

**UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE - UNESC  
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA**

**CAROLINE LOURENÇO MARCIANO**

**REUSO DA ÁGUA DA CHUVA PARA FINS NÃO POTÁVEIS EM UMA EMPRESA  
DE TRANSPORTES TERRESTRE**

**CRICIÚMA**

**2019**

**CAROLINE LOURENÇO MARCIANO**

**REUSO DA ÁGUA DA CHUVA PARA FINS NÃO POTÁVEIS EM UMA EMPRESA  
DE TRANSPORTES TERRESTRE**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado para obtenção do grau de bacharel no curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC.

Orientador(a): Prof. (ª) Msc. Cristina Moreira Lalau

**CRICIÚMA**

**2019**

**CAROLINE LOURENÇO MARCIANO**

**REUSO DA ÁGUA DA CHUVA PARA FINS NÃO POTÁVEIS EM UMA EMPRESA  
DE TRANSPORTES TERRESTRE**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado pela Banca Examinadora para obtenção do Grau de bacharel, no Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC, com Linha de Pesquisa em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental.

Criciúma, 27 de novembro de 2019.

**BANCA EXAMINADORA**

Prof. Msc. Cristina Moreira Lalau (UNESC) - Orientador

Eng. Agrônomo Dr. Marcos Back

Prof. Msc. Marta Valéria Guimarães de Souza Hoffman (UNESC)

Dedico aos meus pais Sandro e Gislaine  
Aos meus avós Célio e Terezinha  
E a minha avó Terezinha.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, pela oportunidade de poder viver a vida.

Aos meus pais, por toda a confiança e apoio que sempre depositaram em mim desde as séries iniciais, me ensinando a ler e escrever e confiando em todo o meu potencial, essa conquista também é de vocês.

Ao Gabriel meu irmão, pelos momentos de descontração e até hoje pelas risadas lembrando dos períodos em que eu achava que “não ia dar tempo”.

Ao Daniel, meu namorado, por ser companheiro durante toda a faculdade e realização desse trabalho bem como sempre me demonstrar que posso ir muito além do que imagino.

A todos os meus familiares, avós, tios, tias e primos e amigos por todo amparo, carinho e compreensão da minha ausência durante esses cinco anos de formação.

Aos meus colegas de faculdade, sobretudo a Karine, Babi, Gabriel e tantos outros que passaram durante esse caminho. Em especial a minha amiga de coração Beatriz, que tanto foi minha dupla em vários trabalhos, provas, saídas de campo e no último período abriu as portas para eu fazer o estágio e compartilhou seu dia a dia e conhecimento comigo.

A empresa em que possibilitou esse estudo de caso e a Flavia Bez Batti por me acolher e supervisionar meu estágio. Obrigada!

A professora Cris, por me aceitar com carinho me orientar e sempre me receber nas orientações de braços abertos sanando minhas dúvidas e também sendo as vezes mais que professora, mas sim uma amiga!

A todos os professores do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária e em especial a professora Marta e ao Marcos por aceitarem fazer parte da banca avaliadora.

“Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida (...).”

Art. 255 da Constituição Federal de 1988

## RESUMO

O uso alternativo de fontes de água é uma forma inteligente do emprego desses recursos naturais em empresas que não só fazem o seu uso em atividades cotidianas, mas também como instrumento de trabalho. Um exemplo dessas fontes consiste em um sistema de captação de água pluvial seguida de bombeamento em uma estação elevatória para a distribuição e consumo. As variáveis que modificam esse sistema incluem o tamanho da área de contribuição, a vazão de consumo atual, o tipo de telhado e os usos finais da água coletada. A norma aplicável pertinente sugere seis métodos de dimensionamento ficando a cargo do projetista a escolha do método mais adequado a sua demanda. No entanto, além dos descritos na norma, também há métodos por modelos computacionais. Um exemplo é o *software* desenvolvido pela UFSC chamado Netuno. Nesse contexto o objetivo deste trabalho é a elaboração de um sistema de captação e reuso de água pluvial em uma transportadora localizada em Criciúma – SC, com atividades diversas de pintura, oficina e lavação com uma vazão elevada. O uso final da água será destinado aos banheiros da oficina, jardinagem e a lavação de veículos automotores de grande porte. O desenvolvimento do trabalho contou com a definição de requisitos legais aplicáveis, determinação de vazão de consumo atual, cálculo das áreas de contribuição, levantamento dos dados pluviométricos da região e o dimensionamento do reservatório mais indicado através do programa computacional supracitado. Ademais foi dimensionado o sistema elevatório conforme a norma de instalações prediais de águas frias. Por fim, concluiu-se que o uso de águas pluviais otimiza alguns aspectos da empresa bem como traz uma redução de custos mensais significativa bem como aumenta o potencial ecológico da indústria.

Palavras-chave: Demanda de água, Aproveitamento de água pluvial, Reservatório de água pluvial.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Ciclo Hidrológico. ....	3
Figura 2 - Disponibilidade hídrica no mundo. ....	4
Figura 3 – Total de água consumida no Brasil. ....	5
Figura 4 - Proporção de água consumida por tipologia industrial.....	6
Figura 5 - Componentes do sistema de captação da água da chuva.....	13
Figura 6 - Modelos de Cisternas. ....	16
Figura 7 - Sistema de estação elevatória. ....	17
Figura 8 - Fluxograma de Metodologia do Trabalho.....	18
Figura 9 - <i>Interface</i> do sistema Netuno para dimensionamento de reservatório. ....	21
Figura 10 - Distância entre a estação pluviométrica e o empreendimento. ....	25
Figura 11 - Áreas de contribuição. ....	28
Figura 12 - Áreas de contribuição. ....	29
Figura 13 - Sistemas de Cisternas. ....	30
Figura 14 - Localização da Cisterna 1.....	31
Figura 15 - Resultado da simulação de dimensionamento da cisterna 1. ....	32
Figura 16 - Localização da Cisterna 2.....	33
Figura 17 - Resultado da simulação de dimensionamento da cisterna 2. ....	34
Figura 18 - Escolha dos diâmetros conforme a vazão. ....	37

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Parâmetros de qualidade e frequência de análise da água da chuva para fins não potáveis. ....	8
Tabela 2 - Números referentes à legislação no território brasileiro sobre o uso de água da chuva entre os anos de 2002 a 2016. ....	9
Tabela 3 - Consumo atual das áreas de Oficina e Pintura. ....	26
Tabela 4 - Estimativa de Consumo de Água por Pontos Potáveis ....	27
Tabela 5 - Dados de entrada para dimensionamento das cisternas 1 e 2. ....	30
Tabela 6 - Dimensionamento de reservatório 1 com volume conhecido pelo método de simulação. ....	32
Tabela 7 - Dimensionamento de reservatório 2 com volume conhecido pelo método de simulação. ....	34
Tabela 8 - Dimensionamento de apenas um reservatório. ....	35
Tabela 9 - Parâmetros para a escolha da bomba. ....	36
Tabela 10 - Investimento do sistema. ....	37
Tabela 11 - Análise de Retorno. ....	38

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Métodos de cálculos de dimensionamentos de reservatórios na ABNT NBR 15527:2007. ....	11
Quadro 2 - Componentes correlacionados a usabilidade.....	13
Quadro 3 - Vantagens e desvantagens de materiais de um reservatório de água pluvial. ....	15
Quadro 4 - Dados de entrada Netuno para dimensionamento de reservatório .....	21
Quadro 5 - Equações referentes ao dimensionamento do sistema elevatório .....	22
Quadro 6 - Legislações aplicáveis.....	23
Quadro 7 - Normatização aplicável. ....	24

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>REFERÊNCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>3</b>
2.1	DISPONIBILIDADE E USO DAS ÁGUAS.....	3
2.2	USO DAS ÁGUAS EM INDUSTRIAS .....	5
2.3	IMPACTOS DO USO DA ÁGUA EM INDÚSTRIAS DE LAVAÇÃO .....	6
2.4	QUALIDADE DA ÁGUA DA CHUVA.....	7
2.5	LEGISLAÇÃO VIGENTE E NORMATIVAS .....	8
2.6	TECNOLOGIAS PARA REAPROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA .....	10
2.7	DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA .....	10
<b>2.7.1</b>	<b>Dados Meteorológicos</b> .....	<b>10</b>
<b>2.7.2</b>	<b>Métodos de Cálculo</b> .....	<b>11</b>
2.8	COMPONENTES DE REÚSO DA ÁGUA DA CHUVA.....	12
2.9	DIMENSIONAMENTO DOS RESERVATÓRIOS.....	14
2.10	SISTEMA ELEVATÓRIO .....	16
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>18</b>
3.1	PESQUISA BIBLIOGRÁFICA .....	18
3.2	COLETA DE DADOS PLUVIOMÉTRICOS.....	19
3.3	COLETA DE DADOS DE CONSUMO DE ÁGUAS NÃO POTÁVEIS .....	19
3.4	QUANTIFICAÇÃO DAS ÁREAS DE CONTRIBUIÇÃO DA ÁGUA DA CHUVA	20
3.5	UTILIZAÇÃO DO <i>SOFTWARE</i> NETUNO PARA DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO.....	20
3.6	DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA ELEVATÓRIO .....	22
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>23</b>
4.1	NORMATIVAS E LEGISLAÇÕES.....	23
4.2	DADOS PLUVIOMÉTRICOS .....	24
4.3	ESTIMATIVA DO CONSUMO ATUAL.....	26
4.4	ÁREAS DE CONTRIBUIÇÃO .....	28
4.5	DIMENSIONAMENTO DOS RESERVATÓRIOS.....	29
4.6	DIMENSIONAMENTO DA CISTERNA 1 .....	31
4.7	DIMENSIONAMENTO DA CISTERNA 2 .....	33

4.8	SIMULAÇÃO COM UMA CISTERNA PARA TODOS OS PONTOS DE CONSUMO.....	35
4.9	DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA ELEVATÓRIO .....	36
4.10	ANÁLISE DE CUSTOS.....	37
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>39</b>
<b>6</b>	<b>RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>40</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>41</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O aumento desenfreado da população, processos de urbanização acelerados, desmatamento elevado e industrialização em larga escala desencadeiam em crises no setor ambiental. A crise hídrica já é um tema que aflige as grandes potências mundiais e uma realidade em estados brasileiros. Embora a água pareça ser abundante apenas 2,5% é doce e dessa parcela a maioria se encontra suspensa em geleiras ou águas subterrâneas, ademais, outro aspecto considerado nesse cálculo é a baixa qualidade dos recursos hídricos que fazem com que diminua ainda mais a água com a qualidade adequada para a vida humana. Assim sendo, técnicas de reuso de águas são uma forma de utilizar esse recurso de forma racional e preservando para futuras gerações.

A água da chuva é uma fonte abundante de água doce que geralmente possui baixa concentração de poluentes. A alternativa de seu uso é uma tecnologia barata e com instalação de baixa complexidade que pode ajudar na resolução do problema de escassez de água no planeta. Seu aproveitamento é uma forma de preservar recursos hídricos disponíveis e diminuir custos relacionados as tarifas de água. Entretanto não é uma fonte de água potável e não indicado para a ingestão, sendo propícia para usos externos e na indústria (BRAGA et. al., 2005).

O reuso de água da chuva é regulamentado pelas normas ABNT NBR 15.527:2007 (ABNT, 2007), de aproveitamento de águas da chuva para fins urbanos não potáveis, e NBR 10.844:1989 (ABNR, 1989), de instalações prediais de águas pluviais, bem como já é visada em legislações estaduais e municipais podendo ser citada a cidade de Palhoça que impõe sua obrigatoriedade.

Dessa maneira, o presente trabalho tem como objetivo geral analisar a viabilidade técnica para a implantação de um sistema de captação e armazenamento de água da chuva para fins não potáveis em uma transportadora localizada em Criciúma – SC. E, de maneira a atender ao objetivo geral, foram elencados os seguintes objetivos específicos: a) Pesquisar legislações aplicáveis e normativas voltadas ao reuso da água da chuva; b) Obter dados pluviométricos de estação meteorológica próximo ao município de Criciúma; c) Levantar o consumo de água atual do empreendimento; d) Quantificar as áreas de contribuição de água da chuva;

e) Realizar o dimensionamento do reservatório com o software Netuno; f) Realizar os cálculos das estações elevatórias.

## 2 REFERÊNCIAL TEÓRICO

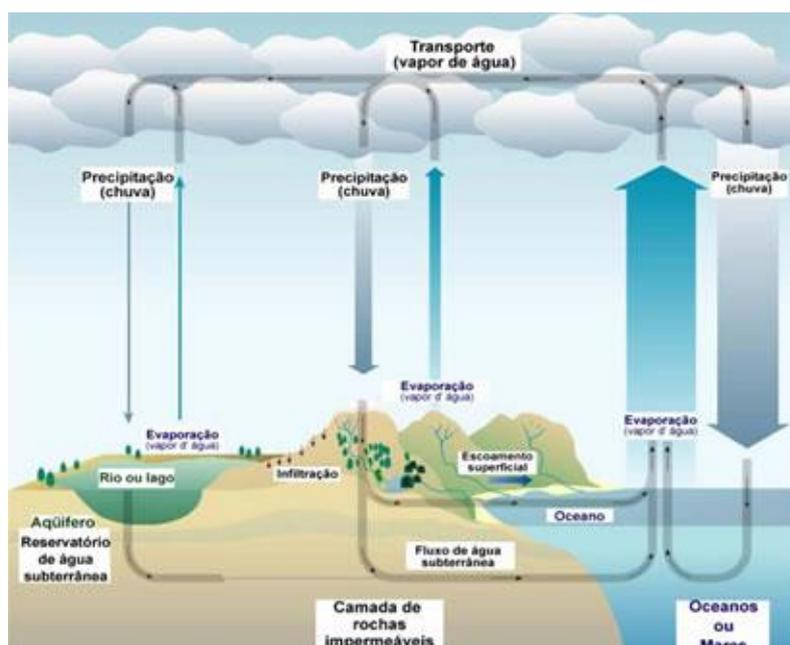
### 2.1 DISPONIBILIDADE E USO DAS ÁGUAS

A água é uma das substâncias mais relevantes da crosta terrestre e sem sua presença não seria possível a forma atual de vida. Os organismos vivos tiveram origem no ambiente aquoso e com a evolução se tornaram cada vez mais dependente desse recurso natural (REICHARDT; TIMM, 2016).

Estima-se que cobre cerca de dois terços do planeta nas formas líquidas e sólidas e também é uma das constituintes da atmosfera na forma gasosa, sendo assim, está presente em toda a parte (REICHARDT; TIMM, 2016). Em sua maioria encontra-se no estado líquido (BRAGA et al., 2005).

O ciclo hidrológico, ilustrado na figura 1, é composto de uma sucessão de vários processos na natureza pelos quais a água inicia de um estágio inicial até retornar à posição primitiva. É um fenômeno cíclico entre a água, a superfície terrestre e a atmosfera (MIRANDA; OLIVEIRA; SILVA, 2010). Devido a essas características o volume presente de água na Terra é o mesmo desde a origem do planeta (MACÊDO, 2004).

Figura 1 - Ciclo Hidrológico.

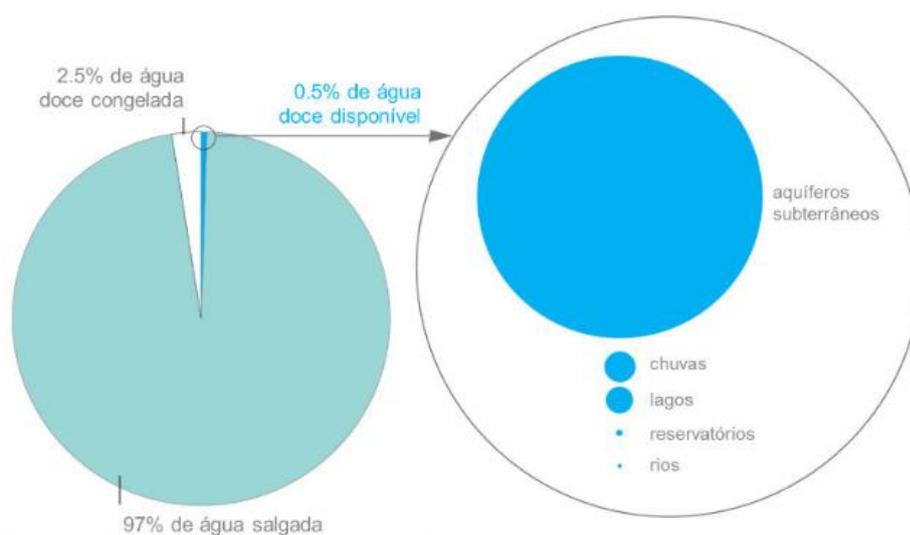


Fonte: CPRM, (2019).

A disponibilidade de água diz respeito a sua qualidade, quantidade e também a capacidade de prover as necessidades dos seres vivos (BRAGA et al., 2005).

Estima-se que há cerca de 354.000 km<sup>3</sup> de água em toda a superfície terrestre. Dessa reserva apenas 2,5% é de água doce, fundamental para a sobrevivência. Do volume de água doce, 68,9% está na forma sólida em geleiras, calotas polares e neves eternas, 30,8% em águas subterrâneas. A água disponível para captação economicamente viável é de 0,3%, correspondendo a 100 mil km<sup>3</sup> (MACÊDO, 2004). Os dados anteriormente citados estão representados graficamente na figura 2.

Figura 2 - Disponibilidade hídrica no mundo.



Fonte: (SAVEH, 2019).

Rios e lagos são os mananciais mais acessíveis utilizados para a captação de água doce. Eles variam de acordo com as condições geográficas, climáticas e topográficas de cada lugar. O consumo doméstico, industrial e na agricultura é o que compõe o uso desse recurso (TELLES et al., 2007).

A Agência Nacional de Águas (ANA, 2018), em seu relatório de usos da água os classifica em retirada, consumo e retorno. A retirada refere-se à água total captada para uso, como abastecimento urbano. O retorno refere-se a retirada para

um determinado uso e o recurso volta ao corpo hídrico, como por exemplo o esgoto em virtude do abastecimento urbano, e o consumo é a água retirada que não volta aos recursos hídricos.

A figura 3 demonstra a média anual de consumo de água em 2017 no Brasil onde os três maiores consumidores são, respectivamente, a irrigação, abastecimento animal e a indústria.

Figura 3 – Total de água consumida no Brasil.



Fonte: ANA, (2018).

## 2.2 USO DAS ÁGUAS EM INDUSTRIAS

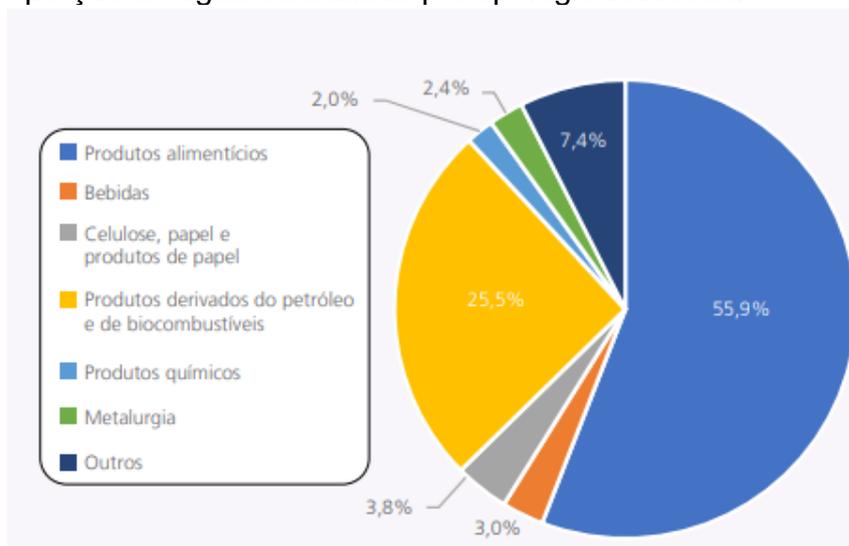
A água pode ser aplicada a vários usos na indústria, dependendo de suas atividades, a citar o uso como matéria-prima, reagente, solvente, lavagem de gases e sólidos, veículo, transmissão de calor, agente de resfriamento e fonte de energia (TELLES et al., 2007).

A qualidade da água a ser utilizada depende da necessidade do processo industrial do qual será aplicada. Cada uso determinará a que grau de impureza a água poderá estar sujeita. Águas com qualidade elevada são indicadas para indústrias alimentícias e farmacêuticas enquanto existem atividades que não necessitem de tanto rigor nesse quesito, já que são utilizados para fins não potáveis, podem ser obtidas através de águas de reuso (BRAGA et al., 2005).

De acordo com a ANA (2018), destacam-se no uso da água a indústria de produtos alimentícios, bebidas, celulose e seus derivados, produtos derivados de petróleo e biocombustíveis, metalúrgica entre outros. Esses outros referem-se a 7,4%

do total, uma quantidade significativa concernente a qualquer tipo de indústria em todo o território nacional. A figura 4 demonstra os dados supracitados.

Figura 4 - Proporção de água consumida por tipologia industrial.



Fonte: ANA, 2018.

As mudanças com relação aos recursos hídricos afetam diretamente o setor industrial. Baixa disponibilidade hídrica acomete o custo de produção e gera um padrão de riscos para as empresas. Por isso o gerenciamento de recursos hídricos vem sendo adotado por empresas, de forma voluntária ou não, garantindo a vitalidade das mesmas (CNI, 2017). O caso das indústrias nas quais há a lavagem de veículos em que se utiliza uma quantidade elevada de água afeta na diminuição da disponibilidade de recursos hídricos.

### 2.3 IMPACTOS DO USO DA ÁGUA EM INDÚSTRIAS DE LAVAÇÃO

Uma das principais matérias-primas de uma lavagem de veículos é a água, que é considerada pelo Sebrae (2012), o insumo mais importante.

As indústrias que possuem em algum momento de seu processo a lavagem de veículos são consideradas potencialmente poluidoras. Embora aparentemente seja corriqueiro e simples a lavagem de automóveis, o mesmo tanto gera efluente quanto possui um alto consumo de recursos hídricos (MOURA, 2009). Os valores de uso da

água em lavagem automotiva podem chegar a 85 m<sup>3</sup>/mês, dependendo do número de automóveis a serem lavados diariamente (CESUMAR, 2013).

De acordo com a CNI, (2017), a qualidade de água ideal para lavagem de veículos automotores não deve possuir mal cheiro nem ser abrasiva, assim como não causar manchas as superfícies e não conter sais ou substâncias remanescentes. Em hipótese alguma podem acarretar infecções ou contaminação por vírus ou bactérias. Quando utilizada águas de reuso para essa finalidade se faz necessário que as mesmas atendam minimamente esses padrões.

## 2.4 QUALIDADE DA ÁGUA DA CHUVA

A qualidade de água da chuva é dependente de vários fatores de influência, a localização a qual ela cai é um deles, onde pode ser em zona urbana e rural. Também deve-se considerar as condições climáticas bem como o regime de chuva na região de estudo. Outros fatores preponderantes são as características da bacia e densidade demográfica. O solo em que a mesma cai também pode acarretar em impurezas bem como a lavagem da superfície a qual vai ser drenada (CNI, 2017).

Tomaz (2010) diz que há quatro pontos para qualificar a água da chuva. O primeiro é antes de atingir o solo, o segundo depois de precipitar sobre uma área impermeabilizada ou telhado, o terceiro quando a mesma já está armazenada no reservatório, e, por fim, o quarto no ponto de consumo.

Ao cair, a água da chuva está sujeita a interferência da atmosfera local pois a mesma atua como uma lavagem do ar. Pode então consigo carrear os metais pesados e demais impurezas presentes nos ares locais (CESUMAR, 2013).

Quando a água da chuva atinge o solo ela irá ter a configuração conforme o local em que cair. No litoral a mesma apresenta elementos como sódio, potássio, magnésio, cloro e cálcio e, quanto mais distante da costa mais estão presentes os componentes de origem terrestre como sílica, alumínio e ferro. Também pode apresentar outras configurações dependendo de onde a mesma irá se encontrar, como já mencionado (TOMAZ, 2010).

Ao passar pelos telhados as mesmas podem carrear impurezas como por exemplo fezes de passarinhos ou outros animais podendo ocasionar patologias a mesma. O material do telhado referente a coleta também deverá ser levado em

consideração uma vez que há aqueles cuja fabricação contém chumbo ou arsênio (TOMAZ, 2010).

Dentro do reservatório a qualidade dependerá dos fatores anteriores, Tomaz (2010) afirma que microrganismos trazidos de telhados podem se desenvolver sob essas condições. Para isso existem cuidados específicos como o controle da luz solar assim como o controle de manutenção.

Existem padrões aceitáveis de qualidade da água da chuva para reuso e também deverá ser levado em consideração a normativa aplicável. Os valores estão dispostos na tabela 1.

Tabela 1 - Parâmetros de qualidade e frequência de análise da água da chuva para fins não potáveis.

Parâmetro	Análise	Valor Máximo Admitido
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 < 5,0uT
Cor aparente	Mensal	< 15 uH
pH	Mensal	6 a 8

Fonte: Adaptado de NBR 15.527 (ABNT, 2007)

Ademais existem normativas e legislações que estabelecem critérios e regulamentam as atividades voltadas ao reuso da água da chuva e preservação dos recursos hídricos.

## 2.5 LEGISLAÇÃO VIGENTE E NORMATIVAS

A legislação referente aos recursos hídricos provindos de águas pluviais teve seu início no ano de 1937 quando entrou em vigor em território brasileiro o Decreto Federal nº 24.643 denominado Código das Águas (BRASIL, 1934). O título V é dedicado a águas pluviais. A definição adotada a partir dele é que água pluvial é aquela provinda de chuvas. As mesmas pertencem ao dono da edificação em que a cai. Esse Decreto também garante o direito ao uso imprescritível.

Em 1997, 63 anos após a institucionalização do Código das Águas, foi criada a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) instituído pela Lei nº 9.433

de 1997 (BRASIL, 1997). Ela deixa explícito no objetivo IV o incentivo e também a intenção de promover a captação, a preservação e o aproveitamento de águas pluviais. Os outros também fazem referência ao mesmo de forma indireta pois constituem em assegurar a disponibilidade de água adequada à atual e às futuras gerações assim como a utilização racional e a prevenção de uso inadequado dos recursos naturais. Com o PNRH foi lançado o Sistema Nacional de Recursos Hídricos (SNRH).

Outra lei que cabe ser citada é a Lei nº 11.445 de 5 de janeiro de 2007 (BRASIL, 2007) que indiretamente trata o tema. Ela trata da drenagem de águas pluviais bem como seu manejo dentro de um grupo de atividades atrelados ao serviço público.

Nacionalmente não existe nenhuma legislação que federe todos os estados sobre o tema sendo exclusivas as estaduais e municipais. Existem 38 leis municipais, 14 estaduais e 1 no Distrito Federal acerca do tema, há também 6 projetos de lei e um que se apresenta em forma de decreto (SILVA; BORJA, 2017). Abaixo, a tabela 2 demonstra números mencionados.

Tabela 2 - Números referentes à legislação no território brasileiro sobre o uso de água da chuva entre os anos de 2002 a 2016.

Instrumento Legal	2002 a 2005	2006 a 2009	2010 a 2013	2014 a 2016	Total
Lei Municipal	12	18	6	2	38
Lei Estadual	2	-	4	8	14
Lei Distrito Federal	-	1	-	-	1
Projeto de Lei Federal	1	-	1	2	4
Projeto de Lei Estadual	-	-	-	2	2
Decreto Estadual	1	-	-	-	1
Total	16	19	11	14	60

Fonte: (Adaptado de SILVA; BORJA, 2017)

No estado de Santa Catarina há alguns municípios com legislação específica onde se pode citar a cidade de Palhoça, com a Lei Ordinária nº 4631 de 27 de junho de 2018 (PALHOÇA, 2018). O município de Criciúma conta com um Projeto de Lei nº 66/2015 que foi arquivado no mesmo ano de sua criação (CRICIÚMA, 2015).

Saindo do âmbito de legislação e entrando Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) há a NBR 15.527 datada em sua primeira edição no ano de

2007. Ela conceitua bem como define todas as condições para o projeto de dimensionamento de águas pluviais. Também se deve levar em consideração a NBR 5.626 que é válida a partir do ano de 1998 e trata das instalações prediais de águas frias complementando a anterior.

## 2.6 TECNOLOGIAS PARA REAPROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA

O uso de tecnologias apropriadas para alternativas de captação de água é uma solução básica para a crise hídrica mundial. É uma forma plausível de suprir as demandas menos restritivas e liberar assim as águas melhores para o abastecimento doméstico (BRAGA et al., 2005).

O sistema a ser implantado pode ter várias configurações possíveis podendo ir de simples a complexa. Ele pode ter objetivo distinto, desde suprimento da demanda de águas para diferentes consumos bem como para redução de alagamentos. Em todo caso, o sistema deverá cumprir e estar de acordo com a finalidade proposta em projeto de modo que seu aproveitamento seja eficiente (TELLES et. al., 2007).

## 2.7 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA

### 2.7.1 Dados Meteorológicos

Para melhor entendimento do sistema se faz necessário a aplicabilidade de alguns conceitos. De acordo com (BOTELHO, 2017), intensidade refere-se a medida volumétrica da quantidade de chuva que cai sobre uma área em um determinado tempo. Através dessa medida pode-se classificar as regiões de baixa precipitação aquelas em que a intensidade é menor que 800 mm por ano, regiões de média precipitação fica entre 800 a 1.600 mm por ano e regiões de alta precipitação as que possuem um valor de intensidade maior que 1.600 mm anual. Através de um pluviômetro a chuva é medida por minutos de ocorrência, horas ou até anos.

Através de dados obtidos de estações meteorológicas é possível então montar uma série histórica. Trata-se de dados obtidos através de estações para assim determinar o clima de um local. Recomenda-se um período de 30 anos (ANTONIO,

2017). Os referidos dados são essenciais para a realização do dimensionamento do sistema de reaproveitamento da água da chuva.

### 2.7.2 Métodos de Cálculo

O reservatório de água é o item mais caro e que exige mais precisão de modo que seu dimensionamento precise ser feito de forma criteriosa. O Anexo A da ABNT NBR 15527:2007 recomenda o uso de um de um dos métodos apresentados, dispostos no quadro 1. De acordo com a TOMAZ (2010), o método mais utilizado é o de Rippl.

Quadro 1 - Métodos de cálculos de dimensionamentos de reservatórios na ABNT NBR 15527:2007.

Método	Equação	Comentário
Método de Rippl	$S(t) = D(t) - Q(t)$	Elaborado. Não leva em consideração a demanda por água de chuva.
Método de Simulação	$S(t) = Q(t) + S(t-1) - D(t)$	Elaborado. Consiste na elaboração de um balanço de massa.
Método de Azevedo Neto	$V = 0,042 \times P \times A \times T$	Simples. Possui dificuldade na determinação de mês com pouca chuva.
Método Prático Alemão	$V_{\text{adotado}} = \min(V; D) \times 0,06$	Simples. Pode acarretar em um subdimensionamento.
Método Prático Inglês	$V = 0,05 \times P \times A$	Simples. Pode acarretar em um superdimensionamento.
Método Prático Australiano	$Q = A \times C \times (P-I)$ $V_t = V_{t-1} + Q_t - D_t$ $Pr = Nr / N$	Trabalhoso. O volume é definido por tentativa e

Método	Equação	Comentário
	$\text{Confiança} = (1 - Pr)$	erro, em função do nível de confiança do sistema.

Fonte: Adaptado de (ABNT, (2007); FEAM, (2015)).

Além dos métodos convencionais também é possível fazer o dimensionamento com o *software* Netuno. Ele consiste em um programa computacional que através dos dados informados modela um sistema de reservatório assim como também apresenta resultados de economia de água potável. A metodologia utilizada por ele baseia-se em modelos comportamentais de forma que seja feita uma simulação provinda de um conjunto de variáveis conhecidas. Ele também simula cenários diferentes para o sistema (GHISI; CORDOVA, 2014).

Os dados de volume obtidos no dimensionamento, independente da via de cálculo, juntamente com os de consumo local prevê o quanto o sistema irá atender a demanda necessária, sendo o sistema variável em cada região e uso. Faz-se necessário o dimensionamento de seus componentes adequados a fim de garantir a eficiência do projeto (HEBERSON; MARCÓRIO; RIBEIRO, 2009).

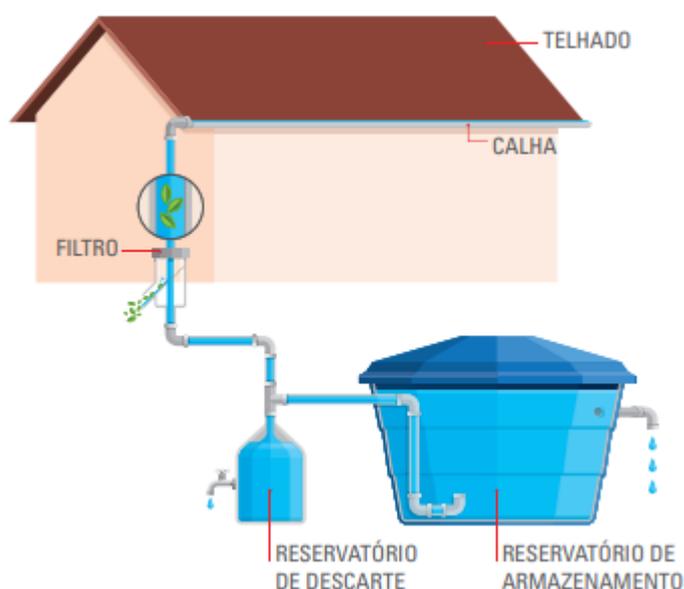
## 2.8 COMPONENTES DE REÚSO DA ÁGUA DA CHUVA

De acordo com ABNT (2007) a concepção do projeto de instalação de águas pluviais deve atender as normas ABNT NBR 5.626: Instalação predial de água fria e NBR 10.844: Instalações prediais de águas pluviais.

O projeto deve levar em consideração a demanda exigida do sistema e incluir estudos das séries históricas e sintéticas das precipitações da região onde será implantado. (ABNT, 2007).

De forma sucinta compõe o sistema a área impermeabilizada de captação, condutores e calhas verticais, um filtro, um reservatório de descarte de água para as águas da primeira chuva e o reservatório de armazenamento (FEAM, 2015). A seguir, a figura 5 o ilustra.

Figura 5 - Componentes do sistema de captação da água da chuva.



Fonte: FEAM, (2015).

A área de contribuição é a soma das superfícies que conduzem as águas para um determinado ponto. Calhas referem-se ao canal que recolhe a água da cobertura e os condutores podem ser horizontais ou verticais. Os primeiros recolhem as águas das calhas até um local permitido e os condutores transportam a água até a parte inferior do edifício onde se tem o reservatório (ABNT, 1989). A seguir, o quadro 2. correlaciona os componentes no sistema com a sua respectiva função.

Quadro 2 - Componentes correlacionados a usabilidade.

Componente	Uso
Área de Contribuição	Primeiro receptor da água da chuva
Calha	Escoa a água da chuva para os condutores
Condutores	Transportam o fluido
Filtro	Peneiramento de sólidos grosseiros
Reservatório	Armazena a água pluvial

Fonte: (Adaptado de ABNT, 1989; BOTELHO, 2017).

O tratamento de águas pluviais dependerá da qualidade da água implantada e de seu uso final. Geralmente para usos não potáveis é implantado em sistemas de tratamento de sedimentação simples, filtração e desinfecção com cloro (FEAM, 2015).

Ainda de acordo com FEAM (2015), o reservatório também deve possuir componentes próprios, contribuindo no aumento da eficiência do tratamento e garantindo a melhor qualidade no armazenamento. Dentre tais componentes pode-se citar três: o freio d'água para reduzir a velocidade da água no reservatório; o sifão-ladrão para eliminar as impurezas da superfície da água no interior da cisterna e o sistema flutuante de captação da água a fim de garantir a água mais limpa, sem as impurezas da superfície e das partículas depositadas no fundo do reservatório.

## 2.9 DIMENSIONAMENTO DOS RESERVATÓRIOS

O tanque de armazenamento é o componente mais importante de um sistema de captação de água da chuva. É um elemento antigo e utilizado de diversas maneiras e em diferentes locais do mundo ao longo dos anos. Há comprovações de seu uso em um tempo pré-bíblico confeccionado de barro, na África feito de cerâmica e revestidos em piscinas acima solo com vinil, no Havaí (*TEXAS WATER DEVELOPMENT BOARD, 2005*).

O mesmo, de modo geral, tem por finalidade armazenar água e auxiliar na manutenção de sistemas hidráulicos (LIMA, 2019). Dentre suas intenções principais de uso estão o abastecimento de água para consumo humano, abastecimento de água na indústria, retenção hídrica para aproveitamento hidroelétrico, irrigação, controle de enchente e regularização de cursos d'água (GARCEZ, 1976).

Seu uso final deve ser levado em consideração em sua construção, podendo ter uma única finalidade ou finalidades múltiplas (GARCEZ, 1976). Quando se trata de águas pluviais o mesmo tem como finalidade a retenção para posterior uso ou até mesmo a liberação afim de evitar efeitos destrutivos (GRIBBIN, 2014).

Para seu dimensionamento em território brasileiro é necessário atender aos requisitos da norma ABNT NBR 12.217 que fixa as condições exigidas para reservatório de abastecimento. (ABNT, 1994). Garcez (1976), indica que no projeto de reservatórios de acumulação deve-se fazer estudos preliminares compreendendo a determinação das vazões do curso d'água, levar em consideração o regime de chuvas da região bem como estudos de evaporação e infiltração e também complementar com dados preponderantes como os volumes de demanda e de perdas.

Chama-se de volume de demanda aquele que é indispensável para atender à necessidade adequada e consideram-se perdas, no sentido amplo, a evaporação e a infiltração (GARCEZ, 1976).

Quanto ao material de construção indica-se aquele em que melhor se adaptar ao projeto, podendo ser construído por diversos tipos tais como concreto armado, PVC, aço, fibra de vidro, madeira, metal, entre outros. A escolha também deverá levar em consideração um estudo técnico e econômico (TELLES et. al., 2007). O quadro 3 faz referência a vantagens e desvantagens dos materiais aqui mencionados.

Quadro 3 - Vantagens e desvantagens de materiais de um reservatório de água pluvial.

Material	Vantagens	Desvantagens
Concreto Armado	Durável	Potencial elevado para patologias
	Imóvel	
PVC	Disponível no comércio	É preciso que sejam novos
	Custo baixo	
Aço	Disponível no comércio	Suscetível a corrosão e ferrugem
	Móvel	
Fibra de Vidro	Disponível no comércio	Deve-se ter cuidado quanto ao seu nivelamento
	Móvel	
Madeira	Durável	Custo elevado
	Móvel	
	Estética atrativa	
Metal	Disponível no comércio	Custo elevado

Fonte: Adaptado de TEXAS WATER DEVELOPMENT BOARD (2005).

As cisternas podem ser de diversas formas, sendo que deverá proporcionar máxima economia global em fundação, estrutura, área disponível e equipamentos de operação (ABNT, 1994). Podem ser retangulares, quadradas, cilíndricas ou cônicas, sendo que a escolha depende da pressão em que a estrutura poderá exercer na superfície de apoio. Também podem estar tanto sobre o solo quando enterradas, semienterradas ou elevadas (EMBRAPA, 2016). A figura 6 demonstra dois tipos de

modelos de cisternas disponíveis e usuais, sendo respectivamente, a primeira chamada de cisterna horizontal e a segunda a subterrânea.

Figura 6 - Modelos de Cisternas.



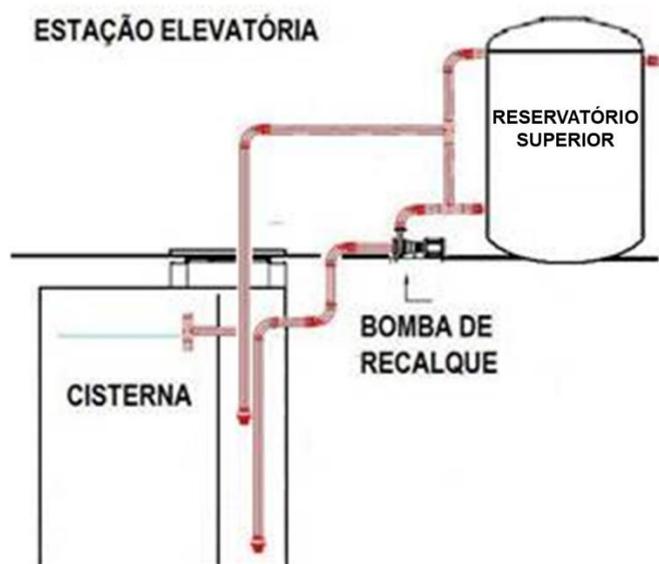
Fonte: Adaptado de Cisterna Vertical Modular (2019) e Casa da Cisterna (2019).

Como a cisterna encontra-se em cota menor para o reservatório superior é necessário um sistema elevatório.

## 2.10 SISTEMA ELEVATÓRIO

Sistemas elevatórios são comumente usados para elevar a água de um reservatório inferior para um superior em uma cota mais alta. Esse sistema é composto por três partes. A primeira é a tubulação de sucção, que é formada pela canalização que liga o reservatório inferior a bomba, incluindo os acessórios necessários, a citar, a válvula de pé e crivo, registro, redução, entre outros. A segunda parte refere-se ao conjunto elevatório, feito por um ou mais bombas e respectivos motores. A terceira e última parte é a tubulação de recalque que é instituída pelo encanamento que liga a bomba ao reservatório superior, também incluso seus eventuais componentes. Compreende a figura 7 uma ilustração sucinta do sistema (PORTO, 2006).

Figura 7 - Sistema de estação elevatória.



Fonte: Adaptado de Naturaltec (2019).

Em um sistema elevatório é necessário considerar o diâmetro da tubulação de recalque e de sucção e a potência necessária do conjunto motor-bomba (PORTO, 2006). Todo o dimensionamento é normatizado pela norma ABNT NBR 5626 de instalações de água fria, onde se obtém o dimensionamento dos diâmetros de recalque e de sucção bem como o cálculo de perda de carga pontual, aquela em que se refere aos componentes, e distribuída relacionada a tubulação (ABNT, 1989).

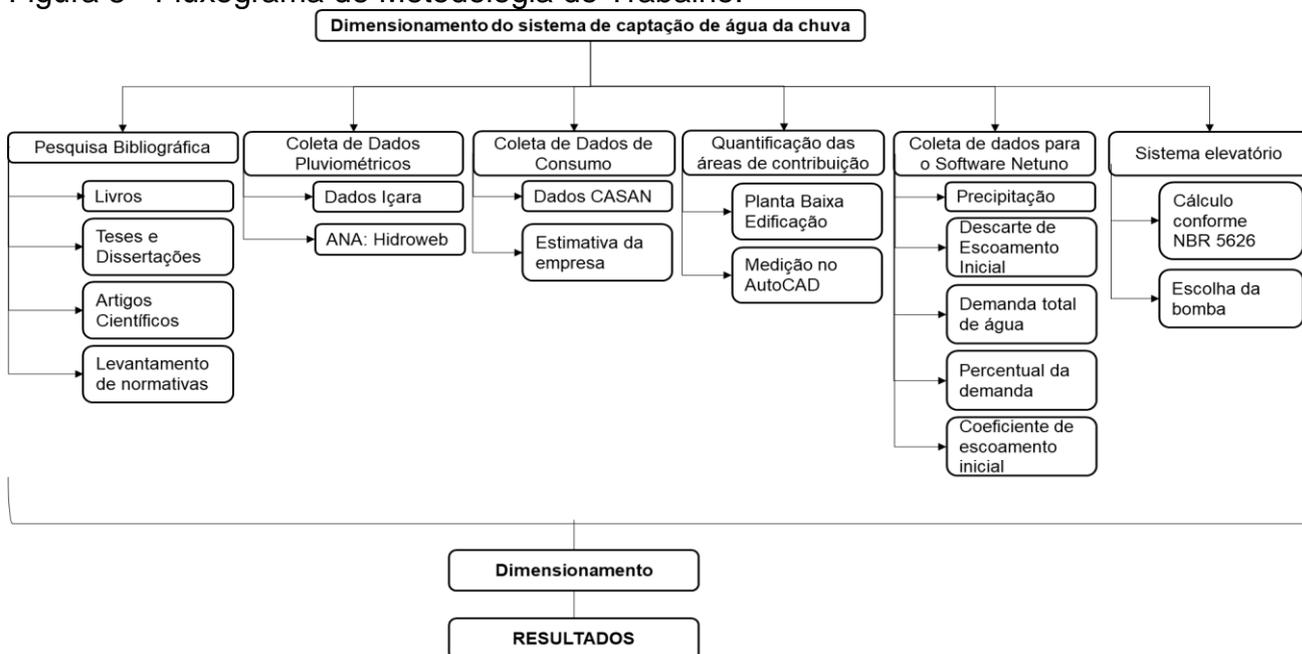
Por existirem diferentes tipos de bomba existe a necessidade da escolha da mais apropriada conforme o tipo de uso (HOUGHTALEN; HWANGM AKAN, 2012). É feita de uma curva característica, que é uma representação gráfica, em que se correlaciona a altura manométrica com a descarga ou o fluxo e são comumente fornecidas por fabricantes de bombas. A mais comumente usada a de fluxo radial, chamada de bomba centrífuga (PORTO, 2006).

### 3 METODOLOGIA

A natureza da pesquisa aplicada a esse projeto de conclusão de curso é a pesquisa prática que Demo, (2015) afirma “se faz através de testes práticos de possíveis ideias ou posições teóricas”. Trata-se de uma pesquisa quantitativa pois expressa seus resultados em números e cálculos (BOAVENTURA, 2012). Os objetivos da pesquisa são considerados descritivos, conforme Boaventura (2012), pois, os mesmos identificam características de determinados fenômenos através de análises.

Com o intuito de atender aos objetivos propostos no presente trabalho, foi desenvolvida a metodologia conforme apresentado no fluxograma que demonstra todas as etapas de maneira resumida (figura 8). Essas etapas serão explicadas detalhadamente no decorrer do trabalho.

Figura 8 - Fluxograma de Metodologia do Trabalho.



Fonte: Autora, (2019).

#### 3.1 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

A fim de dispor do embasamento necessário para fundamentar o presente trabalho realizou-se uma revisão bibliográfica de normas regulamentadoras bem como

legislação em fontes e base de dados como: literatura, *websites*, órgãos oficiais e na biblioteca da universidade *in loco*, com o intuito obter subsídio teórico para realizar o dimensionamento adequado e dentro dos aspectos legais vigentes.

### 3.2 COLETA DE DADOS PLUVIOMÉTRICOS

Para o dimensionamento adequado de um reservatório para águas de chuva se faz necessário a coleta de dados pluviométricos a fim de quantificar os valores de precipitação da região onde o mesmo será instalado. Os dados pluviométricos utilizados para a elaboração deste trabalho foram retirados do portal eletrônico *hidroweb* da ANA (ANA, 2019). A estação escolhida foi a que se encontra localizada no município de Içara – SC devido aos critérios de proximidade, confiabilidade e integridade dos dados apresentados. Está situada a 50,00 metros de altitude bem como sua latitude é S 28° 43' 18.12" e longitude W 49° 18' 11.88". O período solicitado para os dados foi entre três décadas, pois de acordo com o INMET (2019), é o que configura uma normal climatológica.

### 3.3 COLETA DE DADOS DE CONSUMO DE ÁGUAS NÃO POTÁVEIS

No momento em que se objetiva suprir o consumo atual da empresa é essencial o conhecimento da demanda de água. Para chegar nesse valor foram utilizados dois métodos já que a mesma conta com dois pontos de consumo. O primeiro refere-se a estimativa pontual para lavação com dados coletados pelos funcionários que operam a medição de um dia de lavagem. O segundo mediante ao histórico de consumo referente a faturas de propriedade da empresa em que se utilizou a média de 12 meses para os cálculos.

Para determinação do consumo de águas não potáveis na lavação considerou-se a sua totalidade devido a sua atividade e demanda principal serem exclusivamente a lavação de caminhões.

Para a determinação da porcentagem dos pontos não potáveis da oficina e pintura fez-se uma estimativa. Primeiro levantaram se os pontos de consumo de água potável através do projeto hidrossanitário, com isso utilizou-se o valor de referência denominados de valores de projeto da tabela A.1 da norma ABNT NBR 5626. Assim,

considerou-se o número de funcionários através do setor de Recursos Humanos no mês de novembro de 2019 e fez-se uma correlação entre número de funcionários, quantidade de uso em segundos e vazão de projeto. Com o dado estipulado de vazão para os pontos potáveis e o de vazão total (retirado do site da CASAN) calculou-se a diferença entre os dois métodos e estimou-se o percentual de água a ser substituída por água pluvial na oficina.

### 3.4 QUANTIFICAÇÃO DAS ÁREAS DE CONTRIBUIÇÃO DA ÁGUA DA CHUVA

A área de contribuição refere-se às áreas de superfície em que as águas pluviais caem e são interceptadas para determinados pontos da instalação, são elas que determinam o quanto de água será captada (ABNT, 1989). Sendo essa quantificação necessária para prever o volume de água de chuva que o sistema irá trabalhar. Os referidos dados foram retirados das plantas disponibilizadas pela empresa.

### 3.5 UTILIZAÇÃO DO SOFTWARE NETUNO PARA DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO

A normatização referente a esse tipo de sistema traz consigo diferentes métodos de dimensionamento sendo que é necessário selecionar o que melhor se adequa as características e demandas da edificação em que será desenvolvido o projeto. Embora existam diferentes métodos para se dimensionar o sistema em questão o uso de *softwares* para esse fim garante mais confiabilidade por demonstrar maior precisão nos resultados e por sua base de cálculos se dar através do modelo computacional.

Nessa perspectiva optou-se pelo uso do *Software* Netuno, para desenvolvimento do presente projeto (figura 9). Para manipula-lo se faz necessário o levantamento dos dados de entrada, conforme quadro 4 a seguir.

Figura 9 - Interface do sistema Netuno para dimensionamento de reservatório.

Fonte: Autora (2019).

Quadro 4 - Dados de entrada Netuno para dimensionamento de reservatório

Número Referência	Dado de Entrada	Obtenção do Dado
1	Precipitação	Através dos Dados pluviométricos e construção de uma tabela CSV
2	Descarte Inicial	Determinado pela autora
3	Área de Captação	Soma das áreas de captação de influência
4	Demanda total de água	Estimativa de consumo
5	Números de moradores	Determinado pela autora
6	Percentual da demanda total de água pluvial	Estimativa calculada
7	Coeficiente de escoamento superficial	Conforme indicação do manual de usuário (0,9)

Fonte: Autora (2019).

### 3.6 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA ELEVATÓRIO

Para que a água escoe da cisterna, em uma cota menor, para o reservatório elevado é fundamental o dimensionamento de uma instalação elevatória. No dimensionamento do sistema elevatório considerou-se a norma ABNT NBR 5626 (ABNT, 1993) referente a instalação predial de água fria.

A vazão utilizada foi a de consumo diário do empreendimento. Posteriormente foram calculados os diâmetros de recalque, com o tempo de funcionamento previsto de 4 horas, como indica a norma supracitada. Para o diâmetro de sucção adotou-se um comercial imediatamente superior ao de recalque, os mesmos foram estipulados através da tabela de dimensionamento disponível no catálogo da Schneider (2019). O levantamento topográfico e o comprimento real das tubulações de sucção e recalque foram determinados por medição *in loco*. A potência levou em consideração rendimento ( $\eta$ ) de 75%. As equações para dimensionamento, estão na quadro 5.

Quadro 5 - Equações referentes ao dimensionamento do sistema elevatório

Descrição	Equação
Vazão (Q)	$Q = \frac{\text{Volume}}{\text{Tempo}}$
Perda de Carga na Tubulação (PC)	$PC = L_{\text{tubulação}} \times \text{fator diâmetro}$
Altura Manométrica Total (Hman)	$H_{\text{man}} = \text{Altura de Sucção}$ + $\text{Altura de Recalque}$ + $PC + 5\%$
Potência da Bomba (P)	$P = \frac{Q \times H_{\text{man}} \times 0,37}{\eta \text{ (rendimento da bomba)}}$

Fonte: Adaptado de Schneider, 2019.

Em posse dos referidos dados, consultou-se o catálogo da empresa de bombas Schneider (2019) a fim de selecionar a bomba que se enquadrasse aos valores obtidos.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 NORMATIVAS E LEGISLAÇÕES

Com relação ao uso de águas pluviais não existem legislações concernentes ao tema a nível federal tampouco no estado de Santa Catarina e ao município de Criciúma, sendo aplicável aquelas que indiretamente discorrem sobre o tema (quadro 6).

Quadro 6 - Legislações aplicáveis.

Legislação	Ementa
Decreto Federal nº 24.643 de 10 de julho de 1934.	Decreta o Código de Águas
Lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997	Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
Lei nº 11.445 de 5 de janeiro de 2007	Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico

Fonte: Autora, (2019).

O Código das Águas é o que garante o uso de águas pluviais na empresa em estudo pois em seu artigo nº 103 diz que “as águas pluviais pertencem ao dono do prédio onde caírem diretamente, podendo o mesmo dispor delas a vontade, salvo existindo direito em sentido contrário”. Também garante a longevidade do sistema ao tratar o uso delas como direito imprescritível, ou seja, não prescreve.

Enquanto, a Política Nacional de Recursos Hídricos elaborada 63 anos após a legislação anterior inclui em um dos seus objetivos o incentivo e apoio a projetos de captação de águas pluviais o que pode acarretar em cada vez mais a popularização da sua obrigatoriedade municipal, como já houve um projeto no município de Criciúma, SC.

A lei das Diretrizes Nacionais do Saneamento Básico em seu artigo 36 cita que a cobrança pela prestação do serviço público de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas deve levar em consideração dispositivos de armazenamento das mesmas em cada lote urbano, o que é benéfico para o empreendimento já que provocará diminuição de taxas municipais.

Em questão de normas ABNT aplicáveis existem as normas ABNT NBR nº 15.527/2007 e 10.844/1989 especificamente sobre captação e instalação de águas pluviais, enquanto as de nº 5.626/1998 e 12.217/1994 se fazem complementares para o dimensionamento do reservatório e demais compostos hidráulicos (quadro 7).

Quadro 7 - Normatização aplicável.

Norma ABNT NBR	Título
15.527/2007	Água da chuva- Aproveitamento de coberturas para áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos
10.844/1989	Instalações prediais de águas pluviais
5.626/1998	Instalação predial de água fria
12.217/1994	Reservatório de Abastecimento

Fonte: Autora, (2019).

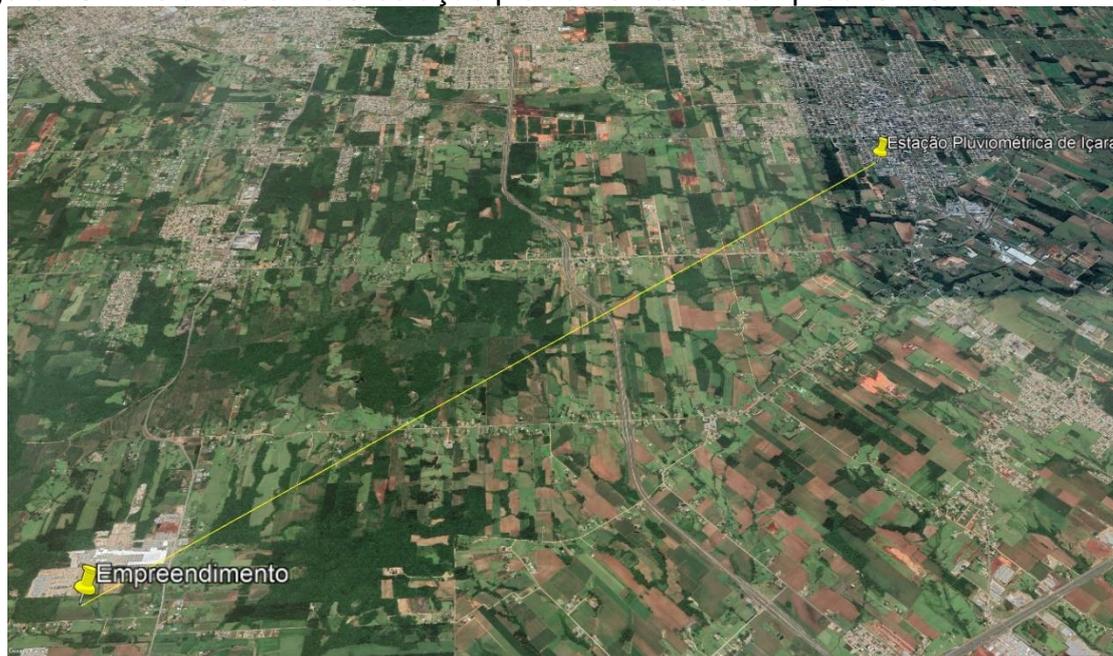
A primeira norma citada, a ABNT nº 15.527/2007, é a que norteia todo o projeto de captação e distribuição de água pluvial bem como é a que faz a referência de todas as outras citadas. Dentre suas condições gerais constam que deve obrigatoriamente demonstrar em projeto o alcance, a população a ser atendida e a demanda, tais dados ficam sob responsabilidade do projetista assim como o método de dimensionamento de reservatório que pode ser tanto um citado em seus anexos como também um que seja de justificativa louvável.

Outro ponto que cabe relevância nessa norma é a qualidade da água pluvial que deve ser admitida, citada na tabela 1 desse referido documento. Também é normatizado o uso do Cloro para desinfecção, fazendo-o obrigatório na norma supracitada.

## 4.2 DADOS PLUVIOMÉTRICOS

A estação pluviométrica escolhida se encontra no município de Içara – SC, fica há 8,57 km do empreendimento, como demonstra a figura 10.

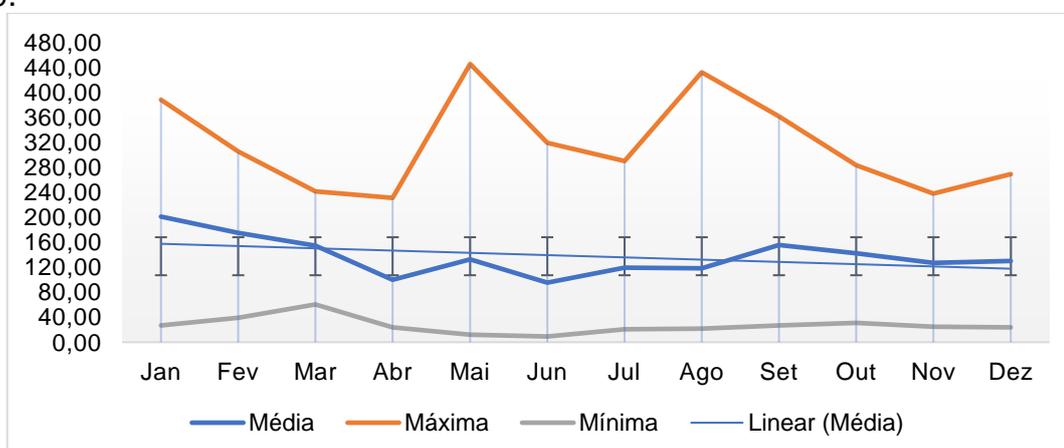
Figura 10 - Distância entre a estação pluviométrica e o empreendimento.



Fonte: Autora, (2019).

Analisando os dados pluviométricos disponibilizados do site da ANA (2018) entre os anos de 1989 de 2019 chegou-se ao gráfico 1 em que pode-se observar que os meses de maio janeiro, maio, agosto e dezembro são os que possuem maior volume de chuva e irão ter mais contribuições durante o ano. Porém, também se observa que o mês de fevereiro ainda apresenta alto volume de chuva, assim como setembro e entrando em período de baixa estiagem encontram-se os meses de março, abril, junho, julho e novembro.

Gráfico 1 - Dados da estação pluviométrica de Içara – SC entre os anos de 1989 e 2019.



Fonte: Adaptado de ANA (2018).

As informações referentes aos dados pluviométricos utilizadas para o gráfico, constam no apêndice A.

#### 4.3 ESTIMATIVA DO CONSUMO ATUAL

O consumo do local possui dois grandes pontos: as áreas de oficinas com maior concentração de funcionários e usos diversos da água e a lavação em que há grande demanda somente para a lavagem de caminhões. Em medições, os operadores da lavação observaram que consomem 30 m<sup>3</sup>/dia, com o trabalho de 8 horas diárias e pode-se considerar o consumo de 100% de água não potável.

Na oficina, os dados de fornecidos pela empresa no período de um ano, foi uma média de 6,5 m<sup>3</sup>/dia, conforme consta na tabela 3.

Tabela 3 - Consumo atual das áreas de Oficina e Pintura.

Mês	Consumo (m <sup>3</sup> )
Set/18	128
Out/18	128
Nov/18	127
Dez/18	127
Jan/19	127
Fev/19	127
Mar/19	127
Abr/19	127
Mai/19	127
Jun/19	127
Jul/19	127
Ago/19	181
Set/19	136
Média	143

Fonte: Adaptado de dados fornecidos pela empresa.

O consumo da lavação pode ser considerado em 100% não potável, já o da oficina, por ter pontos de diversos tipos de consumo, se fez necessário uma estimativa, conforme exposta na tabela 4.

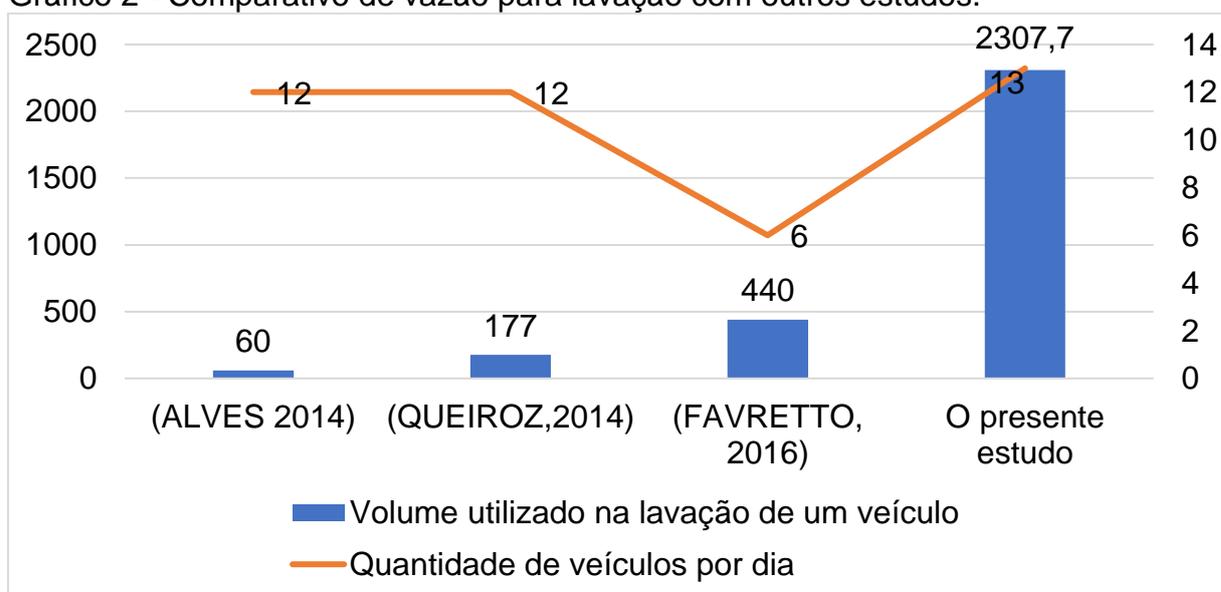
Tabela 4 - Estimativa de Consumo de Água por Pontos Potáveis

Qtd	Aparelho	Uso conforme NBR 5626 (L/s)	Tempo de utilização em um dia (s)	Total (dia - Litros)	Total (mês - Litros)	Total (mês - m <sup>3</sup> )
1	Pia de Cozinha	0,25	1200	300	6600	6,6
8	Lavatório	0,15	12000	1800	39600	39,6
7	Chuveiros	0,1	600	60	1320	1,32
6	Bebedouro	0,1	10800	1080	23760	23,76
Total						71,28
% de água potável						49,85%
% de água não potável						50,15%

Fonte: Autora, (2019).

Os dados apresentados demonstram que a empresa em estudo utiliza mais água não potável que água para consumo humano bem como a água utilizada para veículos automotivos de grande porte é muito superior a todos os outros consumos. Em um comparativo com outros três estudos podem ser observados que o consumo é elevado comparado com outras empresas de mesma finalidade, como demonstra o gráfico 2, abaixo.

Gráfico 2 - Comparativo de vazão para lavação com outros estudos.



Fonte: Autora (2019).

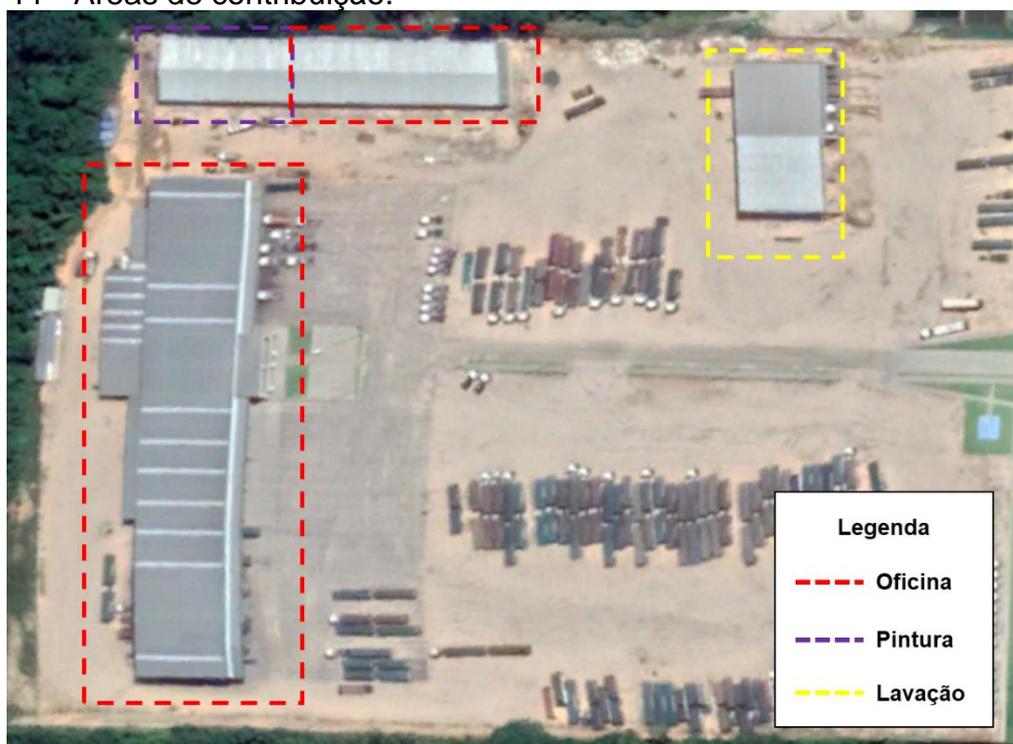
As razões para os dados serem maiores podem estar relacionadas ao tamanho dos caminhões lavados, pois na empresa em questão a maioria se trata de bi-trens e rodo-trens.

Esses motivos demonstram a importância da implantação de um sistema de reuso de águas pluviais, fazendo com que diminua custos e o uso de recursos naturais.

#### 4.4 ÁREAS DE CONTRIBUIÇÃO

A área de contribuição da referida empresa consiste em três edificações, que podem ser identificadas com as atividades que se sobressaem: oficina com 5700,07 m<sup>2</sup> e pintura, oficina e lavação que em conjunto somam 2056,06 m<sup>2</sup>, totalizando uma área de 7756,13 m<sup>2</sup> (figura 11).

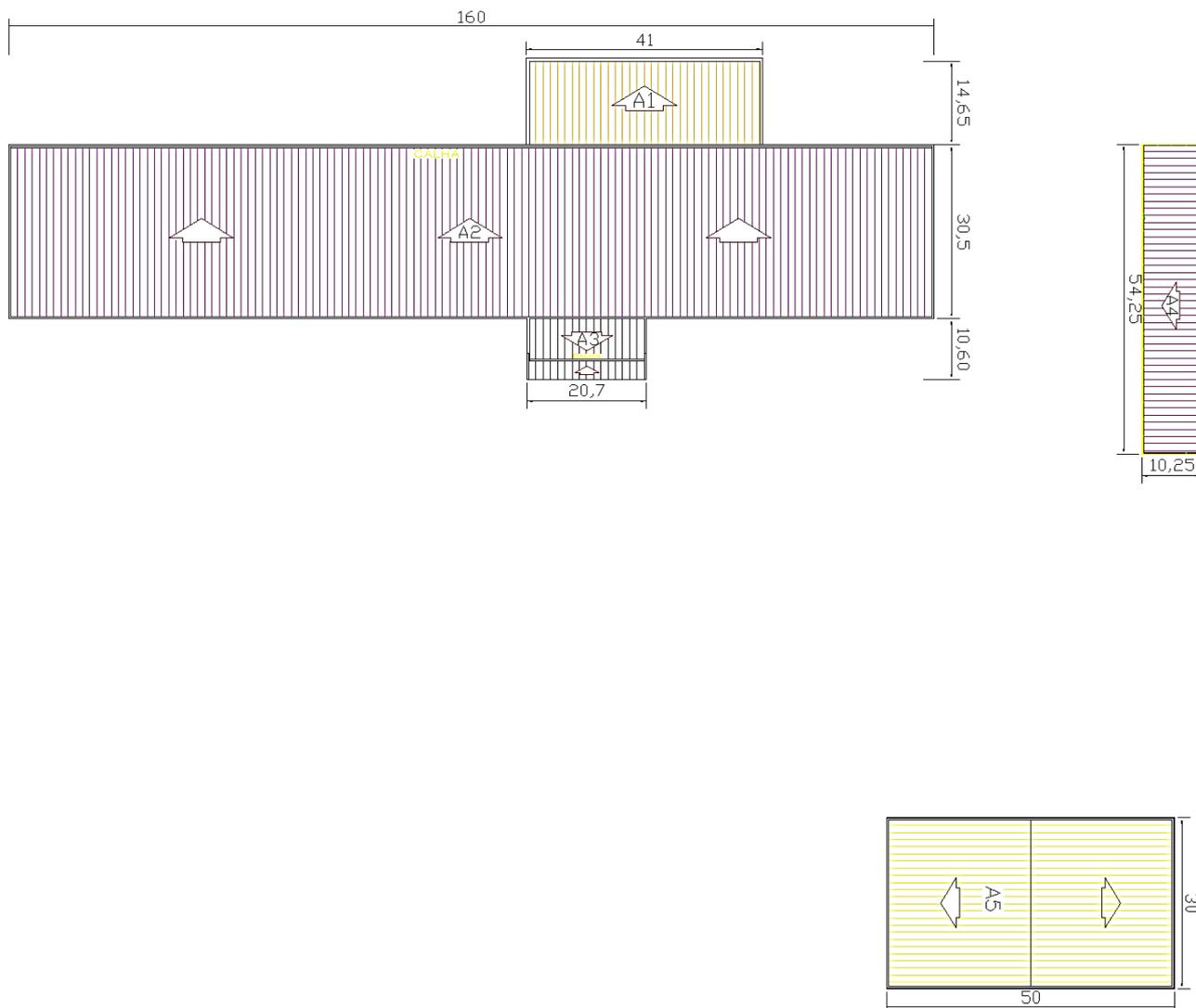
Figura 11 - Áreas de contribuição.



Fonte: Adaptado de Google Earth, (2019).

Assim sendo, consta a planta baixa das edificações, com as cotas em metros (figura 12).

Figura 12 - Áreas de contribuição.



Fonte: Autora, (2019).

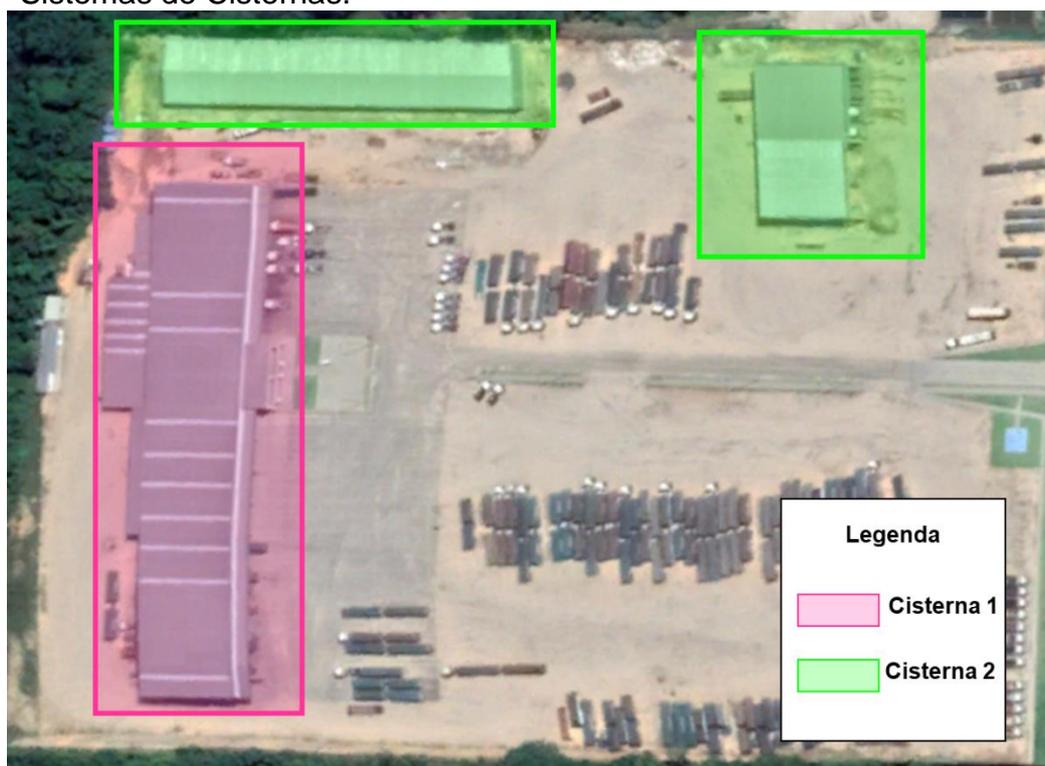
O local de estudo apresenta em todos os seus lados dimensões bem extensas propiciando a captação de água da chuva, pois quanto maior a área maior também a captação.

#### 4.5 DIMENSIONAMENTO DOS RESERVATÓRIOS

Nesse tópico é demonstrado o dimensionamento de duas cisternas. A empresa optou por esse tipo de instalação, por motivo de entre a oficina e a lavação ter uma distância de aproximadamente 152 metros. O que resultaria no investimento

excessivo em condutores horizontais, bem como, no risco elevado de ruptura devido ao grande fluxo de veículos de grande porte sobre as instalações hidráulicas. Dessa maneira foram dimensionados dois sistemas: um para atendimento de pontos de consumo da oficina e outro somente para lavação, como demonstra a figura 13.

Figura 13 - Sistemas de Cisternas.



Fonte: Adaptado de Google Earth, (2019).

Portanto, foram dimensionados dois reservatórios com os dados de entrada apresentados na tabela 5.

Tabela 5 - Dados de entrada para dimensionamento das cisternas 1 e 2.

Dado de Entrada	Cisterna 1	Cisterna 2
Dados de Precipitação	Estação Içara/SC	Estação Içara/SC
Descarte Escoamento Inicial	2 mm	2 mm
Área de Captação	5700,7 m <sup>2</sup>	2056,06 m <sup>2</sup>
Demanda total de água	6500 L/dia	30.000 L/dia
	Continua	

Dado de Entrada	Cisterna 1	Cisterna 2
Percentual da demanda total de água a ser substituída	50%	100%
Coefficiente de escoamento superficial	0,9	0,9

Fonte: Autora, (2019)

#### 4.6 DIMENSIONAMENTO DA CISTERNA 1

A localização da cisterna da oficina será na parte de trás como demonstra a figura 14, abaixo.

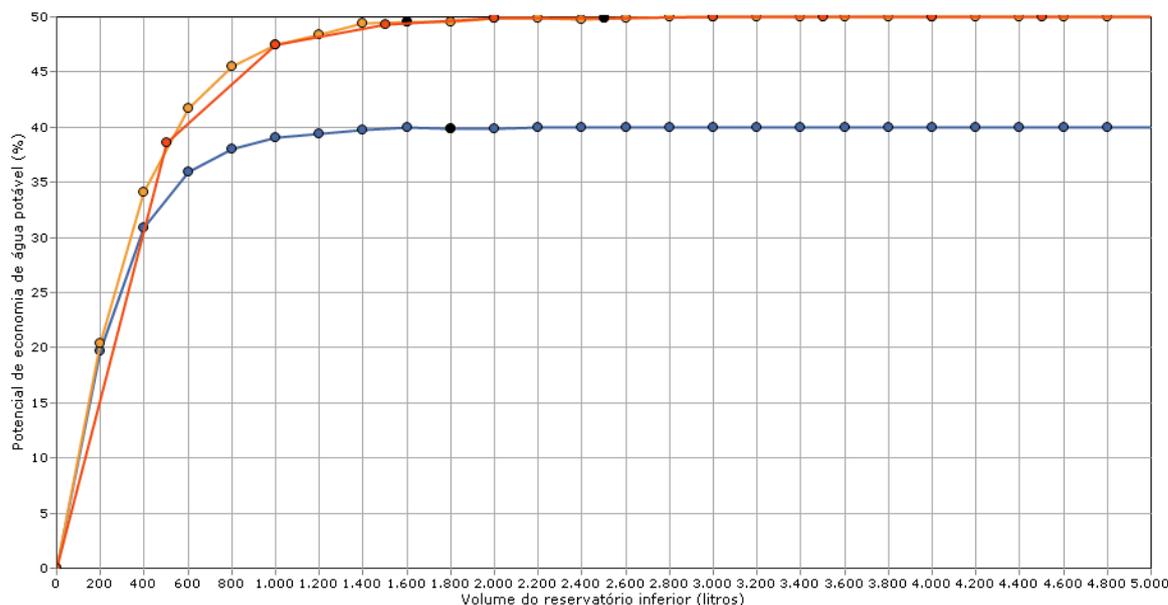
Figura 14 - Localização da Cisterna 1.



Fonte: Autora, (2019).

Para a cisterna número 1 que atenderá os pontos de uso não potável da oficina, o *software* Netuno indicou como ideal um reservatório inferior de 2500 litros, A figura 15 demonstra o resultado graficamente da simulação feita, onde se chegou ao valor indicado.

Figura 15 - Resultado da simulação de dimensionamento da cisterna 1.



Volume ideal para o reservatório inferior: 2500 litros. Potencial de utilização de água pluvial: 49,83%

Fonte: Adaptado do *Software Netuno*, (2019).

Como forma de garantir a confiabilidade dos dados foi utilizado um método citado na norma ABNT 15.527/2007 de dimensionamento de água da chuva. A escolha foi o método de simulação já que o mesmo permite aplicar um valor de reservatório pré-estabelecido, logo foi colocado o valor indicado anteriormente de 2500 litros (2,5 m<sup>3</sup>). A tabela 6 demonstra um resumo desse resultado estando no apêndice B a mesma detalhada.

Tabela 6 - Dimensionamento de reservatório 1 com volume conhecido pelo método de simulação.

Meses	Chuva média mensal (mm)	Demanda mensal (m <sup>3</sup> )	Volume de chuva mensal (m <sup>3</sup> )	Overflow (m <sup>3</sup> )
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 5	Coluna 9
Janeiro	200,99	63,5	1031	965
Fevereiro	174,93	63,5	898	834,5
Março	154,52	63,5	793	729,5
Abril	99,77	63,5	512	448,5
Maio	132,81	63,5	681	617,5
Junho	95,34	63,5	489	425,5

Continua

Meses	Chuva média mensal (mm)	Demanda mensal (m <sup>3</sup> )	Volume de chuva mensal (m <sup>3</sup> )	Overflow (m <sup>3</sup> )
Julho	119,44	63,5	613	549,5
Agosto	118,03	90,5	606	515,5
Setembro	155,77	68	799	731
Outubro	142,30	64	730	666
Novembro	126,99	63,5	652	588,5
Dezembro	130,15	63,5	668	604,5
Total	1651,04	794	8472	7675,5

Fonte: Autora, (2019).

Logo, pode-se concluir que o reservatório não só supre toda a demanda necessária como também extravasa um volume considerável de água pluvial, o que poderia ser reaproveitado. Também há 50% de economia mensal de água potável.

#### 4.7 DIMENSIONAMENTO DA CISTERNA 2

A localização da cisterna 2 será entre o pavilhão de oficina e pintura e a lavação de veículos, como demonstra a figura 16.

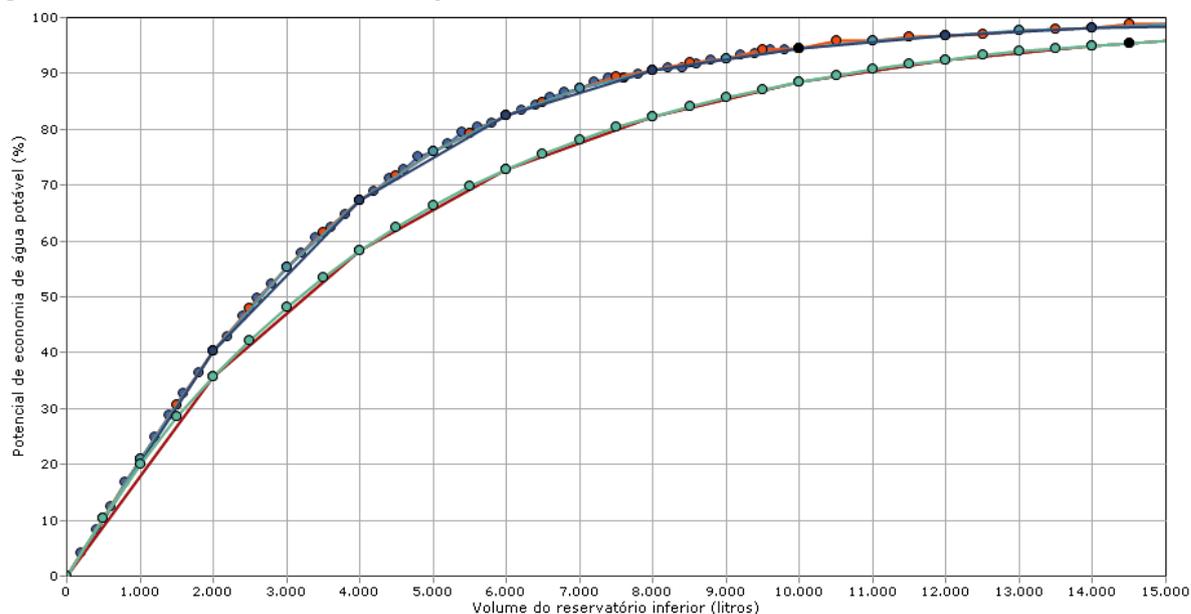
Figura 16 - Localização da Cisterna 2.



Fonte: Autora, (2019).

O volume ideal indicado foi o de 14.500 litros, porém como não há um reservatório de tamanho comercial com essa dimensão foi então admitido o valor de 15.000 litros. A simulação computacional está na figura 17, a seguir.

Figura 17 - Resultado da simulação de dimensionamento da cisterna 2.



Volume ideal para o reservatório inferior: 14500 litros. Potencial de utilização de água pluvial: 95,49%

Fonte: Adaptado do *Software Netuno*, (2019).

Sendo assim, foi repetido também nessa cisterna o método de simulação para esse reservatório, fixando o valor de 15000 litros (15 m<sup>3</sup>) (tabela 7). O cálculo completo encontra-se no apêndice C.

Tabela 7 - Dimensionamento de reservatório 2 com volume conhecido pelo método de simulação.

Meses	Chuva média mensal (mm)	Volume de chuva mensal (m <sup>3</sup> )	Suprimento de água externo (m <sup>3</sup> )
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 5	Coluna 10
Janeiro	200,99	372	288
Fevereiro	174,93	324	321
Março	154,52	286	374
Abril	99,77	185	475
Mai	132,81	246	414
Junho	95,34	176	484
Julho	119,44	221	439
Agosto	118,03	218	442
Setembro	155,77	288	372

Continua

Meses	Chuva média mensal (mm)	Volume de chuva mensal (m <sup>3</sup> )	Suprimento de água externo (m <sup>3</sup> )
Outubro	142,30	263	397
Novembro	126,99	235	425
Dezembro	130,15	241	419
Total	1651,04	3055	4850

Fonte: Autora, (2019).

Nota-se que nesse reservatório é necessário um suprimento de água externa em todos os meses isso se deve ao fato de que a demanda necessária de 660 m<sup>3</sup> por mês é muito alta em comparação com a disponibilidade de volume de água pluvial mensal. Ainda assim há uma economia de 56,37% de uso de água potável ao mês.

#### 4.8 SIMULAÇÃO COM UMA CISTERNA PARA TODOS OS PONTOS DE CONSUMO

Para fins de comparação, utilizou-se novamente o método de simulação para somente um reservatório para todo o sistema. Utilizando como volume mensal de água o valor de 726,16 m<sup>3</sup> considerando a demanda de água não potável da oficina e da lavação. Para a área de captação total de 7.756,13 m<sup>2</sup>, os resultados estão na tabela 8.

Tabela 8 - Dimensionamento de apenas um reservatório.

Meses	Chuva média mensal (mm)	Volume de chuva mensal (m <sup>3</sup> )	Overflow (m <sup>3</sup> )	Suprimento de água externo (m <sup>3</sup> )
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 5	Coluna 9	Coluna 10
Janeiro	200,99	1403	661,84	0
Fevereiro	174,93	1221	494,84	0
Março	154,52	1079	352,84	0
Abril	99,77	696	0	15,16
Maio	132,81	927	185,84	0
Junho	95,34	666	0	45,16

Continua

Meses	Chuva média mensal (mm)	Volume de chuva mensal (m <sup>3</sup> )	Overflow (m <sup>3</sup> )	Suprimento de água externo (m <sup>3</sup> )
Julho	119,44	834	92,84	0
Agosto	118,03	824	97,84	0
Setembro	155,77	1087	360,84	0
Outubro	142,30	993	266,84	0
Novembro	126,99	886	159,84	0
Dezembro	130,15	909	182,84	0
<b>Total</b>	<b>1651,04</b>	<b>11525</b>	<b>2856,4</b>	<b>60,32</b>

Fonte: Autora, (2019).

Por esse método, quase todos os meses há o atendimento da demanda chegando ao extravasamento de água, tirando os meses de abril e junho em que há a necessidade de suprimento de água externa e, embora o mais indicado seja esse é preciso levar em consideração as limitações físicas do local bem como os diferentes usos finais da água. O dimensionamento completo encontra-se no apêndice D.

#### 4.9 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA ELEVATÓRIO

Os sistemas elevatórios encontram-se no apêndice E e F.

Para o cálculo foram utilizados os seguintes valores da tabela 9 abaixo e os diâmetros estão na figura 18, a seguir.

Tabela 9 - Parâmetros para a escolha da bomba.

Parâmetro	Sistema Elevatório 1	Sistema Elevatório 2
Vazão Desejada	0,625 m <sup>3</sup> /h	3,75 m <sup>3</sup> /h
Comprimento da Tubulação	29,3 m	17,4 m
Perda de Carga da Tubulação (PC)	1,58 m.c.a.	0,94 m.c.a.
Altura Manométrica Total (H <sub>man</sub> )	12,43 m.c.a.	12,85 m.c.a.
Potência (P)	4 CV	24 CV

Fonte: Autora, (2019).

Figura 18 - Escolha dos diâmetros conforme a vazão.

Vazão m <sup>3</sup> /h	PVC	FF <sup>o</sup>	PVC	FF <sup>o</sup>	PVC	FF <sup>o</sup>	PVC	FF <sup>o</sup>
	3/4"		1"		1 1/4"		1 1/2"	
0,5	1,5	1,3	0,5	0,4	0,1	0,1	0,1	0,1
1,0	4,9	4,8	1,6	1,6	0,4	0,4	0,2	0,2
1,5	10,0	10,1	3,3	3,4	0,9	0,9	0,5	0,4
2,0	16,5	17,2	5,4	5,8	1,4	1,5	0,8	0,7
2,5	24,4	26,1	8,0	8,8	2,1	2,3	1,2	1,1
3,0	33,6	36,5	11,0	12,3	2,9	3,2	1,6	1,5
3,5	44,0	48,6	14,4	16,4	3,8	4,2	2,1	2,0
4,0	55,6	62,2	18,2	21,0	4,8	5,4	2,7	2,6
4,5	68,3	77,3	22,3	26,1	6,0	6,7	3,3	3,2
5,0	82,2	94,0	26,8	31,7	7,2	8,1	4,0	3,9
5,5	97,1		31,7	37,8	8,5	9,7	4,7	4,6
6,0			36,9	44,4	9,9	11,4	5,4	5,4
6,5			42,5	51,5	11,3	13,2	6,3	6,3
7,0			48,4	59,1	12,9	15,2	7,1	7,2
7,5			54,6	67,1	14,6	17,2	8,0	8,2
8,0			61,1	75,6	16,3	19,4	9,0	9,2
8,5			67,9	84,6	18,1	21,7	10,0	10,3
9,0			75,1	94,0	20,0	24,1	11,1	11,5

Fonte: Adaptado de Schneider, (2019).

O diâmetro de recalque para cisterna 1 é de 20 mm e de sucção 25 mm, para a cisterna 2, o de recalque é 40 mm e sucção 50 mm.

Logo, as bombas escolhidas foram as de modelo BCA - 41 para a potência de 4 CV pertencente ao sistema elevatório 1 e a MSA-23 R 1 ½ para a de 24 CV, pertencente ao sistema elevatório 2.

Ademais considerou-se a instalação de uma bomba dosadora de cloro junto ao reservatório superior. Esse dispositivo introduzirá na tubulação de recalque uma concentração de cloro para a desinfecção da água pluvial coletada.

#### 4.10 ANÁLISE DE CUSTOS

Para a análise de custo foi elaborado uma estimativa com os preços de mercado para todo o sistema dimensionado. Na tabela 10 consta a estimativa de custos de implantação do sistema de captação de água da chuva.

Tabela 10 - Investimento do sistema.

Quantidade	Itens para investimento	Custo Total	Fonte
2	Cisterna de Fibra 2500L	R\$ 1500,00	Copafer, 2019
2	Cisterna de Fibra 15000L	R\$ 6.597,18	Copafer, 2019
-	Tubulações e conexões	R\$ 1400,00	Gemin, 2019
2	Filtro + Separador da Primeira chuva	R\$ 299,98	Mercado livre, 2019
2	Separador de detritos grosseiros	R\$ 152,08	Extra, 2019

Continua

Quantidade	Itens para investimento	Custo Total	Fonte
4	Bombas de recalque	R\$ 1297,00	Bomba Shopping,2019
2	Dosador de Cloro	R\$ 1258,20	Bomba Shopping,2019
Total		R\$ 26.202,88	

Fonte: Autora, (2019).

Para cálculo do tempo de retorno foi considerada a tarifa vigente no site da CASAN na categoria industrial que é de R\$ 11,061 por m<sup>3</sup> consumidos. A demanda considerada foi a qual o sistema de água pluvial atinge que é de 401,5 m<sup>3</sup> por mês. Na tabela 11 consta a análise de retorno.

Tabela 11 - Análise de Retorno.

Demanda (m <sup>3</sup> /mês)	401,5
Custo unitário (R\$/m <sup>3</sup> )	R\$ 11,06
Despesa (R\$/mês)	R\$ 4.440,59
Meses para Retorno	5,9 meses

Fonte: Autora, (2019).

Para cálculo do retorno foi feita a divisão do total de investimento pelo valor mensal de despesa onde demonstrou que o sistema se paga em 5,9 meses, o que equivale a aproximadamente 180 dias.

Isso faz com que seja viável a sua implantação em um tempo baixo de retorno, comparado com um estudo de Carboni, Coan e Back (2016) no mesmo município onde o mesmo se paga em 28 meses.

Além disso, cabe citar que a implantação de um sistema de captação de água da chuva em uma indústria agrega valores que não se pode dimensionar como o aumento da pegada ecológica da mesma com a contribuição para um ambiente sustentável.

## 5 CONCLUSÃO

O reuso de água da chuva se mostra como uma alternativa para crise hídrica bem como uma forma de reduzir custos para empresas. Apesar da falta de uma legislação aplicável diretamente ao tema a nível federal, as diretrizes que constam no Plano Nacional de Recursos hídricos fazem com que se abra espaço para a formulação de legislações estaduais e municipais aumentando esse embasamento legal no decorrer dos anos.

De acordo com os dados pluviométricos apresentados a região de Criciúma existem bons índices para o reaproveitamento da água da chuva dependendo do período. Nesse estudo de caso o consumo era elevado principalmente na lavagem de veículos automotores de grande porte, onde a instalação de uma cisterna de aproveitamento pluvial garante 56% de economia de água mensalmente. Nos pontos de consumo referente a oficina e pintura também se tem o atendimento 100% no uso de água não potável, gerando 50% de economia, levando em consideração todo o consumo de água. Um fato que contribuiu para os resultados positivos, em termos de aproveitamento, foram as áreas de contribuição grandes, o que nos levou a concluir que quanto mais extensas forem maiores serão os volumes de água captado.

Dentre os métodos de dimensionamento o *Software* Netuno demonstrou ser um método eficaz quando comparado ao valor por ele dado combinado a outro método, fazendo com que o investimento e a alocação do sistema sejam certos e não exista pontos de desperdício.

Por fim, com a análise econômica se pode obter uma significativa redução de custos, o que é benéfico pois demonstrou que em aproximadamente 6 meses o sistema se paga e após isso só traz benefícios para a empresa em questão.

O uso de alternativas como a implantação de um sistema de captação da água da chuva é uma forma de promover a sustentabilidade na indústria e garantir o uso eficiente de recursos naturais bem como se alinha a redução de custos tornando sua implantação positiva em aspectos tanto econômicos quanto ambientais.

## **6 RECOMENDAÇÕES**

Recomenda-se para futuros estudos a implantação de sistemas de captação de recursos hídricos para empresas de lavação de veículos, já que são processos com alta demanda diária de vazão. Como exemplo, a implantação de um sistema de circuito fechado (utilizar as águas residuais novamente) ou um estudo para captação de água subterrânea para uso através de procedimento de outorga da água. Outra alternativa é de uma ligação entre a água extravasada entre a cisterna 1 para a 2, para o melhor aproveitamento e uma melhor gestão de fluídos no local.

## REFERÊNCIAS

ALVES, Maria de Fátima Araújo et al. **Cálculo estimado do volume gasto de água em dois postos de lavagem de veículos em Pombal**. 2014. Disponível em: <<https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/INTESA/article/download/3001/2534>>. Acesso em: 11 nov. 2019.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ÁGUA DA CHUVA 15.527**: Aproveitamento de coberturas em áreas para fins não potáveis. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.

\_\_\_ **Instalações Prediais de Águas Pluviais 10.844**: Rio de Janeiro, 1989.

\_\_\_ **Projeto De Reservatório De Distribuição De Água Para Abastecimento Público, Manuais, Projetos, Pesquisas de Engenharia Civil 12.217**. Rio de Janeiro, 1994.

\_\_\_ **Instalação predial de água fria 5.626**. Rio de Janeiro, 1998.

ANA. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2018**: informe anual. Brasília: Agência Nacional de Águas - Ana, 2018. Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/portal/publicacao/Conjuntura2018.pdf>>. Acesso em: 18 ago. 2019.

ANTONIO, Isaac Cohen. **Série histórica dos parâmetros climáticos registrados na Estação Agrometeorológica Convencional da Embrapa, no entorno de Manaus**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2017.

BOAVENTURA, Edivaldo M.. **Metodologia da Pesquisa**. São Paulo: Editora Atlas S.A., 2012.

BOMBA SHOPPING. **Bomba Schneider**. Disponível em: <[https://www.bombashopping.com.br/bomba-schneider-bc-92s-1b-3-0cv-rotor-143mm-trifasica/p?idsku=550&gclid=Cj0KCQiAtrnuBRDXARIsABiN-7DuXyRp8fv5Hu4Cz--NmSkDEb8-4k66KKE-cjwl-zGpblssBtg5oeoaAmotEALw\\_wcB](https://www.bombashopping.com.br/bomba-schneider-bc-92s-1b-3-0cv-rotor-143mm-trifasica/p?idsku=550&gclid=Cj0KCQiAtrnuBRDXARIsABiN-7DuXyRp8fv5Hu4Cz--NmSkDEb8-4k66KKE-cjwl-zGpblssBtg5oeoaAmotEALw_wcB)>. Acesso em: 15 nov. 20019.

BOTELHO, Manoel Henrique Campos. **Águas de chuva**. 4. São Paulo Blucher 2017

BRAGA, Benedito et al. **Introdução a Engenharia Ambiental**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

BRASIL. Decreto nº 24.643, de 10 de julho de 1934. **Código de Águas**. Brasília, 1934.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007. **Diretrizes Nacionais Para O Saneamento Básico**. Brasília, 2007.

BRASIL. Lei n. 9.433, de 8 de janeiro de 1997. **Política Nacional de Recursos Hídricos**. Brasília, 1997.

CARBONI, Layniker Schulz; COAN, Bruno de Pellegrin; BACK, Álvaro José. **ESTUDO DE CAPTAÇÃO E APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA NA INDÚSTRIA DE EMBALAGENS PLÁSTICAS**. Disponível em: <<http://repositorio.unesc.net/bitstream/1/5138/1/LaynikerSchulzCarboni.pdf>>. Acesso em: 15 nov. 2019.

CASA DA CISTERNA. **Cisterna subterrânea: o que é?**. Disponível em: <<https://casadacisterna.com.br/cisterna-subterranea-o-que-e/>>. Acesso em: 24 set. 2019.

CESUMAR. **ESTUDO DA VIABILIDADE DO USO DA ÁGUA DA CHUVA EM LAVA RÁPIDO**. Maringá: Editora Cesumar, 2013. 40 p. Disponível em: <[http://www.cesumar.br/prppge/pesquisa/epcc2013/oit\\_mostra/Dougla\\_Lincoln\\_Machado\\_Vieira.pdf](http://www.cesumar.br/prppge/pesquisa/epcc2013/oit_mostra/Dougla_Lincoln_Machado_Vieira.pdf)>. Acesso em: 10 set. 2019.

CISTERNA VERTICAL MODULAR. Disponível em: <<https://www.solucoesindustriais.com.br/empresa/embalagens/tecnologia-industria-de-plasticos-ldta/produtos/movimentacao-e-armazenagem/cisterna-vertical-modular->>. Acesso em: 24 set. 2019.

CNI. **O uso racional da água no setor industrial**. Brasília: Cni, 2017.

CRICIÚMA. **Projeto PL Nº 66/2015**. 2015. Disponível em: <<https://www.camaracriciuma.sc.gov.br/documento/projeto-pl-no-66-2015-24055>>. Acesso em: 30 out. 2019.

CPRM. **Ciclo Hidrológico**. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/publique/Redes-Institucionais/Rede-de-Bibliotecas---Rede-Ametista/Ciclo-Hidrologico-1376.html>>. Acesso em: 18 ago. 2019.

COPAFER. **Caixa D'Água de Polietileno 1500 Litros Com Tampa**. Disponível em: <<https://bit.ly/2KtAO32>>. Acesso em: 15 nov. 2019.

COPAFER. **Tanque de Polietileno 15000 Litros**. Disponível em: <<https://www.copafer.com.br/tanque-de-polietileno-15000-litros-2070054-fortlev-p1102032>>. Acesso em: 17 nov. 2019.

DEMO, Pedro. **Introdução à metodologia da ciência**. São Paulo: Editora Atlas S.A., 2015.

EMBRAPA. **Captação de água de chuva e armazenamento em cisterna para uso na produção animal**. 2016. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1050541/1/documentos122.pdf>>. Acesso em: 23 set. 2019.

EXTRA. **Separador de Folhas P/ Cisterna**. Disponível em: <[https://www.extra.com.br/construcao/Hidraulica/Valvulas/separador-de-folhas-p-cisterna-fortlev-14003014.html?utm\\_medium=cpc&utm\\_source=gp\\_pla&IdSku=14003014&idLojista=15229&utm\\_campaign=casa\\_smart-shopping&gclid=Cj0KCQiAtrnuBRDXARIsABiN-7BxCYByNg4L22vhW5\\_a58kcGWzNquh5-isPMyzwGb0XEY5Ce-FxtLMaAudXEALw\\_wcB](https://www.extra.com.br/construcao/Hidraulica/Valvulas/separador-de-folhas-p-cisterna-fortlev-14003014.html?utm_medium=cpc&utm_source=gp_pla&IdSku=14003014&idLojista=15229&utm_campaign=casa_smart-shopping&gclid=Cj0KCQiAtrnuBRDXARIsABiN-7BxCYByNg4L22vhW5_a58kcGWzNquh5-isPMyzwGb0XEY5Ce-FxtLMaAudXEALw_wcB)>. Acesso em: 17 nov. 2019.

FAVRETTO, Carliana Rouse. **Captação da água da chuva para utilização na lavagem de veículos**: Estudo de caso para o município de Pelotas - RS.. 2016. 93 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2016. Disponível em: <<https://wp.ufpel.edu.br/esa/files/2016/10/TCC-CARLIANA-FAVRETTO.pdf>>. Acesso em: 11 nov. 2019.

FEAM. **Aproveitamento de água pluvial**: conceitos e informações gerais. 2015. Disponível em: <[http://feam.br/images/stories/2016/PRODUCAO\\_SUSTENTAVEL/GUIAS-TECNICOS-AMBIENTAIS/CARTILHA\\_AGUA\\_DA\\_CHUVA\\_INTRANET.pdf](http://feam.br/images/stories/2016/PRODUCAO_SUSTENTAVEL/GUIAS-TECNICOS-AMBIENTAIS/CARTILHA_AGUA_DA_CHUVA_INTRANET.pdf)>. Acesso em: 30 out. 2019.

GARCEZ, Lucas Nogueira. **Elementos de Engenharia Hidráulica e Sanitária**. São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 1976.

GEMIM. **TABELAS DE PESOS E MEDIDAS DE TUBOS DE AÇO**. Disponível em: <<http://www.gemin.com.br/pdf/pt/tabelapesodetubo.pdf>>. Acesso em: 15 nov. 2019.

GHISI, Enedir; CORDOVA, Marcelo Marcel. **Netuno 4**. 2014. Disponível em: <[http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/Manual-Netuno-4\\_Junho2014.pdf](http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/Manual-Netuno-4_Junho2014.pdf)>. Acesso em: 24 set. 2019.

GHISI, E.; TRÉS, A. C. R. **Netuno**: Aproveitamento de águas pluviais no setor residencial. Disponível em < <http://www.labeee.ufsc.br/software/netuno.html>>. Programa computacional, 2004.

GRIBBIN, John E. **Introdução a hidráulica, hidrologia e gestão de águas pluviais**. 2. São Paulo Cengage Learning 2014

HEBERSON, Artur Schervier de; MARCÓRIO, Isabela AraÚjo; RIBEIRO, Rafael Zanelati. **Estudo de metodologias de dimensionamento de reservatórios de aproveitamento de água de chuva**. 2009. 48 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2009. Disponível em: <[https://www.eec.ufg.br/up/140/o/ESTUDO\\_DE\\_METODOLOGIAS\\_DE\\_DIMENSIONAMENTO\\_DE\\_RESERVAT%C3%93RIOS\\_DE\\_APROVEITAMENTO\\_DE\\_%C3%81GUA\\_DE\\_CHUVA.pdf](https://www.eec.ufg.br/up/140/o/ESTUDO_DE_METODOLOGIAS_DE_DIMENSIONAMENTO_DE_RESERVAT%C3%93RIOS_DE_APROVEITAMENTO_DE_%C3%81GUA_DE_CHUVA.pdf)>. Acesso em: 24 set. 2019.

HOUGHTALEN, R. J.; HWANG, Ned. H. C.; AKAN, A. Osman. **Engenharia Hidráulica**. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2012.

INMET. **Climatologia**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/webcdp/climatologia/normais/imagens/normais/textos/apresentacao.pdf>>. Acesso em: 19 set. 2019.

LIMA, Gustavo Fernandes de. **Componentes de um Sistema Hidráulico**. Disponível em: <<https://docente.ifrn.edu.br/gustavolima/disciplinas/comandos-eletronicos-e-eletropneumaticos/componentes-de-um-sistema-hidraulico-i-sub>>. Acesso em: 21 ago. 2019.

MACÊDO, Jorge Antônio Barros de. **Águas&Águas**. Belo Horizonte: Crq-mg, 2004.

MERCADO LIVRE. **Filtro + Separador Da 1ª Água De Chuva**. Disponível em: <[https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1159125542-filtro-separador-da-1-agua-de-chuva-conexo-em-te--\\_JM?matt\\_tool=15006356&matt\\_word&gclid=Cj0KCQiAtrnuBRDXARIsABiN-7BsX5\\_morba5ms61L-FjhwuqyxJNO1lv4pES4NHafnp\\_954fKYv12oaAunzEALw\\_wcB&quantity=1&variation=43233976237&onAttributesExp=true](https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1159125542-filtro-separador-da-1-agua-de-chuva-conexo-em-te--_JM?matt_tool=15006356&matt_word&gclid=Cj0KCQiAtrnuBRDXARIsABiN-7BsX5_morba5ms61L-FjhwuqyxJNO1lv4pES4NHafnp_954fKYv12oaAunzEALw_wcB&quantity=1&variation=43233976237&onAttributesExp=true)>. Acesso em: 15 nov. 2019.

MIRANDA, Ricardo Augusto Calheiros de; OLIVEIRA, Marcus Vinicius Siqueira de; SILVA, Danielle Ferreira da. **CICLO HIDROLÓGICO PLANETÁRIO: abordagens e Conceitos**. **Geo Uerj**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 12, p.109-119, jul. 2010. Disponível em: <<https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/geouerj/article/download/1461/1226>>. Acesso em: 06 set. 2019.

MOURA, Anderson Luiz Martins de. **Implicações ambientais da lavagem de automóveis**. 2009. Disponível em: <<https://www.migalhas.com.br/dePeso/16,MI82213,41046-Implicacoes+ambientais+da+lavagem+de+automoveis>>. Acesso em: 10 set. 2019.

NATURALTEC. **Estação Elevatória**. Disponível em: <<http://www.naturaltec.com.br/estacao-elevatoria/>>. Acesso em: 29 set. 2019.

PALHOÇA. **Lei Ordinária nº 4631, de 27 de junho de 2018**. Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/a/sc/p/palhoca/lei-ordinaria/2018/463/4631/lei-ordinaria-n-4631-2018-estabelece-a-politica-municipal-de-captacao-armazenamento-e-aproveitamento-de-aguas-pluviais>>. Acesso em: 30 out. 2019.

QUEIROZ, Rosana Nogueira Fernandes de. **DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS DE EMPREENDIMENTOS DA LAVAGEM DE VEÍCULOS EM MOSSORÓ/RN**. 2014. 71 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Manejo de Solo e Água, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2014. Cap. 1. Disponível em: <<https://ppgmsa.ufersa.edu.br/wp-content/uploads/sites/59/2014/10/Disserta%C3%A7%C3%A3o-Rosana-Nogueira-F-de-Queiroz.pdf>>. Acesso em: 11 nov. 2019.

PORTO, Rodrigo de Melo. **Hidráulica Básica**. São Carlos: Eesc-usp, 2006.

REICHARDT, Klaus; TIMM, Luís Carlos. **Água e sustentabilidade no sistema solo-planta-atmosfera**. Barueri: Câmara Brasileira do Livro, 2016.

SAVEH. **A disponibilidade de água no mundo e no Brasil.** Disponível em: <<https://saveh.com.br/artigos/a-disponibilidade-de-agua-no-mundo-e-no-brasil/>>. Acesso em: 06 set. 2019.

SEBRAE. **Lava Jato.** 2012. Disponível em: <[sebrae.com.br/Sebrae/Portal/Sebrae/UFs/RO/Anexos/TR 015 - Lavagem de Veículos.pdf](http://sebrae.com.br/Sebrae/Portal/Sebrae/UFs/RO/Anexos/TR%2015%20-%20Lavagem%20de%20Ve%C3%ADculos.pdf)>. Acesso em: 10 set. 2019.

SILVA, Anne Rosse e; BORJA, Patrícia Campos. **Aproveitamento de água de chuva no brasil:** avanços e limitações dos aspectos legais. 2017. Disponível em: <<https://www.tratamentodeagua.com.br/wp-content/uploads/2019/08/agua-chuva-brasil-avancos-limitacoes.pdf>>. Acesso em: 08 set. 2019.

SCHNEIDER. **Catálogo de Bombas.** Disponível em: <<http://www.gmfmontagens.com.br/assets/content/downloads/06cf87b3353b81623466193d45875cc8.pdf>> . Acesso em: 16 nov. 2019.

TELLES, Dirceu D'alkimin et al. **Reúso da Água:** Conceito, Teorias e Práticas. São Paulo: Editora Blucher, 2007.

TEXAS WATER DEVELOPMENT BOARD. **The Texas Manual on Rainwater Harvesting.** 2005. Disponível em: <[http://www.twdb.texas.gov/publications/brochures/conservation/doc/RainwaterHarvestingManual\\_3rdedition.pdf?d=31544.1100000171](http://www.twdb.texas.gov/publications/brochures/conservation/doc/RainwaterHarvestingManual_3rdedition.pdf?d=31544.1100000171)>. Acesso em: 23 set. 2019.

TOMAZ, Plínio. **Manejo de águas pluviais.** São Paulo: Navegar, 2010.

**APÉNDICE (S)**

## APÊNDICE A – DADOS PLUVIOMÉTRICOS

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1989	309,2	98,7	207	23,7	140,1	9,2	168,3	79,3	339,4	31,2	66,2	116	132,36
1990	208,4	141,2	80,7	167,4	73,8	116	80,2	45,7	133,7	195,8	165,1	136,4	128,70
1991	105,1	68	68,3	67,6	20,6	77,6	47,9	77,9	37,4	130,5	237,8	268,8	100,63
1992	164,9	224,5	241,2	42,6	207	46,1	129,4	148,9	119	51,6	87,9	24	123,93
1993	254,8	198	129,7	86,6	55	62,7	227,7	21,9	247	115,3	71	144,1	134,48
1994	100,3	302,8	235,5	68,7	445,2	69,7	100,2	43,8	39,4	126,8	96,7	80,9	142,50
1995	235,1	146,3	107,9	63,1	36,6	173	170,2	90	122,8	115,6	101,1	191,3	129,42
1996	388	132,6	148,6	59	75,8	123,2	63,3	190,4	206,1	140,3	48,6	79,1	137,92
1997	196,6	215,3	60,5	31,4	38,4	75,7	137,6	234,2	84,8	244,4	183,6	108,8	134,28
1998	160,4	202,5	148,7	163,7	38,3	86,9	105,1	169,4	163,6	126,9	57,6	158,7	131,82
1999	54,1	154,8	93,1	102,3	40,5	87,3	148,5	41,9	45,6	112			88,01
2000	223,1	223	194,5	124,2	91,2	123,3	53,6	72,9	190,7	196,4	113,6	90,1	141,38
2001	281,4	305,1	73,6	170,4	127,8	81,4	164,7	35,3	234,2	160,5	126,1	82,1	153,55
2002	158,4	135,1	173,4	66,6	106,2	192,6	87	82,6	94,6	240,2	192	138,3	138,92
2003	27	212,8	124,4	88,9	12,2	108,8	59,3	36,9	85,5	118,6	113,5	202,5	99,20
2004	98,1	39,2	215,7	106,5	443,6	38	93,8	23,7	281,4	75,1	150,5	118,1	140,31
2005	74,6	79,8	156,2	60,5	110,7	44,4	57,8	276,3	169,6	236,7	107,5	83,8	121,49
2006	181,3	133,8	86,4	75,7	124,6	56,7	123,9	106,2	26,7	82,6	234,1	79,8	109,32
2007	138,8	158,2	154,5	150,5	200,8	28,3	155	107,7	124,1	85,1	187,6	94,6	132,10
2008	194,8	211,9	138,8	89,9	117	89,7	20,6	47	161,5	257,9	238	63,8	135,91
2009	294,3	295,2	172,5	102	33,2	51,1	69,9	181,4	361,4	82,1	144,4	117,8	158,78
2010	316,1	140,2	223,6	230,9	359,9	76,8	113,1	79,7	117,2	93,6	163,8	73,8	165,73
2011	291,4	206,7	137,8	95	78,7	116,9	219,6	317	116	80,6	25,05	123,4	150,68
2012	236,2	72,5	70,4	28,7	44,4	96,4	106,6	54,5	139,9	139,5	33,8	161,4	98,69
2013	84,9	207,1	188,3	47,1	48,9	110,6	61,3	431,9	167,1	85,2	102,2	114,7	137,44
2014	247,2	290	204,7	117,4	104,6	319,1	77,5	118,1	141,8	140,2	100,4	215,1	173,01
2015	355,2	240,9	206	206,3	334,4	137,5	290	55,5	281,8	283,1	158,5	223,4	231,05
2016	94,5	112,3	181,9		38,7	30,8	156,5	115	125,5	174	78,5	191	118,06
2017	296	147	173,8										205,60
2018	302,5	121	208,7	85,8	62,5	136,8	175,2	137,8	159,5	205	170,5	162,5	160,65
2019	158	206,3	183,6	170,9	373,7	93,5							197,67
Média	200,99	174,93	154,52	99,77	132,81	95,34	119,44	118,03	155,77	142,30	126,99	130,15	140,44
Máxima	388,00	305,10	241,20	230,90	445,20	319,10	290,00	431,90	361,40	283,10	238,00	268,80	231,05
Mínima	27,00	39,20	60,50	23,70	12,20	9,20	20,60	21,90	26,70	31,20	25,05	24,00	88,01

### APÊNDICE B – DIMENSIONAMENTO DA CISTERNA 1 PELO MÉTODO DE SIMULAÇÃO

Meses	Chuva média mensal	Demanda mensal	Área de captação	Volume de chuva mensal	Volume do reservatório fixado	Volume do reservatório no tempo (t-1)	Volume do reservatório no tempo (t)	Overflow	Suprimento de água externo
Coluna 1	(mm) Coluna 2	(m³) Coluna 3	(m²) Coluna 4	(m³) Coluna 5	(m³) Coluna 6	(m³) Coluna 7	(m³) Coluna 8	(m³) Coluna 9	(m³) Coluna 10
Janeiro	200,99	63,5	5700,7	1031	2,5	0	2,5	965	0
Fevereiro	174,93	63,5	5700,7	898	2,5	2,5	2,5	834,5	0
Março	154,52	63,5	5700,7	793	2,5	2,5	2,5	729,5	0
Abril	99,77	63,5	5700,7	512	2,5	2,5	2,5	448,5	0
Maio	132,81	63,5	5700,7	681	2,5	2,5	2,5	617,5	0
Junho	95,34	63,5	5700,7	489	2,5	2,5	2,5	425,5	0
Julho	119,44	63,5	5700,7	613	2,5	2,5	2,5	549,5	0
Agosto	118,03	90,5	5700,7	606	2,5	2,5	2,5	515,5	0
Setembro	155,77	68	5700,7	799	2,5	2,5	2,5	731	0
Outubro	142,30	64	5700,7	730	2,5	2,5	2,5	666	0
Novembro	126,99	63,5	5700,7	652	2,5	2,5	2,5	588,5	0
Dezembro	130,15	63,5	5700,7	668	2,5	2,5	2,5	604,5	0
<b>Total</b>	<b>1651,04</b>	<b>794</b>		<b>8472</b>				<b>7675,5</b>	<b>0</b>

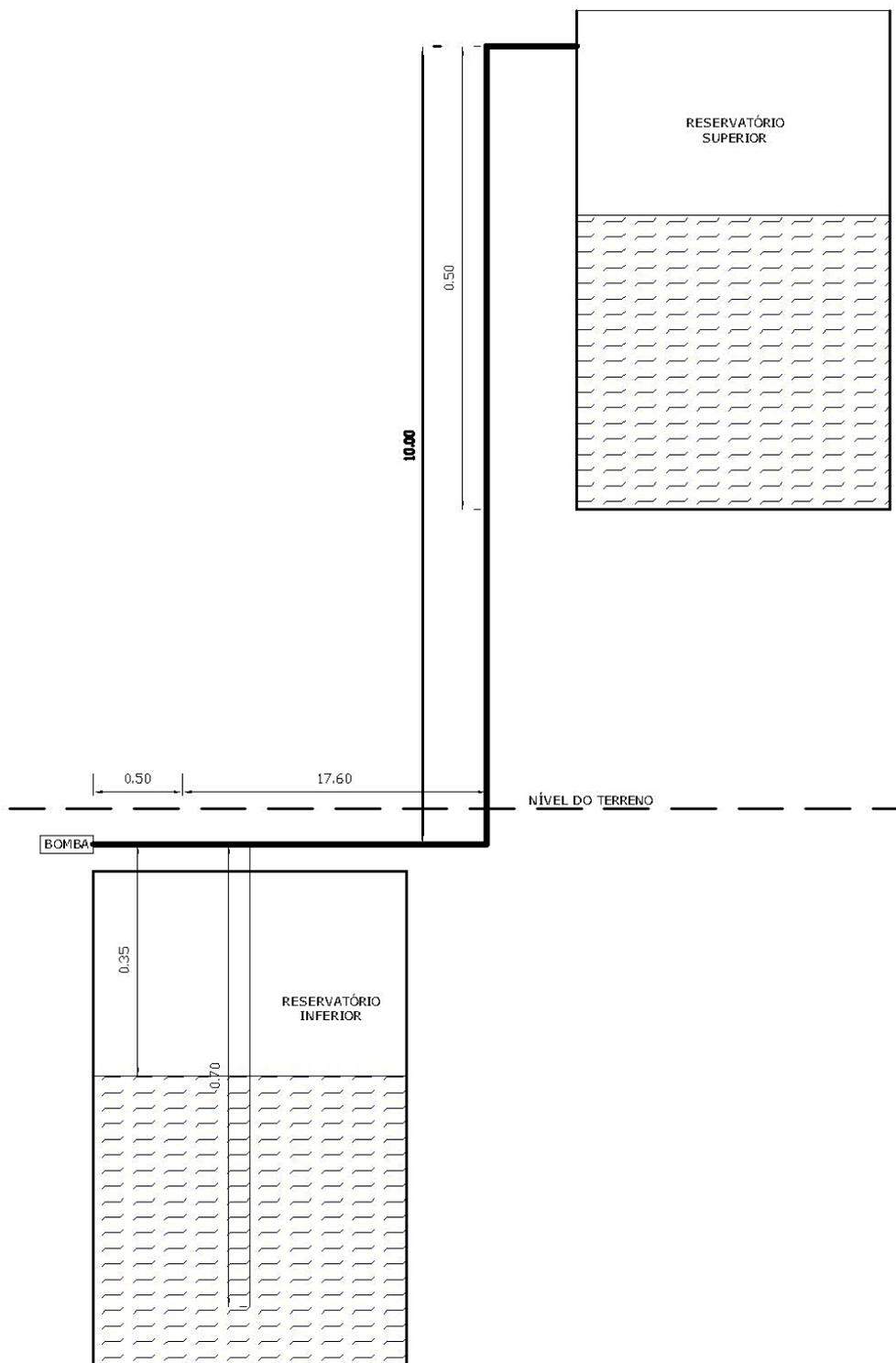
**APÊNDICE C – DIMENSIONAMENTO DA CISTERNA 2 PELO MÉTODO DE SIMULAÇÃO**

<b>Meses</b>	<b>Chuva média mensal</b>	<b>Demanda mensal</b>	<b>Área de captação</b>	<b>Volume de chuva mensal</b>	<b>Volume do reservatório fixado</b>	<b>Volume do reservatório no tempo (t-1)</b>	<b>Volume do reservatório no tempo (t)</b>	<b>Overflow</b>	<b>Suprimento de água externo</b>
	<b>(mm)</b>	<b>(m³)</b>	<b>(m²)</b>	<b>(m³)</b>	<b>(m³)</b>	<b>(m³)</b>	<b>(m³)</b>	<b>(m³)</b>	<b>(m³)</b>
<b>Coluna 1</b>	<b>Coluna 2</b>	<b>Coluna 3</b>	<b>Coluna 4</b>	<b>Coluna 5</b>	<b>Coluna 6</b>	<b>Coluna 7</b>	<b>Coluna 8</b>	<b>Coluna 9</b>	<b>Coluna 10</b>
Janeiro	200,99	660	2056,06	372	15	0	15	0	288
Fevereiro	174,93	660	2056,06	324	15	15	-321	0	321
Março	154,52	660	2056,06	286	15	0	-374	0	374
Abril	99,77	660	2056,06	185	15	0	-475	0	475
Maio	132,81	660	2056,06	246	15	0	-414	0	414
Junho	95,34	660	2056,06	176	15	0	-484	0	484
Julho	119,44	660	2056,06	221	15	0	-439	0	439
Agosto	118,03	660	2056,06	218	15	0	-442	0	442
Setembro	155,77	660	2056,06	288	15	0	-372	0	372
Outubro	142,30	660	2056,06	263	15	0	-397	0	397
Novembro	126,99	660	2056,06	235	15	0	-425	0	425
Dezembro	130,15	660	2056,06	241	15	0	-419	0	419
<b>Total</b>	<b>1651,04</b>	<b>7920</b>		<b>3055</b>				<b>0</b>	<b>4850</b>

### APÊNDICE D – DIMENSIONAMENTO DE UMA ÚNICA CISTERNA PELO MÉTODO DE SIMULAÇÃO

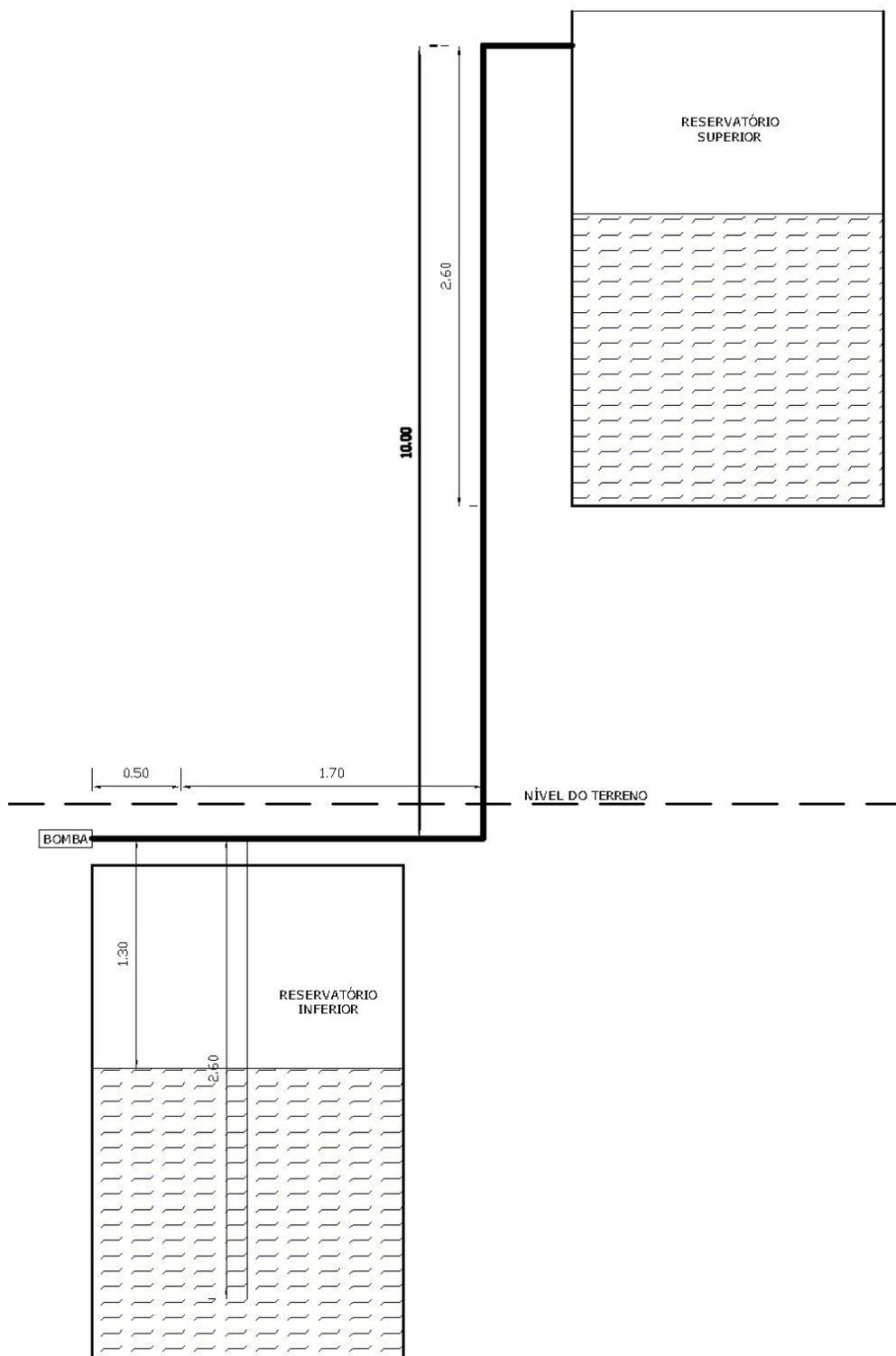
Meses	Chuva média mensal	Demanda mensal	Área de captação	Volume de chuva mensal	Volume do reservatório fixado	Volume do reservatório no tempo (t-1)	Volume do reservatório no tempo (t)	Overflow	Suprimento de água externo
Coluna 1	(mm) Coluna 2	(m³) Coluna 3	(m²) Coluna 4	(m³) Coluna 5	(m³) Coluna 6	(m³) Coluna 7	(m³) Coluna 8	(m³) Coluna 9	(m³) Coluna 10
Janeiro	200,99	726,16	7756,13	1403	15	0	15	661,84	0
Fevereiro	174,93	726,16	7756,13	1221	15	15	15	494,84	0
Março	154,52	726,16	7756,13	1079	15	15	15	352,84	0
Abril	99,77	726,16	7756,13	696	15	15	-15,16	0	15,16
Maio	132,81	726,16	7756,13	927	15	0	15	185,84	0
Junho	95,34	726,16	7756,13	666	15	15	-45,16	0	45,16
Julho	119,44	726,16	7756,13	834	15	0	15	92,84	0
Agosto	118,03	726,16	7756,13	824	15	15	15	97,84	0
Setembro	155,77	726,16	7756,13	1087	15	15	15	360,84	0
Outubro	142,30	726,16	7756,13	993	15	15	15	266,84	0
Novembro	126,99	726,16	7756,13	886	15	15	15	159,84	0
Dezembro	130,15	726,16	7756,13	909	15	15	15	182,84	0
<b>Total</b>	<b>1651,04</b>	<b>8713,92</b>		<b>11525</b>				<b>2856,4</b>	<b>60,32</b>

## APÊNDICE E – SISTEMA ELEVATÓRIO 1



Obs.: Esquema sem escala.

## APÊNDICE F – SISTEMA ELEVATÓRIO 2



Obs.: Esquema sem escala.