



UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA
ARTHUR ALMEIDA LUCCHESI

**APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL PARA LAVAGEM DE VEÍCULOS DE
UMA EMPRESA DE TRANSPORTE PÚBLICO**

Florianópolis

2020

ARTHUR ALMEIDA LUCCHESI

**APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL PARA LAVAGEM DE VEÍCULOS DE
UMA EMPRESA DE TRANSPORTE PÚBLICO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Ambiental Sanitária da Universidade do Sul de Santa Catarina como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Ambiental e Sanitarista.

Orientadora: Profa. Silene Rebelo, Ms.

Florianópolis

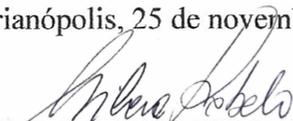
2020

ARTHUR ALMEIDA LUCCHESI

APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL PARA LAVAGEM DE VEÍCULOS DE
UMA EMPRESA DE TRANSPORTE PÚBLICO

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado à obtenção do título de Engenheiro Ambiental e Sanitarista e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade do Sul de Santa Catarina.

Florianópolis, 25 de novembro de 2020.



Professora e orientadora Silene Rebelo, Ms.

Universidade do Sul de Santa Catarina

Assinado de forma digital por JOSE

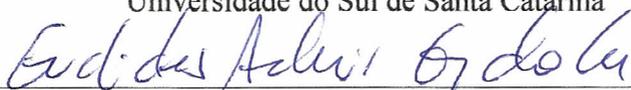
GABRIEL DA SILVA:82440808920

Dados: 2020.11.30 14:53:55 -03'00

Criado por: AC VALID RFB v5 - e-CPF
Secretaria da Receita Federal do Brasil - RFB

Prof. José Gabriel da Silva, Ms.

Universidade do Sul de Santa Catarina



Eng. Sanitarista e Ambiental Euclides Ademir Espindola

Alves Espindola Engenharia e Consultoria

Dedico este trabalho aos meus pais, Andrea Lucchese e Milton Lucchese, os meus maiores motivos de orgulho na vida.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço aos meus pais Milton Lucchese e Andrea Lucchese, por todos os princípios que foram me passando sem medir esforços, não existem palavras que possam demonstrar meu amor por vocês, sempre serão meu maior motivo de orgulho. Além de todo incentivo e apoio para eu realizar este curso.

À minha irmã Fernanda Lucchese e irmão Igor Lucchese, por compartilhar desde sempre momentos especiais na vida.

À minha família, por sempre estarem do meu lado me apoiando e incentivando, sendo meu porto seguro.

Aos meus amigos que sempre estiveram dispostos a me ajudar, e proporcionar os momentos que serviram para dispersar os estresses do dia a dia.

Deixo um agradecimento em especial para minha orientadora e professora Silene Rebelo, por toda a dedicação em ajudar, sendo essencial para este trabalho.

A todos colegas de curso que compartilharam essa caminhada comigo.

A todos os professores do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Unisul, por todo o conhecimento ensinado.

Agradeço a todos, que de alguma forma participaram e viveram essa caminhada comigo, muito obrigado!

“Só existem dois dias no ano que nada pode ser feito. Um se chama ontem e o outro se chama amanhã, portanto hoje é o dia certo para amar, acreditar, fazer e principalmente viver”
(Dalai Lama).

RESUMO

A escassez da água é um assunto cada vez mais presente no decorrer dos anos, devido à falta de conscientização quanto ao uso e o crescimento constante da demanda. A água é um recurso finito e essencial para a vida. Diante dessa situação tornam-se cada vez mais viáveis alternativas que tendam substituir o uso de água potável, para uso menos nobre. Dentre estas alternativas destaca-se o aproveitamento de água da chuva, por se tratar de uma solução sustentável e comumente composto por sistemas simples e baratos. O objetivo central deste trabalho foi avaliar a possibilidade de implantação de um sistema de aproveitamento de água da chuva, visando o uso da água não potável para a lavação da frota de veículos de uma empresa de transporte público. A escolha do uso da água da chuva para a lavação dos ônibus se justifica por ser a atividade que demanda o maior volume de água da empresa e ter características de uso que possibilita a substituição por água não potável. A partir dos dados pluviométricos do município de Florianópolis disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), foi realizado a quantificação do potencial pluviométrico da área de estudo. A escolha da área de captação foi os 3089,53 m² de telhado presente na cobertura do setor de manutenção, por apresentar a maior área de captação e, conseqüentemente, o maior potencial de captação. A partir desses dados calculou-se o volume captável da empresa para cada mês. Foi calculado a demanda mensal de água do setor de lavação, totalizado em 750 m³. A partir destes dados, foi realizado o comparativo entre o volume captável e a demanda da empresa para identificar o volume ideal a ser substituído por água da chuva. Logo, verificou-se que tal demanda não seria atendida em nenhum mês, mas foi identificado o potencial de suprir 400m³ da demanda. Assim, foi proposto um sistema de aproveitamento de água da chuva com capacidade de suprir tal volume. A descrição do sistema foi desenvolvida respeitando o que dispõe a Norma Brasileira (NBR) 15527/2019 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), que aborda sobre aproveitamento de água da chuva. Foi realizado o dimensionamento das calhas e condutores. Indicado os processos para entregar a água com a qualidade exigida de uso. Em seguida foi calculado o volume de reservação a partir das metodologias proposta pela NBR, encontrando um sistema de reservação de 350m³. Depois foi feito a análise de economia considerando o uso de água potável para a lavação. Apesar do estudo não ter considerado os valores de investimento para implantação, operação e manutenção do sistema, é possível concluir que o sistema traz benefícios ambientais e econômicos.

Palavras-chave: Aproveitamento de água da chuva. Lavagem de ônibus. Sustentabilidade.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Sistema tradicional de aproveitamento de água da chuva.....	22
Figura 2 – Demonstração ilustrativa do sistema de fluxo total	23
Figura 3 – Demonstração ilustrativa do sistema com derivação	23
Figura 4 – Demonstração ilustrativa do sistema com volume adicional de retenção.....	24
Figura 5 – Demonstração ilustrativa do sistema com infiltração no solo.....	24
Figura 6 – Demonstração ilustrativa de calha e condutor	25
Figura 7 – Ábaco disposto na NBR 10884/1989 para determinar diâmetro do condutor vertical para calha com saída em aresta viva.....	27
Figura 8 – Ábaco disposto na NBR 10884/1989 para determinar diâmetro do condutor vertical para calha com funil de saída	28
Figura 9 – Exemplo de grade para evitar a entrada de folhas no sistema de aproveitamento de água da chuva	31
Figura 10 – Dispositivos de <i>first flush</i> por bola	32
Figura 11 – Imagem ilustrativa do setor de manutenção da empresa.....	44
Figura 12 – Imagem ilustrativa do setor de lavação dos ônibus.....	44
Figura 13 – Imagem ilustrativa da divisão de áreas da cobertura do setor de manutenção.....	48

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Média mensal de precipitação total no intervalo de 2008 até 2018	46
Gráfico 2 – Comparativo demanda total e adotado com o volume captável.....	50

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Disponibilidade hídrica dos estados do Brasil	17
Quadro 2 - Parâmetros para uso mais restritos para água não potável disposto pela norma NBR 15527	30
Quadro 3 - Frequência de manutenção a ser realizado no sistema de aproveitamento de água disposto na norma NBR 15527.....	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Indicação da norma NBR 10844 para o período de retorno conforme as características da área a ser drenada	21
Tabela 2 – Definição da norma NBR 10844 para intensidade pluviométrica	21
Tabela 3 – Definição da norma NBR 10844 para o coeficiente de rugosidade.....	26
Tabela 4 – Dimensionamento dos condutores horizontais conforme norma NBR 10844	28
Tabela 5 – Valores coeficiente médio de runoff.....	33
Tabela 6 – Precipitação total mensal de 2008 até 2018 interpretados a partir do banco de dados dispostos no INMET.....	45
Tabela 7 – Estimativa do potencial de volume da água da chuva captado mensalmente.....	49
Tabela 8 – Cálculo da vazão 1 de projeto referente as áreas 1 e 2	51
Tabela 9 – Cálculo da vazão 2 de projeto referente a área 3	51
Tabela 10 – Dimensionamento das calhas referente as áreas 1 e 2	52
Tabela 11 – Dimensionamento das calhas referente a área 3	53
Tabela 12 – Capacidade de descarga dos condutores de 150 e 200 mm	54
Tabela 13 – Volume de reservação calculado conforme o método de Rippl	55
Tabela 14 – Volume de reservação calculado conforme o método da simulação.....	56
Tabela 15 – Volume de reservação calculado conforme o método Azevedo Neto.....	56
Tabela 16 – Volume de reservação calculado conforme o método prático alemão	57
Tabela 17 – Volume de reservação calculado conforme o método prático inglês	57
Tabela 18 – Volume de reservação calculado conforme o método prático australiano	58
Tabela 19 – Valores da parte operativa do setor de lavação	60
Tabela 20 – Valores do sistema de aproveitamento de água da chuva.....	60
Tabela 21 – Valores caso implantação do sistema de aproveitamento de água	61

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
2	OBJETIVOS	16
2.1	OBJETIVOS GERAIS.....	16
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	17
3.1	DISPONIBILIDADE DA ÁGUA.....	17
3.2	REUSO DA ÁGUA X APROVEITAMENTO DE ÁGUA	18
3.2.1	Aproveitamento da água pluvial.....	19
3.2.2	Aproveitamento da água não potável.....	20
3.3	CARACTERIZAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO.....	20
3.3.1	Precipitação em Florianópolis.....	21
3.4	COMPONENTES DE UM SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA.....	21
3.4.1	Área de captação	25
3.4.2	Calhas e condutores	25
3.4.2.1	Critério de Frutuoso Dantas.....	29
3.4.3	Tratamento da água da chuva	30
3.4.3.1	Remoção de materiais grosseiros	30
3.4.3.2	Descarte da água de escoamento inicial ou <i>First Flush</i>	31
3.4.3.3	Desinfecção	32
3.4.4	Reservatório.....	33
3.4.4.1	Coeficiente de <i>Runoff</i>	33
3.4.4.2	Dimensionamento do reservatório.....	33
3.4.4.2.1	<i>Método de Rippl</i>	34
3.4.4.2.2	<i>Método da Simulação</i>	34
3.4.4.2.3	<i>Método Azevedo Neto</i>	35
3.4.4.2.4	<i>Método prático alemão</i>	35
3.4.4.2.5	<i>Método prático inglês</i>	36
3.4.4.2.6	<i>Método prático australiano</i>	36
3.4.5	Manutenção do sistema.....	37
4	MATERIAIS E METODOS	39
4.1	ÁREA DE ESTUDO.....	39

4.2	POTÊNÇIAL PLUVIOMÉTRICO DE FLORIANÓPOLIS	39
4.3	PREVISÃO DE CONSUMO PLUVIOMÉTRICO	39
4.4	ÁREA DE CAPTAÇÃO.....	40
4.5	POTENCIAL DE CAPTAÇÃO PLUVIOMETRICO.....	40
4.6	POTENCIAL X CONSUMO	40
4.7	CALHAS E CONDUTORES VERTICAIS E HORIZONTAIS	41
4.8	VOLUME DO RESERVATORIO	41
4.9	TRATAMENTO PARA O USO DA ÁGUA	41
4.10	ANÁLISE DE ECONOMIA.....	41
5	RESULTADOS	43
5.1	ÁREA DE ESTUDO.....	43
5.1.1	Atividades realizadas na garagem	43
5.1.2	Atividades realizadas no setor de manutenção.....	43
5.1.3	Atividades realizadas no setor de lavação.....	44
5.1.4	Área de captação	45
5.2	POTÊNÇIAL PLUVIOMÉTRICO DE FLORIANÓPOLIS	45
5.3	PREVISÃO DE CONSUMO PLUVIOMÉTRICO	47
5.4	ÁREA DE CAPTAÇÃO.....	47
5.5	POTENCIAL DE CAPTAÇÃO PLUVIOMETRICO.....	48
5.6	POTENCIAL X CONSUMO	49
5.7	CALHAS E CONDUTORES	50
5.7.1	Vazão do projeto.....	51
5.7.2	Calhas	51
5.7.3	Condutores verticais e horizontais.....	53
5.8	VOLUME DO RESERVATORIO	54
5.8.1	Método de Rippl	55
5.8.2	Método da simulação	55
5.8.3	Método Azevedo Neto	56
5.8.4	Método prático alemão	57
5.8.5	Método prático inglês.....	57
5.8.6	Método prático australiano	57
5.8.7	Volume adotado para o reservatório.....	58
5.9	TRATAMENTO PARA O USO DA ÁGUA	58
5.9.1	Remoção de materiais grosseiros	59

5.9.2	Volume de descarte	59
5.9.3	Desinfecção.....	59
5.10	ANÁLISE DE ECONOMIA.....	60
5.11	DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA	61
6	CONCLUSÃO.....	63
6.1	RECOMENDAÇÕES PARA FUTUROS TRABALHOS	64
	REFERÊNCIAS	65
	APÊNDICES.....	67
	APÊNDICE A – Título	68

1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso finito e essencial para manutenção da sobrevivência dos seres vivos. A escassez da água é um assunto cada vez mais presente ao decorrer dos anos. A falta de conscientização quanto ao uso da água e o crescimento da demanda são fatores que contribuem para intensificar a escassez de água potável nas regiões.

Segundo a Agência Nacional das Águas (ANA, 2020), o Brasil possui relativamente boa quantidade de água. Mas a distribuição natural é desequilibrada. A região Norte, por exemplo, representa 5% da população brasileira e tem concentrado aproximadamente 80% dos recursos hídricos naturais do país. Já as regiões litorâneas, que apresentam o total de 45% da concentração populacional, têm menos de 3% destes recursos.

A escassez de água potável nas regiões é provocada pela falta de equilíbrio entre a distribuição demográfica, industrial, agrícola e a concentração de água. O entendimento da importância da água, em valores econômicos e ambientais, é relevante para conter a escassez dos recursos hídricos. Junto com incentivos do governo, é necessário a conscientização para o problema, introduzindo mudanças de hábitos da população quanto ao uso racional da água (TOMAZ, 2010).

Diante dessa situação, tornam-se cada vez mais viáveis alternativas que tendem substituir o uso de água potável, para uso menos nobres, como lavar carros e calçadas, por água não potável. Ao substituir a água potável pela água da chuva, são apontados diversos benefícios, como a conservação da água.

Sistemas de aproveitamento de água da chuva para uso não potável são utilizados em diversos países a anos. Tal tecnologia vem crescendo e incentivando a conservação da água. Além da economia da água potável, proporciona a solução de problemas característico da urbanização, evitando a destinação da água para superfícies impermeáveis, contribuindo para a prevenção de enchentes (TOMAZ, 2010).

O aproveitamento de água da chuva é uma técnica cada vez mais comum na realidade atual. Por se tratar de uma tecnologia em crescente, proporciona maiores informações quanto aos benefícios e embasamento para aplicação. Além de tratar de uma tecnologia sustentável, trazendo uma imagem positiva para quem adotar essa medida, seja em um empreendimento, ou em políticas de incentivo.

Como exemplo de incentivo, o município de Florianópolis, dispôs a Lei complementar nº 561/2016, onde foi acrescido ao art. 25 da lei complementar nº60/2000, que trata sobre o código de obras e edificações de Florianópolis, o inciso VI:

“VI - para construções unifamiliares, multifamiliares, residenciais ou comerciais ou de uso misto, acima de duzentos metros quadrados, sistema de captação, armazenamento e utilização de águas pluviais, submetendo-se a tratamento sanitário com o fim de torná-las próprias para a reutilização em atividades que não exijam sua potabilidade, tais como, rega de jardins e hortas, lavagens de roupas, veículos, vidros, calçadas e pisos.”

O manejo racional da água, com as ferramentas e tecnologias ideais, contribuirá com a conservação da água. Através dos estudos a sociedade vem demonstrando a crescente determinação por soluções sustentáveis, que beneficiam a economia e os valores ao meio ambiente.

Diante disso, o presente trabalho visou a realização de um estudo de uma proposta de aproveitamento de água pluvial no processo de lavagem de automóveis de uma empresa de transporte público municipal.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVOS GERAIS

Avaliar a implantação de um sistema de aproveitamento de água da chuva, visando o uso da água não potável para a lavação da frota de veículos de uma empresa de transporte público.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar o potencial pluviométrico de Florianópolis-SC;
- Identificar o potencial pluviométrico captável da empresa com vistas a propor um sistema para o aproveitamento de água da chuva na lavação de veículos
- Propor um sistema de aproveitamento de água pluvial para lavação da frota da empresa analisada;
- Avaliar a economia de água potável após possível implantação do sistema.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 DISPONIBILIDADE DA ÁGUA

A água é um recurso finito e de extrema importância para vida. É fundamental a sua disponibilidade para questões sociais, ambientais e econômicas. Apesar de ocupar aproximadamente 75% da superfície da terra e causar impressões de abundância, é preciso considerar diversos fatores quando relacionado a disponibilidade de recursos hídricos (LIBÂNO, 2010).

De toda água existente no planeta terra apenas 2,5 % é água doce, sendo que deste percentual 68,9% encontra-se no estado sólido, ou seja, congelada nos polos. Restando 29,9% de águas subterrâneas e apenas 0,26% distribuído em lagos, rios e reservatórios, o restante da água doce está presente na biomassa e em forma de vapor na atmosfera (TOMAZ, 2010)

Ainda que tecnologias de dessalinização para potabilização de água salgada tendam a crescer, juntamente com a água doce congelada, tais tecnologias ainda são inviáveis quando relacionadas ao abastecimento de água. Dos percentuais apresentados com relação as principais fontes para o abastecimento de água, a principal fonte são os cursos de água superficiais, sendo que estes correspondem a apenas 0,3% do volume total de água do planeta terra (LIBÂNO, 2010)

Quanto ao cenário brasileiro, embora considerado um país com boa disponibilidade hídrica se comparado a outros países, este apresenta desigualdade na distribuição no que diz respeito a regiões mais populosas. Mais de 90% da população concentram-se em quatro regiões que correspondem a 27% do potencial hídrico do país. A disponibilidade do volume de água por habitante/dia para cada estado é representada no Quadro 1 (LIBÂNO, 2010)

Quadro 1 – Disponibilidade hídrica dos estados do Brasil.

(continua)

Situação	Estado
Abundância > 20000 m ³ /hab.ano	Roraima
	Amazonas
	Amapá
	Acre
	Mato grosso
	Pará
	Tocantins

(conclusão)

Situação	Estado
Abundância > 20000 m ³ /hab.ano	Rondônia Goiás Mato grosso do sul Rio Grande do Sul
Muito Rico > 10000 m ³ /hab.ano	Maranhão Santa Catarina Paraná Minas Gerais
Rico > 5000 m ³ /hab.ano	Piauí Espírito Santo
Situação correta > 2500 m ³ /hab.ano	Bahia São Paulo
Pobre < 2500 m ³ /hab.ano	Ceará Rio de Janeiro Rio Grande do Norte Distrito Federal Alagoas Sergipe
Situação crítica < 1500 m ³ /hab.ano	Paraíba Pernambuco

Fonte: LIBÂNO, 2010

É possível observar que os estados da região norte têm grande potencial hídrico, mas são estados com baixa densidade populacional, comparado aos demais. Nas regiões com maior urbanização e mais população, como o sudeste, é preciso incluir os problemas relacionados a contaminação dos recursos hídrico, proveniente de atividade industrial, insumos agrícolas, poluentes e despejos urbanos. Sendo assim é possível indicar que o país sofre com desequilíbrio entre oferta e necessidade (TOMAZ, 2010)

3.2 REUSO DA ÁGUA X APROVEITAMENTO DE ÁGUA

Devido ao crescimento constante da população, as áreas com escassez hídrica se tornam mais comuns, principalmente em centros urbanos próximos a costa. Entre os motivos que justificam a procura de novas alternativas para a inserção de sistemas de reuso da água, está a pouca disponibilidade de água doce ou potável e ser uma alternativa sustentável (ambientalmente, socialmente e economicamente). Outra justificava relaciona-se as características locais, como o custo de lançamento de efluente, custo da água potável e proteção ao meio ambiente. Assim, torna-se cada vez mais comum a utilização de água de reuso. O uso

desta pode ser dividido em duas categorias: não potável e potável. O uso da categoria não potável é, na grande maioria, destinado a atividade agrícola, industrial, municipal e recreativa ambiental (ABES, 2015)

A tecnologia de reuso pode ser considerada uma forma de reaproveitamento de água com processos mais simples, com ou sem tratamento, como exemplo a circulação de enxague em máquinas de lavar roupa, até um processo de tratamento que exige a remoção de altos nível de poluentes dependendo da característica de uso (MORELLI, 2005)

Além da aplicação de processos complexos para tratar água oriunda de atividades mais contaminantes, encontra-se uma alternativa mais simples para diminuir o uso de água de origem nobre (rios, poços) nestes empreendimentos, como o planejamento para a captação da água da chuva (LEAL, 2016)

Por fim, percebe-se que diversas literaturas tratam a água da chuva como uma água contaminada, pelo fato de a água ser um “solvente universal”, limpando telhados e pisos, carregando diversas impurezas dissolvidas. Assim, é possível interpretar o aproveitamento de água da chuva como uma vertente do reuso de água. Mas por tratar de uma água que ainda não teve interferência humana, como exemplo uso higiênico ou industrial, o presente trabalho trata o aproveitamento de água da chuva e o reuso de água como termos diferentes a fim de solucionar os mesmos problemas, sendo o mais relevante a escassez hídrica.

3.2.1 Aproveitamento da água pluvial

O aproveitamento de água surge como vertente para colaborar com o desenvolvimento sustentável dos recursos hídricos, a fim de solucionar a escassez destes. A aplicação de sistemas de aproveitamento de água proporciona a redução de problemas relacionados a centros urbanos, como a redução do escoamento superficial e diminuição da carga drenada para sistema de coleta pluvial, prevenindo risco de inundações, além de proporcionar a conservação de recursos hídricos mais nobres. Mas é necessário que sejam bem elaborados para proporcionar um funcionamento eficiente. (PETTERS, 2006 apud LAGE, 2010).

Segundo a Norma Brasileira (NBR) 15527/2019 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) a água da chuva é “a água resultante da precipitação atmosférica em cobertura, telhados, onde não haja circulação de pessoas, animais ou veículos”.

Conforme Tomaz (2010):

O aproveitamento da água de chuva é usado sempre como água não potável, usado para rega de jardim, limpeza de pátios, descargas em bacias sanitárias, lavagem de veículos, usos industriais, uso em reservatórios de incêndios e outros usos que não requeiram água potável. Existe uma maneira de estimar o consumo de água potável residencial usando parâmetros de engenharia. A grande dificuldade de se aplicar os parâmetros de engenharia é o grande volume de informações necessárias e nem sempre disponíveis.

3.2.2 Aproveitamento da água não potável

Segundo a Norma Brasileira (NBR) 15527/2019 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é considerado água não potável a que não atende a Portaria de consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017 do Ministério da Saúde (ABNT, 2019).

NBR 15527 (ABNT, 2019) dispõe os requisitos para o aproveitamento de água da chuva de coberturas em áreas urbanas que se aplica a usos não potáveis. Estas águas, após tratamento adequado podem ser utilizadas, por exemplo, em descargas de bacias sanitárias, na irrigação de gramados e plantas ornamentais, na lavagem de veículos, na limpeza de calçadas e ruas, na limpeza de pátios, em espelhos d'água e em usos industriais.

Para tal norma deve ser observada uma série de referências normativas que são:

- a) Portaria de consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017 do Ministério da Saúde;
- b) ABNT NBR 5626:2020 Versão corrigida: 2020, Sistemas prediais de água fria e água quente;
- c) ABNT NBR 10844:1989, Instalações prediais de águas pluviais;
- d) ABNT NBR 12213:1992, Projeto de captação de água de superfície para abastecimento público;
- e) ABNT NBR 12214:2020, Projeto de estação de bombeamento ou de estação elevatória de água;
- f) ABNT NBR 12217:1994, Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público

3.3 CARACTERIZAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO

A NBR 10844 (ABNT, 1989) aborda sobre instalações prediais, com o intuito de prover segurança e qualidade, fixando exigências a serem seguidas quanto as instalações de drenagem de águas pluviais.

Esta dispõe indicações na falta de informações quanto aos fatores meteorológicos, sugerindo o valor de intensidade pluviométrica a ser utilizado, a partir do tempo de retorno, conforme Tabela 1, e a duração da chuva, fixado em 5 minutos.

Tabela 1 – Indicação da norma NBR 10844 para o período de retorno conforme as características da área a ser drenada

Período de retorno	
1 ano	Áreas pavimentadas
5 anos	Cobertura ou terraços
25 anos	Coberturas onde empoçamento não possa ser considerado

Fonte: Adaptado ABNT, 1989.

3.3.1 Precipitação em Florianópolis

NBR 10844/1989 sugere o valor de intensidade pluviométrica de diversos municípios, a partir da duração da chuva de 5 minutos e o tempo de retorno característico ao local de implantação. Os valores para o município de Florianópolis são apresentados na Tabela 2

Tabela 2 – Definição da norma NBR 10844 para intensidade pluviométrica

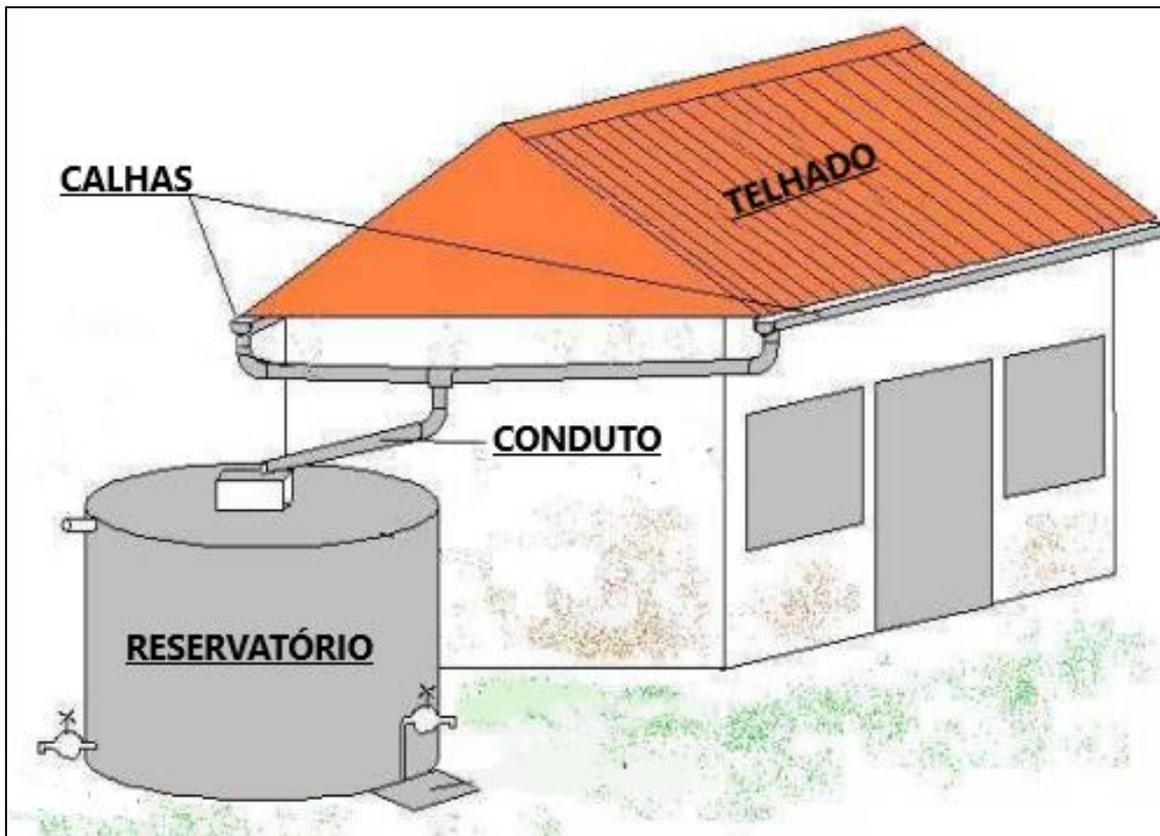
Local	Florianópolis		
	1	5	25
Período de retorno (anos)	1	5	25
Intensidade pluviométrica (mm/h)	114	120	144

Fonte: ABNT, 1989

3.4 COMPONENTES DE UM SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA

Não importa a técnica utilizada para um sistema de aproveitamento de água da chuva, qualquer que seja o sistema apresentará quatro etapas essenciais: área de captação, remoção de materiais grosseiros por telas ou filtro, tubulação para o manejo da água e o volume de reservação a ser armazenado. A Figura 1 apresenta uma ilustração do sistema de aproveitamento de água da chuva (ANNECCHINI, 2005)

Figura 1- Sistema tradicional de aproveitamento de água da chuva

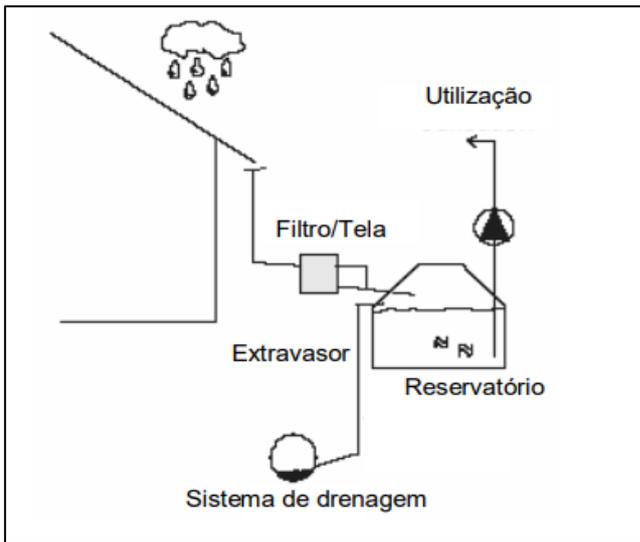


Fonte: Adaptado Tomaz, 2010.

Segundo Herrmann e Shchimida (1999 apud ANNECCHINI, 2005) existem quatro modelos de sistemas de aproveitamento de água que se destacam, sendo estas:

- Sistema de fluxo total (Figura 2) – Inicia-se com a captação da água da chuva através da superfície do local. Durante o manejo da água é realizado a filtração de materiais grosseiros, por filtros ou telas, e direcionado ao reservatório de reservação. A água que ultrapassa o volume do reservatório é destinada ao sistema de drenagem.

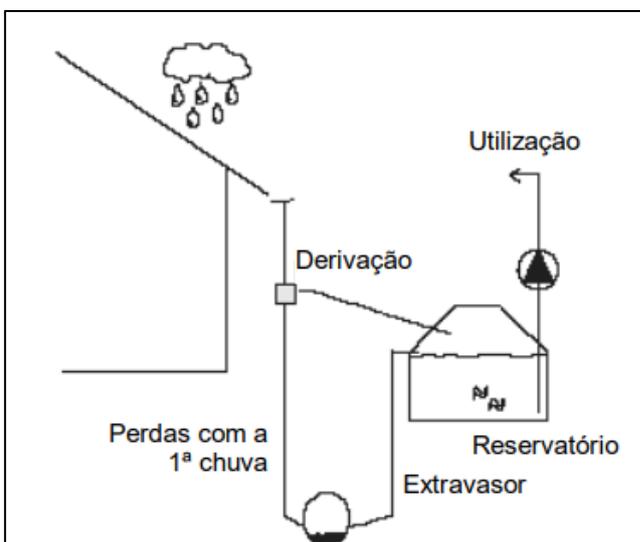
Figura 2- Demonstração ilustrativa do sistema de fluxo total



Fonte: Herrmann e Schimida, 1999, apud Anecchini, 2005

- Sistema com derivação (Figura 3) – Inicia-se com a captação da água da chuva pela superfície local. A partir de um sistema de tubulação vertical de derivação é feito o descarte da primeira água para o sistema de drenagem local. Em alguns casos é feita a remoção de materiais grosseiros na tubulação de derivação, para assim ser destinado para o reservatório. A água não aproveitada também é destinada ao sistema de drenagem. Também conhecido por sistema auto-limpante

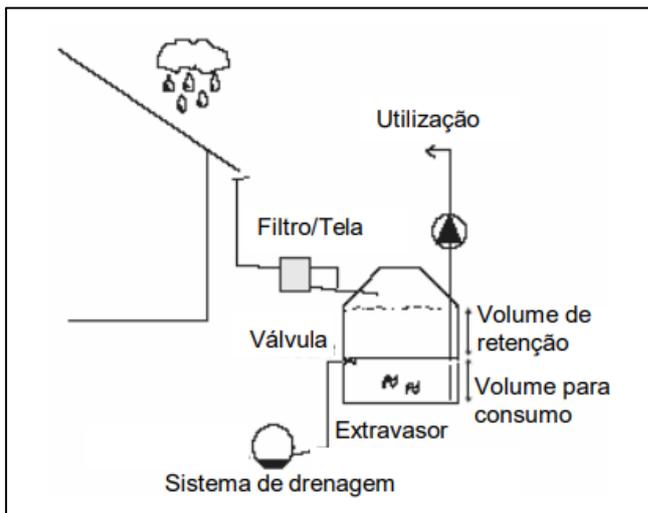
Figura 3- Demonstração ilustrativa do sistema com derivação



Fonte: Herrmann e Schimida, 1999, apud Anecchini, 2005

- Sistema com volume adicional de retenção (Figura 4) – Neste sistema é projetado um reservatório com a capacidade de armazenar o volume necessário a demanda e adicionar um volume a fim de evitar inundações. Diferente dos sistemas anteriores é instalado uma válvula que regula a saída do volume adicional conforme a necessidade de retenção do sistema de drenagem.

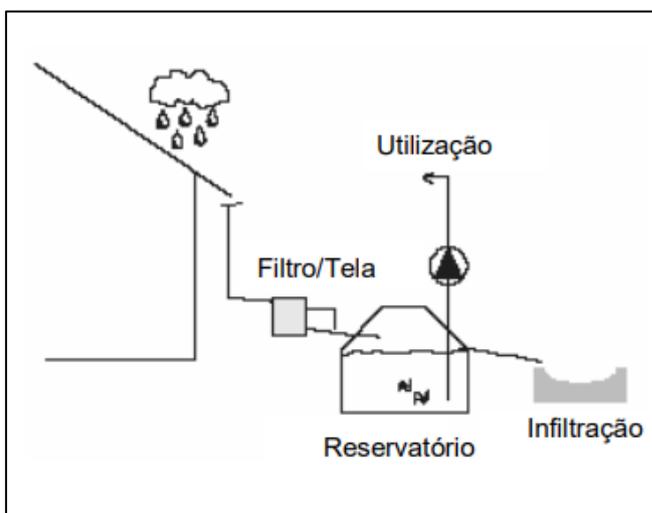
Figura 4- Demonstração ilustrativa do sistema com volume adicional de retenção



Fonte: Herrmann e Schimida, 1999, apud Anecchini, 2005

- Sistema com infiltração no solo (Figura 5) – Segue uma metodologia parecida com a de fluxo total, onde toda a água captada é destinada ao reservatório, mas a água não aproveitada é destinada a um sistema de infiltração de água no solo.

Figura 5- Demonstração ilustrativa do sistema com infiltração no solo



Fonte: Herrmann e Schimida, 1999, apud Anecchini, 2005

3.4.1 Área de captação

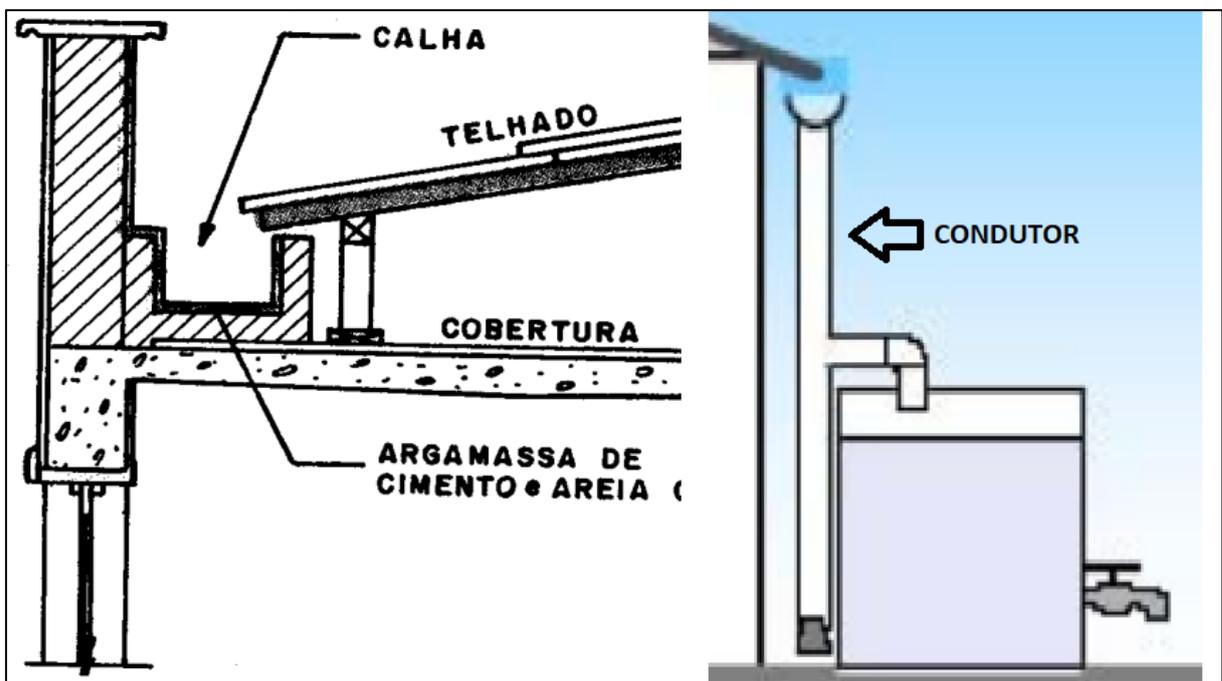
A área de captação é geralmente a superfície do local, a qual é composta por telhas, que podem ser de diversos materiais, como: cerâmicas, ferro galvanizado, concreto armado, plástico, entre outros (TOMAZ,2010).

A NBR 10844 (ABNT, 1989) dispõe diversas exigências com o objetivo de manter a segurança e qualidade do sistema, para isto deve-se seguir os requisitos estabelecidos com relação ao tipo de superfície.

3.4.2 Calhas e condutores

As calhas e condutores são os componentes do sistema responsável pelo manejo da água da chuva captada até o reservatório, estes são ilustrados na Figura 6

Figura 6 – Demonstração ilustrativa de calha e condutor.



Fonte: Adaptado de Tomaz, 2010.

Com o objetivo de seguir os padrões de qualidade e segurança dos projetos é necessário seguir os requisitos da NBR 10844 (ABNT, 1989) (TOMAZ,2010)

NBR 10844 (ABNT, 1989) indica que o dimensionamento das calhas deve iniciar pelo cálculo da vazão do projeto através da Equação 1.

$$Q = (I \times A)/60 \quad (1)$$

Em que:

Q é a vazão de projeto (L/min)

I é a intensidade pluviométrica (mm/h)

A é a área de contribuição (m²)

Conforme indica a norma NBR 10844 (ABNT, 1989), o dimensionamento das calhas deve ser calculado através da fórmula de Manning-Strickler, indicado na Equação 2.

$$Q = k \times \frac{S}{n} \times Rh^{2/3} \times I^{1/2} \quad (2)$$

Em que:

Q é a vazão de projeto (L/min)

S é a área da secção molhada (m²)

n é o coeficiente de rugosidade

Rh é o raio hidráulico (m)

I é a declividade da calha (m/m)

K equivale a 60000

A Tabela 3 indica os coeficientes de rugosidade dos materiais normalmente utilizados na confecção de calhas.

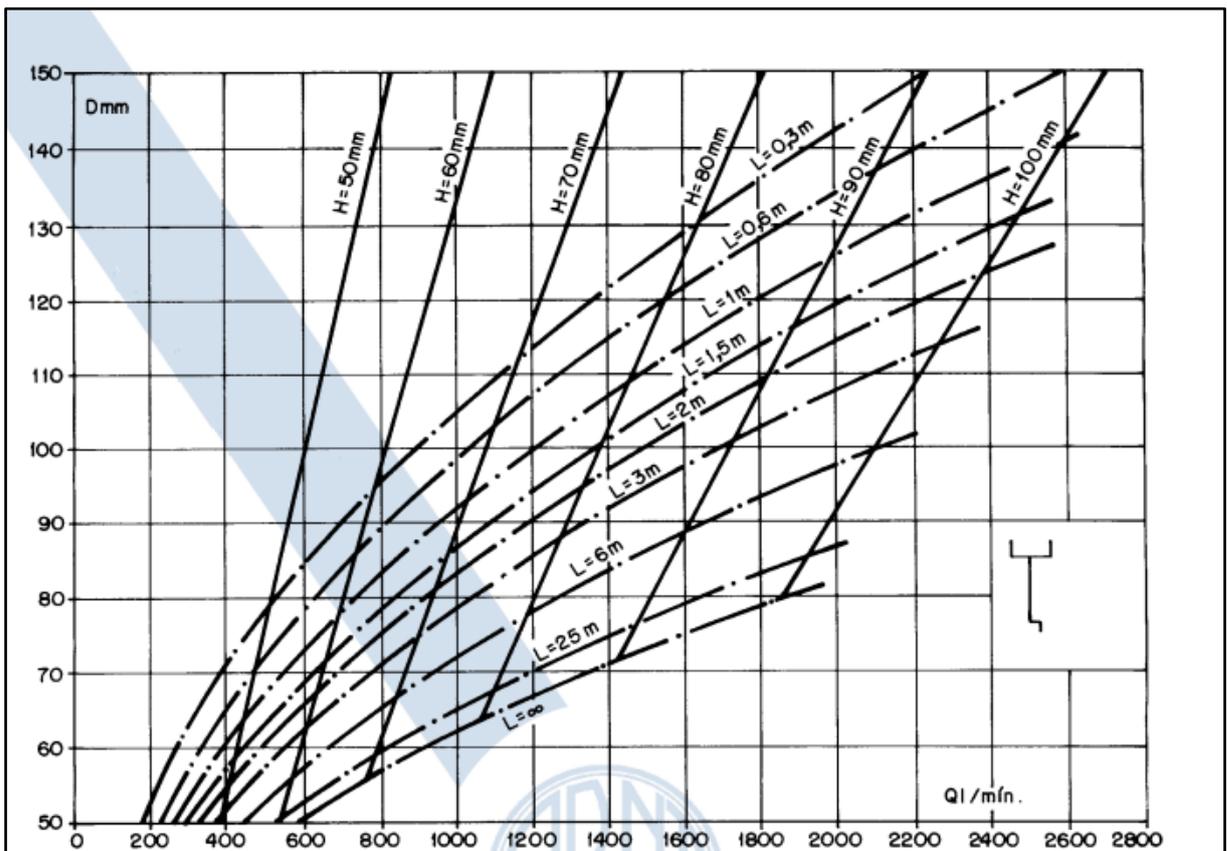
Tabela 3- Definição da norma NBR 10844 para o coeficiente de rugosidade

Material	Coeficiente rugosidade
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, 1989

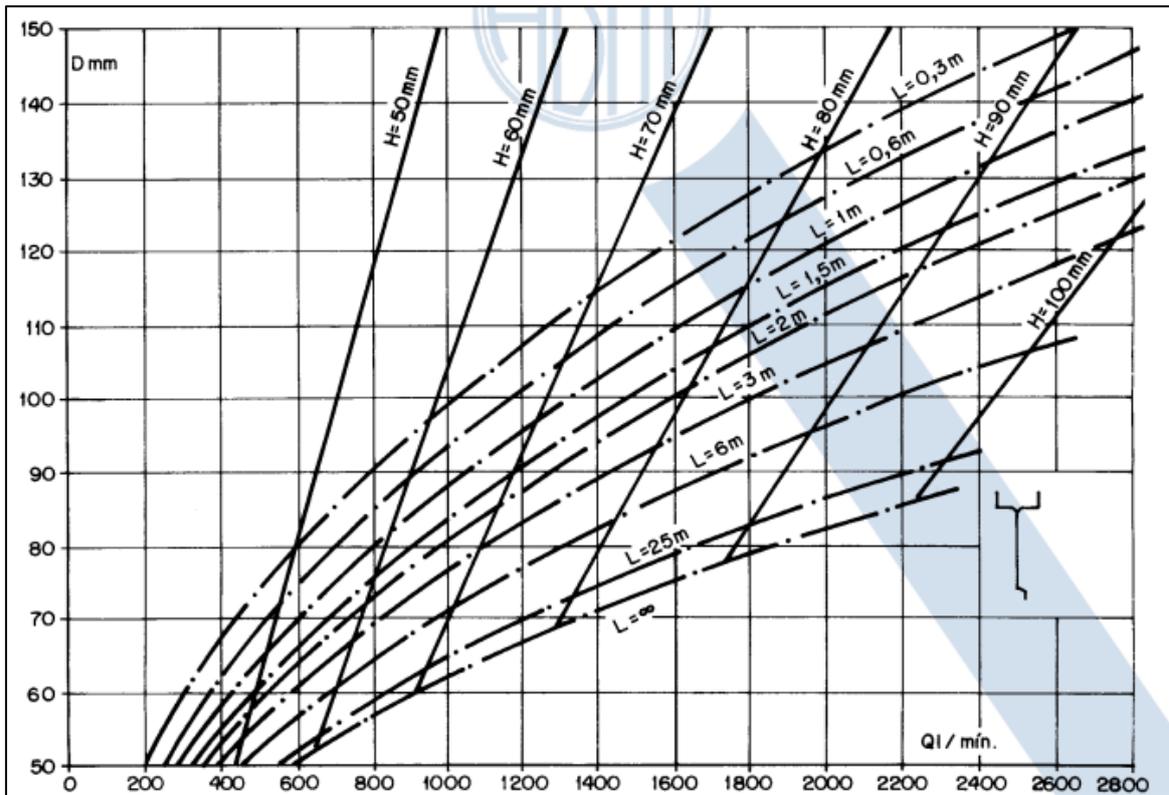
Quanto aos condutores, a NBR 10844 (ABNT, 1989) estabelece uma série de sugestões para os condutores verticais e horizontais, onde os verticais devem ser projetados, sempre que possível, em uma só prumada. Quando se tem a necessidade de um desvio, devem ser prevista peças de inspeção e utilizar curvas de 90° ou 45°, de raio longo. A norma estabelece como diâmetro interno mínimo de seção circular a partir de 70mm. O dimensionamento usa como parâmetros a vazão do projeto, altura da lâmina de água na calha e comprimento do condutor vertical. Com esses dados a norma dispõe o diâmetro do condutor através dos ábacos dispostos nas Figuras 7 e 8. Tal ábacos podem apresentar limitações dependendo das características do sistema, logo existem outras teorias consolidadas para a realização do dimensionamento de condutores verticais.

Figura 7 – Ábaco disposto na NBR 10884/1989 para determinar diâmetro do condutor vertical para calha com saída em aresta viva



Fonte: ABNT, 1989.

Figura 8 – Ábaco disposto na NBR 10884/1989 para determinar diâmetro do condutor vertical para calha com funil de saída



Fonte: ABNT, 1989.

Para os condutores horizontais é recomendado manter a declividade uniforme sempre que possível, mas sempre respeitando o valor mínimo de 0,5%. Para o dimensionamento da seção circular, o escoamento deve ser sempre visando a altura da lâmina igual a 2/3 do diâmetro interno da tubulação. A Tabela 4 apresenta as vazões dos tubos de diversos materiais seguindo inclinações mais comuns.

Tabela 4 – Dimensionamento dos condutores horizontais conforme norma NBR 10844

Diâmetro interno (mm)	Coeficiente rugosidade = 0,011				Coeficiente rugosidade = 0,012				Coeficiente rugosidade = 0,013			
	0,5%	1%	2%	4%	0,5%	1%	2%	4%	0,5%	1%	2%	4%
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	662	882
150	602	847	1190	1690	552	777	1100	1550	509	717	2180	3040
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, 1989

Por fim, a norma indica que em conexões com outra tubulação, mudança de direção e declividade e a cada 20 metros retilíneo nas tubulações aparente devem ser previstas inspeções e para as tubulações enterradas tem que ser prevista caixa de areia. É necessário o uso do acessório de curva de raio longo na ligação dos condutores verticais e horizontais, em qualquer situação. (ABNT, 1989)

3.4.2.1 Critério de Frutuoso Dantas

O critério de Frutuoso Dantas é uma metodologia que possibilita o dimensionamento de condutores verticais, indicando a capacidade de descarga do conduto.

Este método objetiva identificar a capacidade do condutor vertical a partir do diâmetro do condutor e altura da lâmina de água na entrada do condutor.

Por considerar a calha na horizontal e o telhado plano, resulta em diâmetros maiores do que ao estabelecido na NBR 10844 (ABNT, 1989), sendo mais aplicável ao dimensionamento em sistemas de aproveitamento de água da chuva (TOMAZ, 2010)

Conforme Tomaz o cálculo é feito a partir das Equações 3 e 4.

$$Q = 0,0116 \times d \times H^{1,5} \quad (3)$$

$$Q = 0,0039 \times d^2 \times H^{0,5} \quad (4)$$

Assim, quando $H/d < 1/3$, utiliza-se a Equação 3.

E, quando $H/d > 1/3$, utiliza-se a Equação 4

Onde:

Q é a capacidade de descarga do condutor vertical junto a calha (L/min)

d é o diâmetro do coletor junto a calha (mm)

H é a altura da lâmina de água na entrada do condutor (mm)

3.4.3 Tratamento da água da chuva

Segundo a NBR 15527 (ABNT, 2019), a qualidade da água vai de acordo com seu uso, onde devem ser definidos padrões pelo projetista. Quanto a usos mais restritos é indicado ser utilizado o Quadro 2

Quadro 2 – Parâmetros para uso mais restritos para água não potável disposto pela norma NBR 15527

Parâmetro	Análise	Valor
Coliformes totais	Semestral	Ausência em 100 mL
Coliformes termotolerantes	Semestral	Ausência em 100 mL
Cloro residual livre*	Mensal	0,5 a 3,0 mg/L
Turbidez	Mensal	< 2,0 uT, para usos menos restritivos < 5,0 uT
Cor aparente (caso não seja utilizado nenhum corante, ou antes da sua utilização)	Mensal	< 15 uH
Deve prever ajuste de pH para proteção das rede de distribuição, caso necessário	Mensal	pH de 6,0 a 8,0 no caso de tubulação de aço carbono ou galvanizado
* No caso de serem utilizados compostos de cloro para desinfecção		

Fonte: ABNT, 2019

3.4.3.1 Remoção de materiais grosseiros

Independente do sistema de aproveitamento de água da chuva adotado, sempre deve-se evitar a entrada de materiais grosseiros, como folhas e graveto, pois se este tipo de materiais chegar ao local onde é armazenado a água, pode entrar em processo de decomposição contaminando a água reservada. (ANNECCHINI, 2005)

Conforme a NBR 15527(ABNT, 2019), deve-se ser instalados dispositivos para remoção de detritos. Estes dispositivos podem ser, por exemplo, grades e telas que atendam a NBR 12213 (ABNT, 1992). É apresentado na Figura 9 um exemplo de grade.

Figura 9 – Exemplo de grade para evitar a entrada de folhas no sistema de aproveitamento de água da chuva



Fonte: Leroy Merlin, 2020

3.4.3.2 Descarte da água de escoamento inicial ou *First Flush*

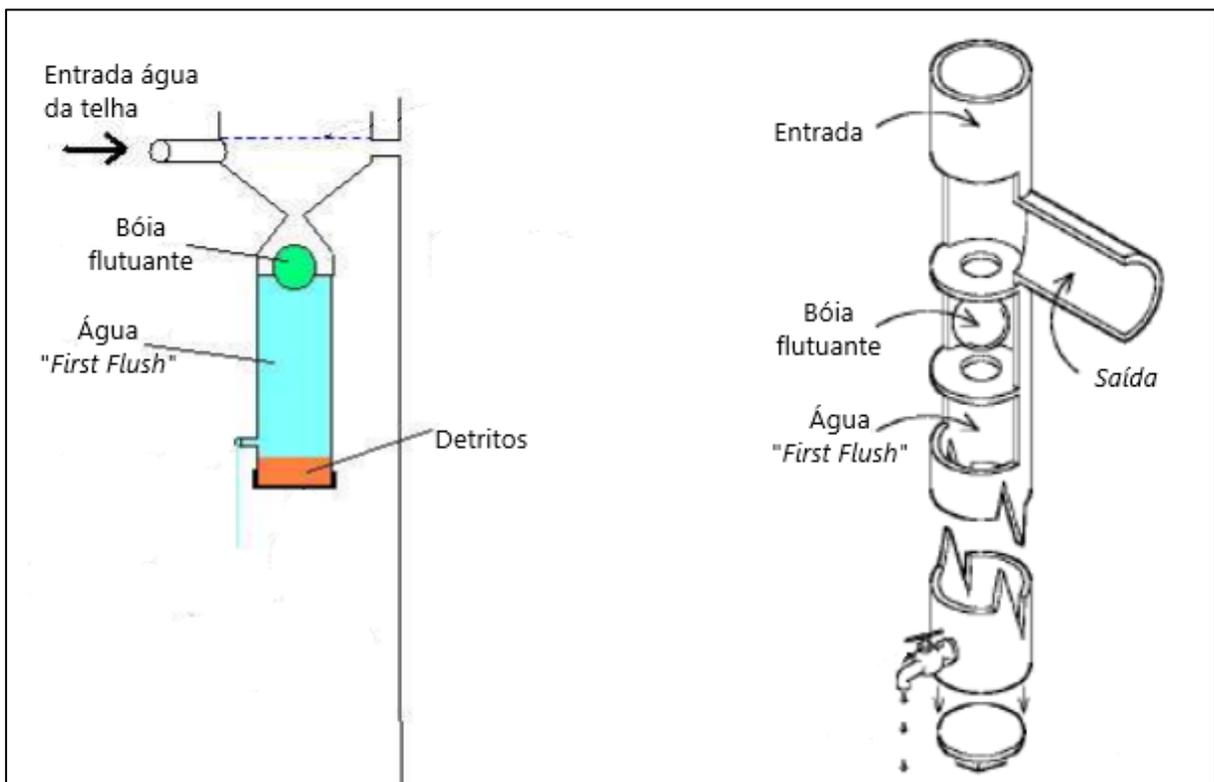
Quando se tem o contato da água da chuva na superfície de captação em um período de três dias, existe um processo denominado como *first flush*. Embora sejam poucos estudos realizados deste fenômeno em áreas superficiais impermeáveis, como ruas e avenidas, ainda é superior aos realizados em superfícies destinadas ao aproveitamento de água da chuva. Mas há a conscientização universal da necessidade de incluir o *first flush* nos sistemas de captação, ao longo dos dias sem chuva existe a concentração de poeira, folhas e detritos nas telhas. Ao vir a primeira leva de chuva esta promove a limpeza da superfície, arrastando os contaminantes em torno de 10 a 20 minutos, dependendo da intensidade dos detritos nas telhas (TOMAZ,2010)

Para a instalação do sistema de aproveitamento de água a norma NBR 15527(ABNT, 2019) indica a adição de um dispositivo para o descarte na primeira leva de água da superfície. É sugerido um dispositivo automático. O dimensionamento deve ser feito pelo projetista, na

falta de dados, é fixado o valor de descarte em 2 milímetros da precipitação inicial (ABNT, 2019)

A operação do descarte da sujeira dos telhados pode ser realizada manualmente, através de tubulações que fazem o desvio da água contaminada do reservatório ou de forma automática através de dispositivos de autolimpeza. Na Figura 10 são apresentados alguns exemplos destes dispositivos (TOMAZ,2010)

Figura 10 – Dispositivos de *first flush* por bola



Fonte: Adaptado Tomaz, 2010

3.4.3.3 Desinfecção

NBR 15527 (ABNT, 2019) indica que os reservatórios devem ser limpos e desinfetados com solução de hipoclorito de sódio, no mínimo uma vez por ano, de acordo com a NBR 5626 (ABNT, 2020).

Segunda a NBR 5626 (ABNT, 2020), a desinfecção é uma operação com objetivo de reduzir a presença de microrganismos, patogênicos ou não, na água.

Mesmo tratada, a água captada da chuva deverá ser desinfetada. Tal processo é comumente realizado durante o bombeamento da água para o reservatório, a partir de cloração. Evitando a proliferação de algas (TOMAZ,2010).

3.4.4 Reservatório

A norma NBR 15527(ABNT, 2019) dispõe que os requisitos dos reservatórios devem atender a NBR 12217/1994, onde devem ser considerados no projeto o extravasor, dispositivo de esgotamento, cobertura, inspeção, ventilação e segurança. Quando for alimentado com água de outra fonte, como exemplo água da chuva, é necessário a instalação de um dispositivo que impeça a conexão cruzada

Existem diversas formas de instalação dos reservatórios, entre eles o apoiado, enterrado e elevado. E permite o uso de diferentes materiais, como o concreto armado, plásticos, poliéster, entre outros (TOMAZ,2010)

3.4.4.1 Coeficiente de *Runoff*

O volume de água precipitado não será o mesmo do aproveitado, para incluir tal efeito ao cálculo, é necessário considerar o coeficiente de *runoff*, que é o quociente entre a água que escoar superficialmente pelo valor do volume total de água precipitada. Para adicionar este fator ao cálculo, usa-se a letra “C” para o coeficiente de *runoff*. Assim é adicionado a perda de água da primeira leva de chuva destinado a limpeza do telhado, perda por evapotranspiração e outras. Na Tabela 5 é apresentado os principais coeficientes de *runoff* em relação aos materiais utilizados em superfícies (TOMAZ,2010).

Tabela 5- Valores coeficiente médio de runoff

Material	Coeficiente de runoff
Telhas cerâmicas	0,8 a 0,9
Telhas esmaltadas	0,9 a 0,95
Telhas de metal	0,8 a 0,9
Cimento amianto	0,8 a 0,9
Plástico	0,9 a 0,95

Fonte: Tomaz, 2010

3.4.4.2 Dimensionamento do reservatório

A NBR 15527(ABNT, 2019) dispõe metodologia para o cálculo do dimensionamento do reservatório de água de chuva. Os métodos indicados são: Método de Rippl, Método da simulação, Método Azevedo Neto, Método Prático Alemão, Método Prático Inglês, Método Prático Australiano,

3.4.4.2.1 Método de Rippl

O método de *Rippl* é comum quando se trata da reservação de água da chuva. Geralmente procura indicar valores extremos a ser reservado, sendo um método importante para ser ter a referência máxima do reservatório (TOMAZ, 2010)

NBR 15527 (ABNT, 2019) dispõe a metodologia utilizada para o cálculo de volume do reservatório, onde, podem-se usar séries históricas mensais ou diárias. O cálculo é indicado através das Equações 5, 6 e 7.

$$S(t) = D(t) - Q(t) \quad (5)$$

$$Q(t) = C \times Pc \times Ac \quad (6)$$

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

Sendo que Somatório $D(t) < \text{Somatório } Q(t)$

Onde:

$S(t)$ é o volume de água no reservatório no tempo t

$Q(t)$ é o volume de chuva aproveitável no tempo t

$D(t)$ é a demanda ou consumo no tempo t

V é o volume do reservatório

C é o coeficiente de escoamento superficial

Pc é precipitação da chuva no tempo t

Ac é área de captação

3.4.4.2.2 Método da Simulação

O método da simulação tem como objetivo calcular o volume do reservatório para captação de água da chuva. Este tem a característica de verificar o volume de água que vai sobrar por mês, denominado como “*overflow*”, e o volume que vai faltar, onde vai ser necessário suprir a água a partir de outra fonte. O presente método é o melhor para avaliar o comportamento do reservatório (TOMAZ, 2010)

Segundo a NBR 15527 (ABNT, 2019) para o método da simulação a evaporação da água não deve ser considerada. Para determinado mês, aplica-se a equação da continuidade a um reservatório finito, conforme apresentado nas Equações 8 e 9.

$$S(t) = Q(t) + S(t - 1) - D(t) \quad (8)$$

$$Q(t) = C \times P_c \times A_c \quad (9)$$

Onde:

$S(t)$ é o volume de água no reservatório no tempo t

$S(t-1)$ é o volume de água no reservatório no tempo $t-1$

$Q(t)$ é o volume de chuva aproveitável no tempo t

$D(t)$ é a demanda ou consumo no tempo t

V é o volume do reservatório fixado

C é o coeficiente de escoamento superficial

P_c é precipitação da chuva no tempo t

A_c é área de captação

3.4.4.2.3 Método Azevedo Neto

Segundo a NBR 15527 (ABNT, 2019) o método Azevedo Neto indica o volume de chuva através da Equação 10

$$V = 0,042 \times P \times A \times T \quad (10)$$

Onde:

P é o valor numérico da precipitação média anual, expresso em milímetros (mm)

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

A é o valor numérico da área de coleta em projeção, expresso em metros quadrados (m²)

V é o valor numérico do volume de água aproveitável e o volume do reservatório, expresso em litros (L)

3.4.4.2.4 Método prático alemão

Segundo a NBR 15527 (ABNT, 2019) o método prático alemão trata-se de um método empírico onde se toma o menor valor do volume do reservatório, onde trata como volume de

reservação 6% do volume anual de consumo ou 6% do volume anual de precipitação aproveitável.

3.4.4.2.5 Método prático inglês

Segundo a NBR 15527 (ABNT, 2019) o método prático inglês indica o volume de chuva obtido pela Equação 11

$$V = 0,05 \times P \times A \quad (11)$$

Onde:

P é o valor numérico da precipitação média anual, expresso em milímetros (mm)

A é o valor numérico do número da área de coleta em projeção, expresso em metros quadrados (m²)

V é o valor numérico do volume de água aproveitável e o volume de água da cisterna, expresso em litros (L)

3.4.4.2.6 Método prático australiano

Segundo a NBR 15527 (ABNT, 2019) o método prático australiano indica o volume de chuva a partir da Equação 12

$$V = A \times C \times (P - I) \quad (12)$$

Onde:

C é o coeficiente superficial, geralmente 0,8

P é a precipitação média mensal

I é a interceptação da água que molha as superfícies e perdas por evaporação, geralmente 2 mm

A é a área de coleta

V é o volume mensal produzido pela chuva

A seguir o método faz o cálculo do volume do reservatório, este realizado por tentativas, até que sejam utilizados valores otimizados de confiança e volume do reservatório. Para o cálculo de reservação utiliza-se a Equação 13

$$V(t) = V(t - 1) + Qt - Dt \quad (13)$$

Onde:

Qt é o volume mensal produzido pela chuva no mês t

Vt é o volume de água que está no tanque no fim do mês t

$V(t-1)$ é o volume de água que está no tanque no início do mês t

Dt é a demanda mensal

Assim, quando $(V(t-1) + Qt - D) < 0$, Vt é zerado.

Para a verificação de confiança, a NBR indica a equação 14

$$Pr = Nr/N \quad (14)$$

Onde:

Pr é a falha

Nr é o número de vezes em que o reservatório não atendeu a demanda, isto é, quando $Vt = 0$

N é o número de meses considerado, geralmente 12 meses

Assim, a confiança será $(1-Pr)$, onde recomenda-se os valores destes estejam entre 90 e 99%.

3.4.5 Manutenção do sistema

Conforme a NBR 15527 (ABNT, 2019) deve-se usar o Quadro 3 como referência para realizar a manutenção do sistema de aproveitamento de água da chuva. Quando o processo exige a utilização de produtos nocivos à saúde humana, o sistema deve ser desconectado, para impedir a destinação destes para o reservatório. A reconexão somente deve ser feita quando não se tem mais riscos de contaminação

Quadro 3 – Frequência de manutenção a ser realizado no sistema de aproveitamento de água disposto na norma NBR 15527

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

Fonte: ABNT, 2019

4 MATERIAIS E METODOS

O presente estudo usou como base a metodologia do trabalho realizado por Colasio (2015).

4.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo do presente trabalho, foi definida a partir da análise da realidade de uma das empresas responsáveis pelo serviço de transporte público do município de Florianópolis. A partir da planta de projeto, frota, área de garagem, funcionários, estabeleceu-se uma empresa fictícia que atenda a realidade local de demanda de transporte e, nesta empresa fictícia, projetar o sistema de captação de água da chuva.

Esta seção propõe demonstrar as características gerais da empresa em que vai ser realizado o estudo.

4.2 POTÊNCIAL PLUVIOMÉTRICO DE FLORIANÓPOLIS

Para a análise do potencial pluviômetro é necessário obter o valor do índice pluviométrico e estimar o potencial pluviométrico a partir de dados meteorológicos. Para o índice foi fixado no valor em que a norma NBR 10844 (ABNT, 1989) dispõe para o município de Florianópolis.

O potencial pluviométrico foi feito a partir do banco de dados dispostos no site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), onde foram levantados dados de precipitação total no período de 2008 até 2018 do município de Florianópolis, para realizar a interpretação e estimar a tendência de chuvas do local de implantação do projeto.

4.3 PREVISÃO DE CONSUMO PLUVIOMÉTRICO

A água da chuva captada será utilizada na lavagem dos ônibus. Adotou-se esta área por ser uma área de operação que demanda grande volume de água. Além do que, tal água tem características de uso que permite a substituição por água não potável, aumentando o potencial para a implantação de um sistema de aproveitamento pluviométrico.

A estimativa do consumo pluviométrico foi realizada a partir de dados da logística interna da parte operativa do setor de lavagem da empresa para fixar o número de ônibus lavados no período de 24 horas.

4.4 ÁREA DE CAPTAÇÃO

Para o cálculo da área de captação utilizou-se o que dispõe a norma NBR 10844 (ABNT,1989). Para tanto, aplicou-se a Equação 15 para fixar a área de captação, por esta ser de superfície inclinada.

$$A = \left(a + \frac{h}{2} \right) \times b \quad (15)$$

Onde:

A é a área de captação (m²)

a é o comprimento frontal da cobertura (m)

b é o comprimento lateral da cobertura (m)

h é a altura de desnível da cobertura

4.5 POTENCIAL DE CAPTAÇÃO PLUVIOMETRICO

Para determinar o potencial de captação pluviométrico do projeto, foi utilizada Equação 16 que a NBR 15527 (ABNT,2019) dispõe para a determinação do volume aproveitado.

$$V = P \times A \times C \times Nf \quad (16)$$

Onde:

V é o volume aproveitável

P é a precipitação total média

A é a área captável

C é o coeficiente de *runoff*

Nf é a eficiência do sistema de captação

4.6 POTENCIAL X CONSUMO

A partir do resultado obtido do potencial pluviométrico e o consumo na lavagem dos ônibus, foi realizado o comparativo e a interpretação dos resultados, a fim de analisar o quanto do potencial pluviométrico pode suprir a demanda de consumo e identificar o volume a ser substituído por água da chuva.

4.7 CALHAS E CONDUTORES VERTICAIS E HORIZONTAIS

O dimensionamento das calhas e condutores foi desenvolvido conforme a norma NBR 10844 (ABNT, 1989), seguindo os requisitos dispostos na subseção 3.4.2. Através da área captada e o índice pluviométrico, aplica-se a Equação 1, para obter a vazão de projeto.

Para o dimensionamento das calhas, é usado a Equação 2, a fim de verificar as dimensões que vão proporcionar a vazão exigida pela vazão de projeto da respectiva área .

Os diâmetros dos condutores verticais, foram encontrados a partir da vazão de projeto, a altura da lâmina de água da calha e comprimento do condutor. Com esses parâmetros, foi utilizado o ábaco para calha com funil de saída (Figura 9) ou o critério de Frutuoso Dantas, para encontrar o diâmetro interno dos condutores verticais a serem usados no sistema.

Quanto aos condutores horizontais, foram considerados a vazão de projeto, declividade e o coeficiente de rugosidade do material de escolha das tubulações.

4.8 VOLUME DO RESERVATORIO

O cálculo do volume de reservatório foi desenvolvido através das metodologias que dispõe a norma NBR 15527 (ABNT,2019), sendo eles os métodos: Rippl, simulação, Azevedo neto, prático alemão, prático inglês e prático australiano. Assim, fazer a análise do comportamento de reservação de todos os métodos, a fim de indicar o volume de reservação mais adequado a situação real.

4.9 TRATAMENTO PARA O USO DA ÁGUA

Para o tratamento da água captada adotou-se a NBR 15527 (ABNT, 2019). O presente trabalho propôs as etapas necessárias do sistema de aproveitamento de água pluvial para manter a qualidade em relação ao seu uso, a fim de manter o padrão exigido de qualidade em relação as características de uso.

4.10 ANÁLISE DE ECONOMIA

Finalizando o levantamento de dados do projeto foi possível obter os valores para realizar uma análise comparativa do comportamento da empresa sem presença ou com presença de um sistema de aproveitamento pluviométrico.

Assim, foi identificado o volume de água potável utilizada nos dois cenários e o volume de água potável substituído por água da chuva. Levantou-se o valor cobrado nos dois cenários pela concessionária responsável pelo serviço de abastecimento de água local. Deste deduziu-se o valor economizado em relação ao uso água potável com a implantação do sistema.

Buscou-se, assim, propor uma análise interpretativa dos cenários apresentados para servir de base de parâmetro para um futuro estudo de viabilidade do projeto quando comparado ao orçamento na implantação do sistema.

5 RESULTADOS

5.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo para o aproveitamento da água da chuva adotado no presente trabalho, foi a garagem de uma empresa de transporte público fictícia, localizado no município de Florianópolis.

Seguindo os padrões de uma garagem que oferece o mesmo serviço no município, foi estabelecido uma área construída total de 31.277,67 m² com frota de 196 ônibus, com um total de 1.040 funcionários.

5.1.1 Atividades realizadas na garagem

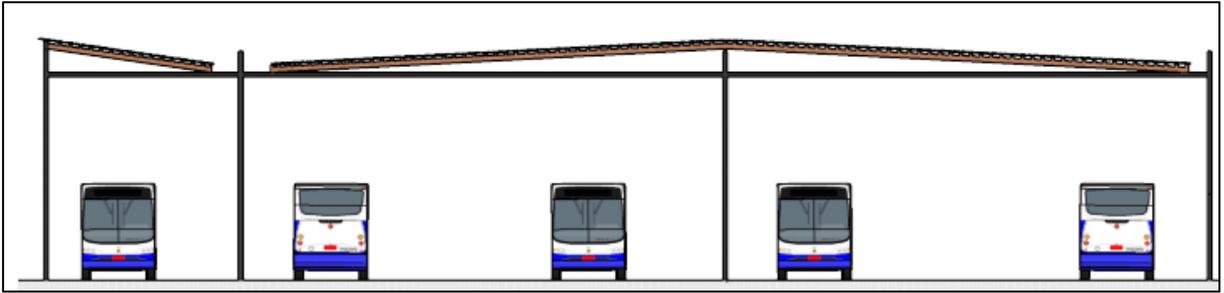
A empresa tem como objetivo oferecer o serviço de transporte público municipal. Na garagem ocorrem grande parte dos serviços operacionais desenvolvidos pela empresa. Nela se tem o setor responsável pela manutenção dos ônibus, lavação, almoxarifado, estacionamento e área administrativa, na qual se organiza toda a logística da empresa.

5.1.2 Atividades realizadas no setor de manutenção

O setor de manutenção (Figura 11) é a área destinada para manter a disponibilidade dos ônibus da empresa, exercendo como principal função o ajuste mecânico dos transportes a fim de se manter o padrão para a circulação. É necessário espaço suficiente para estacionar os ônibus, além do espaço para a circulação dos trabalhadores que realizaram esta função.

Este setor tem como característica no processo operacional a origem de óleos e graxas, sendo necessário introduzir piso impermeável, onde é feita toda a canalização com destinação ao tratamento interno deste efluente. Para não se ter o aumento do volume do efluente a ser tratado, o setor inteiro deve ter cobertura para não ter a contribuição da chuva no efluente.

Figura 11 – Imagem ilustrativa do setor de manutenção da empresa



Fonte: Autor, 2020

5.1.3 Atividades realizadas no setor de lavação

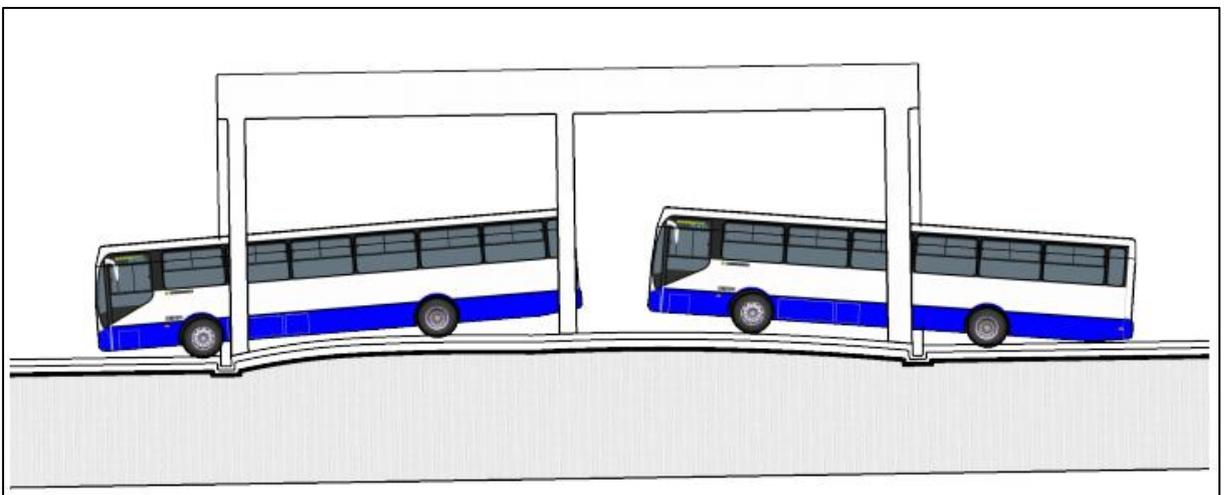
O setor de lavação (Figura 12) é a área destinada para a limpeza interna e externa dos ônibus. Tem como principal horário de funcionabilidade o horário noturno, evitando-se, desta forma, a indisponibilidade de veículos nos horários de maior circulação.

Para este setor tem-se como logística interna a lavação de toda frota numerada em números pares em uma noite e ímpares na noite seguinte, totalizando aproximadamente metade da frota por noite.

Este setor tem como característica operacional a geração de efluentes contaminados com produtos de limpeza, sendo necessário piso impermeável e canalização do efluente oriundo da lavação para o tratamento interno. Para não ter influência da chuva no volume total a ser tratado há necessidade de cobertura no setor.

É importante ressaltar que a característica da água destinada para a lavação dos ônibus pode ser de uso não potável.

Figura 12 – Imagem ilustrativa do setor de lavação dos ônibus.



Fonte: Autor, 2020

5.1.4 Área de captação

O presente trabalho optou como área de captação a cobertura do setor de manutenção, por esta apresentar a maior área coberta da empresa. O dimensionamento da área de cobertura foi feito a partir da planta superior do setor de manutenção (Apêndice A).

5.2 POTÊNCIAL PLUVIOMÉTRICO DE FLORIANÓPOLIS

Apesar da possibilidade de utilizar a equação de chuvas intensas do município de Florianópolis, o presente trabalho optou pelos dados dispostos na NBR 10884 (ABNT, 1989) para intensidade pluviométrica do município. A área de captação trata-se de uma cobertura de superfície inclinada, assim sendo indicado na seção 5 da norma o período de retorno deve ser fixado em 5 anos, sendo o índice pluviométrico no valor de 120 milímetros por hora

Para o cálculo do potencial de captação foram levantados e interpretados dados de precipitação total do município de Florianópolis disponíveis no banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). O banco de dados oferece a medição da precipitação total hora a hora de cada ano no intervalo de 2000 até 2019 completos.

Quando se realiza análise de precipitação total o período de análise ideal é de 30 anos, contudo o presente trabalho analisou os valores do ano de 2008 até 2018, totalizando um intervalo em 11 anos. Tal escolha foi adotada devido a inconsistência dos valores do banco de dados tanto nos anos anteriores a 2008 como no ano de 2019.

Interpretando os dados utilizando a planilha de cálculo eletrônico Microsoft Excel, 2019, foi feito a soma, hora a hora, da precipitação total para cada mês, a fim de, obter o valor de precipitação total mensal. O procedimento foi realizado em cada mês no intervalo dos anos de 2008 até 2018, para caracterizar a precipitação total do município de Florianópolis e obter os resultados presentes na Tabela 6

Tabela 6 – Precipitação total mensal de 2008 até 2018 interpretados a partir do banco de dados dispostos no INMET

Mês	Precipitação total (mm)										
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Janeiro	531,6	223	216,4	293,8	311,8	87	176	176,2	243,6	201,4	377,6
Fevereiro	328,4	140	175	278,6	74,4	184	118,4	304,4	213	117,4	131,2
Março	197	218,8	286	283,6	103,8	306,6	122	143,6	272,4	225,2	249

(continua)

(conclusão)

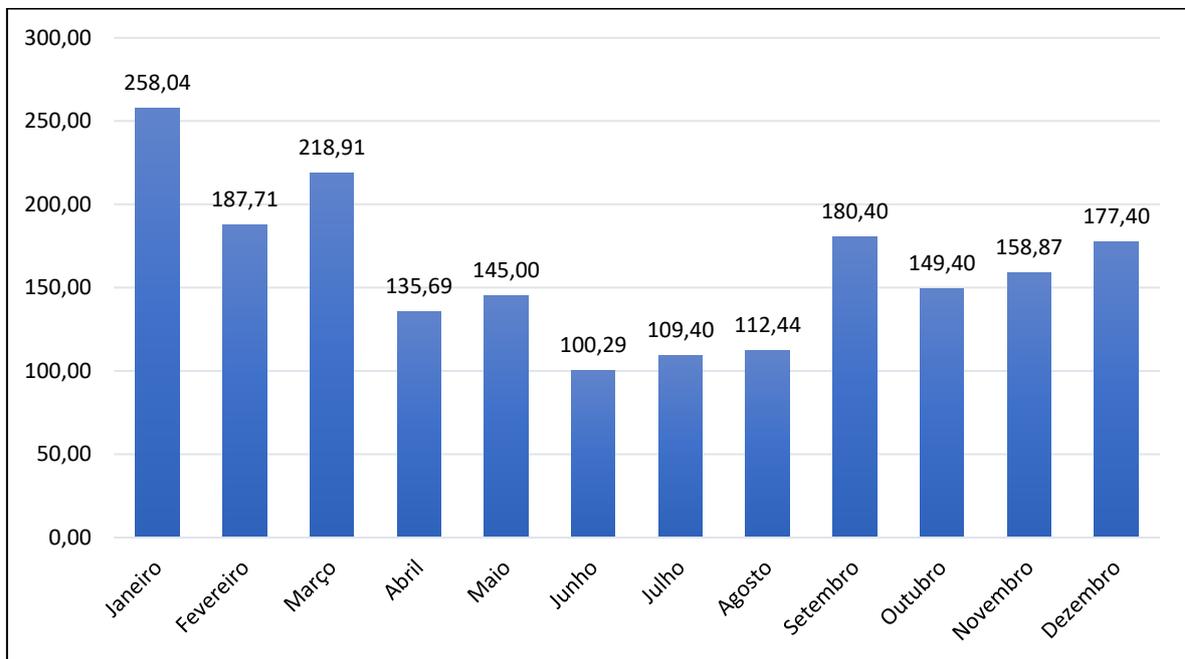
Mês	Precipitação total (mm)										
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Abril	221,6	321,4	127,4	53,4	80,4	160,2	104	106,6	100,4	141,4	75,8
Mai	76,6	88,6	448,4	111,8	115	52,2	88,4	186,6	71,8	279	76,6
Junho	72	36	89,8	83,8	133,6	120,2	231	88,2	45,2	132,4	71
Julho	12,2	131,2	99,2	137,4	173	84,8	54,6	268,4	116,6	11,4	114,6
Agosto	61	126,6	65,4	360,4	52	129,2	93	72,4	79	124,2	73,6
Setembro	234,2	222	160	255,4	64,2	214,8	154,2	239,2	116,2	119,2	205
Outubro	294	104,4	136,2	79	106,8	64	127,4	308,4	178,2	120,4	124,6
Novembro	632,4	128,2	154,2	93,8	99,8	103	90,4	154,4	48,2	134,2	109
Dezembro	305,8	124,4	115,2	250	78,2	95,8	170,8	229,6	259	192	130,6

Fonte: INMET, 2020.

Partindo dos valores apresentados na Tabela 6, foi possível obter o valor da média mensal de precipitação total dos anos de 2008 até 2018, indicado no Gráfico 1.

Também é possível identificar a precipitação total para cada ano e obter a média anual de precipitação total neste intervalo de tempo, ou seja, 1933,55 milímetros.

Gráfico 1 – Média mensal de precipitação total no intervalo de 2008 até 2018



Fonte: Autor, 2020

Verifica-se a partir do Gráfico 1 que os valores de junho, julho e agosto apresentam os menores volumes pluviométricos no ano e, em contrapartida, os meses de janeiro março e setembro os maiores volumes.

5.3 PREVISÃO DE CONSUMO PLUVIOMÉTRICO

A água da chuva captada será utilizada na lavagem dos ônibus, pois é a atividade que necessita de maior volume de água na sua operação e está pode ser substituída por água não potável.

Não foi possível obter valor fixo para o volume de água na lavagem do ônibus, adotou-se uma estimativa para este.

A previsão de consumo diário parte do volume do uso de água para a lavagem por automóvel, utiliza-se o valor de 250 litros, e o número total de veículos lavados no período em 24 horas.

Conforme indica a subseção 5.1.3, é realizado aproximadamente a lavagem de 50% da frota no período de 24 horas. Para o presente trabalho foi aplicado o total de 98 ônibus lavados por noite. Assim, a partir do produto do uso de água por automóvel e a quantidade de ônibus lavados por noite, encontrou-se o volume diário (V_d) de consumo de 24.500L, conforme indicado a seguir

$$V_d = 250 \times 98 = 24500 L$$

Para obter o volume de consumo mensal multiplicou-se o volume diário por 30 dias, o volume mensal é de:

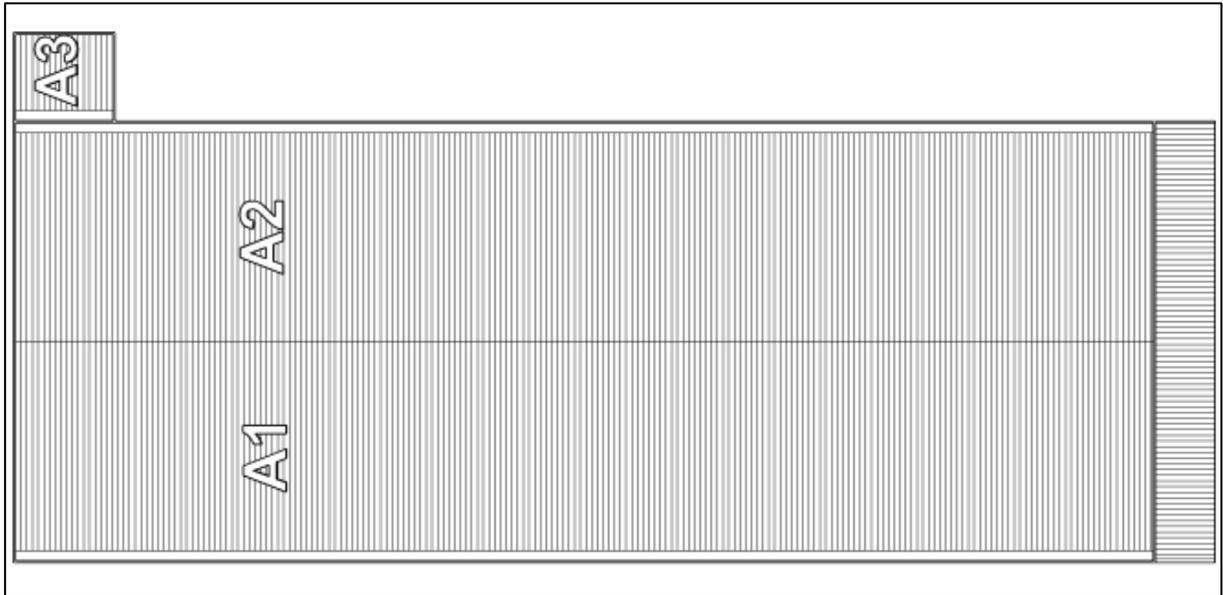
$$V_m = 24500 \times 30 = 735000 L$$

Assim estima-se que o consumo mensal pluviométrico da empresa será de 735000 litros.

5.4 ÁREA DE CAPTAÇÃO

O presente trabalho utilizou como área de captação a cobertura do setor de manutenção, por este apresentar a maior área coberta da empresa. Para as dimensões da cobertura foi utilizado uma planta base apresentado no Apêndice A. Foi realizada uma adaptação da planta de cobertura da empresa separada em três áreas, denominadas como área 1 (A1), área 2 (A2) e área 3 (A3), onde A1 e A2 tem as mesmas dimensões. Tais áreas estão representadas na Figura 13. Para obter as dimensões da área de captação foi considerado apenas a área da telha da cobertura.

Figura 13 – Imagem ilustrativa da divisão de áreas da cobertura do setor de manutenção



Fonte: Autor, 2020

Para obter a área de captação de A1 e A2, utilizou-se a Equação 15 conforme indicada na subseção 4.4. A área de captação destas duas áreas é apresentada a seguir:

$$A1 \text{ e } A2 = \left(16,545 + \frac{0,83}{2} \right) \times 89,71 = 1521,48 \text{ m}^2$$

Aplicou-se a mesma equação para obter a área de captação da A3, apresentada a seguir:

$$A3 = \left(5,88 + \frac{0,29}{2} \right) \times 7,73 = 46,57 \text{ m}^2$$

Assim, fazendo o somatório das áreas encontrou-se a área total de captação pluviométrica, com o valor de 3089,53 m², conforme demonstrado a seguir:

$$At = (1521,48) \times 2 + 46,89 = 3089,53 \text{ m}^2$$

5.5 POTENCIAL DE CAPTAÇÃO PLUVIOMETRICO

Para determinar o potencial de captação pluviométrico mensal da empresa foi utilizada a Equação 16, usando como parâmetros para o cálculo a área total de cobertura, conforme

apresentado na subseção anterior e a média mensal de precipitação total, conforme a subseção 5.2.

Para a relação entre o coeficiente de *runoff* e eficiência do sistema de captação foi utilizado um valor de 0,9 devido as características do material utilizado na cobertura, ou seja, telha metálica. A Tabela 7 apresenta a estimativa do volume captável para cada mês.

Tabela 7 – Estimativa do potencial de volume da água da chuva captado mensalmente

Mês	Média precipitação total mensal (m)	Área total captável (m ²)	Volume captável (m ³)
Janeiro	0,258	3089,53	717,49
Fevereiro	0,188	3089,53	521,94
Março	0,219	3089,53	608,69
Abril	0,136	3089,53	377,30
Mai	0,145	3089,53	403,18
Junho	0,100	3089,53	278,87
Julho	0,109	3089,53	304,20
Agosto	0,112	3089,53	312,64
Setembro	0,180	3089,53	501,62
Outubro	0,149	3089,53	415,42
Novembro	0,159	3089,53	441,76
Dezembro	0,177	3089,53	493,27

Fonte: Autor, 2020

Assim, é possível identificar que o volume captável em todos os meses vai ser sempre inferior 735 m³, que é a demanda prevista para lavação dos ônibus.

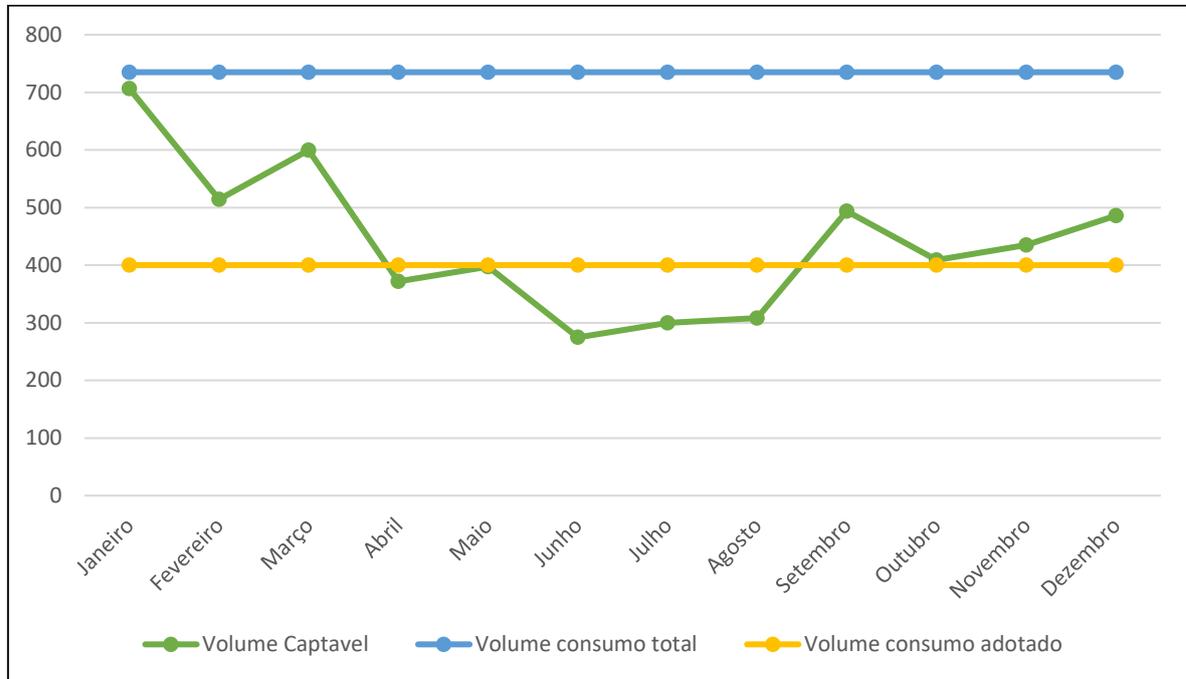
5.6 POTENCIAL X CONSUMO

Comparando o potencial pluviométrico e o volume de água necessário para a lavagem da frota da empresa, foi identificado que o mês que apresenta maior volume de captação é janeiro, com o valor aproximado de 717 m³. Mesmo este valor é inferior aos 735 m³ necessários para a lavação total dos ônibus. Já os meses de maior escassez não chegam a 50% deste valor, conforme verifica-se nos meses de junho, julho e agosto. Assim, entende-se que o sistema não tem a capacidade de suprir 100% a demanda do setor.

Com o intuito de manter o equilíbrio entre o potencial captável e demanda, o presente trabalho propõe substituir 400 m³ do consumo total para lavação dos ônibus, resultando em um

pouco mais de 54% do uso de água potável substituído por água da chuva. No Gráfico 2 é apresentado o comparativo entre o potencial captável e volume total e adotado de consumo.

Gráfico 2 – Comparativo demanda total e adotado com o volume captável



Fonte: Autor, 2020.

Assim, a partir da análise do Gráfico 2 e Tabela 4 foi possível identificar que o volume de consumo total da empresa é superior em todos os meses em relação ao potencial captável. Verifica-se, também, que o volume de consumo adotado quando comparado ao volume captável da empresa, é equilibrado, pois mesmo os meses de abril, junho, julho e agosto ficando abaixo do proposto, estes são compensados por janeiro, fevereiro, março e setembro, os quais apresentam um volume de captação maior que 400m^3 . Os demais meses apresentam um volume de captação compatível com o consumo.

5.7 CALHAS E CONDUTORES

Foi calculado a vazão do projeto e dimensionado as calhas e condutores a partir do que dispõe a norma NBR 10844 (ABNT,1989).

5.7.1 Vazão do projeto

O cálculo da vazão do projeto, foi realizado a partir da Equação 1 e adicionado o coeficiente de *runoff* com relação ao material utilizado na cobertura. Assim, foi utilizado o índice pluviométrico de 120 milímetros, conforme indica subseção 5.2 e o coeficiente de *runoff* fixado em 0,9. Para área de contribuição foi utilizado as áreas de captação, conforme já apresentado na subseção 5.4.

Como as áreas A1 e A2 tem as mesmas dimensões aplicou-se a Equação (1) para estas duas áreas, na planilha de cálculo eletrônica Microsoft Excel, 2019, e foi adicionado o coeficiente de *runoff* por se conhecer o material utilizado na cobertura. Encontrou-se a vazão 1 de projeto (Q1) de 2738,44L/min, apresentado na Tabela 8.

Tabela 8- Cálculo da vazão 1 de projeto referente as áreas 1 e 2

A1 e A2		Q1 (L/min)
Área Captação (m ²)	1521,36	2738,44
Intensidade chuva (mm)	120	
Coeficiente de <i>runoff</i>	0,9	

Fonte: Autor,2020

Foi realizado o mesmo procedimento na planilha de cálculo eletrônica Microsoft Excel, 2019, para A3, obteve-se a vazão 2 de projeto (Q2) de 83,86 L/min, apresentada na Tabela 9.

Tabela 9 – Cálculo da vazão 2 de projeto referente a área 3

A3		Q2 (L/min)
Área Captação (m ²)	46,59	83,86
Intensidade chuva (mm)	120	
Coeficiente de <i>runoff</i>	0,9	

Fonte: Autor,2020

5.7.2 Calhas

O dimensionamento das calhas do sistema foi feito a partir do cálculo das calhas da área 1 (A1) e área 2 (2), onde, por apresentar as mesmas dimensões é realizado em conjunto, e calculado a calha para área 3 (A3). Para tanto aplicou-se a Equação (2) na planilha de cálculo eletrônica Microsoft Excel, 2019. Para o dimensionamento do sistema de calhas é preciso

igualar ou superar a vazão de sua respectiva área de influência, indicado pela vazão de projeto da área.

Os parâmetros para o cálculo foram: a inclinação mínima que a norma NBR 10844 (ABNT) indica como o valor de 0,5%; o coeficiente de rugosidade, que devido ter-se optado pelo uso de PVC ou aço, este é fixado no valor de 0,011; a largura da calha, é determinada pelo projeto do trabalho (Apêndice A), no valor de 80 centímetros; e, por fim, a altura útil da calhas, para o qual foi feito o cálculo de 3 cenários para se identificar o melhor cenário.

Assim, para a vazão da calha (Q_c) da A1 e A2 foi calculado a vazão das calhas com dimensões de 80x6 cm, 80x6,5cm e 80x7cm. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 10.

Tabela 10 – Dimensionamento das calhas referente as áreas 1 e 2.

Dimensionamento calhas				
Calha (cm)		Parâmetros		Vazão calha (L/min)
Largura	80	Área molhada (m ²)	0,048	2584,96
		Raio hidráulico	0,052	
Altura	6	inclinação	0,005	
		Coef. Rugosidade	0,011	
Calha (cm)		Parâmetros		Vazão calha (L/min)
Largura	80	Área molhada (m ²)	0,052	2932,65
		Raio hidráulico	0,056	
Altura	6,5	inclinação	0,005	
		Coef. Rugosidade	0,011	
Calha (cm)		Parâmetros		Vazão calha (L/min)
Largura	80	Área molhada (m ²)	0,056	3294,62
		Raio hidráulico	0,060	
Altura	7	inclinação	0,005	
		Coef. Rugosidade	0,011	

Fonte: Autor, 2020

Logo, a Tabela 10 evidencia que a calha com dimensionamento de 80 x 6,5cm tem a capacidade de suportar a vazão 1 de projeto. Com o objetivo de facilitar a instalação, o presente trabalho deu preferência para medidas mais seguras e comerciais, isto significa que as dimensões das calhas provenientes da área 1 e 2 foi fixada em 80 x 10cm.

Por fim, foi realizado o mesmo procedimento para área 3 com as dimensões 80 x 0,5cm, 80 x 1cm, 80 x 2cm. Os valores obtidos são apresentados na Tabela 11

Tabela 11 – Dimensionamento das calhas referente a área 3

Dimensionamento calhas				
Calha (cm)		Parâmetros		Vazão calha (L/min)
Largura	80	Área molhada (m ²)	0,004	44,74
		Raio hidráulico	0,005	
Altura	0,5	inclinação	0,005	
		Coef. Rugosidade	0,011	
Calha (cm)		Parâmetros		Vazão calha (L/min)
Largura	80	Área molhada (m ²)	0,008	140,88
		Raio hidráulico	0,010	
Altura	1	inclinação	0,005	
		Coef. Rugosidade	0,011	
Calha (cm)		Parâmetros		Vazão calha (L/min)
Largura	80	Área molhada (m ²)	0,016	440,14
		Raio hidráulico	0,019	
Altura	2	inclinação	0,005	
		Coef. Rugosidade	0,011	

Fonte: Autor, 2020

Interpretando a Tabela 11, identificou-se que a partir da altura útil de 1 centímetro já atende a vazão de projeto 2. Assim, para facilitar a implantação fixou-se as dimensões de 80 x 10cm para calha de A3.

5.7.3 Condutores verticais e horizontais

Para iniciar o dimensionamento dos condutores verticais é necessário definir a saída das calhas. Optou-se pela saída das calhas com funil. Deste modo utilizou-se o ábaco (Figura 8) da subseção 3.4.2, que necessita da entrada de dados da vazão do projeto, comprimento do condutor vertical e altura da lâmina de água para identificar o diâmetro do conduto.

Utiliza-se a vazão do projeto da respectiva área de influência, conforme subseção 5.7.1. Devido as características do setor de manutenção estimou-se uma altura mínima de 3 metros, desta maneira o comprimento do condutor foi fixado em 3 metros. E altura da lâmina da água é equivalente a altura útil da subseção anterior.

Logo, para os condutores verticais das áreas 1 e 2 optou-se pelo critério de Frutuso Dantas (subseção 3.4.2.1), devido aos valores elevados da vazão de projeto que estas proporcionam ao sistema, tornando inviável a utilização dos ábacos dispostos na NBR 10844 (ABNT, 1989). Aplicando a Equação 4 na planilha de cálculo eletrônica Microsoft Excel, 2019,

foi interpretado a capacidade de descarga dos diâmetros de 150 milímetros e 200 milímetros. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 12. O diâmetro de 150 milímetro indica ser condizente com a vazão de 707,46 litros por minuto. Já para o diâmetro de 200 milímetros se tem 1215,79 litros por minuto. Assim o presente trabalho optou por adotar dois condutos no diâmetro de 200 milímetros e um no diâmetro de 150 mm na extremidade da calha de cada área.

Tabela 12 – Capacidade de descarga dos condutores de 150 mm e 200 mm

Capacidade Conductor vertical A1 e A2		
Parâmetros		Capacidade (L/min)
Diâmetro (mm)	150	707,46
Altura útil (mm)	65	
Parâmetros		Capacidade (L/min)
Diâmetro (mm)	200	1215,79
Altura útil (mm)	65	

Fonte: Autor, 2020

Para a área 3 o dimensionamento foi feito a partir do ábaco (Figura 8) e verificou-se que a melhor opção é o uso de um condutor de diâmetro inferior a 70 milímetros, oportunizando maior economia. Contudo, a fim de respeitar o que a norma adota como diâmetro mínimo e diâmetros comerciais, o presente trabalho fixa um conduto vertical de 75 milímetros para a calha da A3.

Já para os condutores horizontais, se for necessário a implantação de tal conduto no sistema, deve seguir as exigências indicadas na Tabela 4. Os parâmetros para identificar o diâmetro são o coeficiente de *runoff*, a declividade do conduto e a vazão de projeto da respectiva seção.

5.8 VOLUME DO RESERVATORIO

O cálculo do volume de reservatório foi desenvolvido através dos métodos apresentados na norma NBR 15527 (ABNT,2019), conforme orientado na subseção 3.3.4.2. Aplicou-se todos os métodos para verificar o comportamento da reservação e indicar qual o volume ideal para o reservatório.

5.8.1 Método de Rippl

Os parâmetros para o desenvolvimento do método *Rippl* é a área de captação total. Foi utilizado o valor de consumo pluviométrico e média mensal de precipitação total, conforme seções anteriores. Foi utilizado as Equações 5, 6 e 7 na planilha de cálculo eletrônica Microsoft Excel, 2019, para obter os resultados apresentados na Tabela 13.

Tabela 13 – Volume de reservação calculado conforme o método de Rippl

mês	precipitação total média mensal (m)	consumo mensal (m ³)	área de captação (m ²)	volume de chuva mensal (m ³)	diferença volumes e demanda (m ³)	diferença acumulada (m ³)
jan	0,258	400	3089,53	717,49	-317,49	-317,49
fev	0,188	400	3089,53	521,94	-121,94	-439,43
mar	0,219	400	3089,53	608,69	-208,69	-648,12
abr	0,136	400	3089,53	377,30	22,70	22,70
mai	0,145	400	3089,53	403,18	-3,18	19,52
jun	0,100	400	3089,53	278,87	121,13	140,65
jul	0,109	400	3089,53	304,20	95,80	236,46
ago	0,112	400	3089,53	312,64	87,36	323,82
set	0,180	400	3089,53	501,62	-101,62	222,20
out	0,149	400	3089,53	415,42	-15,42	206,78
nov	0,159	400	3089,53	441,76	-41,76	165,03
dez	0,177	400	3089,53	493,27	-93,27	71,75

Fonte: Autor, 2020

O método de *Rippl* indica que o volume de reservação deve ser de 648,12 m³, para cumprir o consumo de água em relação ao potencial pluviométrico do trabalho.

5.8.2 Método da simulação

Os parâmetros para o desenvolvimento do método da simulação são a área de captação total, o consumo pluviométrico e a média mensal de precipitação total, conforme as subseções anteriores. Para a aplicação deste método foi fixado um volume do reservatório e a partir de tentativas encontrou-se o volume mais satisfatório para o sistema.

Foi utilizado na planilha de cálculo eletrônica Microsoft Excel, 2019, as equações 8 e 9, para obter o volume captado para cada mês e o volume do reservatório no tempo “t-1”. Ressalta-se que o volume do reservatório do tempo “t” não pode ultrapassar o volume do reservatório fixado. O presente método também indica o valor de *overflow*, ou seja, o volume de água que

ultrapassa a capacidade do reservatório e não é aproveitado para determinado mês e o valor de suprimento externo, indicando quando se tem a escassez do reservatório e necessita do abastecimento deste a partir de outra fonte.

Assim o volume do reservatório que mais se enquadrou com o sistema pelo método da simulação foi de 350 m³, apresentado na Tabela 14.

Tabela 14 - Volume de reservação calculado conforme o método da simulação

Mês	Precip. média mensal (m)	consumo (m ³)	área de capt. (m ²)	volum e de precip. (m ³)	volume reservatório (m ³)	reservatório no t-1 (m ³)	reservatório t (m ³)	overflorw (m ³)	suprimento externo (m ³)
Jan.	0,258	400	3089,53	717,49	350	0	317		0
Fev.	0,188	400	3089,53	521,94	350	317	439	0	0
Mar.	0,219	400	3089,53	608,69	350	439	648	298	0
Abr.	0,136	400	3089,53	377,30	350	350	327	0	0
Mai.	0,145	400	3089,53	403,18	350	327	330	0	0
Jun.	0,100	400	3089,53	278,87	350	330	209	0	0
Jul.	0,109	400	3089,53	304,20	350	209	114	0	0
Ago.	0,112	400	3089,53	312,64	350	114	26	0	0
Set.	0,180	400	3089,53	501,62	350	26	128	0	0
Out.	0,149	400	3089,53	415,42	350	128	143	0	0
Nov.	0,159	400	3089,53	441,76	350	143	185	0	0
Dez.	0,177	400	3089,53	493,27	350	185	278	0	0

Fonte: Autor, 2020

5.8.3 Método Azevedo Neto

Os parâmetros para o desenvolvimento do método Azevedo Neto são a área de captação total, a média anual de precipitação total apresentado, nas subseções anteriores, e o número de meses que apresenta pouca precipitação, identificado a partir da análise do gráfico 2, fixado em 3 meses. Foi utilizada a Equação 10, para obter o resultado necessário de reservação, apresentado na Tabela 15, onde identifica-se o volume de reservação de 752,69 m³.

Tabela 15 - Volume de reservação calculado conforme o método Azevedo Neto

Área de Captação (m ²)	média precip. Média anual (mm)	Tempo em meses	Volume de reservação (m ³)
3089,53	1933,55	3	752,69

Fonte: Autor, 2020

5.8.4 Método prático alemão

O presente método possibilita a escolha do dado de entrada entre o volume anual precipitado aproveitável e volume anual de consumo, o cálculo foi realizado a partir da segunda alternativa. É feito produto do consumo mensal pelo número de meses em um ano, para obter o volume da demanda anual. A partir disto, aplica-se a metodologia indicado na subseção 3.3.4.2.4 . A Tabela 16 demonstra que o volume de reservação obtido pelo método prático alemão foi de 288 m³.

Tabela 16 - Volume de reservação calculado conforme o método prático alemão

Volume de consumo (m ³)	meses	Valor de reservação (m ³)
400	12	288

Fonte: Autor, 2020

5.8.5 Método prático inglês

O método prático inglês foi calculado a partir da Equação 11, onde utilizou-se como parâmetros os mesmos valores da média de precipitação total anual e a área total de captação. A partir da aplicação da equação chegou-se ao valor de 298,69 m³ de volume de reservação (Tabela 17).

Tabela 17 - Volume de reservação calculado conforme o método prático inglês

Área de Captação (m ²)	média precip. Média anual (mm)	Volume reservação (m ³)
3089,53	1933,55	298,69

Fonte: Autor, 2020

5.8.6 Método prático australiano

Para a aplicação do método prático australiano foi utilizado os mesmos dados de entrada dos métodos anteriores quanto ao coeficiente de *runoff*, a área total de captação, a média de precipitação total mensal e fixado o valor indicado pelo método de interceptação, no valor de 2

mm. Assim, a partir das Equações 12 e 13 aplicadas na planilha de cálculo eletrônica Microsoft Excel, 2019, encontrou-se o volume do reservatório em 631,44 m³ (Tabela 18).

Tabela 18 - Volume de reservação calculado conforme o método prático australiano

Mês	prec. Medial mensal (mm)	área (m ²)	runoff	Interceptação (mm)	vol. Chuva (m ³)	consumo (m ³)	volume reservatório (m ³)
janeiro	258,04	3089,53	0,9	2	711,93	400	311,93
fevereiro	187,71	3089,53	0,9	2	516,38	400	428,31
março	218,91	3089,53	0,9	2	603,13	400	631,44
abril	135,69	3089,53	0,9	2	371,74	400	603,18
maio	145,00	3089,53	0,9	2	397,62	400	600,80
junho	100,29	3089,53	0,9	2	273,31	400	474,11
julho	109,40	3089,53	0,9	2	298,63	400	372,74
agosto	112,44	3089,53	0,9	2	307,08	400	279,82
setembro	180,40	3089,53	0,9	2	496,05	400	375,87
outubro	149,40	3089,53	0,9	2	409,86	400	385,73
novembro	158,87	3089,53	0,9	2	436,20	400	421,92
dezembro	177,40	3089,53	0,9	2	487,71	400	509,64

Fonte: Autor, 2020

5.8.7 Volume adotado para o reservatório

Por fim, feito a análise dos diversos cenários de reservação do sistema, entende-se que o método de simulação apresenta um resultado consistente e foi a escolha para o volume de reservação do sistema, ou seja, 350m³.

Observou-se, pela aplicação do método de simulação, que o sistema tem a capacidade de suprir a demanda adotada em todos os meses, mesmo com volume de reservação menor. Este fator se justifica devido o equilíbrio entre o potencial captável e o consumo adotado. O reservatório terá o objetivo de somente compensar os meses de maior escassez, onde o potencial captável não tem capacidade de suprir 100% a demanda, utilizando os meses de chuvas mais predominantes. Além disto, o método indicou que o mês de março apresenta um volume não aproveitado pelo sistema, devido ao grande volume de chuvas neste mês.

5.9 TRATAMENTO PARA O USO DA ÁGUA

O presente trabalho propõe as etapas necessárias do sistema de aproveitamento de água pluvial para manter a qualidade em relação ao seu uso.

Por ser direcionada ao setor de lavação dos ônibus, enquadra-se como uso de água não potável, sendo necessário alinhar-se com a norma NBR 15527 (ABNT, 2019). Assim, por se tratar de um uso menos nobre de água é preciso de etapas simples de tratamento e cuidados, apresentados nas próximas subseções.

5.9.1 Remoção de materiais grosseiros

Quanto a remoção de materiais grosseiros a norma NBR 15527 (ABNT, 2019) não entra em detalhes, mas exige que sejam instalados grades ou telas nas calhas, a fim de reter a entrada de folhas, gravetos, ou outros materiais grosseiros que podem obstruir os condutos ou ingressar no interior do reservatório, prejudicando a qualidade da água. É importante manter a limpeza destes semanalmente para evitar a obstrução nas grades ou telas.

5.9.2 Volume de descarte

O volume de descarte parte das características da superfície de captação do sistema a ser adotado. Como o presente trabalho propõe a captação da cobertura da empresa, a primeira leva de água da chuva tende a ser de qualidade inferior por exercer a limpeza da telha. Assim a norma NBR 15527 (ABNT, 2019) exige um dispositivo que realiza o descarte da primeira água.

Calculou-se o volume de descarte a partir da área total de captação. Como é indicado pela norma se utiliza o valor de 2 mm da precipitação inicial. Foi estimado o valor de 6,18 m³ para o reservatório de descarte, conforme demonstrado a seguir.

$$V = 3089,53 \text{ (m}^2\text{)} \times 0,002 \text{ (m)} = 6,18 \text{ (m}^3\text{)}$$

5.9.3 Desinfecção

Quanto a desinfecção a norma NBR 15527 (ABNT, 2019) não entra em detalhes, mas indica que quando usado o cloro residual, deve estar entre 0,5 mg/L e 3,0 mg/L. E quando trata-se da manutenção do sistema, designa a limpeza e desinfecção anual do reservatório.

5.10 ANÁLISE DE ECONOMIA

Nesta seção buscou-se analisar o quanto é possível economizar de água potável a partir da implantação do sistema de aproveitamento pluviométrico e quantificar o valor que pode gerar de economia para o empreendimento.

Iniciou-se a análise a partir da verificação de dados da empresa sem a aplicação do sistema de aproveitamento de água da chuva. A Tabela 19 lista as características da empresa, logística interna e tarifa atual cobrada pela concessionária que oferece o serviço de abastecimento de água do município.

Tabela 19 – Valores da parte operativa do setor de lavagem

Dados da frota e da lavagem	
Frota total	196
Lavagem em 24 horas	98
Uso de água por veículo (m ³)	0,25
Consumo em 24 horas (m ³)	24,5
Consumo mensal (m ³)	735
Consumo anual (m ³)	8820
Tarifa por m ³ *	R\$15,32
Gasto anual para água potável	R\$135.122,40

* Tarifa cobrada pela empresa prestadora do serviço de abastecimento de água de Florianópolis

Fonte: Autor, 2020

Assim, pôde-se identificar o valor que será gasto pela empresa no período de um ano com uso de água potável via concessionária.

A Tabela 20 apresenta o volume proposto pelo presente trabalho a ser substituído por água da chuva. Nela pôde-se analisar o valor a ser economizado por ano caso implantando o sistema de aproveitamento pluviométrico.

Tabela 20 - Valores do sistema de aproveitamento de água da chuva

Dados do sistema de aproveitamento	
Água aproveitada por mês (m ³)	400
Água aproveitada por ano (m ³)	4800
Tarifa por m ³ *	R\$15,32
Valor de economia	R\$73.536,00

* Tarifa cobrada pela empresa prestadora do serviço de abastecimento de água de Florianópolis

Fonte: Autor, 2020

Obteve-se o volume total de água potável que pode ser substituído por água da chuva, no total de 4800 m³ conforme apresentado na Tabela 20, e estimou-se o valor a ser economizado pela empresa por substituir água potável via concessionário, gerando uma economia total de R\$ 73536,00.

Por fim, com objetivo de obter uma análise do cenário caso o empreendimento tenha o sistema implantado, a Tabela 21 apresenta este comparativo buscando demonstrar como seria a operação da empresa com o aproveitamento de água da chuva. Indica, também, que o sistema tem capacidade de suprir 54% da demanda do setor e em um ano o gasto para compra de água potável seria R\$ 61586,40.

Tabela 21 - Valores caso implantação do sistema de aproveitamento de água

Aplicação do sistema	
Consumo total de água (m ³)	8820
Uso da água do sistema (m ³)	4800
Total de água potável substituída	54%
Consumo via concessionaria	4020
Tarifa por m ³	R\$ 15,32
Gasto anual para água potável	R\$ 61.586,40

* Tarifa cobrada pela empresa prestadora do serviço de abastecimento de água de Florianópolis

Fonte: Autor, 2020

5.11 DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA

Através do estudo realizado foi possível definir uma proposta de um sistema para aproveitamento de água da chuva para a empresa de transporte público.

A partir dos dados encontrados no presente estudo, o sistema inicia com a captação da água da chuva proveniente da cobertura do setor de manutenção. Esta deve ser conduzida até o reservatório a partir de suas componentes, composto por calhas e condutores verticais e horizontais.

O volume de água proveniente das telhas da cobertura será captado pelas calhas. Estas seriam instaladas nas extremidades inferior das três áreas indicadas no trabalho, onde para área 1 (A1), área 2 (A2) e área 3 (A3) devem apresentar 80 centímetros de largura, conforme fixado na planta base, e altura de 10 centímetros. Todas as calhas devem ter 0,5 % de inclinação.

Logo, o manejo entre as calhas e o reservatório seria composto por condutores verticais e horizontais. Quanto aos condutores verticais, seriam introduzidos da extremidade das calhas de A1 e A2, dois tubos de PVC com diâmetro de 200 milímetros e um com diâmetro de 150 mm a uma altura/comprimento mínimo de 3 metros. O conduto das calhas de A3 deve ser de 75 milímetro com a mesma altura/comprimento mínima. Os condutores horizontais e cuidados com o sistema de tubulação dos condutos devem seguir conforme requisitos indicados no presente trabalho.

Antes de ser encaminhado para o reservatório, o sistema deverá passar por uma série de processos a fim de manter a qualidade da água adequado ao uso. Para evitar a entrada de materiais grosseiros no reservatório, seria instalado um processo de gradeamento e peneiramento nas próprias calhas do sistema. O volume de descarte seria composto por um dispositivo de descarte automático por boia. Seria necessária uma cisterna com capacidade de pelo menos 6200 litros, que recebe água proveniente de todas as áreas de captação. Ao encher a cisterna o dispositivo de boia trancaria a água e o restando seria destinado ao reservatório.

Após todos os cuidados para manter a qualidade da água do sistema, esta será encaminhado para o reservatório. Sugere-se um reservatório apoiado com capacidade de 350 m³, equivalente ao volume de reservação adotado na subseção 5.8.7. Por fim, antes do uso, a água precisa passar pelo processo de desinfecção, está pode ser feita por cloração com hipoclorito de sódio respeitando os requisitos dispostos no trabalho.

6 CONCLUSÃO

No presente estudo realizou-se a análise sobre a possibilidade de implantação de um sistema de aproveitamento de água da chuva para o uso de água não potável na lavagem dos ônibus em uma empresa de transporte público no município de Florianópolis/SC.

Através de dados secundários de precipitação total, presentes no Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), foi possível caracterizar e estimar o comportamento de chuvas sobre a área estudada. Conclui-se que está tem potencial para aproveitamento de água pluvial, devido ao equilíbrio de chuvas, onde os poucos meses que apresentam maior escassez são compensados por meses chuvas intensas.

A área que propõe maior potencial para o aproveitamento de água da chuva no empreendimento é a cobertura do setor de manutenção, pois esta tem área relativamente grande e não possui circulação de pessoas e animais, entregando uma água menos contaminada. Esta área é composta por 3089,53 m² de telhas, proporcionando o potencial pluviométrico representado na subseção 5.5. A fim de manter o equilíbrio do sistema o estudo conclui que o volume ideal para uso não potável de água proveniente da chuva é de 400m³.

Verifica-se também, o volume de reservação das metodologias dispostas na norma NBR 15527 (ABNT,2019) com o propósito de identificar o melhor volume do reservatório para o sistema. Averiguou-se pelo método da simulação um reservatório com capacidade de 350m³, assegurando os 400 m³ de água não potável para todos os meses do ano, ainda que o mês de janeiro apresente uma sobra de 298,12 m³ podendo ser considerado para futuras ampliações do sistema.

Com os resultados obtidos foi possível definir as etapas do sistema de aproveitamento de água, sendo elas:

- a) Captação da água proveniente das telhas por calhas com largura de 80 centímetros e 10 centímetros de altura;
- b) Proteção das calhas por tela ou gradeamento evitando a entrada de materiais grosseiros;
- c) Condução da água para o reservatório a partir de condutos verticais de PVC, utilizar dois tubos com diâmetro de 200 milímetros e um de 150 mm para as áreas maiores e 75 milímetros para a menor;
- d) Cisterna com volume de 6500 litros com o dispositivo automático de boia para o descarte do *first flush* ;

- e) Reservatório apoiado com capacidade de 350 m³, com sistema de desinfecção a partir de cloro .

Por fim, foi avaliado o cenário de economia da água potável caso implantação do sistema. Averigua-se que o sistema proposto pelo estudo tem a capacidade de suprir 400 m³ por mês, totalizando 54% da demanda de água utilizada na lavação dos ônibus. Trazendo os benefícios financeiros é possível constatar, que se tal uso fosse por água potável e substituído pela água proveniente do sistema, considerando a tarifa atual pelos serviços de abastecimento de água, geraria economia total de R\$ 73.536 por ano para empresa.

O estudo apresenta limitações quanto a viabilidade econômica, pois este não considera os valores gastos para a manutenção, operação e instalação do sistema. Apesar do sistema apresentar processos simples, para implantação do reservatório seria necessário investimento. Entretanto, é possível definir que o sistema proposto para aproveitamento de água da chuva para lavação dos ônibus proporciona benefícios ambientais e econômicos. Devido as características de uso, tal água pode substituir o uso de água potável, conservando recursos hídricos da região e proporcionando a economia na compra de água potável.

6.1 RECOMENDAÇÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

Visando trabalhos futuros para sistemas de aproveitamento de água da chuva, podem ser sugeridos:

- a) Estudo de viabilidade econômica, considerando valores gastos para operação, manutenção e implantação do sistema;
- b) Estudo do uso da água captada para outras atividades, como exemplos, jardinagem, vasos sanitários e lavagem do pátio;
- c) É comum empresas deste setor já ter o reuso de água proveniente da parte operativa da empresa, podendo, assim, traçar estudos de aplicação do aproveitamento de água em conjunto com o reuso de água para substituir maior demanda de água potável.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS - ANA. **Panorama das águas**. Disponível em: <<http://gov.br/ana/pt-br/assuntos/gestao-das-aguas/panorama-das-aguas>>. Acesso em: 21 maio. 2020.
- ANNECCHINI, Karla Ponzio Vaccari. **Aproveitamento de água da chuva para fins não potáveis na Cidade de Vitória**. 2005. 150, f. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL - ABES. **Reúso de águas nas crises hídricas e oportunidade no Brasil**. Outubro de 2015. p. 43.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527: Aproveitamento de água de chuva de cobertura para fins não potável**. Rio de Janeiro, 2019. p. 10.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10844: Instalações prediais de águas pluviais - Procedimentos**. Rio de Janeiro, 1989. p. 13.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626: Sistemas prediais de água fria e água quente – Projeto, execução, operação e manutenção**. Rio de Janeiro, 2020. p. 56.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12217: Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público - Procedimentos**. Rio de Janeiro, 1994. p. 4.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12214: Projeto de estação de bombeamento ou de estação elevatória de água - Requisitos**. Rio de Janeiro, 2020. p. 35.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12213: Projeto de captação de água de superfície para abastecimento público - Procedimento**. Rio de Janeiro, 1992. p. 5.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. **Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017**. Brasília, 2017.
- COLASIO, Barbara Muller. **Estudo de uma proposta de utilização de águas pluviais nas piscinas do complexo aquático da Universidade do Sul de Santa Catarina (UNISUL, Palhoça/SC)**. 2015. 91, f. Trabalho de Conclusão de curso (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2015.
- FLORIANÓPOLIS. Câmara Municipal de Florianópolis. **Lei complementar nº 60 – Institui o código de obras e edificações de Florianópolis e dá outras providências**. Florianópolis, 2000.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET. **Histórico de dados meteorológicos**. Disponível em: <<http://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos>>. Acesso em: 8 outubro. 2020.

LAGE, Epaminondas de Souza. **Aproveitamento de água pluvial em concessionárias de veículos na cidade de Belo Horizonte: Potencial de economia de água potável e estudo de viabilidade econômica.** 2010. 198, f. Dissertação de Mestrado (Pós-Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

LEAL, Vinícius de Paula. **Proposta para reuso de água no lava jato pertencente à prefeitura municipal de Quirinópolis, Goiás.** 2016. 43, f. Trabalho de Conclusão de curso (Especialização em elaboração e Gerenciamento de projetos para gestão municipal de recursos hídricos) – Instituto Federal do Ceará, Brasília, 2016.

LEROY MERLIN. **Tela anti-folha alumínio.** Disponível em: <https://leroymerlin.com.br/tela-anti-folha-aluminio-3-pecas-1m-bella-calha_89471585>. Acesso em: 6 novembro. 2020.

LIBÂNO, Marcelo. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água.** 3. ed. Campinas, SP: Atomo, 2010. p. 494.

MORELLI, Eduardo Bronzatti. **Reúso de água na lavagem de veículos.** 2005. 92 f. Dissertação (Mestre em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis.** [S.I.]: Plínio Tomaz, 11 de janeiro de 2010. p. 486. Disponível em: <<https://pliniotomaz.com>>. Acesso em: 20 maio. 2020.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Planta cobertura do setor de manutenção

