombeamento, pois se faz necessário a utilização de bomba para conduzir a água coletada da chuva para o reservatório superior (BOTELHO; RIBEIRO, 2006).

Para se realizar o dimensionamento de uma instalação elevatória deve ser adotado o processo especificado pela norma de instalação predial de água fria, ABNT NBR, 5626 (1998). Para o caso de edifícios residenciais o tempo de enchimento pode ser de até 6 horas. Além da necessidade de duas moto-bombas, para que no caso de falha de um equipamento o abastecimento de água não seja interrompido.

O procedimento de cálculo para uma instalação elevatória de acordo com a norma ABNT, NBR 5626, 1998 é o seguinte:

a) Dimensionamento da tubulação de recalque:

Para o dimensionamento desta tubulação será utilizada a fórmula de Forschheimer, de acordo com a seguinte equação:

Equação 4 - Diâmetro da tubulação de recalque

$$D_R = 1,3\sqrt[4]{Q}\sqrt{\frac{h}{24}}$$

D_R = Diâmetro da tubulação de recalque (m);

Q = Vazão de recalque (m³/s);

h = Número de horas de funcionamento da moto-bomba (horas/dia);

b) Tubulação de sucção:

Essa tubulação não é calculada, utiliza-se uma tubulação comercial, para tal é adotada uma tubulação com diâmetro comercial ligeiramente superior à de recalque.

c) Extravasores:

Os extravasores também não são calculados, mesmo assim devem ser instalados tanto no reservatório inferior, como no reservatório superior. Para tal, utiliza-se diâmetro comercial ligeiramente superior à tubulação de alimentação do reservatório em questão.

d) Potência da moto-bomba:

Para determinar a potência da moto-bomba utiliza-se a seguinte equação:

Equação 5 – Potência da moto-bomba

$$P = \frac{Q \cdot H_{MAN}}{75 \cdot R}$$

P = Potencia necessária da moto-bomba (CV);

Q = Vazão de recalque (L/s);

H_{MAN} = Altura manométrica dinâmica (m);

R = Rendimento da moto-bomba (adimensional);

Para se saber o rendimento da moto-bomba adota-se a seguinte equação:

Equação 6 – Rendimento da moto-bomba

$$R = \frac{P_A}{P_M}$$

P_A = Potência aproveitável (CV);

P_M = Potência nominal (CV);

O rendimento das moto-bombas é indicado na tabela 8:

Tabela 11 – Rendimento da moto-bomba em função da potência

Rendimento (%)	Potência (CV)
40 a 60	≤ 2
70 a 75	$2 < P \leq 5$
80	> 5

Fonte: ABNT, NBR 5626 (1998).

A altura manométrica é obtida pela seguinte equação:

Equação 7 – Altura manométrica

$$H_{MAN} = H_{MANREC} + H_{MANSUC}$$

H_{MAN} = Altura manométrica (m);

H_{MANREC} = Altura manométrica de recalque (m);

H_{MANSUC} = Altura manométrica de sucção (m);

As alturas manométricas de recalque e sucção são obtidas pelas respectivas equações:

Equação 8 – Altura manométrica de recalque

$$H_{MANREC} = H_{ESTREC} + J_{REC}$$

H_{MANREC} = Altura manométrica de recalque (m);

H_{ESTREC} = Altura estática de recalque (m);

J_{REC} = Perda de carga no recalque (m);

Equação 9 – Altura manométrica de sucção

$$H_{MANSUC} = H_{ESTSUC} + J_{SUC}$$

H_{MANSUC} = Altura manométrica de sucção (m);

H_{ESTSUC} = Altura estática de sucção (m);

J_{SUC} = Perda de carga na sucção (m);

Para a instalação elevatória do presente trabalho serão utilizados tubos comerciais de PVC, dessa forma, a perda de carga em tubos de PVC é calculada de acordo com a seguinte equação:

Equação 10 – Perda de carga unitária

$$J = 0,00086 \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}}$$

J = Perda de carga unitária (mca/m);

Q = Vazão estimada na seção considerada (L/s);

D = Diâmetro interno do tubo (mm);

Para se determinar as perdas de carga nas conexões que ligam os tubos utiliza-se a tabela 9, que apresenta a conversão das conexões em função do diâmetro do tubo.

Tabela 12 – Comprimento equivalente para tubos de PVC, cobre ou liga de cobre

Diâmetro nominal (mm)	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	2,4
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	1	1,7	0,5	1,5	4,6
40	3,2	1	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
100	4,3	1,9	1,6	1	2,6	8,3
125	4,9	2,4	1,9	1,1	3,3	10
150	5,4	2,6	2,1	1,2	3,8	11,1

Fonte: ABNT, NBR 5626 (1998).

2.9.12 Reservatório superior

A água armazenada no reservatório inferior será conduzida para o reservatório superior por meio de tubos de PVC. De acordo com ABNT NBR 5626, 1998 a capacidade do reservatório superior não pode ser inferior ao consumo diário da edificação.

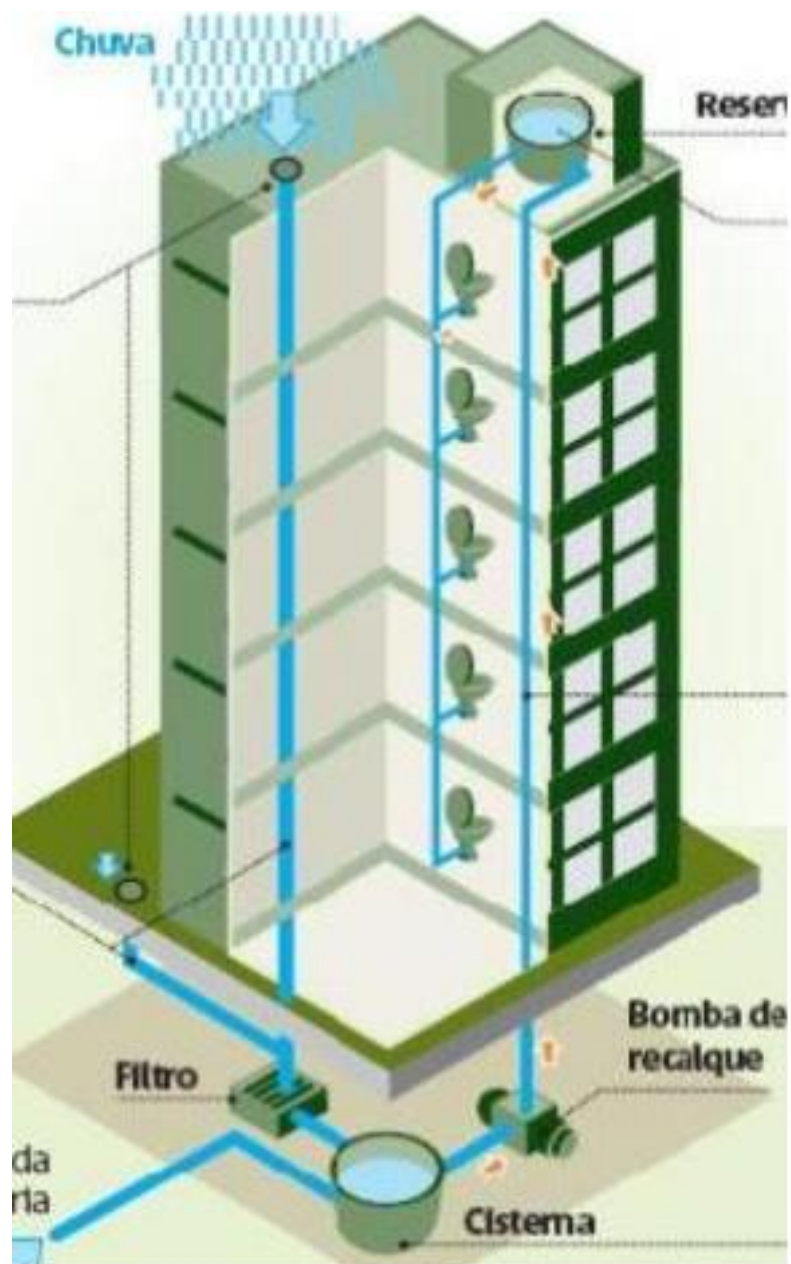
Em hipótese alguma a água da chuva, não potável, pode ter contato com a água potável, a fim de contaminar essa água, uma vez que a água da chuva é somente utilizada para fins não potáveis. Desta forma são utilizados dois reservatórios superiores, um para receber a água da chuva e outro para água potável oriunda do sistema público de abastecimento (ABNT, NBR 15527, 2007).

2.9.13 Distribuição da água para as bacias sanitárias

Conforme descrito anteriormente, a água proveniente da captação da chuva é armazenada em um reservatório próprio, essa água é encaminhada para a tubulação das bacias sanitárias, para realizar a descarga destas.

A água sai do reservatório por meio de um sistema de barrilete, que possui ramificações que tem por finalidade conduzir essa água até as bacias sanitárias. Tratando-se de descarga de bacia sanitária através de válvula, o diâmetro normalmente utilizado pra esse tipo de tubulação é de 50mm (BOTELHO; RIBEIRO, 2006).

Figura 12 – Ilustração da distribuição da água da chuva nas bacias sanitárias



Fonte: BAND (texto digital).

3 METODOLOGIA

Como o trabalho tem por objetivo dimensionar e avaliar um sistema de reaproveitamento da água da chuva para descarga de bacias sanitárias em um edifício residencial, fez-se a escolha de um edifício para a realização do projeto de implantação de um sistema de aproveitamento da água da chuva, e assim, um posterior levantamento de custos de implantação e análise de sua viabilidade econômica.

3.1 Determinação do Edifício.

Para a realização do presente trabalho escolheu-se uma edificação exemplo, na qual pudesse ser efetuada a realização de um projeto de captação da água da chuva com reutilização em bacias sanitárias.

O edifício escolhido é um prédio residencial localizado no município de Teutônia, a edificação é constituída por três pavimentos, um pavimento térreo e dois pavimentos tipo, somando assim dez apartamentos com dois dormitórios cada, compreendendo uma área total de 736,62 m² de área construída. O prédio não possui sistema de reutilização da água da chuva, apenas foi utilizado como exemplo para a elaboração do projeto e avaliação do mesmo.

Da parte que compreende a realização do projeto de captação da água da chuva tem-se 235,65m², que corresponde à área de cobertura, ou seja, a superfície

de captação. A edificação possui telhado com platibanda, e a calha coletora está localizada no centro do telhado.

Figura 13: Edifício escolhido



Fonte: Autor

3.2 Levantamento de dados das chuvas

Para levantamento dos índices de chuva utilizou-se o banco de dados das séries históricas do site HidroWeb e processados com o auxílio do software Hidro 1.2. Os dados coletados pertencem ao município de Lajeado, uma vez que o município de Teutônia não possui banco de dados de longo prazo, a estação meteorológica localizada no município possui pouco tempo de atividade, desta mesma não possui volume de dados suficiente para a elaboração do estudo.

Para o município de lajeado tem-se uma série histórica de quarenta anos, correspondendo ao período de 1940 até 1980, transmitindo assim maior segurança para extração dos dados. Os dados coletados pertencem à estação gerida pela ANA (Agencia Nacional de Águas).

As chuvas mensais da série histórica são encontrados no anexo 1 do presente trabalho. Com o auxílio desses dados concluiu-se como precipitação média mensal 121mm de chuva.

3.2.1 Vazão de Projeto

Para se obter a vazão de projeto aplicou-se a equação 1 do presente trabalho, descrita junto ao referencial teórico e de acordo com ABNT NBR 10844, 1989. Para tal é necessário que se conheça a intensidade pluviométrica.

A intensidade pluviométrica corresponde a um tempo de retorno de 5 anos, uma vez que a água será captada pela superfície do telhado, com tempo de duração dessa chuva de 5min. (TOMAZ, 2003).

Não se tem dados de chuvas por tempo de precipitação para o município de Lajeado, para tal fez-se uma projeção dessa chuva com os dados de Porto Alegre, que possui medições por tempo de duração. Realizou-se um ajuste estatístico entre as máximas chuvas diárias para Lajeado e Porto Alegre. Através deste ajuste obteve-se os dados das máximas chuvas diárias para Lajeado com os devidos tempos de retorno.

O procedimento é encontrado nos anexos 2, 3 e 4 do presente trabalho. Assim concluiu-se como intensidade pluviométrica $I=232,73\text{mm/h}$.

Para a determinação da vazão de projeto aplicou-se a equação 1, da seguinte maneira:

$$Q = \frac{232,73 \times 235,65}{60}$$

$$Q = 914,40 \text{ L/min}$$

3.3 Dimensionamento das calhas

As calhas adotadas para a execução do projeto são de Alumina-zinca, com forma geométrica semicircular. Projetou-se as calhas no centro do corpo da cobertura, assim tem-se a necessidade de instalação de somente uma calha, que será responsável pela captação da água que escorre sobre a cobertura.

Para o dimensionamento do diâmetro da calha utilizou-se a NBR 10844, 1989. Tratando-se de uma calha semicircular com declividade de 2% o diâmetro interno adotado foi de 200mm, essa calha comporta uma vazão de 1634L/min, valor mais alto comparado com a vazão de projeto, utilizou-se esse diâmetro para que não ocorra transbordos de calha em casos de precipitações mais elevadas. Esse valor foi estipulado de acordo com a tabela 9 do referencial teórico deste trabalho.

O detalhamento do posicionamento da calha na cobertura da edificação pode ser visualizado no anexo 7.

3.4 Dimensionamento dos condutores verticais

Os condutores verticais, ou também, tubos de queda, são responsáveis por conduzir a água da chuva coletada pela calha até a tubulação horizontal. O procedimento adotado para a escolha do diâmetro do tubo está descrito pela NBR 10844, 1989. Neste projeto optou-se pela utilização de tubos de PVC, com diâmetro de 150mm, esses tubos estão localizados junto ao corpo de prédio por meio de “shaft”, projetou-se 4 tubos de queda, localizados nas duas extremidades do prédio e junto à estrutura que envolve a escada. O detalhamento dos tubos de queda será visualizado na figura 17.

3.5 Dimensionamento dos condutores horizontais

Os condutores horizontais tem a finalidade de encaminhar a água da chuva até as cisternas subterrâneas. Estão localizados no primeiro pavimento suspensos sob a laje de piso. Para a projeção dos condutores horizontais adotou-se tubos de PVC com diâmetro de 200mm, a tubulação possui 1% de declividade, atendendo assim a especificação da NBR 10844, 1989 que através das fórmulas de Manning-Strikler determinou como vazão para essa tubulação 1820L/min, esse valor foi estipulado de acordo com a tabela 10 do referencial teórico do presente trabalho.

O detalhamento dos condutores horizontais e sua disposição junto ao prédio são encontrados na figura 15.

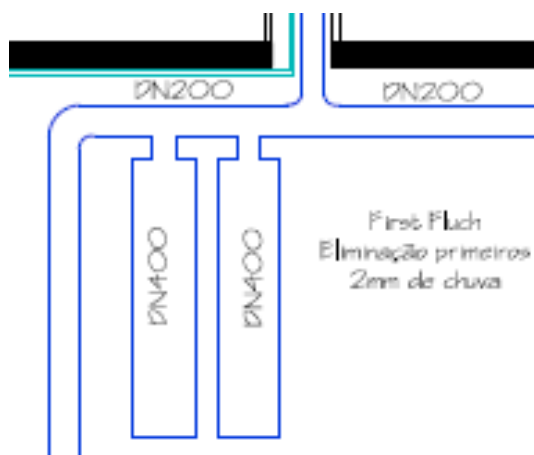
3.6 Pré filtragem da água da chuva

Para a realização da pré-filtragem da água da chuva adotou-se o sistema de “First Flush”, para a eliminação do primeiro volume de água da chuva, esse procedimento se faz necessário devido a presença de sujeira na superfície do telhado, que será carregada com a água para dentro das cisternas se não for eliminada. Desta maneira adotando-se o procedimento descrito por Tomaz (2003) fez-se a eliminação dos primeiros 2mm de chuva.

Para a eliminação desses 2mm de chuva calculou-se o volume gerado por essa precipitação de acordo com a área do telhado, chegando-se assim ao volume de 0,47m³. Para tal instalou-se dois tubos de 400mm de diâmetro junto a tubulação horizontal, antes que esta descarregue a água nas cisternas de armazenagem, esses tubos quando cheios de água correspondem a esse volume.

O procedimento é simples, a água da chuva chega pela tubulação horizontal e derrama dentro desses tubos, quando estes estão cheios automaticamente a água tem livre passagem até as cisternas. Quando se encerra a chuva é necessário q se faça o descarte da água presente nessa tubulação, assim quando se tem nova precipitação o procedimento será repetido.

Figura 14: Eliminação da primeira água da chuva



Fonte: Autor

3.7 Armazenamento da água da chuva

Para o armazenamento da água da chuva optou-se por dividir em reservatório superior e reservatório inferior. Para a realização desse projeto dimensionou-se dois reservatório inferiores, compostos por cisternas de polietileno com capacidade de armazenagem de 5000L cada e dois reservatórios superiores de polietileno com capacidade de 2500L cada.

Optou-se pela cisterna subterrânea para que não se tenha prejuízo de espaço físico na edificação, a cisterna adotada possui sistema de filtração da água e é especialmente dimensionada para esse fim, com acesso para tubulação e instalação elétrica da boia de acionamento, além de ter estrutura para comportar as ações do solo em suas paredes laterais.

Para que não haja interrupção no abastecimento de água para as bacias sanitárias dimensionou-se junto às cisternas inferiores uma reserva limite de 30%, desta forma quando não se tem precipitações que comportem a demanda de água das bacias sanitárias, ou o consumo é maior que a capacidade de coleta tem-se o acesso à água potável da rede pública de abastecimento, que é acionada através de uma boia elétrica que irá liberar a entrada de água potável até o nível de 30% de armazenagem.

De acordo com a Lei Federal 4931/01 tem-se a partir do ano de 2015 a obrigatoriedade de realizar a medição individualizada de água no prédio, ou seja, um medidor por domicílio. A medição da água potável utilizada para completar o limite de armazenagem é dividida em iguais partes para os apartamentos ocupados do residencial, pertencendo à taxa de condomínio. A água utilizada para os demais fins tem medição individualizada.

Para o transporte da água presente na cisterna até o reservatório superior do prédio é necessário que se crie um sistema de bombeamento.

3.7.1 Definição do volume de armazenagem

Para a definição do volume de armazenagem tomou-se conhecimento da capacidade de coleta da água da chuva pelo edifício. Conforme área de telhado de 235,68m² e uma chuva média mensal de 121mm concluiu-se que a capacidade de coleta é de 28,517m³/mês, encontra-se esse valor adotando-se a equação 3 do referencial teórico.

$$V = 235,68 \times 0,121 \times 1 \times 1$$

$$V = 28,517\text{m}^3/\text{mês}$$

De acordo com a média mensal temos uma coleta diária de 0,95m³ de água da chuva. Mas para fins de segurança e maior volume de armazenagem adotou-se como capacidade de armazenagem o volume de 15m³, esse volume representa em torno da metade do volume precipitado em um mês.

3.8 Sistema de bombeamento

Para a realização do transporte da água retida nas cisternas para o reservatório superior é necessário a utilização de um sistema de bombeamento, o sistema consiste em duas moto-bobas de recalque com funcionamento alternado, para que não haja interrupção no abastecimento e caso uma das moto-bombas tenha falha de funcionamento não há interrupção no bombeamento dessa água.

Após o bombeamento a água presente no reservatório superior será conduzida às bacias sanitárias.

Para encontrar o diâmetro das tubulações e a potência das moto-bombas utilizou-se as instruções da normativa NBR 5626, 1998 e das equações de Hazen-William para determinar as perdas de carga.

3.8.1 Dimensionamento da tubulação de recalque

Consumo = 1950L/dia; logo têm-se $3,125 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$.

Utilizando-se a equação 4 encontra-se a tubulação de recalque, conforme o seguinte cálculo:

$$D_r = 1,3 \cdot \sqrt[4]{(3,125 \times 10^{-5}) \cdot 4 \cdot (6/4)}$$

$$D_r = 5,14 \text{ mm}$$

Assim adotou-se como diâmetro de recalque 25mm, pois trata-se de um diâmetro comercial superior ao mínimo necessário, e comumente utilizado em redes prediais de água fria.

Adotando-se o diâmetro de **25mm** e aplicando as equações de Hazen-William para uma vazão de 1 l/s para a presente tubulação dimensionou-se a perda de carga unitária e verificou-se se a tubulação permite a velocidade de escoamento indicada. Para a tubulação de 25mm de diâmetro aceita-se uma velocidade de até 3m/s.

Perda de carga unitária:

$$J = \frac{10,643}{D^{4,87}} \cdot (Q)^{1,85} \cdot (C)$$

Q = vazão

D = diâmetro

C = coeficiente de perda de carga, C=140, para tubos de plástico

$$J = \frac{10,643}{0,025^{4,87}} \times \frac{(0,001)^{1,85}}{(140)}$$

$$J = 0,20 \text{ m/m}$$

Velocidade:

$$v = 0,355 \cdot C \cdot D^{0,63} \cdot J^{0,54}$$

$$v = 0,355 \cdot 140 \cdot 0,025^{0,63} \cdot 0,20^{0,54}$$

$v = 2,04 \text{ m/s} \leq 3,0 \text{ m/s}$; desta maneira a tubulação atende a velocidade estabelecida.

Para se realizar o dimensionamento da perda de carga de recalque utilizou-se o método de comprimentos equivalente de Hazen-Willian, utilizando-se do projeto gráfico para levantamento de conexões e comprimentos de tubulações, assim como para todos os dimensionamentos de perda de carga.

3.8.1.1 Altura manométrica de recalque

$$L_{\text{total}} = L_{\text{real}} + \Sigma L_{\text{eq}}$$

L_{real} = comprimento da tubulação;

L_{eq} = valor atribuído para cada conexão, tabelado (NBR 5626, 1998).

Para este projeto:

$$L_{\text{real}} = 14,64\text{m}$$

$$L_{\text{eq}} = (5 \cdot 0,5) + (4 \cdot 0,2) + 8,2 + 8,2 + 0,7 = 21,9\text{m}$$

$$L_{\text{total}} = 36,54\text{m}$$

$$h_t = J \times L_{\text{total}}$$

h_t = perda de carga total

J = perda de carga unitária

$$L_{\text{total}} = L_{\text{real}} + \Sigma L_{\text{eq}}$$

$$h_t = 0,20 \times 36,54 = 7,31\text{m}$$

Altura manométrica de recalque, de acordo com a equação 8:

$$H_{manrec} = H_{strec} + J_{rec}$$

$$H_{manrec} = 8,75 + 7,31 = 16,06\text{m}$$

A altura manométrica de recalque ficou definida como 16,06 metros.

3.8.2 Dimensionamento da tubulação de sucção.

Definiu-se a tubulação de sucção com diâmetro de 32mm, pois segundo a ABNT NBR 5626, 1998 deve-se usar para tubulação de sucção um diâmetro comercial ligeiramente superior à tubulação de recalque.

$$D = 32\text{mm}$$

$$J = \frac{10,643}{D^{4,87}} \cdot (Q)^{1,85} \quad (C)$$

Q = vazão

D = diâmetro

C = coeficiente de perda de carga, C=140, para tubos de plástico

$$J = \frac{10,643}{0,032^{4,87}} \times \frac{(0,001)^{1,85}}{(140)}$$

$$J = 0,06 \text{ m/m}$$

Velocidade:

$$v = 0,355 \cdot C \cdot D^{0,63} \cdot J^{0,54}$$

$$v = 0,355 \cdot 140 \cdot 0,032^{0,63} \cdot 0,06^{0,54}$$

$v = 1,24 \text{ m/s} \leq 3,0 \text{ m/s}$; desta maneira a tubulação atende a velocidade estabelecida.

3.8.2.1 Altura manométrica de sucção

$$L_{total} = L_{real} + \sum L_{eq}$$

L_{real} = comprimento da tubulação;

L_{eq} = valor atribuído para cada conexão, tabelado (NBR 5626, 1998).

Para este projeto:

$$L_{real} = 5,91m$$

$$L_{eq} = 10 + (6 \cdot 1,10) + 0,2 = 16,80m$$

$$L_{total} = 22,71m$$

$$h_t = J \times L_{total}$$

h_t = perda de carga total

J = perda de carga unitária

$$L_{total} = L_{real} + \sum L_{eq}$$

$$h_t = 0,06 \times 22,71 = 1,37m$$

Altura manométrica de sucção, de acordo com a equação 9:

$$H_{mansuc} = H_{estsuc} + J_{suc}$$

$$H_{mansuc} = 1,60 + 1,37 = 2,97m$$

A altura manométrica de sucção ficou definida como 2,97 metros.

3.8.3 Altura manométrica

Após se ter conhecimento das alturas manométricas de sucção e de recalque dimensionou-se a altura manométrica do sistema de bombeamento, de acordo com a equação 7.

$$H_{man} = H_{manrec} + H_{mansuc}$$

$$H_{man} = 16,06 + 2,97$$

$$H_{man} = 19,03m$$

3.8.4 Potência das moto-bombas

$$P = \frac{Q \times H_{man}}{75 \times R}$$

$$75 \times R$$

P = potência da moto-bomba (L/seg);

H_{man} = altura manométrica (m);

R = rendimento, (adotado 60%);

$$P = \frac{1 \times 19,50}{75 \times 0,60}$$

$$75 \times 0,60$$

$$P = 0,43Cv$$

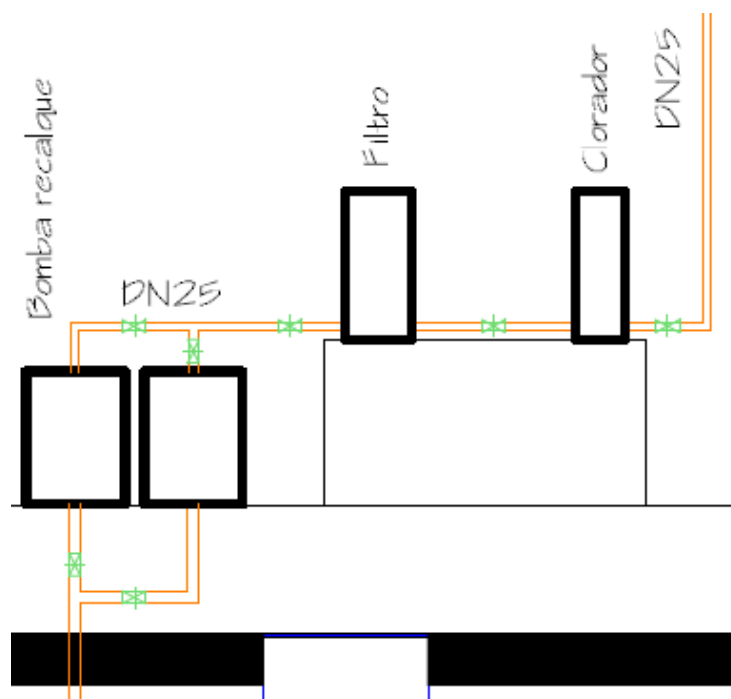
De acordo com a potência encontrada adotou-se como potência das moto-bombas do sistema de reutilização da água da chuva apresentado no presente trabalho 0,50Cv.

3.9 Tratamento da água coletada

É necessário o tratamento da água da chuva para que esta possa ser utilizada em descargas sanitárias, desta maneira conforme Tomaz (2003), adotou-se a utilização de clorador de passagem, para a aplicação de cloro na proporção de 0,5 – 3mg/L de água e para a filtragem da água filtro de carvão ativado com rendimento de 600L/h.

O sistema de tratamento é instalado junto à tubulação de recalque, logo após as moto-bombas, conforme figura 15. Com a finalidade de diminuir a sucção de detritos presentes na água coletada, a entrada da tubulação de sucção está localizada à uma altura mediana da cisterna, onde a água é de maior qualidade.

Figura 15: Equipamentos de tratamento da água da chuva

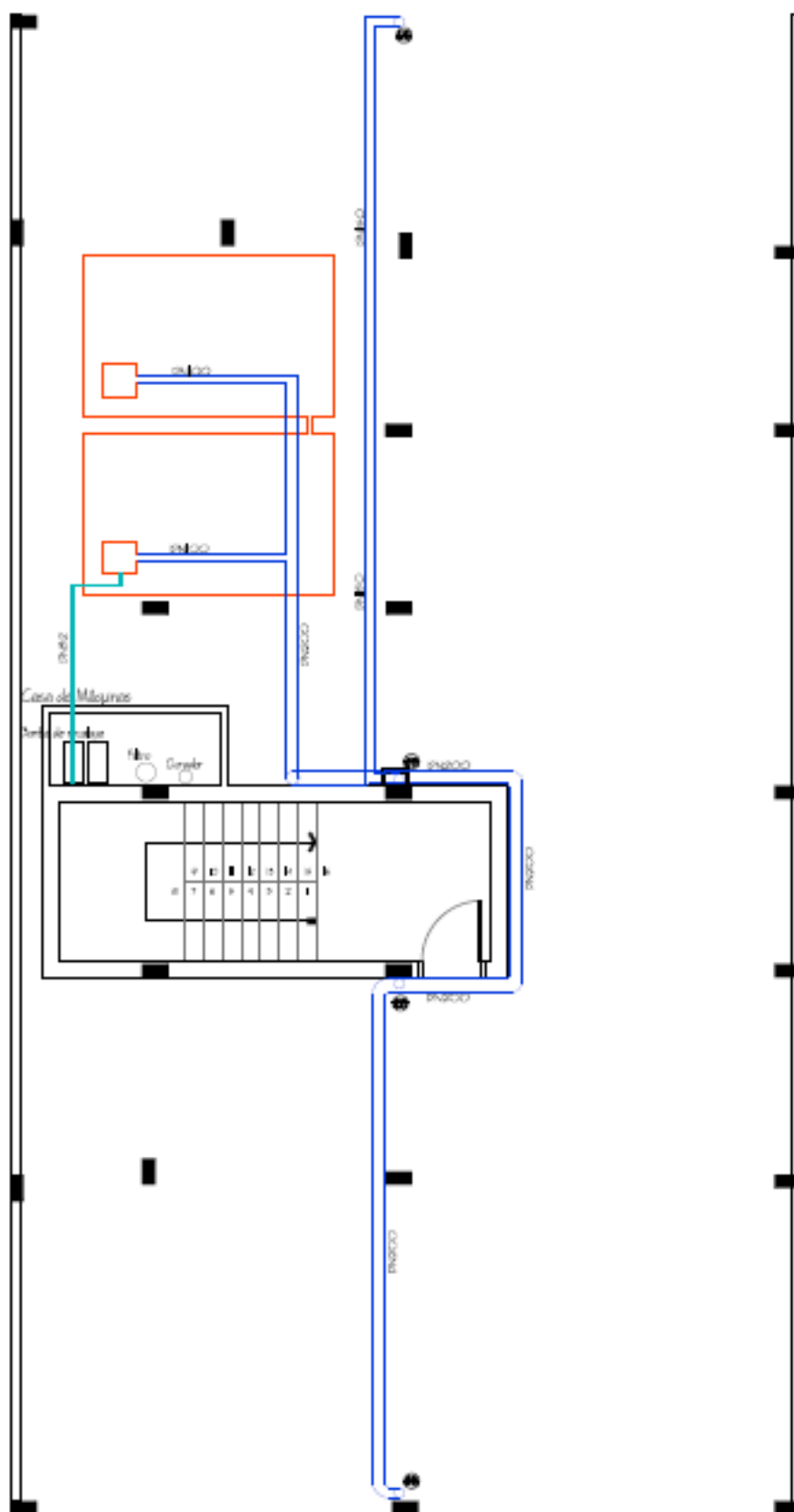


Fonte: Autor

3.10 Definição dos projetos

De acordo com os procedimentos descritos anteriormente realizou-se a graficação dos projetos para a instalação do sistema de coleta, armazenagem, tratamentos e reutilização da água da chuva.

Figura 16: Planta baixa



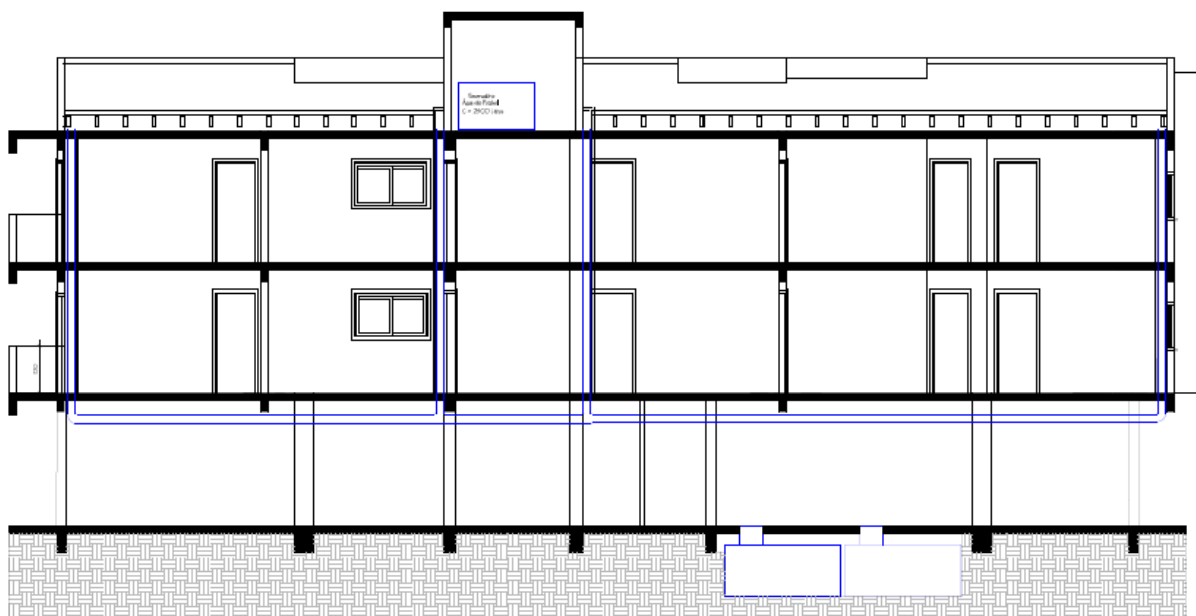
Fonte: Autor

Na figura apresenta-se os tubos de queda com diâmetro de 150mm, a tubulação horizontal com diâmetro de 200mm e 150mm, que é responsável por realizar o transporte da água coletada até os tubos de eliminação de “First Flush” da água da chuva e posteriormente para as cisternas subterrâneas.

Após passar pelo “First Flush” a água é conduzida para as cisternas por meio de uma tubulação de 200mm, as duas cisternas estão interligadas e possuem peneira adequada para a eliminação de detritos não eliminados no processo anterior. Sob as cisternas estão localizadas as tampas de inspeção, para que se tenha acesso às mesmas no caso de eventual manutenção.

Na casa de máquinas tem-se a instalação das moto-bombas de sucção e recalque, clorador e filtro, responsáveis pela condução da água e seu tratamento. Dessa maneira não se tem ocupação de grande espaço físico, apenas a área que diz respeito à casa de máquinas.

Figura 17: Corte tubulação vertical e horizontal

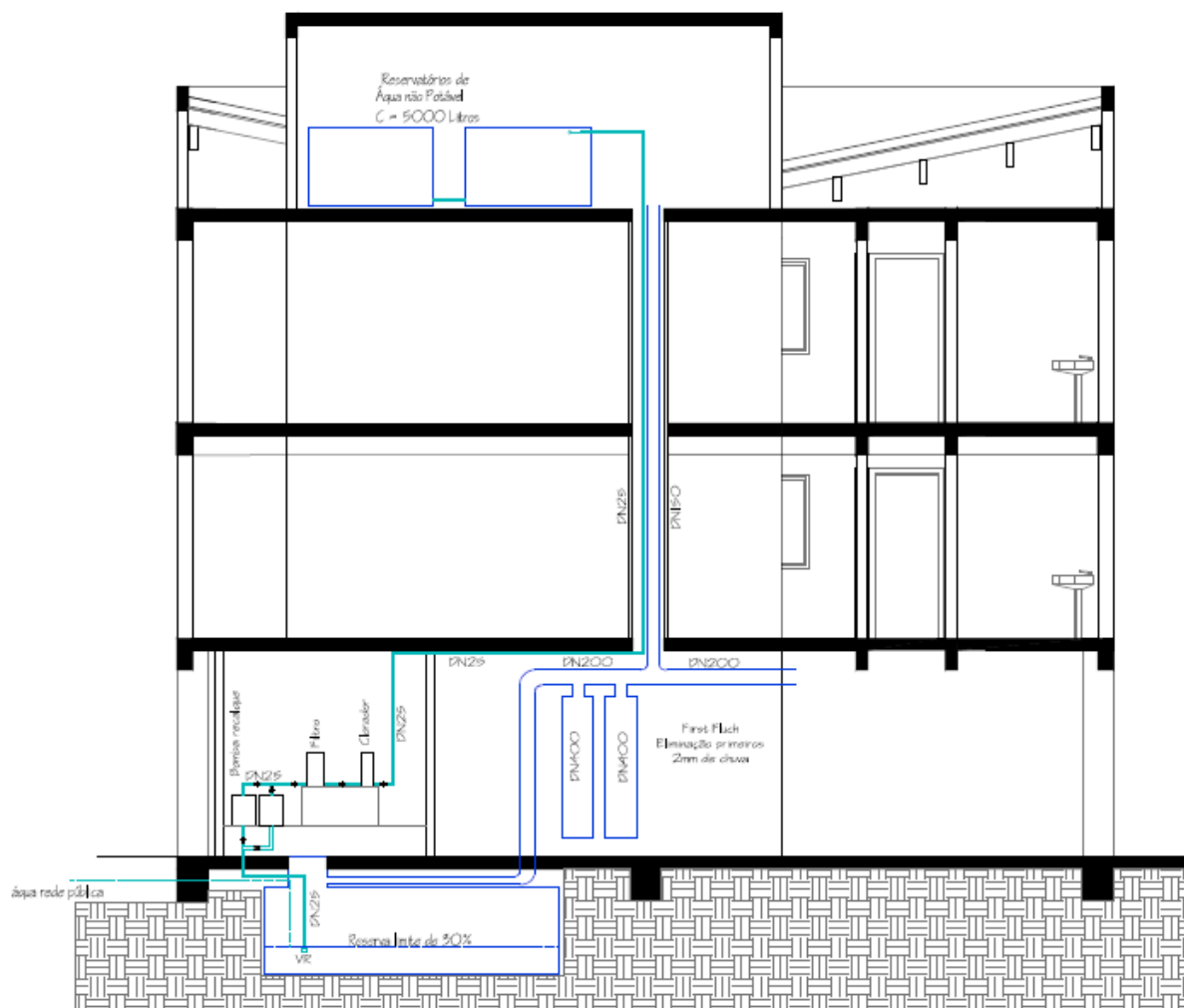


Fonte: Autor

Nesta figura observam-se os tubos verticais que conduzem a água coletada pela calha até a tubulação horizontal. Os tubos verticais ou tubos de queda estão instalados em “shafts” junto à estrutura do prédio.

A tubulação horizontal está localizada suspensa sob a laje do primeiro pavimento, não interferindo a passagem dos veículos na garagem.

Figura 18: Corte sistema de reutilização



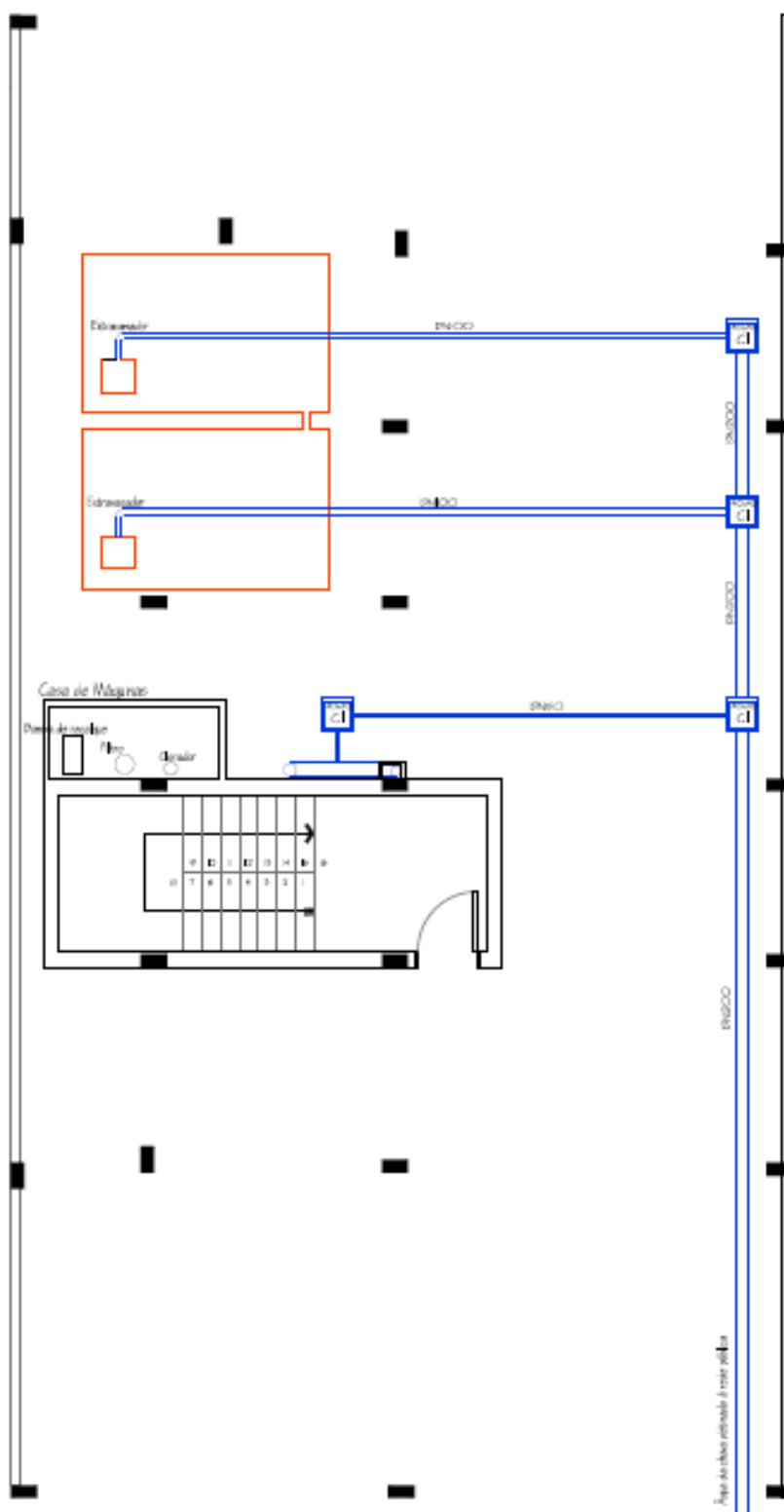
Fonte: Autor

Na figura 18 apresenta-se uma ideia completa do que é o sistema de reaproveitamento da água da chuva, tem-se a presença da tubulação vertical e horizontal e todos os componentes do sistema.

Os tubos que realizam a eliminação da primeira água da chuva, quando cheios, permitem a passagem da água até as cisternas de armazenagem. Esta quando possui nível inferior a 30% da sua capacidade permite o acesso de água potável do sistema público de abastecimento, através do acionamento de uma boia elétrica localizada nesse ponto.

A água presente na cisterna então é conduzida com a força das moto-bombas até o reservatório superior, composto por dois reservatórios de 2500L, passando pelos equipamentos de cloração e filtragem. O acionamento das moto-bombas acontece quando se tem baixa no nível da água presente no reservatório superior. Os reservatórios superiores estão igualmente interligados e não há contato da água da chuva com a água potável, respeitando o que é estipulado pela NBR 15527, 2007.

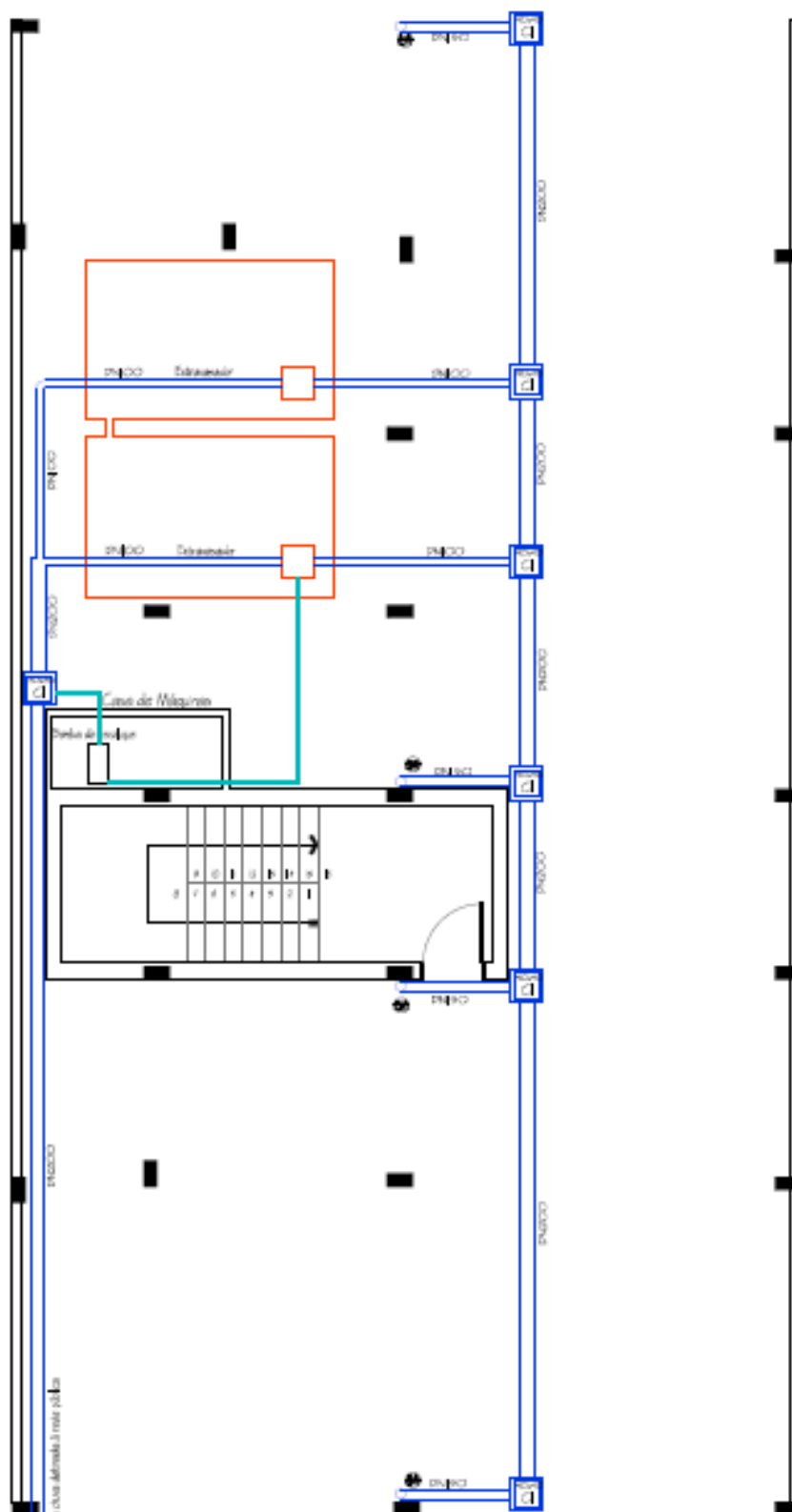
Figura 19: Eliminação do excesso de água



Fonte: Autor.

Quando se tem chuvas com intensidade acima do previsto e os tanques de armazenagem não comportam armazenar toda a água é necessária a eliminação desse excesso de água, destinando a mesma para a rede pluvial pública. Assim também após cada precipitação faz-se necessário o descarte da água presente nos tubos de “First Flush”, para que o processo possa ser repetido adequadamente quando se tenha nova chuva.

Figura 20: Retenção da água da chuva



Fonte: Autor

Considerando-se que este edifício estivesse localizado na cidade de Porto Alegre, em um terreno com área superior à 600m^2 , seria necessário a construção de um sistema de retenção da água da chuva com posterior condução dessa água à rede pública pluvial em uma velocidade mais baixa. Esse método serve de ferramenta para controle de inundações urbanas.

Essa implantação é controlada pelo DEP (Departamento de Esgoto Pluvial), entrou em vigor após a alteração do plano diretor no ano de 2000, tornando obrigatório a retenção da água da chuva em terrenos com área impermeável superior à 600m^2 , edificados ou não.

Desta maneira considerou-se essa prática no presente trabalho, utilizando-se a mesma capacidade de armazenagem do sistema de reutilização. O diâmetro das tubulações é o mesmo utilizado para o sistema de reutilização, a água é retida nas cisternas e é destinada a rede pluvial pública através de uma moto-bomba.

A capacidade de retenção de água da chuva é de 10m^3 , o que permite a retenção de uma precipitação de 42mm.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 Demanda e consumo

Relacionou-se os resultados de acordo com a edificação escolhida para este trabalho, para estipular valores de consumo de água considerou-se o prédio com ocupação máxima de moradores e conforme a situação atual de ocupação. Desta forma definiu-se como ocupação de projeto 40 pessoas, ou seja, 2 pessoas por dormitório e ocupação atual de 16 pessoas, conforme verificado junto ao edifício.

Adotou-se como estimativa de consumo total de água em apartamentos 200litros/pessoa/dia, esse valor foi estipulado de acordo com Ferreira (2014).

A fim de conhecer os valores de consumo diário de água em bacias sanitárias por habitante utilizou-se o método descrito por Tomaz (2003), que descreveu os seguintes parâmetros:

5 descargas/pessoa/dia;

9 litros/descarga;

1,8 – coeficiente de vazamento;

Com base nesses parâmetros de consumo estipulou-se os valores diários e mensais de consumo de água nas bacias sanitárias desta edificação.

Tabela 13: Demanda diária de água para bacias sanitárias

	Demanda (L)	Água da chuva (L)	Demanda água potável (L)
Ocupação total	1944	950	944
Ocupação real	777,6	950	-

Fonte: Autor

Tabela 14: Balanço de mensal de uso da água

	Demanda (m³)	Água coletada (m³)	Eficiência (%)
Ocupação total	52,32	28,51	54,5
Ocupação real	23,32	28,51	100

Fonte: Autor

A tabela 13 apresenta a avaliação da demanda de água necessária para um dia de consumo pelas bacias sanitárias do prédio, comparando com a capacidade média de coleta de água da chuva por dia, sendo assim, de acordo com a situação real de ocupação não há necessidade de utilização de água potável para as descargas.

Da mesma forma a tabela 14 relaciona com o consumo mensal, o sistema de reutilização tem capacidade de coletar 28,51m³ de água da chuva por mês, o que dá uma eficiência de 54,5% de uso de água da chuva nas descargas sanitárias caso se tenha uma ocupação total do prédio. Já de acordo com a ocupação de momento na edificação o sistema permite 100% de uso de água da chuva, inclusive com sobra de volume.

4.2 Economia de água

Para ser possível avaliar a economia de água comparou-se os valores gastos com a utilização de água potável e com a utilização da água da chuva.

Para se conhecer-se o consumo mensal real de água do prédio buscou-se junto com a empresa administradora do condomínio do presente residencial uma conta de água com o volume consumido e as despesas financeiras para tal, desta maneira tem-se a tarifa de R\$3,00 por m³ de água consumida. A água utilizada para consumo no prédio provém da Associação de Água de Teutônia, desta maneira possui valor pagos inferiores se comparados com valores pagos junto a Corsan.

Para fins de dimensionamento quanto à ocupação de projeto adotou-se duas pessoas por dormitório para se estimar o volume de água consumido. Como despesas financeiras utilizou-se a tarifa da Corsan, utilizou-se a tarifa básica, categoria residencial, desta maneira tem-se uma tarifa de R\$4,40 por m³ de água consumida, mais adicional de R\$ 20,83 como taxa de manutenção cobrado pela companhia, esses índices de economia podem ser adotados em outras cidades, que tenham abastecimento de água pela companhia de abastecimento.

Estimou-se a economia financeira de acordo com as seguintes tabelas:

Tabela 15: Economia mensal de acordo com tarifa de associação de água

	Consumo total (m ³)	Consumo água da chuva (m ³)	Uso água potável (m ³)	Custo p/ m ³ (R\$)	Custo total (R\$)	Custo final (R\$)	Economia (R\$)
Ocupação projeto	240	28,5	211,5	3	720	634,5	85,5
Ocupação real	40	23,32	16,68	3	120	50,04	69,96

Fonte: Autor

Tabela 16: Economia mensal de acordo com tarifa corsan

	Consumo total (m³)	Consumo água da chuva (m³)	Uso água potável (m³)	Custo p/ m³ (R\$)	Custo total (R\$)	Custo final (R\$)	Economia (R\$)
Ocupação projeto	240	28,5	211,5	4,4	1076,83	930,6	146,23
Ocupação real	40	23,32	16,68	4,4	196,83	73,392	123,438

Fonte: Autor

De acordo com a tabela 15 tem-se uma economia de projeto de R\$85,50 nas despesas mensais com consumo de água, da mesma maneira economia de R\$69,96 de acordo com a situação de momento do prédio.

A tabela 16 demonstra valores superiores de economia, uma vez que a água potável é adquirida junto a Corsan, assim também permite uma simulação atualizada, pois a grande maioria das cidades gaúchas tem abastecimento de água por esta companhia, demonstrando que reutilização da água a chuva em descargas de bacias sanitárias traz valões significativos de economia, além de ser ferramenta de controle de inundações urbanas e caracteriza-se por ser um sistema sustentável.

4.3 Custo de implantação

Estimou-se o custo de implantação através do levantamento dos materiais utilizados de acordo com os projetos de construção do sistema de captação e reutilização da água da chuva presentes no trabalho. Realizou-se um orçamento de acordo com os valores de mercado de cada componente do sistema, o detalhamento do orçamento é encontrado junto aos anexos. Desta maneira chegou-se aos seguintes valores:

Custo total de implantação do sistema: R\$27.435,00;

Custo do sistema de retenção: R\$ 22.883,00;

Valor adotado: R\$ 4.552,00;

Conforme especificado no trabalho para a cidade de Porto Alegre, por exemplo, tem-se a obrigatoriedade de se realizar um sistema de retenção da água da chuva caso a edificação possua um terreno de área impermeável superior à 600m². Desta maneira adotou-se esse sistema para essa edificação, tomando com exemplo que este prédio fosse construído na cidade de Porto Alegre. Da mesma forma os valores de economia adotados neste trabalho podem ser utilizados, já que Porto Alegre tem abastecimento de água fornecido pela Corsan, atribuindo-se assim os mesmos valores de tarifa.

Uma vez que se tem a necessidade de construção do sistema de retenção da água da chuva, adotou-se a diferença dos dois valores para custo de implantação do sistema de reutilização da água da chuva. O que representa basicamente o tratamento da água e sua condução de maneira que se possa reutilizá-la.

De acordo com os valores financeiros gerados com a reutilização da água da chuva e aplicando-se um processo direto de divisão os valores estimou-se o tempo de retorno do valor aplicado para a implantação do sistema. Nesse processo não se computou os valores de depreciação e manutenção dos materiais que compõem o sistema. O tempo de retorno está de acordo com as seguintes tabelas.

Tabela 17: Tempo de retorno para tarifa de associação de água

	Economia	Retorno (meses)	Retorno (anos)
Ocupação real	69,96	65,06	5,42
Ocupação projeto	85,5	53,24	4,44

Fonte: Autor

Tabela 18: Tempo de retorno para tarifa corsan

	Economia	Retorno (meses)	Retorno (anos)
Ocupação real	123,44	36,88	3,07
Ocupação projeto	146,23	31,13	2,59

Fonte: Autor

Os tempos de retorno são relativamente curtos, o que desta ainda mais a importância da reutilização da água da chuva. Principalmente quando se tem a obrigatoriedade da construção de um sistema e retenção da água da chuva, utilizando essa água para gerar economia e não somente descartá-la.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme o andamento do presente trabalho percebeu-se a importância de uma utilização racional da água, um bem indispensável para o desenvolvimento da humanidade, quando essa mesma depreda a qualidade da água e paga por isso.

A utilização da água da chuva em edifícios é um sistema relativamente simples, realizando-se um estudo adequado e a criação de um projeto, pode-se facilmente implantá-lo em edifícios novos ou até em construções existentes, se essas tiverem espaço físico adequado para a instalação dos equipamentos.

Referente à legislação percebe-se que ainda há uma precariedade em incentivos para a implantação dos sistemas de captação e utilização da água da chuva, algumas cidades brasileiras já aplicaram leis referentes ao tema. Um ponto fundamental que poderia ser discutido é a obtenção de benefícios para as empresas, ou até pessoas físicas, em suas residências, que se proporem a realizar a implantação desse tipo de projeto, não somente quando obrigados a implantá-lo devido à área construída.

A implantação do sistema de utilização da água da chuva se torna um referencial na divulgação de um empreendimento, perante o tema sustentabilidade, que está diariamente em pauta, além de reduzir os custos de manutenção e condomínio da edificação que faz uso desse sistema.

Chegando-se ao final desse trabalho conclui-se que o sistema de reutilização da água da chuva é totalmente viável, com baixo investimento pode se fazer a instalação desse sistema, uma vez que a maioria das grandes cidades prevê a construção de uma bacia de retenção da água da chuva, tornando útil a ideia de reutilizar essa água em vez de simplesmente destiná-la a rede pluvial pública.

O sistema está totalmente de acordo com a sustentabilidade, e agrega valor ao imóvel onde é implantado, de maneira que muitos investidores do ramo da construção civil e consumidores procuram cada vez mais edificações com ideias sustentáveis.

REFERÊNCIAS

3P TECHNIK FILTERSYSTEME GMBH. **Filtros para tubo de queda.** Florianópolis, 2012. Disponível em: <<http://www.agua-de-chuva.com/18-2-Filtros-para-tubo-de-queda.html>>. Acesso em: 25 maio 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626:** Instalação predial de água fria. Rio de Janeiro, 1998. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAe87QAD/nbr-5626>>. Acesso em 25 abr. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10844:** Instalações prediais de água pluviais. Rio de Janeiro, 1989. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAAtDQAJ/nbr-10844>>. Acesso em: 11 abr. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12217:** Projetos de reservatório de distribuição de água para abastecimento público. Rio de Janeiro, 1994. Disponível em: <<https://www.passeidireto.com/arquivo/1908331/nbr-12217---1994---nb-593---projeto-de-reservatorio-de-distribuicao-de-agua-para>>. Acesso em: 11 abr. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527:** Água da chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos. Rio de Janeiro, 2007. Disponível em <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAARNUAA/nbr-15-527>>. Acesso em: 11 Abr. 2015.

BAND. **Prédios de SP terão de captar água da chuva.** Disponível em: <<http://noticias.band.uol.com.br/noticia/?id=318711>>. Acesso em: 15 maio 2015.

BOTELHO, Manoel H. C.; RIBEIRO, Geraldo de Andrade. **Instalações Hidráulicas Prediais:** usando tubos de PVC e PPR. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2006.

CARDOZO, Daniel S.; DINIZ, Gilberto B.; SILVA, João B. **Climatologia das chuvas no Estado do Rio Grande do Sul.** 2011. 7f. Artigo – IV Encontro Sul-Brasileiro de Meteorologia – Faculdade de Meteorologia – Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2011. Disponível em <http://wp.ufpel.edu.br/meteoro/files/2011/05/daniel_souza_cardoso_2.pdf>. Acesso em: 11 abr. 2015.

COLLISCHONN, Walter; DORNELLES, Fernando. **Hidrologia:** para engenharia e ciências ambientais. Porto Alegre: CD.G, 2013.

DUDZEVICH, Airton. Sistema de Aproveitamento de água de chuva. **Revista Técnica.** São Paulo, ed. 148, 2009. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/148/artigo286613-1.aspx>>. Acesso em: 25 abr. 2015.

CORSAN, **Circular 001/15-SUCOM/DC.** Porto Alegre, 2015.

FERREIRA, Antônia D. D. **Habitação autossuficiente:** interligação e integração de sistemas alternativos. Rio de Janeiro: Interciência, 2014.

FUNDAÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO DA EDUCAÇÃO. **Manual de operação e manutenção do sistema de aproveitamento de água de chuva.** São Paulo, 24f., 2015. Disponível em: <http://catalogotecnico.fde.sp.gov.br/meu_site/AP%20Download/Manual_Aproveitamento_chuva.pdf>. Acesso em: 26 abr. 2015.

HARVESTING BRASIL. **Filtros para água da chuva.** Arroio do Meio, 2015. Disponível em: <http://harvesting.com.br/loja/index.php?page=shop.product_details&flypage=shop.flypage&product_id=33&category_id=41&manufacturer_id=0&option=com_virtuemart&Itemid=1>. Acesso em: 10 maio 2015.

HENDGES, Antônio S. **A Crise da Água e o Rio Grande do Sul.** Artigo publicado no portal EcoDebate. Mangaratiba, 2015. Disponível em: <<http://www.ecodebate.com.br/2015/02/24/a-crise-da-agua-e-o-rio-grande-do-sul-artigo-de-antonio-silvio-hendges/>>. Acesso em: 1 maio 2015.

JABUR, Andrea S.; BENETTI, Heloiza P.; SILIPRANDI, Elizangela M. **Aproveitamento da água pluvial para fins não potáveis.** 2011. 13f. Artigo - VII Congresso Nacional de Excelência em Gestão. Niterói, 2011. Disponível em: <http://www.tratamentodeagua.com.br/R10/Lib/Image/art_2035047764_T11_0353_2014.pdf>. Acesso em: 2 maio 2015.

JUNIOR, Hilton R.; KEMERICH, Pedro D. da C.; RIGHER, Afrânio A. Filtro de areia para água da chuva com filtro reverso. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 7, n. 1, p. 083-098, 2010. Disponível em: <<http://www.engwhere.com.br/empreiteiros/filtro-de-areia-para-agua-da-chuva-com-fluxo-reverso.pdf>>. Acesso em: 1 maio 2015.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Ciclo Hidrológico:** Águas Subterrâneas e o Ciclo Hidrológico. Brasília, 2015. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/agua/recursos-hidricos/aguas-subterraneas/ciclo-hidrologico>>. Acesso em: 25 abr. 2015.

OLIVEIRA, Lucia E.; ILHA, Maria S. de O.; GONÇALVES, Orestes M.; YWASHIMA, Laís.; REIS, Ricardo P. A. **Levantamento do estado da arte:** Água. Projeto – Tecnologias para construção mais sustentável. São Paulo, 2007. Disponível em: <<http://www.sindusconsp.com.br/img/meioambiente/15.pdf>>. Acesso em: 25 abr. 2015.

RABOUÇAS, Aldo da C.; BRAGA, Benedito; TUNDISI, José G. **Águas doces no Brasil:** capital ecológico, uso e conservação. 3. ed. São Paulo: Escrituras, 2006.

RUIVO, Elida H. **Casa a prova de falta d'água**. Florianópolis, 2013. Disponível em: <<http://imagemdailha.com.br/noticias/arquitetura-e-decoracao/casa-a-prova-de-falta-dagua.html>>. Acesso em: 20 maio 2015.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis**. São Paulo, 2003.

VASCONCELOS, Leonardo F.; FERREIRA, Osmar M. **Captação de água de chuva para uso domiciliar**: Estudo de caso. 2007. 20f. Artigo – Universidade Católica de Goiás – Departamento de Engenharia – Engenharia Ambiental. Goiânia, 2007.

Disponível em < <http://www.inovemaispr.com.br/desafios/Utilizacao-da-Agua/Arquivo-Apoio/c6803971-2624-4ecb-97c8-37822e1708d4capta%C3%A7%C3%A3o%20da%20%C3%A1gua%20da%20chuva%20para%20uso%20domiciliar.pdf>>. Acesso em: 1 maio 2015.

VIEIRA, Andréa de M.; MENDONÇA, Luciana C. **Aproveitamento da água de chuva, estudo de caso no município de Aracaju-SE**: percepção dos moradores, viabilidade e dimensionamento de reservatórios. 2011. 14f. Artigo – XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Maceió, 2011. Disponível em: <https://www.abrh.org.br/sgcv3/UserFiles/Sumarios/d7cea8119e1e8f9f1ce16ca7ee868040_cc53757e3d6021de9512d4b88a4e7007.pdf>. Acesso em: 7 maio 2015.

ANEXOS

Anexo 1: Histórico de chuvas para cidade de Iajeado

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1939											195,2	117,8	
1940	288,9	91,4	90,2	187,1	194,4	94	219,7	74,6	56,9	238,3	91,9	249,9	1877,3
1941	93,7	155,5	112,7	398	298,2	108,7	139,7	155,3	113,2	100,9	259	95,4	2030,3
1942	58,2	125,1	220,8	53	396,7	157	56,4	41,6	132,6	127,8	33,3	7,3	1409,8
1943	69	47,6	90,2	16,6	228	151,6	153,4	55,0*	125,5	16	29	76	1057,9*
1944	189,7	52,6	119	34,1	28,6	200	27,9	131,6	69,6	164,8	46,8	17,6	1082,3
1945	61,1	43,6	88,8	28,1	35,6	135,7	164,1	97,4	134,2	73,4	114	147,8	1123,8
1946	254,2	203,6	34,6	9,3	110	115,0*	58,7	61	18,7	154,1	79,9	305,3	1404,4*
1947	95,4	139,8	26,9	68,6	154,1	173,7	35,2	104,8	189,3	71,3	18,5	168,7	1246,3
1948	163,1	191,6	150,5	113,2	165,9	98,2	118,6	96,3	127,2	167,9	93,1	0	1485,6
1949	159,7	58,3	165,8	92	42,8	117,3	151,2	94,5	193,6	170,7	23,5	88,6	1358
1950	62,6	134,9	130,8	79,2	147,8	124,5	129,2	120,4	96,3	98,9	108	105,1	1337,7
1951	112,5	135	94,2	107,2	70	141,4	21,1	37,4	182,2	188	261,6	101,2	1451,8
1952	48,3	90,6	34,4	51,3	62,9	349,6	127,8	52,8	99,4	143,2	100,6	140,1	1301
1953	67,1	38,6	107,8	121,2	157,2	200,4	121,4	153,8	246,4	345,9	84,6	68,1	1712,5
1954	246,1	139,3	99,8	73,5	82,8	242,8	258,2	131,8	274,6	183,6	15,3	166,9	1914,7
1955	104,7	106,1	118,6	214,3	165,3	123,6	156	119,6	178,7	112,6	92,6	75,2	1567,3
1956	197,2	198,1	107	231,4	106,2	142,8	83,1	114,9	130,2	206,1	29,4	66,3	1612,7
1957	164,5	68,3	34,3	148,8	82,4	72,4	119,6	104	142,8	148	138,9	159,3	1383,3
1958	158,5	204,9	41,9	70,9	47,8	120,7	60,7	227,8*	84	129,9	132,6	220,5	1500,2*
1959	206,7	244,1	129,9	193,4	74	116,7	13,4	219,9	229,6	68,7	17,1	123,8	1637,3
1960	64,1	106	88,7	100,9	80,4	183,2	159	171,9	129	127,7	51	45,8	1307,7
1961	166,8	125,5	161	136	48,2	98,7	126,8	83	263	186	117	75	1587
1962	31	21	46	96,1	22	36	55,3	77	122,7*	86,2	54	42,3	689,6*
1963	201,8	41	104,2	69,6	84	94	95,6	178,4	161,3	222,5	204,8	26	1483,2
1964	20	95,8	49,8	102,8	0	44,4	109	56,4	91	92	76	130,5	867,7
1965	45,5	40,7	94	72	70	32,2	48,2	302,6	230,8*	170	82,8	126,4	1315,2*
1966	141,6	185,2	204,6	74,8*	0	194,6	213	151	87,4	221	79,6	217,9	1770,7*
1967	168,6	73,4*	158	20	66	94,4	91,6	157,0*	343	104,4	105	101	1482,4*
1968	114,4	82,6	152	91,4	61,8	75,8	102,6	13,5	158,8	141,6	104,8	119,8	1219,1
1969	113,2	334,4	96,8	70,8	126,4	38,2	41,8	96,2	91	29,2	111,8	159,2	1309
1970	100,1	143,8	135,6	57,8	187,6	214,4	189,6	122,6	43	181,2	19,5	175,3	1570,5
1971	194,4	162,2	224,6	120,4	77,2	171,7	92	141,2	35,8	17,8	39	82,2	1358,5
1972	283,6	138	174	159,6	46	228	178,8	277,4	288	149,4	158,2	71	2152
1973	200,8	227,8	60,4	139	105,1	84	190,9	189	154,6	159,8	28	211	1750,4
1974	127,4	116,9	165,7	4,2	114,8	190,8	67,4	80,2	38,8	63,1	146	188	1303,3
1975	106	118,4	120,6	44	106,4	182,7	49	294,4	186	70,6	131,2	91,4	1500,7
1976	122,8	113,2	199,6	111,4	201,6	132,4	137,6	81,4	113,3	150,8	102,5	183	1649,6
1977	149,8	221,2	135,8	115,6	73,8	143,5	219,8	179,8	103,6	52,6	106,2	128,8	1630,5
1978	98,6	50	80,6	10,8	22	91,8	175,2	88	85,8	106	179,2	194,4	1182,4
1979	21,8	57	95,2	138,2	131,4	74,4	91,3	124,2	105,8	241,6	191	225,2*	1497,1*
1980	189	107	135,4*	78,4	161,8	69,6							
Média	133,2	122,7	114,2	100,1	108,2	133,2	116,2	126,5	141,4	137,1	98,8	124,3	1453

Fonte: HidroWeb (2015)

Anexo 2: Precipitação de Lajeado de acordo com tempo de retorno

TR (anos)	2	81,59
	3	95,35
	5	110,67
	10	129,93
	15	140,79
	20	148,40
	25	154,25
	30	159,02
	50	172,30
	100	190,22
	1000	249,41
	10000	308,51
	100000	367,59

Fonte: Autor

Anexo 3: Valores de ajuste estatístico com Porto Alegre

Relações entre Durações - Porto Alegre										
5min/10min	10min/15min	15min/30min	30min/1h	1h/2h	2h/4h	4h/6h	6h/12h	12h/18h	18h/24h	24h/1d
0,625	0,796	0,731	0,793	0,839	0,867	0,929	0,889	0,937	0,956	1,130

Fonte: Autor

Anexo 4: Intensidade pluviométrica estimada

TABELA IDF LAJEADO (INTENSIDADE EM mm/h)		Duração (min)		
TR (anos)		5	10	15
	2	171,62	137,23	114,99
	3	200,56	160,38	134,38
	5	232,79	186,15	155,98
	10	273,29	218,54	183,12
	15	296,14	236,81	198,43
	20	312,14	249,60	209,15
	25	324,46	259,46	217,40
	30	334,49	267,48	224,12
	50	362,43	289,82	242,84
	100	400,11	319,95	268,09
	1000	524,62	419,52	351,52
	10000	648,92	518,91	434,80
	100000	773,19	618,29	518,07

Fonte: Autor

Anexo 5: Orçamento total de instalação do sistema de reutilização da água da chuva

Material	um	Quantidade	Valor unitário	Valor total
Captação				
Calha coletora 200mm	m	26,70	34,5	921,15
Tubo PVC 100mm	m	18,20	8,25	150,15
Tubo PVC 150mm	m	35,75	22	786,5
Tubo PVC 200mm	m	67,45	42	2832,9
Tubo PVC 400mm	m	3,64	90,35	328,874
CAP 400mm	pç	4,00	128,35	513,4
Curva 90° 200mm	pç	2,00	91,8	183,6
Joelho 200mm	pç	5,00	25,25	126,25
redução 200x150	pç	5,00	11,05	55,25
TEE 200	pç	3,00	32,45	97,35
Joelho 150mm	pç	3,00	26	78
Redução 150x100	pç	2,00	14,5	29
TEE 150mm	pç	3,00	30	90
Curva 100mm	pç	2,00	12	24
Caixa inspeção	pç	4,00	150	600
Armazenagem				
Cisterna 5000L	um	2,00	8745	17490
Reservatório 2500L	um	2,00	855	1710
Tubo PVC 25mm	m	17,00	2,5	42,5
Joelho 25mm	um	2,00	0,7	1,4
Chave bóia inferior	um	1,00	123	123
Registro de pressão 3/4"	um	1,00	17	17
Bombeamento				
Bomba recalque 0,5CV	um	2,00	220	440
Válvula de retenção 1"	um	1,00	14,5	14,5
Registro gaveta 3/4"	um	3,00	14,5	43,5
Registro c/ união 25mm	um	2,00	21	42
Registro c/ união 32mm	um	2,00	25	50
Chave bóia superior	um	1,00	123	123
Tubo PVC 25mm	m	14,65	2,5	36,625
Tubo PVC 32mm	m	5,25	4,5	23,625
Joelho 90° 25mm	um	5,00	0,7	3,5
Joelho 90° 32mm	um	5,00	1,95	9,75
TEE 32mm	um	1,00	2,8	2,8
TEE 25mm	um	1,00	1,15	1,15

Tratamento				
Filtro de carvão ativado	um	1,00	245	245
Clorador de passagem	um	1,00	200	200
Total				27435,774

Fonte: Autor

Anexo 6: Orçamento sistema de retenção da água chuva

Material	um	Quantidade	Valor unitário	Valor total
Captação				
Calha coletora 200mm	m	26,70	34,5	921,15
Tubo PVC 100mm	m	34,65	8,25	285,8625
Tubo PVC 150mm	m	41,10	22	904,2
Tubo PVC 200mm	m	34,43	42	1446,06
redução 200x150	pç	2,00	11,05	22,1
TEE 200	pç	1,00	32,45	32,45
Joelho 150mm	pç	4,00	26	104
Redução 150x100	pç	2,00	14,5	29
Curva 100mm	pç	1,00	12	12
Caixa inspeção	pç	7,00	150	1050
Armazenagem				
Cisterna 5000L	um	2,00	8745	17490
Chave bóia superior	um	1,00	123	123
Bombeamento				
Bomba recalque 0,5CV	um	1,00	220	220
Válvula de retenção 1"	um	1,00	14,5	14,5
Registro c/ união 32mm	um	2,00	25	50
Chave bóia superior	um	1,00	123	123
Tubo PVC 32mm	m	9,20	4,5	41,4
Joelho 90° 32mm	um	7,00	1,95	13,65
Total				22882,3725

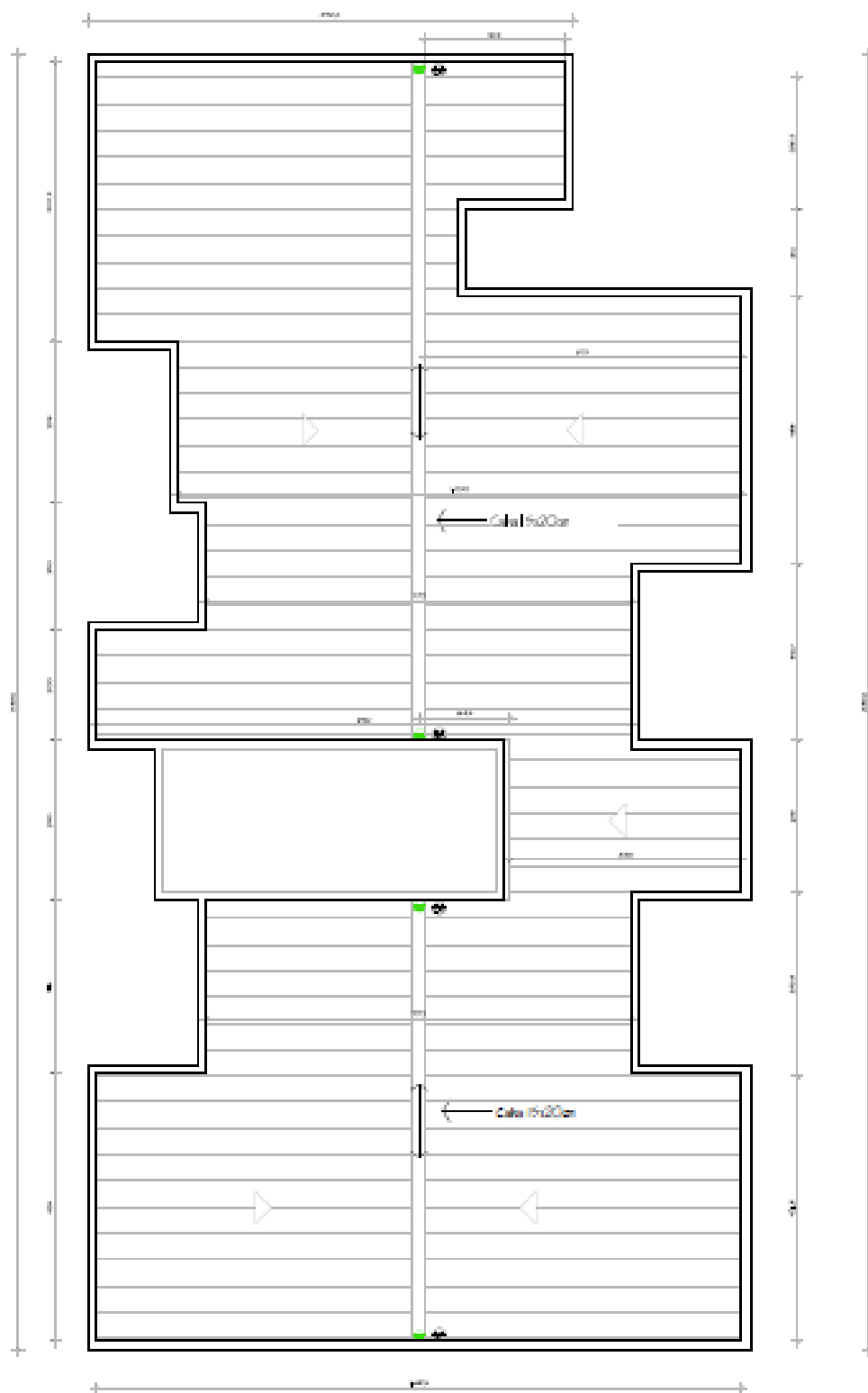
Fonte: Autor

Anexo 7: Corte de planta, posicionamento da calha.



Fonte: Autor

Anexo 8: Planta de cobertura



Fonte: Autor

Anexo 9: Tarifa cobrada pela Corsan

Tarifa	Categoria	Preço Base	Serviço Básico	Tarifa mínima Sem Hidrômetro
Social	Bica pública	2,11	8,35	29,45
	Resid. A e A1	1,78	8,35	26,15
	m³ excedente	4,40	-	-
Básica	Resid. B	4,40	20,83	64,83
Empresarial	Comercial C1	4,40	20,83	64,83
	m³ excedente	5,00	-	-
	Comercial	5,00	37,17	137,17
	Pública	5,00	74,24	174,24
	Industrial	5,68	74,24	262,94

Fonte: Corsan, 2015