UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA
MILTON GUIMARÃES ALVES JUNIOR

DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIO PARA ARMAZENAMENTO DA ÁGUA DE CHUVA PARA USO NÃO POTÁVEL NA QUADRA POLIESPORTIVA DA UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA

Tubarão
2022

MILTON GUIMARÃES ALVES JUNIOR

DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIO PARA ARMAZENAMENTO DA ÁGUA DE CHUVA PARA USO NÃO POTÁVEL NA QUADRA POLIESPORTIVA DA UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA

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

Orientador: Prof. Gil Félix Madalena

Tubarão

2022

MILTON GUIMARÃES ALVES JUNIOR

DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIO PARA ARMAZENAMENTO DA ÁGUA DE CHUVA PARA USO NÃO POTÁVEL NA QUADRA POLIESPORTIVA DA UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA

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

Tubarão, 25 de Novembro de 2022.

_____

Professor e Orientador Gil Félix Madalena.
Universidade do Sul de Santa Catarina

_____

Prof. Esp. Gercino Prevê
Universidade do Sul de Santa Catarina

_____

Prof. Lucimara Aparecida Schambeck Andrade, Ms.
Universidade do Sul de Santa Catarina

Dedico este trabalho, primeiramente a Deus, à minha família, aos meus amigos e a todos aqueles que, de alguma forma contribuíram no sucesso dessa caminhada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me proporcionar saúde e me capacitar para vencer todos obstáculos e adversidades encontrados durante minha trajetória acadêmica.

A minha família que me apoiou com amor e compreensão nos momentos difíceis. Aos meus amigos que sempre se mantiveram ao meu lado. Aos professores, pelo esforço, paciência e sabedoria que me foi conduzido. Foram eles que me deram as ferramentas e recursos para evoluir um pouco a cada dia, tanto na vida pessoal como na vida profissional. Ao meu orientador Gil Félix Madalena pelos ensinamentos que me foi passado, possibilitando desenvolver esse trabalho e apresentá-lo, agregando valores para um melhor desempenho na vida como pessoa.

E a todos aqueles que de alguma forma contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho .

“O insucesso é apenas uma oportunidade de recomeçar com mais inteligência ” (Henry Ford).

RESUMO

O Reaproveitamento da água de chuva tem sido uma maneira eficiente e de baixo custo para minimizar o consumo de água potável, diminuindo os gastos financeiros e ajudando a preservar o meio ambiente, reduzindo o consumo de água tratada. Sendo assim, o presente trabalho tem por objetivo dimensionar o reservatório para o armazenamento da água de chuva para fins de uso não potável. O local escolhido para a realização do estudo foi a quadra poliesportiva da Universidade do Sul de Santa Catarina (UNISUL), localizada na cidade de Tubarão - SC. Iniciou-se o trabalho realizando uma pesquisa bibliográfica, onde apresentou-se os conhecimentos necessários para a realização do estudo, logo após as pesquisas se desenvolvem os cálculos, onde foi calculada a área de contribuição do telhado, precipitação média mensal, as calhas, condutores horizontais e verticais. Foi feito também o dimensionamento do reservatório, onde foram utilizados os métodos de Rippl, da Simulação, de Azevedo Neto e Prático Inglês. Foi realizado também o dimensionamento do reservatório de descarte da primeira água de chuva. Foi apresentado um comparativo dos reservatórios calculados, foi apresentado também um breve levantamento dos materiais a serem utilizados para a instalação do reservatório, onde podemos observar o tempo de retorno do investimento. Com base nos resultados obtidos, o projeto mostrou-se tecnicamente viável em função do grande volume de chuva da região, e pela economia financeira proporcionada pela implantação do sistema.

Palavras-chave: Água de chuva. Aproveitamento de água pluvial. Reservatório.

ABSTRACT

The reuse of rainwater has been an efficient and low cost to minimize the consumption of potable water, reducing financial expenses and helping to preserve the environment, reducing the consumption of treated water. Therefore, the present work aims to dimension the reservoir for the storage of rainwater for non-potable use. The place chosen for study was the multi-sport court of the Universidade do Sul de Santa Catarina (UNISUL), located in the city of Tubarão - SC. The work began by carrying out a bibliographic research, where the necessary knowledge to carry out the study was presented, soon after the research the calculations are developed, where the contribution area of the roof, average monthly precipitation, the gutters, conductors horizontal and vertical. The sizing of the reservoir was also carried out, using the methods of Rippl, Simulation, Azevedo Neto and Prático Inglês. The dimensioning of the first rainwater disposal reservoir was also carried out. A comparison of the calculated reservoirs was presented, a brief survey of the materials to be used for the installation of the reservoir was also presented where we can observe the payback time of the investment. Based on the results obtained, the project proved to be technically viable due to the large volume of rainfall in the region, and the financial savings provided by the implementation of the system.

Keywords: Rainwater. Use of rainwater. Reservoir.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Ciclo das águas 16
Figura 2 – Ciclo hidrológico no perímetro urbano 17
Figura 3 – Regiões Hidrográficas de Santa Catarina 18
Figura 4 – Região Hidrográfica número 9 19
Figura 5 – Formas construtivas de sistema de aproveitamento de água de chuva 23
Figura 6 – Tipos de reservatórios 25
Figura 7 – Sistema de Descarte de Água tipo tonel 27
Figura 8 – Diferentes cores para tubulação em edificações 32
Figura 9 – Air Gap (separação de ar) 33
Figura 10 – Entrada de Água potável e Água não potável 34
Figura 11 – Conjunto Motor-bomba para o bombeamento de água de chuva 37
Figura 12 – Vista aérea da Universidade do Sul de Santa Catarina 38
Figura 13 – Vista aérea da Quadra poliesportiva UNISUL 39
Figura 14 – Indicadores para cálculo de área de cobertura 39
Figura 15 – Quadra Poliesportiva UNISUL 40
Figura 16 – Fachada lateral Quadra Poliesportiva UNISUL 40
Figura 17 – Planta Baixa cobertura da Quadra 41
Gráfico 1 – Precipitação média em Tubarão no período de um ano 42
Figura 18 – Área das quadras 45
Figura 19 – Equipamentos para limpeza da quadra 45
Figura 20 – Gramado da quadra poliesportiva 46
Figura 21 – Ábaco para determinação de diâmetro de condutores verticais 49
Gráfico 2 – Demanda mensal de água 55
Figura 22 – Calha e condutor vertical 56
Figura 23 – Croqui sistema de captação 64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resumo das características hidrográficas dos principais rios da RH9 20
Tabela 2 – Método de Rippl 28
Tabela 3 – Método da Simulação 30
Tabela 4 – Parâmetros de qualidade de água para uso não potável 35
Tabela 5 – Coeficiente de Runoff 41
Tabela 6 – Precipitação média em Tubarão no período de um ano 42
Tabela 7 – Valores para intensidade pluviométrica máxima (mm/h) em determinado período de retorno 43
Tabela 8 – Quantitativo de peças de utilização da Quadra Poliesportiva 44
Tabela 9 – Previsão de consumo de água por aparelho 47
Tabela 10 – Frequência de utilização 47
Tabela 11 – Custo financeiro por m³ da Tubarão Saneamento 47
Tabela 12 – Coeficiente de Rugosidade “n” de Manning 50
Tabela 13 – Capacidade de condutores horizontais de seção circular (vazão em L/min.) 51
Tabela 14 – Demanda mensal de água não potável 55
Tabela 15 – Volumes de chuva aproveitável do ginásio poliesportivo 58
Tabela 16 – Dimensionamento do reservatório método Rippl 59
Tabela 17 – Dimensionamento do reservatório pelo método da simulação, volume fixado de 20m³ 60
Tabela 18 – Dimensionamento do reservatório pelo método da simulação. Fixado Volume de 25m³ 61
Tabela 19 – Dimensionamento do reservatório pelo método Azevedo Neto 62
Tabela 20 – Dimensionamento do reservatório pelo método Inglês 63
Tabela 21 – Custo estimado dos materiais 65
Tabela 22 – Comparativo entre o valor a ser pago após a implantação 65

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas;
ANA – Agência Nacional de Águas;
GEPHI - Gerência de Planejamento de Recursos Hídricos;
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística;
INMET – Instituto Nacional de Meteorologia;
INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial;
IPTU – Imposto sobre a Propriedade Predial e Territorial Urbana;
NBR – Norma Brasileira Regulamentadora;
PERH/SC – Plano Estadual de Recursos Hídricos de Santa Catarina;
PNRH – Política Nacional de Recursos Hídricos;
PVC – Polímero de Cloreto de Vinila;
RH – Região Hidrográfica;
SIRHESC – Sistema de informações sobre Recursos Hídricos do Estado de Santa Catarina;
TCC – Trabalho de Conclusão de Curso;
UNESCO – Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura;
UNICEF – Fundo das Nações Unidas para a Infância;
UNISUL – Universidade do Sul de Santa Catarina;

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 13
1.1 JUSTIFICATIVA 14
1.2 OBJETIVO 14
1.2.1 Objetivo geral 14
1.2.2 Objetivos específicos 14
2 REVISÃO DE LITERATURA 16
2.1 CICLO HIDROLÓGICO 16
2.2 CICLO HIDROLÓGICO NO PERÍMETRO URBANO 17
2.3 REGIÕES HIDROGRÁFICAS 18
2.3.1 Recursos hídricos superficiais 20
2.3.2 Recursos hídricos subterrâneos 20
2.3.3 Abastecimento da Região Hidrográfica 9 21
2.4 APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA 21
2.5 ÁREA DE CAPTAÇÃO 24
2.6 CALHAS E CONDUTORES VERTICAIS E HORIZONTAIS 24
2.7 RESERVATÓRIO 25
2.8 SISTEMA DE DESCARTE DE ÁGUA PARA LIMPEZA DE TELHADO 26
2.8.1 Sistema tipo tonel 26
2.9 MÉTODOS PARA DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIO 28
2.9.1 Método de Rippl 28
2.9.2 Método de Simulação 29
2.9.3 Método Azevedo 31
2.9.4 Método Inglês 31
2.10 INSTALAÇÕES PREDIAIS 31
2.10.1 Conexão Cruzada 33
2.11 QUALIDADE DA ÁGUA 34
2.12 FONTES ALTERNATIVAS NAS EDIFICAÇÕES 35
2.12.1 Água Cinza 35
2.12.2 Água Negra 36
2.13 BOMBEAMENTO 37
3 METODOLOGIA 38
3.1 LOCAL DA PESQUISA 38

3.1.1 Área de Captação **39**
3.1.2 Dados Pluviométricos **41**
3.1.3 Demanda de água **43**
3.2 CUSTO FINANCEIRO DA ÁGUA POTÁVEL 47
3.3 SISTEMA PARA CONDUÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL 48
3.3.1 Vazão de projeto **48**
3.3.2 Condutores Verticais **49**
3.3.3 Condutores Horizontais **50**
3.3.4 Volume de água aproveitável **52**
3.4 LEGISLAÇÃO 52
3.5 INCENTIVO FISCAL – IPTU VERDE 53
4 RESULTADOS **54**
4.1 DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO 54
4.1.1 Área de captação **54**
4.1.2 Demanda total de água **54**
4.2 DIMENSIONAMENTO DAS UNIDADES DO SISTEMA 56
4.2.1 Calha **56**
4.2.2 Condutores verticais e horizontais **57**
4.2.3 Volume de água aproveitável **57**
4.3 RESERVATÓRIO 58
4.3.1 Reservatório superior **58**
4.3.2 Reservatório de autolimpeza **58**
4.3.3 Método Rippl **59**
4.3.4 Método simulação **60**
4.3.5 Método Azevedo Neto **62**
4.3.6 Método Inglês **62**
4.4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS 63
4.5 INVESTIMENTO 64
4.6 ANÁLISE DO CUSTO FINANCEIRO DA ÁGUA E ESGOTO 65
5 CONCLUSÃO **67**
REFERÊNCIAS **68**
ANEXO A – PRECIPITAÇÃO NO MUNICÍPIO DE TUBARÃO - SC **72**

1 INTRODUÇÃO

A água é um dos principais elementos para a vida na terra, todos os seres vivos dependem dela para viver, e podemos reduzir o consumo de água, ajudando a preservar esse recurso natural de extrema relevância para a humanidade.

A cada ano cresce os estudos sobre o reaproveitamento da água, pois se sabe que apesar de nosso planeta na superfície ser composto na sua maioria por água, somente uma parcela muito pequena é de água doce, segundo à Agência Nacional de Águas (ANA) de toda a água existente na planeta, somente 0,75% estão disponíveis para ser usados pelos 6 bilhões de pessoas que habitam o planeta Terra, o restante é água salgada que contempla 97,5%, e a doce que se encontra congelada nas calotas e nas geleiras polares totalizando 1,75% do total (ANA, 2002). Podemos observar que existe uma parcela muito pequena para suprir as necessidades de consumo da população que está crescendo desordenadamente.

Sabendo que o Brasil possui grandes reservas de água doce, 12% do total mundial ainda temos algumas regiões no nosso país que não possuem água, apesar de nosso país ser rico em recursos hídricos ele sofre com a má distribuição desse recurso, onde regiões brasileiras ainda sobrevivem com muita pouca água (ANA, 2002).

A sustentabilidade hídrica deve ser levada em conta quando observamos um crescimento desordenado da população e de suas cidades, fazendo com que aumente cada vez mais o consumo desse recurso natural. Com o crescimento populacional a poluição proveniente dos esgotos residenciais e industriais, aumentam consideravelmente e são lançadas sem tratamento nos rios, gerando um grande problema e comprometendo o meio ambiente.

De acordo com a Organização das Nações Unidas (2019) divulgou que o crescimento populacional é estimado em 80 milhões de pessoas por ano, e devemos chegar a 9,1 milhões de habitantes em 2050, podemos apreciar, que se mantivermos os padrões de consumo atuais em 2030 podemos enfrentar um déficit de 40% no abastecimento de água. Segundo a Organização das Nações Unidas para Educação, a Ciência e a Cultura (2017) o mundo possui água suficiente para suprir as necessidades de consumo da população, mas devemos consumir com consciência e mudar nossos hábitos de desperdício de água. (NAÇÕES UNIDAS BRASIL, 2019)

Com base nesse contexto, o trabalho analisará a viabilidade de implantação de um sistema de captação de água para fins não potáveis, analisando o potencial pluviométrico e dimensionando o sistema para captação.

1.1 JUSTIFICATIVA

Com uma área aproximada de 2.910,24 m² a quadra poliesportiva possui um grande potencial para captação de água de chuva. A captação é de extrema importância, já que um cenário de crise hídrica está cada vez mais próximo da nossa realidade. Sendo assim, devemos estar preparados para esse cenário, garantindo o abastecimento de água e mantendo o conforto e atividades realizadas pelos usuários.

A principal vantagem da captação de água de chuva, é a contribuição para conservação da água que se tem disponível no planeta, pois a água da chuva pode ser utilizada para fins que não demandem da sua potabilidade.

Com a finalidade de trazer sustentabilidade e também reduzir o impacto ambiental, com a captação se impede que uma parcela dessa água tenha como destino as galerias pluviais, diminuindo o volume de água descartado, contribuindo para a não sobrecarga do sistema. E também podemos falar do retorno financeiro a longo prazo, devido ao aproveitamento da água captada.

Com isso, nesse TCC será abordado o dimensionamento de um sistema de captação, visando o levantamento da pluviosidade a ser captado para o reaproveitamento e também dimensionando o reservatório para o volume definido. Apresentando também o consumo na edificação e o volume de água potável que se economiza com a implantação do sistema.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Realizar o dimensionamento de um reservatório para captação d´água da chuva na quadra poliesportiva da Universidade do Sul de Santa Catarina (UNISUL), estimando o consumo e o volume de captação do sistema para uso nas bacias sanitárias, mictórios e também poderá ser usado para outros fins que não necessitem de água potável.

1.2.2 Objetivos específicos

a) Analisar o potencial pluviométrico da região;
b) Determinar área de contribuição;
c) Determinar volume captado;

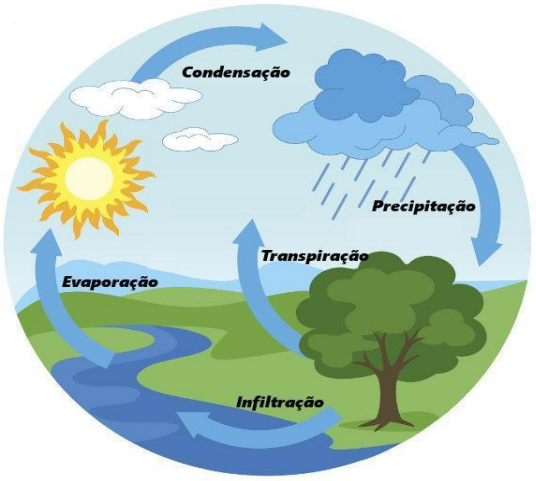
d) Definir o consumo na quadra poliesportiva;
e) Apresentar o dimensionamento do reservatório;
f) Fazer uma análise econômica com base nos resultados obtidos.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 CICLO HIDROLÓGICO

O ciclo hidrológico, é dado pela água e seu movimento em nosso globo terrestre, podendo ser encontrado em diversas partes, como oceanos, rios, geleiras e podendo ser superficiais ou subterrâneas e também na atmosfera em forma gasosa conforme, Figura 1.

Figura 1 – Ciclo das águas



Fonte: Ciclo... (2020).

O ciclo depende diretamente da energia recebida do sol, pois o calor e a luz emitida por ele provoca a evaporação da água, fazendo com que aumente a umidade no ar, a gravidade e as mudanças nos estados físicos possibilitam a precipitação, em forma de chuva, neve ou granizo. (CICLO..., 2020).

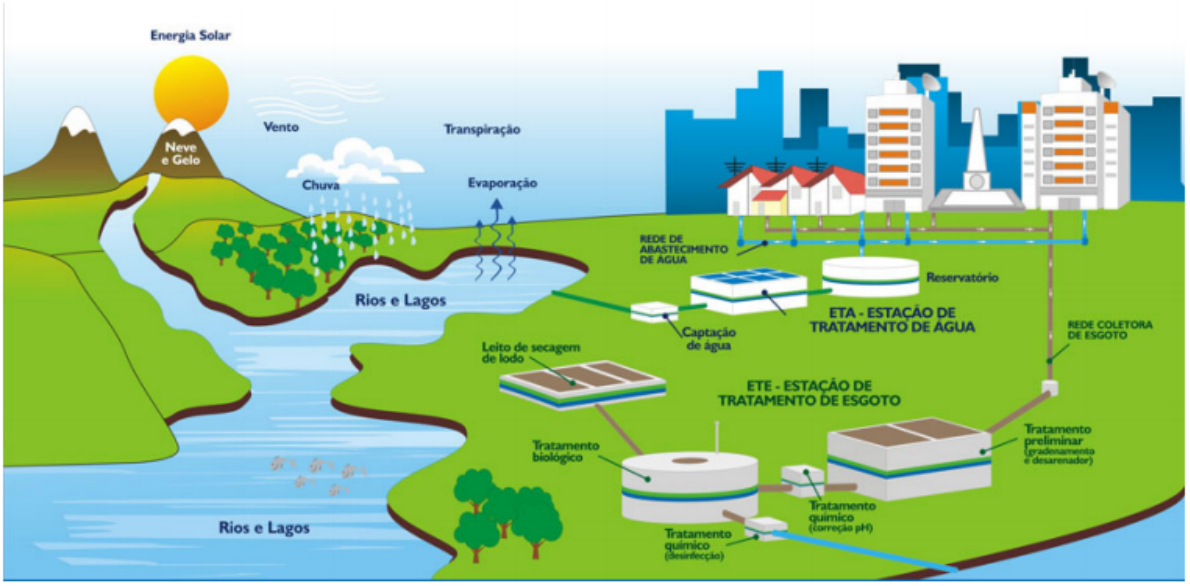
Quando precipitada a água de chuva pode seguir diferentes caminhos, conforme (KARMANN, 2000), uma parte vai alimentar os lençóis subterrâneos em forma de infiltração e percolação, fluindo entre os espaços vazios da rocha e do solo podendo formar aquíferos, nesse processo de infiltração a água também é absorvida pelas plantas e retornando à atmosfera no processo de transpiração, quando a precipitação é maior que a capacidade de absorção do solo, essa água escoa pela superfície alimentando os rios e lagos, outra parte dessa água precipitada permanece congelada em cumes de montanhas e geleiras.

A água pode ser encontrada em três estados físicos: sólido, líquido e gasoso. Denominadas superficiais, subterrâneas e atmosféricas. O ciclo da água está em constante mudança e movimentação (KARMANN, 2000).

2.2 CICLO HIDROLÓGICO NO PERÍMETRO URBANO

O ciclo da água potável no perímetro urbano apresentado por Foschera (2015), Figura 2, é dividido nas seguintes etapas: captação, tratamento e distribuição. Após ser utilizada ela é captada novamente, para posterior tratamento, porém no mundo o tratamento de efluentes não abrangem todas as cidades, fazendo com que um grande volume de água retorne para a natureza sem ser tratada.

Figura 2 – Ciclo hidrológico no perímetro urbano



Fonte: Foschera (2015).

Além da contaminação das águas subterrâneas e superficiais pela falta de tratamento, as inundações provenientes da impermeabilização do solo urbano e inundações ribeirinhas é apontado por Tucci (2008) como sendo um problema da urbanização, onde o desenvolvimento urbano tende a obstruir o escoamento natural da água com drenagem inadequada, pontes e aterros, causando o assoreamento dos condutos.

Como a impermeabilização do solo está aumentando nos centros urbanos, Tucci (2008) expõe que, a captação da água se torna uma alternativa para diminuir o volume de água que é lançado no sistema de captação pluvial, com um sistema de captação eficiente podemos destinar essa água para ser usada na própria edificação.

2.3 REGIÕES HIDROGRÁFICAS

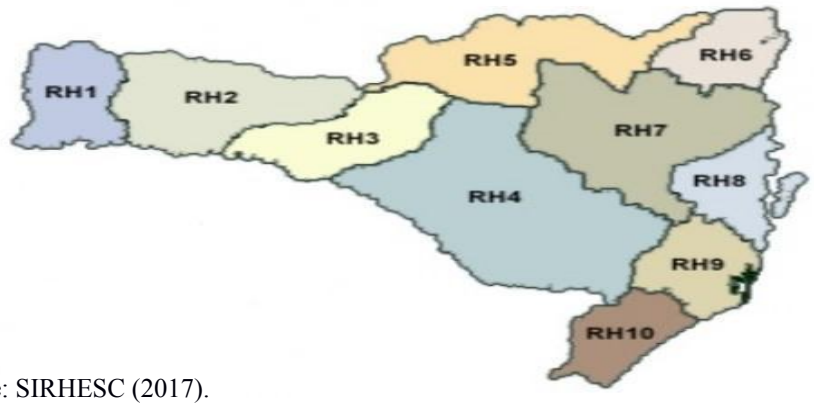
O estado de Santa Catarina possui área total de 95.736,165 km^2, que representa 1,12% da superfície do território nacional, segundo a divisão atualmente adotada pela Agência Nacional de Águas (ANA), os rios do estado de Santa Catarina fazem parte de três grandes Regiões Hidrográficas – a Região Hidrográfica do Paraná, a Região Hidrográfica do Uruguai e a Região Hidrográfica Atlântico Sul (SANTA CATARINA, 2017).

A rede hidrográfica catarinense tem a Serra Geral como principal divisor de águas, formando dois sistemas independentes que juntos drenam as águas do estado, sendo eles, o sistema de Vertente do Interior que integram as bacias Paraná – Uruguai, e o Sistema Vertente Atlântica, que deságua a leste diretamente no Atlântico (SANTA CATARINA, 2017).

Os recursos hídricos do estado são divididos em dez Regiões Hidrográficas, figura 3, recebendo as seguintes denominações; (SIRHESC, 2017),

a) RH 1 – Extremo Oeste;
b) RH 2 – Meio Oeste;
c) RH 3 – Vale do rio do Peixe;
d) RH 4 – Planalto de Lages;
e) RH 5 – Planalto de Canoinhas;
f) RH 6 – Baixada Norte;
g) RH 7 – Vale do Itajaí;
h) RH 8 – Litoral Centro;
i) RH 9 – Sul Catarinense;
j) RH 10 - Extremo Sul Catarinense.

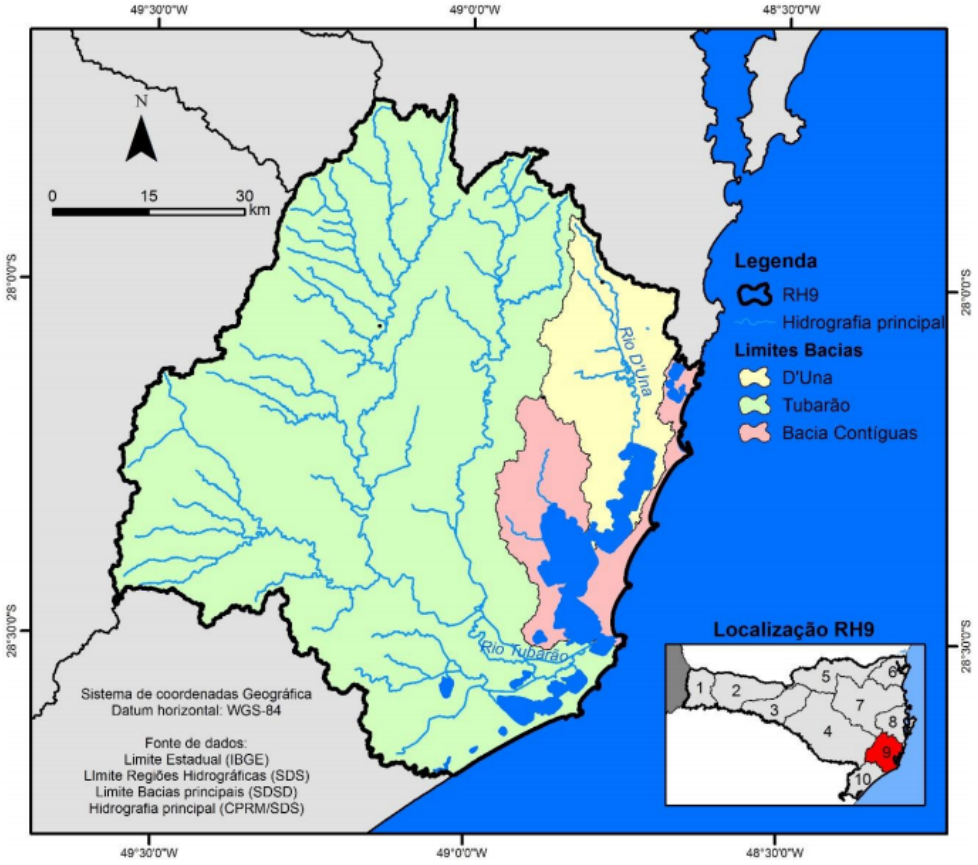
Figura 3 – Regiões Hidrográficas de Santa Catarina



Fonte: SIRHESC (2017).

A região Hidrográfica do Sul Catarinense RH 9, figura 4, onde se localiza o objeto de estudo, é composta pela Bacia Hidrográfica do Rio D´Una e a Bacia Hidrográfica do Rio Tubarão, além de bacias contíguas que possuem sistemas independentes de drenagem e o Complexo Lagunar (SANTA CATARINA, 2017).

Figura 4 – Região Hidrográfica número 9



Fonte: Santa Catarina (2017, p. 1).

A RH9 possui segundo o Plano Estadual de Recursos Hídricos de Santa Catarina uma área total de 5.947km^2, englobando 25 municípios, a bacia hidrográfica do Rio Tubarão ocupa a maior parte aproximadamente 4.735km^2 totalizando 79,62% da área total, abrangendo a área total ou parcial de 22 municípios. A Bacia do Rio D'Una representa 11,06% sendo 558 km^2 da área total, e as bacias contíguas que drenam diretamente para o Complexo Lagunar, ocupam aproximadamente 9,32%, cerca de 554 km^2 (SANTA CATARINA, 2017).

2.3.1 Recursos hídricos superficiais

Segundo PERH/SC a região possui em torno de 16.057 km de cursos d'água, o que resulta em uma alta drenagem na região, aproximadamente 2,70 km/km^2 de vazão, sendo o Rio Tubarão o mais importante da região com cerca de 119 km de extensão, sua nascente é localizada na Serra Geral e deságua no Complexo Lagunar, tendo como principais formadores os Rios Rocinha e Bonito, seus principais afluentes da margem esquerda são os rios Laranjeira, Braço do Norte e Capivari, como afluentes da margem direita temos o Rio Palmeiras e o Rio Pedras Grandes (SANTA CATARINA, 2017).

O complexo Lagunar com aproximadamente 220 km^2 é formado por oito lagoas: Camacho, Garopaba do Sul, Imaruí, Manteiga, Mirim, Ribeirão Preto, Santa Marta e Santo Antônio do Anjos, sendo o Rio Tubarão o principal contribuinte fluvial do Complexo.

Com uma extensão de 60 km, o Rio D'Una tem suas principais nascentes na região do parque Estadual da Serra do Tabuleiro, e desaguando também no Complexo Lagunar pela lagoa de Imaruí. Na Tabela 1, o PERH/SC apresenta as bacias hidrográficas e suas características que compõem a Região Hidrográfica 9.

Tabela 1 – Resumo das características hidrográficas dos principais rios da RH9

Característica	Bacias Hidrográficas	
	Rio D'Una	Rio Tubarão
Nome do rio principal	D'una	Tubarão
Comprimento do rio principal (km)	60	119
Comprimento total do curso d'água (km)	1699	2236
Densidade de drenagem (km/km²)	2,58	2,8
Classe	Divagante	Divagante

Fonte: Santa Catarina (2017, p. 5).

2.3.2 Recursos hídricos subterrâneos

São atualmente 278 poços cadastrados na Região Hidrográfica 9 (cerca de 1 poço a cada 21 km^2), sendo 233 na Bacia Hidrográfica do Rio Tubarão, 12 na Bacia Hidrográfica do Rio D'Una e 23 nas bacias contíguas, conforme apresenta PERH/SC (SANTA CATARINA, 2017).

2.3.3 Abastecimento da Região Hidrográfica 9

O abastecimento de água na região Sul Catarinense é na sua maioria composta por rede canalizada (74,09%), nascentes e poços existentes em propriedades (16,17%), poços e nascentes fora de propriedades (8,18%), conforme publicado pelo PERH/SC (SANTA CATARINA, 2017). O Abastecimento proveniente da captação da água de chuva, de caminhão pipa entre outros representa 1 %.

No último censo demográfico Brasileiro, publicado pelo IBGE em 2010, a RH9 possui uma densidade demográfica de 63,51 habitantes/km² com um total de 377.675 habitantes, sendo a 5ª maior densidade demográfica do Estado em relação às outras Regiões Hidrográficas. Tubarão é a maior cidade da RH9 com 97.235 habitantes, tendo em sua área urbana cerca de 88.095 habitantes (SANTA CATARINA, 2017).

Ainda segundo o PERH/SC, a RH9 na sua maioria é composta por domicílios que fazem uso de fossa séptica (66,15%) e rede geral de esgoto ou pluvial (29,26%) existem ainda alguns domicílios (4,28%) que despejam o esgoto diretamente em rios, lagos e córregos (IBGE, 2010 *apud* SANTA CATARINA, 2017).

2.4 APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA

A água doce é um elemento de extrema importância para todos os seres vivos do planeta, e é também um recurso limitado. Em 2019 segundo a UNICEF (Fundo das Nações Unidas para a Infância) menos da metade da população mundial aproximadamente 35 % não tem acesso a água tratada, no próximo meio século serão adicionados 3 bilhões de novos habitantes no planeta. Sobrecarregando ainda mais a distribuição desse recurso que em algumas regiões, já se encontra com sérios problemas. Neste sentido deve-se considerar o reuso de água como parte de uma atividade mais abrangente que é o uso racional ou eficiente da água, o qual compreende também o controle de perdas e desperdícios, e a minimização da produção de resíduos e do consumo de água (UNICEF, 2019).

Sabendo que a demanda por água está aumentando a cada ano, a utilização de um sistema de reaproveitamento de água da chuva para fins não potáveis se mostra uma alternativa viável para reduzir a demanda por água potável.

A NBR 15527/2007 trata a água da chuva como uma água resultante da precipitação atmosférica coletada em telhados, coberturas, locais que não haja nenhum tipo de circulação (ABNT, 2007).

A água da chuva é uma fonte de água extremamente limpa, contendo muito pouca impureza, entretanto ao tocar o solo, a água pode entrar em contato com algum mineral, bactéria, substâncias orgânicas ou outro material que possa contamina-lá. Mas de modo geral, a água da chuva pode fornecer água limpa e confiável, desde que todo o sistema seja construído e mantido de forma adequada (GOLDENFUM, 2015).

Os sistemas de captação de água de chuva podem ser adotados para fins domésticos, comerciais e industriais segundo o Goldenfum (2015). Para o uso doméstico, os mais comuns são as descargas de vasos sanitários, lavagem de piso, irrigação de jardim e sistema de combate a incêndio. Nas indústrias e prédios comerciais, a água da chuva pode ser utilizada para climatização, resfriamento de máquinas, lavagem industrial de roupas, lavagem de veículos e limpeza industrial.

No que diz respeito ao sistema construtivo da captação de água de chuva, Herrmann e Schimida (1999 *apud* ANNECCHINI, 2005), destacam quatro formas descritas a seguir:

1a. Sistema de fluxo total - Onde toda a chuva coletada pela superfície de captação é direcionada ao reservatório de armazenamento, passando antes por um filtro ou por uma tela. A chuva que extravasa do reservatório é direcionada ao sistema de drenagem (Figura 5a)

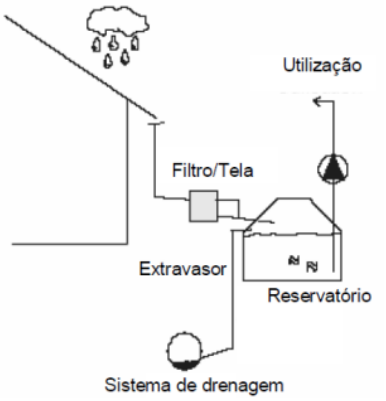
1b. Sistema com derivação - Nesse sistema, uma derivação é instalada na tubulação vertical de descida da água da chuva, com o objetivo de descartar a primeira chuva, direcionando-a ao sistema de drenagem. Este sistema é também denominado de sistema autolimpante. Em alguns casos, instala-se um filtro ou uma tela na derivação. Assim como no sistema descrito anteriormente, a chuva que extravasa do reservatório é direcionada ao sistema de drenagem (Figura 5b).

1c. Sistema com volume adicional de retenção - No qual, constrói-se um reservatório maior, capaz de armazenar o volume de chuva necessário para o suprimento da demanda e capaz de armazenar um volume adicional com o objetivo de evitar inundações. Neste sistema, uma válvula regula a saída de água correspondente ao volume adicional de retenção do sistema de drenagem (Figura 5c).

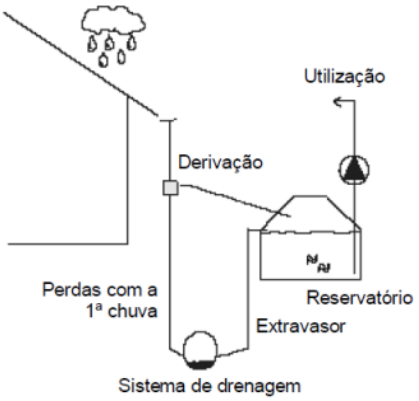
1d. Sistema com infiltração no solo - Neste sistema toda a água da chuva coletada é direcionada ao reservatório de armazenamento, passando antes por um filtro ou por uma tela. O volume de chuva que extravasa do reservatório é direcionada a um sistema de infiltração de água no solo (Figura 5d).

Figura 5 – Formas construtivas de sistema de aproveitamento de água de chuva

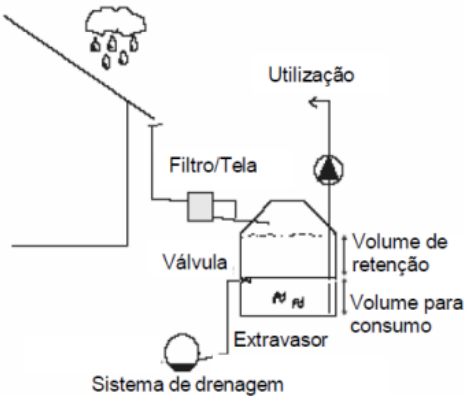
a) Sistema de fluxo total



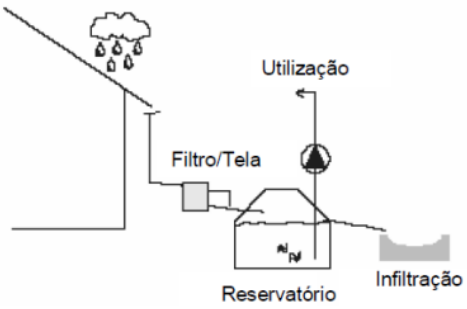
b) Sistema com derivação



c) Sistema com volume adicional de retenção



d) Sistema com infiltração no solo



Fonte : Herrmann e Schimida (1999 *apud* ANNECCHINI, 2005).

São três fatores que influenciam a viabilidade de um sistema de aproveitamento da água da chuva, sendo eles: precipitação, área de coleta e demanda. May (2004) destaca ainda uma redução na demanda por água potável, quando utilizado água pluvial nas edificações acarretando em uma queda no consumo e consecutivamente uma queda no custo da água, beneficiando o meio ambiente.

2.5 ÁREA DE CAPTAÇÃO

Segundo Silva (2014) às áreas de cobertura ou áreas de contribuição podem ser planas, moderadamente inclinadas e intensamente inclinadas, sendo planas, necessitam de drenos internos ou de calhas ao longo do perímetro, já as moderadamente inclinadas escoam as águas com mais facilidade e as intensamente inclinadas produzem um escoamento rápido. Entretanto, uma cobertura com uma leve inclinação aumenta a área de captação.

A NBR 10844 (ABNT, 1989) apresenta que as áreas de captação devem possuir uma inclinação mínima de 0,5% para garantir um escoamento até os pontos previstos para a drenagem. Caso a área de captação possua uma grande área, pode ser necessário a divisão em pequenas áreas, garantindo a efetividade do sistema.

Os dados da área que correspondem a captação são muito importantes, pois a área do telhado é uma das variáveis para o dimensionamento do reservatório de água de chuva (SILVA, 2014).

Tomaz (2007) descreve como área de captação, área em metros quadrados projetadas na horizontal da superfície onde a água é captada, sendo possível utilizar telhados de edificações para dimensionamento do sistema. Para o reservatório sempre será usada a projeção horizontal da área para dimensionar o sistema.

2.6 CALHAS E CONDUTORES VERTICAIS E HORIZONTAIS

As calhas e condutores devem atender a NBR 10844 (ABNT, 1989) – Instalações Prediais de Águas Pluviais, sendo dimensionado conforme as vazões de projeto que dependem dos fatores meteorológicos e período de retorno escolhido. Estas vazões não servem para dimensionamento dos reservatórios e sim para o dimensionamento das calhas e condutores, Tomaz (2010) aborda ainda alguns pontos:

a) devem ser observados o período de retorno escolhido (Tr), a vazão de projeto e a intensidade pluviométrica. O autor recomenda Tr = 25 anos;
b) nos condutores verticais e horizontais pode ser instalado dispositivos fabricados ou construídos in loco para o descarte da primeira água de chuva para eliminação de folhas e detritos.

O material mais utilizado para os condutores é o tubo de PVC, e as calhas são feitas geralmente de aço galvanizado, os materiais são resistentes à corrosão possuindo longa durabilidade e também resistem a mudanças de temperatura.

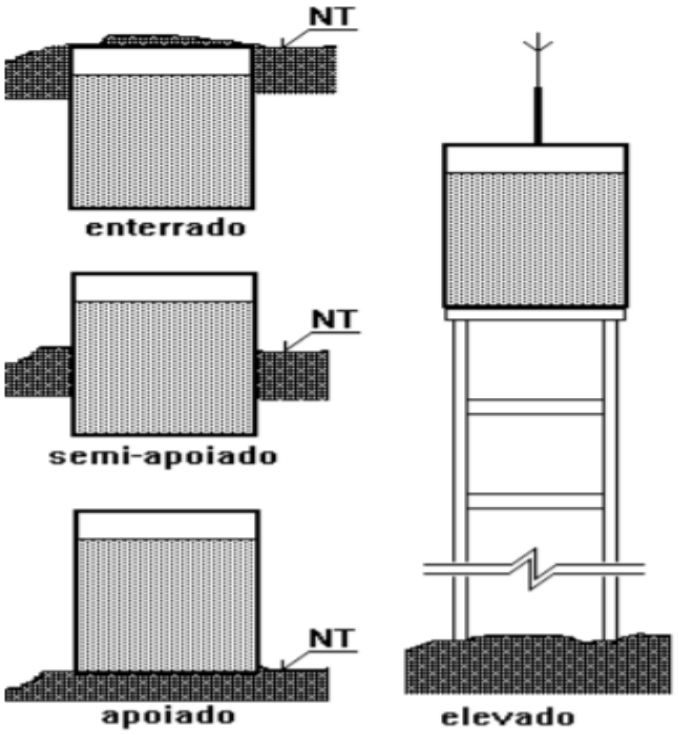
Os condutores horizontais de seção circular, podem ser dimensionados usando a fórmula de Manning para seção máxima de altura 0,66 D, podendo usar também a tabela da norma, com uma declividade mínima de 0,5% (0,005m/m). NBR 10844 (ABNT, 1989).

A NBR 10844 (ABNT, 1989) adota como 70 mm o diâmetro mínimo para o cálculo dos condutores verticais.

2.7 RESERVATÓRIO

May (2009) afirma que o reservatório é o componente mais dispendioso do sistema de coleta e aproveitamento pluvial. Sendo assim o seu dimensionamento requer uma análise criteriosa para que a implantação do sistema não se torne inviável.

Figura 6 – Tipos de reservatórios



Fonte: Reckziegel (2010 *apud* CAPELIN; VANDERLEI; MIOTTO, 2018, p.8).

Os reservatórios devem ser construídos totalmente isolados como se fosse para armazenar água potável, sendo construído de maneira a garantir que a água não se contamine,

segundo Reckziegel (2010), figura 6, eles podem ser: enterrados, semi-enterrado, apoiado ou elevado. Os materiais podem ser concreto armado, alvenaria, aço inox, fibra de vidro, material plástico como o PVC entre outros, sempre garantindo a proteção contra a luz e calor.

Conforme NBR 5626 (ABNT, 1998), os reservatórios devem ser limpos com solução de derivado clorado, no mínimo uma vez por ano.

O sistema deve possuir um extravasor, para lançar o excesso de água nas galerias pluviais.

2.8 SISTEMA DE DESCARTE DE ÁGUA PARA LIMPEZA DE TELHADO

O sistema de descarte de água, Figura 7, descarta a primeira água coletada, essa água contém um acúmulo de todo tipo de impureza, seja poeira, folha, fuligem entre outros evitando assim a contaminação do reservatório (MAY, 2009).

Conforme Tomaz (2011), a primeira chuva é aquela que contém a maior parte da sujeira proveniente dos telhados, pode ser removida manualmente com uso de uma tubulação que podem ser desviadas do reservatório ou automaticamente através de dispositivos de autolimpeza em que o homem não precisa fazer nenhuma operação.

Os Primeiros milímetros de chuva devem ser descartadas, de acordo com a NBR 15527 (ABNT, 2007) recomenda o descarte dos dois primeiros milímetros de chuva, entretanto Tomaz (2009) apresenta em seu livro que este valor depende diretamente do local de escoamento, ou seja, quando o telhado for limpo e tenha chuvas frequentes, pode ser descartado somente os primeiros 0,5 milímetros, porém se no local de escoamento houver muitos detritos orgânicos é recomendado o descarte de 8 milímetros, esse volume é imprescindível após um longo período de estiagem. Na falta de dados recomenda-se o descarte de 2mm da precipitação inicial NBR 15527 (ABNT, 2007).

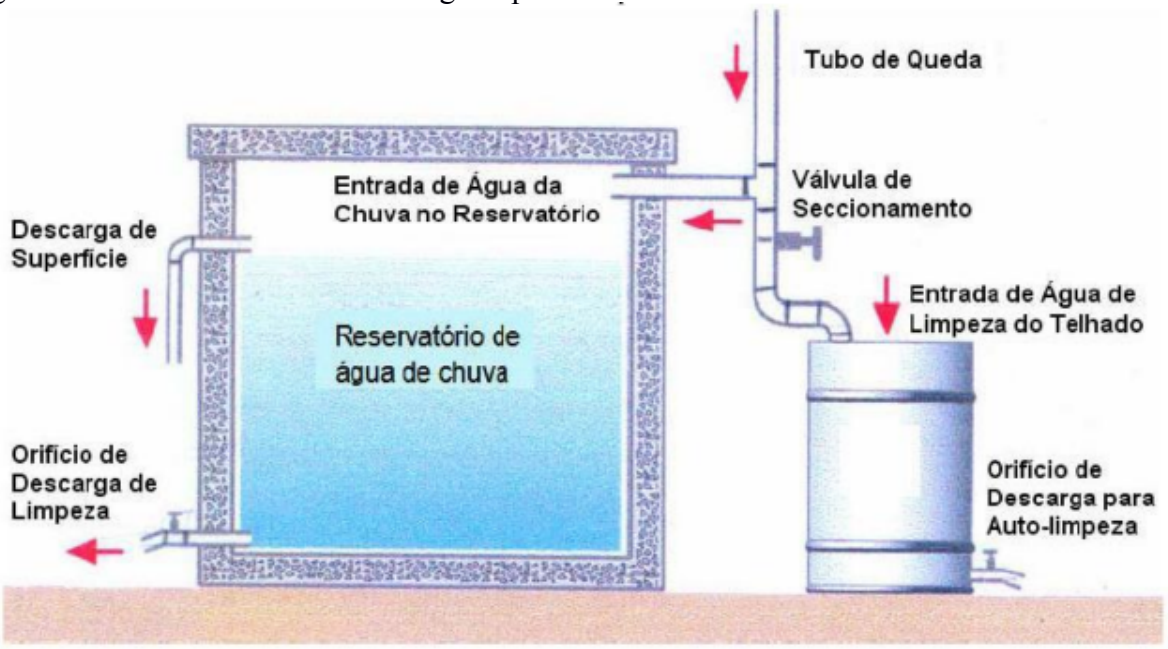
A NBR 15527 (ABNT, 2007), orienta que o dispositivo de descarte de água deve ser dimensionado pelo projetista, garantindo que o volume descartado seja suficiente para limpeza do telhado.

2.8.1 Sistema tipo tonel

Esse sistema de descarte funciona da seguinte maneira: a água captada na área de cobertura é recolhida pela calha e conduzida ao longo do tubo de queda até o reservatório do tipo "tonel", com uma capacidade de armazenamento relacionada com a área de área de

captação, conforme apresentado na figura 7. O reservatório deve ser provido de um pequeno orifício na parede inferior, esse orifício deve ter um diâmetro de cerca 0,5 cm. (DAMASCENO; PINHEIRO, 2015).

Figura 7 – Sistema de Descarte de Água tipo tonel



Fonte: Damasceno e Pinheiro (2015).

Uma maneira para dimensionar o reservatório de autolimpeza, é que o mecanismo de descarte seja feito automaticamente, sem que haja interferência humana, imaginamos que o reservatório terá o volume igual ao primeiro volume de chuva, e que seu esvaziamento aconteça em 10 minutos, aproximadamente. Esse valor de 10 minutos foi tomado empiricamente, sendo o tempo necessário para que a água fique limpa, assim apresentado por Damasceno e Pinheiro (2015), apresentam também a equação do orifício de descarga livre, pequeno e parede delgada, que está apresentada na equação 1.

$$Q = C_d \cdot A \cdot \sqrt{2.g.h} \qquad (1)$$

Onde: Q = vazão de descarga (m³);

g = aceleração da gravidade (9,81m/s²);

h = altura de água sobre a geratriz superior da galeria ou tubulação (m);

A = área de secção transversal do orifício (m²);

C_d = coeficiente de descarga do orifício (admissional = 0,62)

2.9 MÉTODOS PARA DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIO

Para a NBR 15.527 (ABNT, 2007), o dimensionamento da capacidade do reservatório pode ser realizado com qualquer método, ficando a critério do projetista qual utilizar, desde que seja justificado. A norma sugere seis métodos de cálculo, sendo eles: método de Rippl, método da Simulação, método Azevedo Neto, método Prático Alemão, método Prático Inglês e método Prático Australiano.

Dentre os métodos citados pela norma para o dimensionamento de reservatório serão esclarecidos os seguintes métodos: método de Rippl, método da Simulação, método Azevedo e o método Inglês.

2.9.1 Método de Rippl

O método de Rippl é um dos métodos mais utilizados para o dimensionamento do reservatório, por causa de sua fácil aplicação. Esse método utiliza geralmente o valor extremo do volume do reservatório, nas regiões onde as precipitações médias mensais sofrem com a variação do volume precipitado, é importante sempre ter uma referência máxima, conforme apresentado por Tomaz (2010).

Heberle e Lindner (2017) orientam que para o dimensionamento do reservatório pelo método rippl, é necessário utilizar toda a projeção do telhado sobre o terreno.

Tabela 2 – Método de Rippl

COLUNA 1	COLUNA 2	COLUNA 3	COLUNA 4	COLUNA 5	COLUNA 6	COLUNA 7	COLUNA 8
MESES	CHUVA MÉDIA MENSAL	DEMANDA CONSTANTE MENSAL	ÁREA DA CAPTAÇÃO	VOLUME DE CHUVA MENSAL	DIFERENÇA ENTRE OS VOLUMES DA DEMANDA	DIFERENÇA ACUMULADA DAS COLUNAS 6 DOS VALORES POSITIVOS	OBS

Fonte: Martins, F. (2017).

Para melhor entendimento da tabela 2, Tomaz (2007) traz uma breve explicação de cada coluna;

a) Coluna 1 – É o período de tempo que vai de janeiro a dezembro;

b) Coluna 2 – Chuvas médias mensais em milímetros;

c) **Coluna 3** – Demanda mensal conforme necessidade em metros cúbicos, e deve ser menor ou igual ao volume total da coluna 5;
d) **Coluna 4 –** Área de captação da água de chuva, em metros quadrados;
e) **Coluna 5 –** Volumes mensais que são obtidos através da multiplicação da coluna 2 pela coluna 4 e pelo coeficiente de runoff de 0,80 e dividindo-se por 1000, obtendo assim um resultado em metros cúbicos;
f) **Coluna 6 –** Valor resultante da coluna 3 menos a coluna 5. O sinal negativo indica que há excesso de água e o sinal positivo indica que o volume de demanda, nos meses correspondentes supera o volume disponível;
g) **Coluna 7** – É a diferença acumulada da coluna 6 considerando somente os valores positivos. Para o preencher essa coluna foi admitida a hipótese de que o reservatório está cheio;
h) **Coluna 8 –** O preenchimento da coluna 8 se dá pelas letras E, D e S sendo:
   E = água escoada pelo extravasor.
   D = Nível de água baixando.
   S = Nível de água subindo.

2.9.2 Método de Simulação

O método de simulação com a capacidade arbitrada do reservatório é bastante interessante nos casos em que se deseja analisar minuciosamente quanto é a variação do volume do reservatório ao longo dos anos. Por meio da sua aplicação se pode analisar vários volumes de reservatórios ao mesmo tempo, com suas respectivas eficiências sendo um método muito simples em relação a outros métodos (COUTO, 2012).

Para Couto (2012) é possível realizar a simulação dos reservatórios até que se chegue à capacidade desejada para o sistema de acordo com o proprietário, a capacidade geralmente é adotada em função da destinação final da água e também de acordo com os interesses econômicos.

Segundo Tomaz (2007) a grande vantagem do método é escolher mais facilmente o dimensionamento mais econômico do reservatório verificando o risco, seja ele de excesso de água (*overflow*) ou a falta, sendo necessário o suprimento pela concessionária de água.

Tomaz (2012) orienta que o período usual para esse método é de um mês. E o tamanho do reservatório C é escolhido arbitrariamente e considerando que o reservatório esteja vazio.

Tomaz (2010) considera que o reservatório no início esteja vazio pelo número total de tempo do período, sendo utilizado para o cálculo vários valores para C, sendo calculado uma probabilidade de falhas para cada um, sendo dividido pelo número de vezes em que o reservatório está vazio pelo número total de tempo do período.

Tabela 3 – Método da Simulação

COL. 1	COL. 2	COL. 3	COL. 4	COL. 5	COL. 6	COL. 7	COL. 8	COL. 9	COL. 10
MESES	CHUVA MÉDIA (mm)	DEMANDA MENSAL CONSTANTE (m³)	ÁREA DE CAPTAÇÃO (m³)	VOLUME DE CHUVA C=0,8 (m³)	VOLUME DO RESERVATÓRIO FIXADO (m³)	VOLUME DO RESERVATÓRIO NO TEMPO t-1 (m³)	VOLUME DO RESERVATÓRIO NO TEMPO t (M³)	OVERFLOW (m³)	SUPRIMENTO DE ÁGUA EXTERNO (m³)
	P	Dt	A	Qt	V	St-1	St	Ov	S

Fonte: Tomaz (2007).

Para melhor entendimento da tabela 3, Tomaz (2007) traz uma breve explicação de cada coluna;

a) **Coluna 1 –** Constam os meses do ano de janeiro a dezembro;
b) **Coluna 2 –** São as chuvas médias mensais;
c) **Coluna 3 –** Consumo mensal, em metros cúbicos;
d) **Coluna 4 –** Área de telhado, em metros quadrados ;
e) **Coluna 5 –** Volume de água da chuva obtido através da multiplicação da coluna 2 pela coluna 4 e por 0,80 (coeficiente de *Runoff*) e dividido por 1000 obtendo assim um resultado em metros cúbicos.
f) **Coluna 6 –** Volume do reservatório que é fixado para verificação.
g) **Coluna 7** – É o volume do reservatório no início da contagem de tempo. Supondo que no início do ano o reservatório está vazio e que, portanto, a primeira linha da coluna 7 é referente ao mês de janeiro e será igual a zero. Os demais valores serão obtidos usando a função SE do Excel.
h) **Coluna 8 –** É o volume do reservatório no fim do mês. Obtendo-se os valores da seguinte maneira

i) SE (Coluna 5 + Coluna 7 – Coluna 3 > Coluna 6; Coluna 7; Coluna 5 + Coluna 7 – Coluna 3)

j) **Coluna 9 –** Refere-se ao “Overflow” ou seja a água que sobra e é jogada fora. Sendo obtido através do seguinte cálculo:

k) SE ((Coluna 5 + Coluna 7 – Coluna 3) > Coluna 6; Coluna 5 + Coluna 7 – Coluna 3 – Coluna 6; 0)

l) **Coluna** 10 - É referente ao suprimento de água externa. Sendo obtida através do cálculo:

m) SE (Coluna 7+ Coluna 5 – Coluna 3 < 0; - (Coluna 7 + Coluna 5 – Coluna 3);0)

Para esse método se considera que o reservatório está cheio no início da contagem de tempo "t", os dados históricos retratam as condições futuras.

2.9.3 Método Azevedo

O método foi desenvolvido pelo professor Azevedo Neto, em seu trabalho de aproveitamento de água da chuva, onde o autor apresenta a equação 2.

$$V = \left[\frac{\left(\frac{P}{2}\right)}{12}\right] \times A \times T \qquad (2)$$

Onde: P = precipitação média anual (mm);
T = meses com pouca chuva ou seca;
A = área de coleta (m²)
V = volume de água aproveitável (L)

2.9.4 Método Inglês

Esse método é dado pela equação 3:

$$V = 0,05 \times P \times A \qquad (3)$$

Onde: P = precipitação média anual (mm)
A = área de coleta (m²)
V = volume de água aproveitável (L)

2.10 INSTALAÇÕES PREDIAIS

Com relação às instalações prediais de água fria, devemos seguir as orientações da NBR 5.626 (ABNT, 1998), principalmente quanto às recomendações de separação atmosférica, dos materiais de construção do sistema, dos dispositivos de prevenção de refluxo e também a proteção contra interligação entre água potável e não potável, também fala sobre o dimensionamento da tubulação, limpeza e desinfecção do reservatório, garantindo o bom desempenho do sistema e controle de ruídos e vibrações.

Ainda segundo a ABNT (1998) a tubulação de água não potável deve ser claramente diferenciada, podendo ser usada uma cor diferente, facilitando a identificação. Deve possuir também no ponto de consumo, uma advertência quanto a origem da água.

Figura 8 – Diferentes cores para tubulação em edificações

Fonte: Oliveira (2017).

Deve-se evitar a conexão cruzada, obedecendo a NBR 5.626 (ABNT, 1998), onde cada sistema opera independente não misturando as águas.

As tubulações podem ter cores diferentes conforme seu uso, a figura 8 nos mostra algumas tubulações com cores diferentes em uma edificação, que são usadas para facilitar a identificação em caso de manutenção.

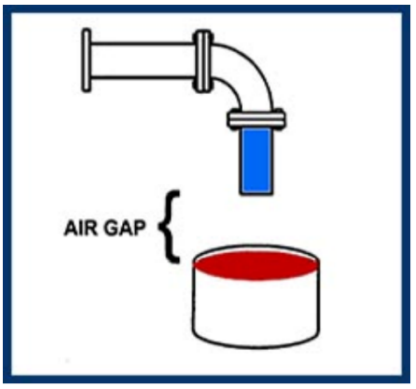
A figura 8 apresenta as principais cores que podemos encontrar nas edificações, cada uma indicando o tipo de fluido que ele transporta. A norma apresenta as principais cores, porém se for necessário acrescentar alguma cor, poderá ser feito desde que a tubulação seja identificada.

A NBR 6493 (ABNT, 1994) orienta que se faça uso de identificação nas tubulações, de modo que se possa identificar a tubulação, sem que o observador a percorra. Devendo a tubulação de água potável ser diferenciada, de forma inconfundível, com a letra P, em branco sobre a pintura geral de identificação. Repetindo quantas vezes se fizerem necessárias para que se possa ser identificada, em qualquer ponto.

2.10.1 Conexão Cruzada

Para Tomaz (2010) conexão cruzada ou *cross connection* é o ponto onde a água potável tem contato com a água não potável, se houver ligação entre os dois sistemas o fluxo de água de um sistema poderá acessar o outro sistema simplesmente existindo pressão diferencial entre eles, e é denominada como conexão cruzada direta.

Figura 9 – Air Gap (separação de ar)

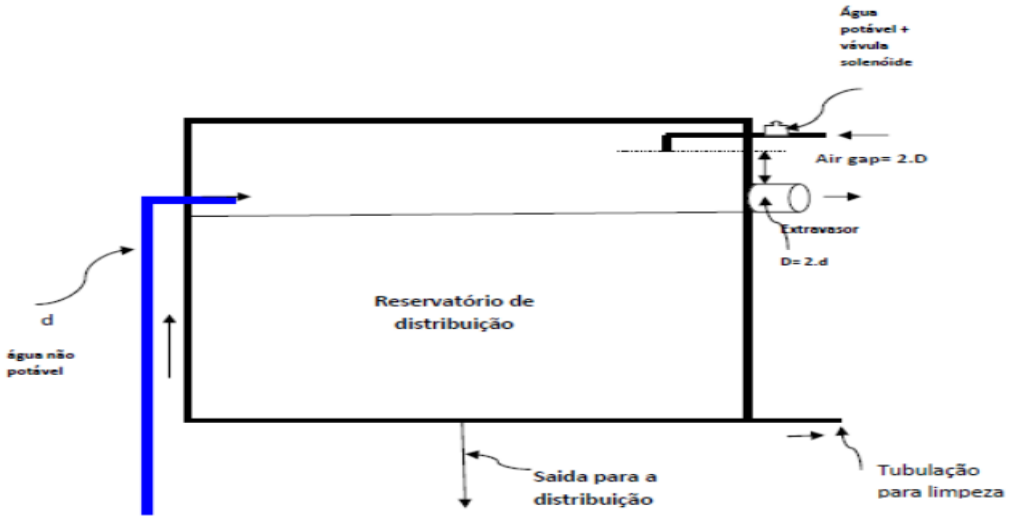


Fonte: Tomaz (2009).

No caso da conexão cruzada indireta Tomaz (2010) afirma que ela acontece, quando o fluxo de água no sentido da rede pode está sujeito a uma situação incomum, se dá quando uma banheira entupida, na qual possui uma torneira afogada, podendo produzir um refluxo de água para o sistema de distribuição quando houver uma diferença de pressão entre eles, esse evento pode ser chamado também de retrossifonagem.

Para que isso não ocorra se deve deixar uma camada de ar separadora denominada *Air Gap* de no mínimo dois diâmetros, conforme figura 9 e 10.

Figura 10 – Entrada de Água potável e Água não potável



Fonte: Tomaz (2010).

Como o volume de chuva não é constante o ano todo, pode haver épocas de estiagem e o reservatório pode ficar vazio, para isso o sistema deve contar com alguma outra fonte de água, seja ela a companhia de abastecimento, poço artesiano entre outros.

Tomaz (2010) recomenda que quando se fizer necessário o abastecimento pela companhia de distribuição, a água deve chegar ao reservatório de distribuição e não ao reservatório de água tratada. Sendo que sua entrada se dá pela parte superior, figura 10, e sempre acima de dois diâmetros do extravasor, sendo o extravasor duas vezes o diâmetro da entrada.

Na entrada de água potável deve haver uma válvula solenóide, ela controla o nível no reservatório previamente determinado e preenche com água potável até 50% da capacidade total. Isto faz com que o sistema fique com uma folga (TOMAZ, 2010).

2.11 QUALIDADE DA ÁGUA

Os padrões de qualidade da água da chuva para uso não potável, é de responsabilidade do projetista, embora a água coletada não necessite de grande purificação, o uso do cloro e uma filtragem às vezes se faz necessária. Para monitoramento, podemos adotar a tabela 4 da NBR 15.527 (ABNT, 2007).

Tabela 4 – Parâmetros de qualidade de água para uso não potável

Parâmetro	Análise	Valor
Coliformes totais	Semestral	Ausência em 100 ml
Coliformes termotolerantes	Semestral	Ausência em 100 ml
Cloro residual livre m[a]	Mensal	0,5 a 3,0 mg/L
Turbidez	Mensal	< 2,0 uT [b], para usos menos restritivos < 5,0 uT
Cor aparente (caso não seja utilizado nenhum corante, ou antes da sua utilização	Mensal	< 15 uH [c]
Deve prever ajuste de PH para proteção das redes de distribuição, caso necessário.	Mensal	PH de 6,0 a 8,0 no caso de turbidez de aço carbono ou galvanizado

NOTA: Podem ser usados outros processos de desinfecção além do cloro, como a aplicação de raio ultravioleta e aplicação de ozônio.

[a] No caso de serem utilizados compostos de cloro para desinfecção.
[b] uT é a unidade de turbidez.
[c] uH é a unidade Hazen

Fonte: ABNT (2007).

Para desinfecção fica a critério do projetista, pode-se utilizar hipoclorito de sódio, raio ultravioleta, ozônio entre outros, em aplicações onde é necessário um residual desinfetante deve ser usado hipoclorito de sódio devendo o cloro residual livre estar entre 0,5 mg/l e 3,0 mg/l, conforme NBR 15.527 (ABNT, 2007).

Para o uso em bacias sanitárias e lavagem de calçadas, Foschera (2015) orienta usar uma dosagem de 0,25 mg/l, garantindo o mínimo de desinfecção.

2.12 FONTES ALTERNATIVAS NAS EDIFICAÇÕES

Os aspectos ecológicos e econômicos são os principais fatores para o crescimento da procura por fontes alternativas de abastecimento. Assim como podemos reaproveitar a água da chuva, podemos também aproveitar outros efluentes provenientes das edificações como a água cinza (baixa matéria orgânica) e a água negra (elevada matéria orgânica), facilitando assim o tratamento por separar os efluentes.

2.12.1 Água Cinza

São aquelas provenientes dos chuveiros, lavatórios, banheiras, máquinas de lavar roupa, máquina de lavar louça e tanque. A água cinza proveniente da cozinha apresenta a

presença de altos níveis de óleo, gordura e matéria orgânica por isso deve ser evitada, para que não haja a contaminação do efluente (GONÇALVES *et al.*, 2006).

Ainda segundo Gonçalves *et al.* (2006), o volume de água cinza gerado pode variar de um local para o outro, mas de modo geral podemos dizer que considerando um consumo de 150 L/hab/dia, 64% desse consumo é dos lavatórios e chuveiros, obtendo-se um volume aproximado de 96 L/hab/dia de águas cinzas.

Para o reuso de água cinza, Rebêlo (2011), orienta que devemos adotar medidas de proteção ao meio ambiente e à saúde pública, pois mesmo que não recebe efluentes do vaso sanitário, alguns microrganismos patogênicos podem ser encontrados provenientes da lavagem das mãos após o uso do vaso sanitário, o banho e a lavagem de roupas também podem contribuir para a contaminação.

A água cinza quando tratada junto à fonte geradora, segundo Rebêlo (2011) podemos notar algumas vantagens do ponto de vista energético, uma vez que se gasta menos energia evitando longos percursos no transporte dos efluentes para o tratamento e depois o retorno para o ponto de consumo. Sendo interessante esse sistema ser de fácil operação e manutenção, podendo qualquer usuário fazê-lo sem grandes dificuldades e baixo custo.

2.12.2 Água Negra

Para Gonçalves *et al.* (2006) água negra é aquela proveniente dos vasos sanitários e mictórios, sendo composto na sua maioria por fezes, urina e papel higiênico. Apresentando uma elevada carga de matéria orgânica e presença de sólidos em suspensão, em uma elevada quantidade e em sua maioria sedimentáveis.

A seguir Gonçalves *et al.* (2006) apresenta algumas características das águas negras:

a) elevada concentração de matéria orgânica em suspensão;
b) a água originada da pia da cozinha deve ser incluída nesse sistema, tendo em vista a presença de sólidos em suspensão e a presença de gorduras, óleos e compostos graxos;
c) o consumo do aparelho sanitário implica nas características do esgoto gerado, ou seja, quanto menor a quantidade de água maior a concentração de compostos presentes na água.

O autor recomenda que para esse tipo de efluente se use o sistema de tratamento utilizando os processos anaeróbios de estabilização da matéria orgânica, sendo o que se adapta melhor a esse efluente, tendo um baixo consumo de energia, tamanho pequeno e baixa

produção de lodo. Podendo ter a disposição final em valas de infiltração ou sumidouros, conforme a NBR 13.969 (ABNT, 1997).

2.13 BOMBEAMENTO

Tomaz (2009) orienta que os equipamentos de bombeamento usados nos reservatórios devem permanecer 100 mm abaixo da superfície da água, evitando que os sedimentos que se encontram no fundo do reservatório sejam removidos.

O bombeamento para Tomaz (2009) se faz necessário quando se tem uma distância muito grande a ser percorrida e uma diferença de nível entre os sistemas, possibilitando o fluxo hídrico. O bombeamento é utilizado para encher os reservatórios superiores, para dar pressão na rede, transformando energia mecânica em energia hidráulica.

Figura 11 – Conjunto Motor-bomba para o bombeamento de água de chuva

Fonte: Tomaz (2009).

Quando necessário a utilização de bombas d'água, figura 11, o sistema deve atender a NBR 12214 (ABNT, 2020), observando as recomendações de tubulação de sucção e recalque, velocidades mínimas de sucção e seleção do conjunto motor-bomba.

Conforme aborda NBR 15.527 (ABNT, 2007), mesmo que não seja necessária a desinfecção, podemos instalar, junto a bomba centrífuga, um dosador automático de derivado de cloro o qual convém ser enviado a um reservatório intermediário ou superior, para que haja tempo de contato de no mínimo 15 minutos.

3 METODOLOGIA

3.1 LOCAL DA PESQUISA

Para o estudo foi utilizado a cobertura já existente da Quadra poliesportiva da Universidade do Sul de Santa Catarina – UNISUL, na cidade de Tubarão – Santa Catarina, a instituição de ensino é grande ocupando uma grande faixa de terra que compreende do Rio Tubarão até a BR 101, conforme figura 12. E sendo uma instituição de ensino se deve sempre optar pela sustentabilidade, visto que o fluxo de pessoas é grande e com o sistema se pode reduzir um pouco o consumo de água potável, preservando o meio ambiente.

Figura 12 – Vista aérea da Universidade do Sul de Santa Catarina

Fonte: Google Earth, 2022

3.1.1 Área de Captação

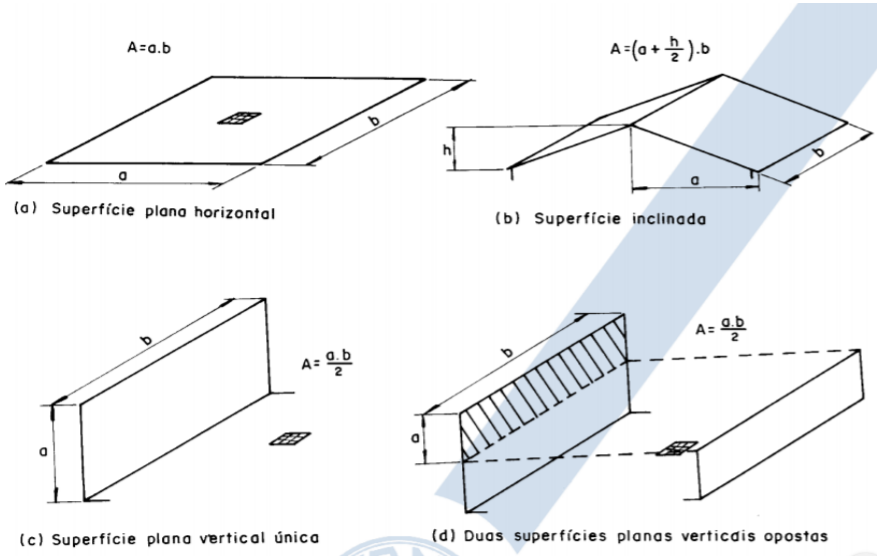
Foi escolhida a Quadra Poliesportiva, figura 13, pois é a edificação mais recente e possui uma grande área de cobertura, possibilitando ser captado um volume de água considerável.

Figura 13 – Vista aérea da Quadra poliesportiva UNISUL

Fonte: Google Earth, 2022

Sendo área de contribuição toda área em metros quadrados, plana ou inclinada, onde a água possa ser captada. A NBR 10.844 (ABNT, 1989), figura 14, apresenta algumas regras a serem utilizadas para determinação da área de contribuição.

Figura 14 – Indicadores para cálculo de área de cobertura



Fonte: ABNT (1989).

Figura 15 – Quadra Poliesportiva UNISUL

Fonte: Autor, 2020.

O objeto de estudo, figura 15, é uma estrutura metálica revestida com telha de PVC em formato de arco, possuindo uma altura do piso até a cumieira de aproximadamente 16,3 metros, um comprimento de 42,3 metros e uma largura de 68,8 metros, totalizando aproximadamente uma área de 2.910,24 metros quadrados. As medidas para os cálculos foram retiradas das figuras 16 e figura 17. No objeto de estudo se adota a equação 4, da NBR 10.884 (ABNT, 1989) para se obter a área de contribuição, sendo esta utilizada para o cálculo da calha, dos condutores horizontais e verticais.

$$A = \left(a + \frac{h}{2}\right) \times b \tag{4}$$

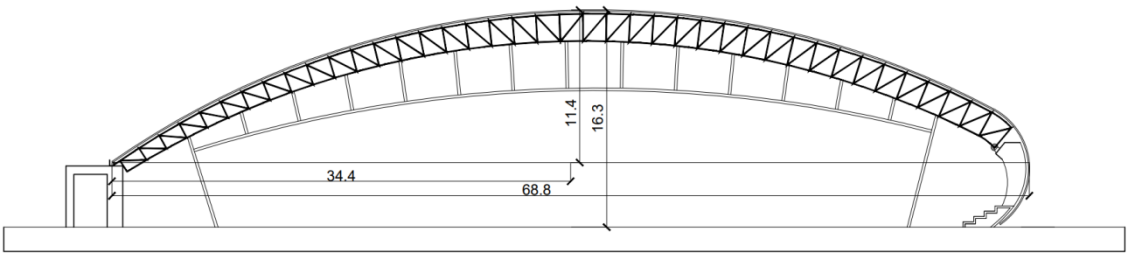
Onde: A = área de contribuição (m^2)

a = metade da largura (m)

b = comprimento (m)

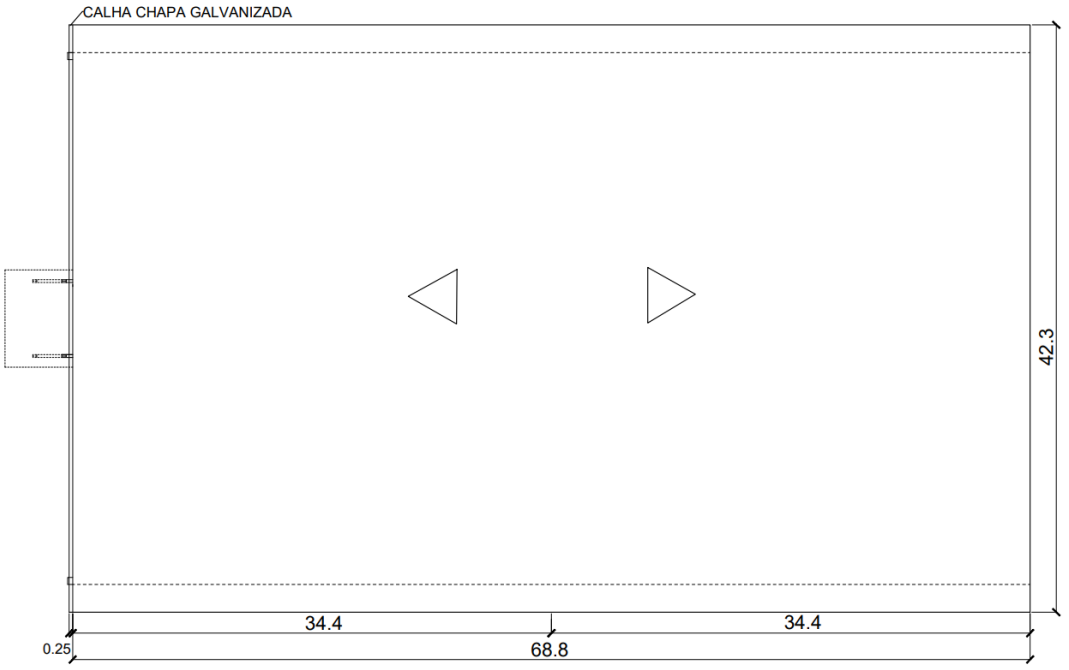
h = altura da cumeeira (m)

Figura 16 – Fachada lateral Quadra Poliesportiva UNISUL



Fonte: Adaptado pelo autor, 2022.

Figura 17 – Planta Baixa cobertura da Quadra



Fonte: Adaptado pelo autor, 2022.

Tabela 5 – Coeficiente de Runoff

Material do Telhado	Coeficiente de *Runoff*
Telhas cerâmicas	0,80 a 0,90
Telhas esmaltadas	0,90 a 0,95
Telhas corrugadas metálicas	0,80 a 0,90
Cimento amianto	0,80 a 0,90
PVC, lajes impermeabilizadas	0,90 a 0,95

Fonte: ABNT (2007).

O coeficiente de *Runoff*, é um coeficiente que representa a relação entre o volume total escoado e o volume total precipitado variando conforme a superfície. Os valores mais comuns adotados estão na tabela 5.

3.1.2 Dados Pluviométricos

Com base nos dados fornecidos pela Plantar Agronomia no ano de 2022, se montou a tabela 6, onde se encontra a precipitação média mensal e a precipitação total para o ano.

Tabela 6 – Precipitação média em Tubarão no período de um ano

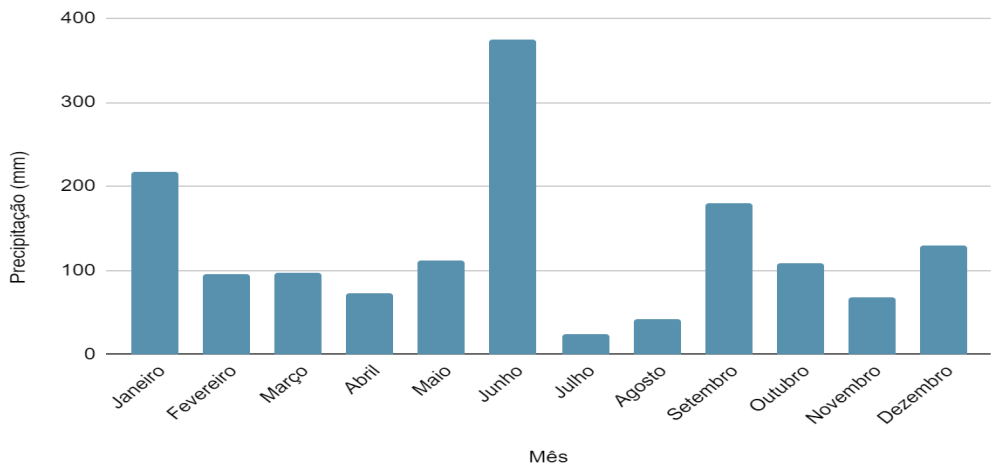
Mês	**Precipitação (mm)**
Janeiro	218
Fevereiro	96
Março	97
Abril	73
Maio	111
Junho	375
Julho	24
Agosto	41
Setembro	180
Outubro	109
Novembro	68
Dezembro	130
Precipitação total	1522

Fonte: Plantar Agronomia (2022).[1]

Através dos dados apresentados na tabela 6, é gerado o gráfico 1, onde fica evidente que o mês de junho é o mais chuvoso, e os meses de julho e agosto são os meses de maior estiagem.

[1] Dados retirados de documento interno da empresa.

Gráfico 1 – Precipitação média em Tubarão no período de um ano



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2022.

No anexo A estão as médias pluviométricas mensais coletadas pela Plantar Agronomia na região, em um período de dez anos, a estação de monitoramento está localizada no bairro Monte Castelo na cidade de Tubarão - Santa Catarina. No relatório podemos observar a precipitação média a cada mês durante o ano, e também a média de precipitação anual e mensal.

Na tabela 7 temos, conforme apresentado por Back (2014) os valores da intensidade pluviométrica máxima em relação a sua duração e o seu tempo de retorno para a cidade de Tubarão.

Tabela 7 – Valores para intensidade pluviométrica máxima (mm/h) em determinado período de retorno

Estação		Equação IDF				Intensidade ($mm.h^{-1}$)		
N°	Município	K	m	b	n	T = 1	T = 5	T = 25
117	Tubarão	696,5	0,195	9,0	0,701	109,7	150,1	205,2

Fonte: Adaptado de Back, 2014.

Para o projeto se deve utilizar a precipitação média mensal da região em análise dimensionando assim o volume que se possa ser captada durante o ano, com o Período de Retorno, que foi adaptado na tabela 7, também podemos observar o documento completo no anexo A podemos calcular o dimensionamento para eventos extremos, garantindo assim a eficiência do projeto.

3.1.3 Demanda de água

Os dados da população que utiliza a quadra foram coletados na Secretaria do Ginásio Poliesportivo da UNISUL, onde temos aproximadamente 200 pessoas que utilizam o espaço por dia, entre professores, alunos e outras pessoas da comunidade. A quadra fica aberta de manhã até a noite de segunda a sábado, se tratando de um ambiente escolar e acadêmico, temos uma grande rotatividade de pessoas no local, esse valor é estimado, podendo variar em algumas ocasiões pois a quadra também é utilizada para eventos.

O consumo para os equipamentos sanitários foi calculado baseado em Tomaz (2010), podendo ser expressada pela equação 5.

$$V = \frac{N \times C \times F \times d}{1000} \quad (5)$$

Onde: V = volume médio mensal gasto (m³)

N = população que utilizam o local (pessoas)

C = previsão de consumo de água no equipamento (L/descarga)

F = frequência de utilização (vezes/dias)

d = Dias da semana (dias)

Para o cálculo do consumo dos mictórios foi utilizado a equação 5, adotado metade dos usuários como sendo do sexo masculino, portanto dos usuários diários, 100 podemos dizer que são do sexo masculino e metade desse valor faz uso dos mictórios invés do vaso sanitário, sendo estimado o valor de 50 (pessoas).

O quantitativo de bacias sanitárias que estão disponíveis para utilização com água não potável estão dispostas na tabela 8, dados retirados da figura 18.

Tabela 8 – Quantitativo de peças de utilização da Quadra Poliesportiva

Banheiros	Vaso Sanitário	Mictório
Masculino	7	8
Feminino	11	-

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

O cálculo do consumo de água para a limpeza dos banheiros foi feito conforme Tomaz (2010) e é dada pela equação 6.

$$V = \frac{F \times A \times C}{1000} \quad (6)$$

Onde: V = volume médio mensal gasto (m³)

A = área (m²)

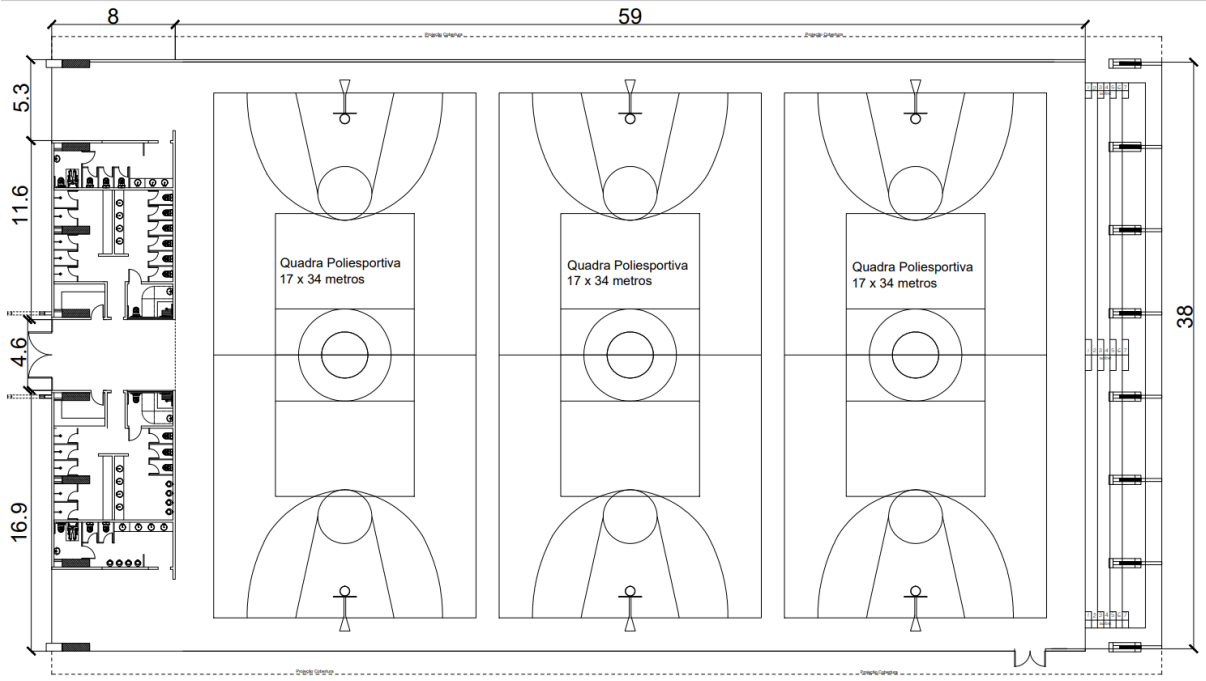
C = previsão de consumo de água (L/dia/m²)

F = frequência (vezes/mês)

Com base nas informações obtidas com o pessoal que efetua a limpeza na quadra poliesportiva, a limpeza do piso nos banheiros é feita com esfregão, e todos os dias de segunda a sexta feira, as dimensões para o cálculo de consumo estão presentes na figura 18,

Segundo Couto (2012), a taxa de lavagem de piso equivale a 2,0 L/m²xdia, no entanto adotou-se uma taxa de 1,0 L/m²xdia, para os locais onde a limpeza é feita somente passando o esfregão ou um pano ao invés de lavar.

Figura 18 – Área das quadras



Fonte: Adaptado pelo autor, 2022.

A limpeza das quadras é realizada uma vez na semana nos sábados e é utilizado a varredeira manual, figura 19a, para remover a poeira e a sujeira que está solta pela quadra, logo após ser varrida a quadra é lavada sendo utilizado a lavadora e secadora de piso da Karcher a BD 50/50 C, figura 19b, e leva cerca de 3 horas sendo necessário 75 Litros de água para realizar a limpeza das 3 quadras. As quadras possuem dimensões de 17 x 34 metros,

conforme figura 18, entretanto a limpeza é realizada em todo o perímetro das quadras totalizando uma área de 2.242,00 m², podemos dividir o consumo total pela área, assim obtemos 0,033452 L/m².

Figura 19 – Equipamentos para limpeza da quadra

a) Varredeira manual

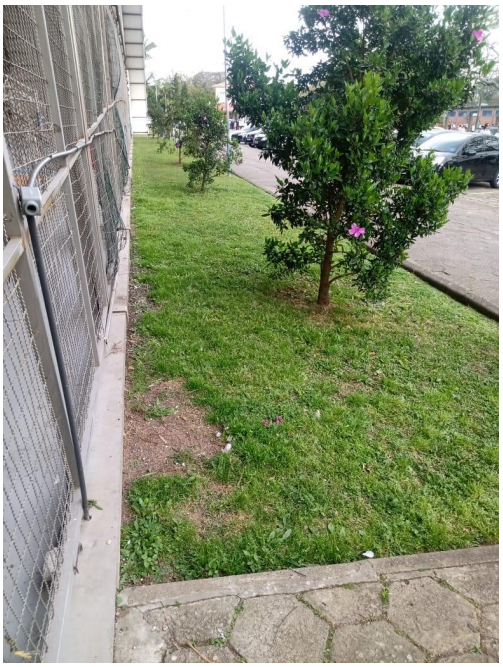
b) Lavadora e secadora

Fonte: Autor, 2022.

Especificações técnicas da Lavadora e Secadora de piso.
Marca: KARCHER
Modelo: BD 50/50 C
Acionamento: Elétrica
Produtividade teórica (m²/h): 2.040
Tanque de água limpa/suja (L): 50/50
Tipo de cabeçote: disco

Para o cálculo de consumo necessário para a rega do gramado foi utilizado a equação 5, a área do gramado é de aproximadamente 290 m², não sendo uma área muito grande conforme figura 20 seguindo as orientações de Tomaz (2010) para obter o consumo.

Figura 20 – Gramado da quadra poliesportiva



Fonte: Autor, 2022.

Para a irrigação, lavagem de pisos e bacias sanitárias será adotado os valores da previsão de consumo, conforme apresentado por Andrade, Silveira e Araújo (2018), e foi montado a tabela 9.

Tabela 9 – Previsão de consumo de água por aparelho

Discriminação	Unidade	Valores
Bacia Sanitária	Litros/descarga	9
Jardins (rega)	Litros/dia/m²	2
Lavagem de pátios e calçadas	Litros/dia/m²	2
Mictório	Litros/descarga	2

Fonte: Andrade, Silveira e Araújo (2018).

Para a frequência de utilização, no que diz respeito a lavagem das quadras e do piso do banheiro, se levou em conta os dados obtidos na secretaria do ginásio, para a rega do jardim, vaso sanitário e mictórios foram utilizados os valores obtidos na literatura de Tomaz (2009) e de Herberle & Lindner (2017). Com os dados podemos desenvolver a tabela 10.

Tabela 10 – Frequência de utilização

Discriminação	Frequência	Fonte
Bacias Sanitárias	1 vezes/dia/pessoa	HEBERLE & LINDNER (2017)
Jardins (rega)	1 vezes/semana	TOMAZ (2009)
Lavagem dos banheiros	1 vezes/dia	SECRETARIA GINÁSIO (2022)
Lavagem da Quadra	1 vezes/semana	SECRETARIA GINÁSIO (2022)
Mictório	1 vezes/dia/pessoa	HEBERLE & LINDNER (2017)

Fonte: Adaptado pelo Autor (2022).

3.2 CUSTO FINANCEIRO DA ÁGUA POTÁVEL

A Tubarão Saneamento é a responsável pela captação, tratamento e distribuição da água no município, e o valor do serviço para o consumidor é de acordo com a Tabela 11.

Tabela 11 – Custo financeiro por m³ da Tubarão Saneamento

Tipo	Faixa de consumo	Tarifa de água e esgoto
	m³/mês	R$/m³
Residência Social	0 a 10	R$ 0,795
	11 a 20	R$ 2,285
Residêncial	0 a 10	R$ 4,300
	11 a 20	R$ 7,934
	21 a 30	R$ 9,103
	31 a 50	R$ 11,136
	> 50	R$ 13,349
Comercial Industrial Pública	0 a 10	R$ 6,384
	> 10	R$ 10,632

Fonte: Tubarão Saneamento (2022).

Segundo a Agência Reguladora de Saneamento de Tubarão, a AGR, na data de 1° de Maio de 2022 o valor da tarifa teve um reajuste de 17,24% conforme publicado no Decreto 6.451/2022. Sendo assim, a tabela 11 tem seus valores de acordo com o decreto.

Após o seu uso, a água se transforma em esgoto, a NBR 7229 (ABNT, 1993) define o esgoto sanitário como água residual composta de esgoto doméstico, despejo industrial admissível a tratamento conjunto com esgoto doméstico e água de infiltração. É cobrado uma taxa para a coleta do esgoto e seu tratamento, a produção do esgoto está diretamente ligada ao consumo de água, sendo as empresas que prestam o serviço de coleta que fazem o cálculo do volume de esgoto, esse volume é a resultante da multiplicação do volume de água consumido pelo fator chamado de coeficiente de retorno de esgoto, que pode variar de 0,6 a 1,0 em outras palavras, 60% a 100% da água consumida nas edificações podem virar esgoto sanitário. PINTO (2018). A NBR 7229 (ABNT, 1993) orienta que no cálculo da contribuição de despejo pode ser utilizado 80% do consumo total de água, em casos plenamente justificados, podem ser utilizados percentuais diferentes de 80%.

3.3 SISTEMA PARA CONDUÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL

A ABNT NBR 10.884 (ABNT, 1989) é a responsável por regulamentar as Instalações Prediais de Águas Pluviais, tendo como objetivo garantir níveis aceitáveis de funcionamento, segurança, higiene, conforto, durabilidade e economia do sistema pluvial. A norma não se aplica em casos onde sejam necessários a utilização de galerias e bocas-de-lobo.

3.3.1 Vazão de projeto

Para a vazão de projeto o cálculo é conforme a NBR 10.884 (ABNT, 1989), para a intensidade pluviométrica a norma orienta que seja fixado em 5 minutos o tempo de precipitação, com um tempo de retorno de igual a:

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

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

T = 25 anos, para coberturas e áreas onde não é permitido empoçamentos.

Utilizando o tempo de precipitação igual a 5 minutos e um tempo de retorno de 25 anos, conforme apresentado na tabela 7, sendo a precipitação de 205,2 (mm/h), com esse valor podemos dimensionar os condutores de maneira que estejam preparados para condições extremas.

A vazão de projeto é calculada pela equação 7:

$$Q = \frac{I \times A}{60} \quad (7)$$

Onde: Q = vazão de projeto (L/min)

I = intensidade pluviométrica (mm/h)

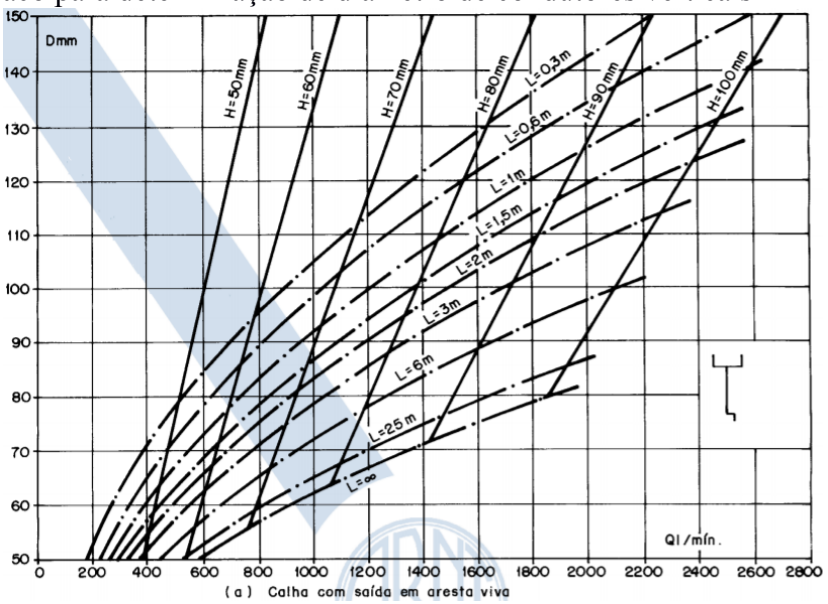
A = área de captação (m²)

3.3.2 Condutores Verticais

Ainda na NBR 10.884 (ABNT, 1989) encontramos o ábaco, figura 21, a utilização do ábaco se faz necessária por ser um escoamento vertical já que o seu dimensionamento é diferente do horizontal. Na norma se encontram dois tipos de ábaco dependendo da saída da calha, sendo eles: aresta viva ou de funil. Os condutores verticais devem ser projetados sempre que possível em uma única prumada.

No ábaco podemos encontrar o diâmetro interno (D) do condutor levando em consideração a vazão de projeto, comprimento do condutor vertical e a altura da lâmina de água.

Figura 21 – Ábaco para determinação de diâmetro de condutores verticais



Fonte: ABNT (1989).

De acordo com a NBR 10844 (ABNT 1989) o dimensionamento dos condutores verticais deve ser feito a partir dos seguintes dados:

Q = vazão de projeto (L/min);

H = altura da lâmina de água na calha (mm);

L = Comprimento do condutor vertical (m);

3.3.3 Condutores Horizontais

Segundo a NBR 10.844 (ABNT, 1989), os condutores horizontais devem sempre que possível ter uma inclinação uniforme de no mínimo 0,5%, devendo sempre apresentar escoamento livre.

A norma sugere que se utilize a fórmula de Manning–Strickler para o dimensionamento das calhas, equação 8, mas se pode usar qualquer fórmula equivalente.

$$Q = K \times \frac{A}{n} \times RH^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{1}{2}} \quad (8)$$

onde: Q = vazão ou capacidade de condução da calha (m³/s);

n = coeficiente de rugosidade;

RH = raio hidráulico (m);

K = 60.000 (constante);

I = declividade da calha (m/m)

A = área da seção molhada (m²)

Tendo em vista que as calhas instaladas na quadra em estudo são metálicas portanto o coeficiente de rugosidade, é de n = 0,011.

O coeficiente de rugosidade para calhas e condutores verticais devem seguir a NBR 10844 (ABNT, 1989), conforme apresentado abaixo na tabela 12.

Tabela 12 – Coeficiente de Rugosidade “n” de Manning

Material	Coeficiente de rugosidade de Manning n =
Plástico, fibrocimento, aço, metais não ferrosos;	0,011
Ferro fundido, Concreto alisado, Alvenaria revestida;	0,012
Cerâmica, Concreto não alisado	0,013
Alvenaria de tijolos não revestida	0,015

Fonte: ABNT (1989).

Para Couto (2012) o dimensionamento dos condutores horizontais de seção circular deve ser executado de maneira que o escoamento tenha uma lâmina de altura igual a ⅔ do diâmetro interno (D) do tubo. As vazões para tubos de vários materiais e inclinações usuais estão descritas na tabela 13, conforme apresentado pela NBR 10844 (ABNT, 1989).

Tabela 13 – Capacidade de condutores horizontais de seção circular (vazão em L/min.)

Diâmetro (D) (mm)	n = 0,011				n = 0,012				n = 0,013			
	0,5%	1%	2%	4%	0,5%	1%	2%	4%	0,5%	1%	2%	4%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
50	32	45	64	90	29	41	59	83	27	38	54	76
75	95	133	188	267	87	122	172	245	80	113	159	226
100	204	287	405	575	187	264	372	527	173	243	343	486
125	370	521	735	1040	339	478	674	956	313	441	662	882
150	602	847	1190	1690	552	777	1100	1550	509	717	1010	1430
200	1300	1820	2570	3650	1190	1670	2360	3350	1100	1540	2180	3040
250	2350	3310	4660	6620	2150	3030	4280	6070	1990	2800	3950	5600
300	3820	5380	7590	10800	3500	4930	6960	9870	3230	4550	6420	9110

Fonte: ABNT (1989).

Segundo a NBR 10844 (ABNT, 1989), no que diz respeito às tubulações aparentes, devem ser previstas inspeções sempre que houver conexão com outra tubulação, mudança de declividade, mudança de direção e ainda a cada trecho de 20m de percurso retilíneos.

Nas tubulações enterradas devem ser previstas caixas de areia sempre que houver conexão com outra tubulação, mudança de declividade, mudança de direção e ainda a cada trecho de 20m nos trechos retilíneos, NBR 10844 (ABNT, 1989).

A ligação entre condutores verticais e horizontais é sempre feita por curva de raio longo, com inspeção ou caixa de areia, estando o condutor horizontal aparente ou enterrado, NBR 10844/89.

3.3.4 Volume de água aproveitável

Se empregarmos a equação 9, podemos estimar o volume de água aproveitável a ser captado, o coeficiente de aproveitamento da água de chuva é a multiplicação do coeficiente de escoamento superficial *Runoff* pela eficiência do dispositivo de descarte da limpeza do telhado, sendo assim a NBR 15.527 (ABNT, 2007) diz que aproveitamos 80 % da chuva que cai em um telhado.

$$Vc = \frac{P \times A \times C}{1000} \tag{9}$$

onde: Vc = volume a ser captado (m³);

P = precipitação média, mensal ou diária (mm);

A = área de captação (m²);

C = coeficiente de aproveitamento de água de chuva (0,8);

3.4 LEGISLAÇÃO

No Brasil, a legislação vigente é a Lei n° 9.433/1997, também conhecida como “Lei das Águas". Estabeleceu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH).

Segundo o Ministério do Meio Ambiente, a água é considerada um bem de domínio público e um recurso limitado, dotado de valor econômico. A lei 9.433/1997 prevê a gestão dos recursos hídricos proporcionando os usos múltiplos da água, de forma descentralizada e

participativa, contando com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades. A lei determina também que em situação de escassez, o uso prioritário da água é para o consumo humano e para a dessedentação de animais.

Apesar da coleta de água de chuva ser utilizada a bastante tempo no Brasil, somente em 2007 a Associação de Normas Técnicas colocou em vigor a NBR 15.527 (ABNT, 2007) – Aproveitamento de água de chuva de coberturas urbanas para fins não potáveis. A norma apresenta as diretrizes para o aproveitamento de águas pluviais para o uso não potável nas edificações.

3.5 INCENTIVO FISCAL – IPTU VERDE

O incentivo fiscal ajustado com a preservação ambiental são estratégias que a muito tempo são desenvolvidas nas cidades brasileiras. Em 2010 a prefeitura de Guarulhos, na grande São Paulo, adotou o incentivo fiscal, com descontos de 5% a 20% para imóveis que possuam estratégicas sustentáveis.

No estado de Santa Catariana, Florianópolis possui a Lei n° 8080, de 09 de nov. 2009, o programa tem por objetivo instituir medidas que induzam à conservação da água, uso racional hídrico, emprego de fontes alternativas de captação de águas entre outros.

Florianópolis possui o IPTU Sustentável, onde o contribuinte por meio de atitudes sustentáveis em seus imóveis recebe um percentual de desconto no IPTU, podendo chegar a 5% se for pago em dia.

A cidade de Tubarão também possui um desconto no IPTU, com o decreto N°4593 de 19 de março 2019 na Lei complementar N° 204 de 20 de Outubro de 2018, onde os imóveis residenciais e não residenciais podem obter descontos de 2% a 6% dependendo de qual sistema foi utilizado.

A seguir estão listados os sistemas que a prefeitura de Tubarão aceita para a redução do imposto IPTU.

1. Sistema de Captação de água da chuva;
2. Sistema de reuso de água;
3. Sistema de aquecimento hidráulico solar;
4. Construção com materiais sustentáveis;
5. Sistema de geração de energia fotovoltaica.

4 RESULTADOS

4.1 DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO

4.1.1 Área de captação

Com os dados obtidos na figura 17 e no item 3.1.1, sabemos que a área total de cobertura da quadra poliesportiva é de 2.910,24m², sabendo que o telhado possui duas águas, o valor resultante para cada lado da cobertura é de 1.455,12m², sendo adotado esse valor para os cálculos dos reservatórios.

4.1.2 Demanda total de água

Para o cálculo da demanda de água, foram utilizados os dados do item 3.1.3 da literatura, os resultados encontram-se listados na tabela 14.

No vaso sanitário considerando 200 usuários, uma descarga por pessoa com uma perda de 8%, resulta em 1.944,00 litros diários, como a quadra tem um funcionamento de segunda a sábado, são 22 dias úteis, sendo assim temos 42.8 m³/mês.

Para o mictório, temos uma população de 50 pessoas, utilizando uma vez, teremos um consumo de 100 litros diários e 2,2 m³/mês.

A limpeza do piso das quadras é realizada com o auxílio da lavadora e secadora, figura 19, sendo necessário 75 litros para a limpeza de todo o perímetro das quadras, sabendo que a limpeza é realizada uma vez na semana, temos um consumo de 75 L/semana, ou 0,3 m³/mês.

O consumo de água para a limpeza do piso no banheiro foi realizado conforme a literatura, sendo utilizado as áreas adjacentes ao banheiro para o cálculo, temos uma área de 270,4 m² resultando em um consumo de 1.352 L/semana ou 5,40 m³/mês

Com base na literatura apresentada, temos que a rega de jardim pode ser feita 1 vezes na semana com um consumo médio de 2,0 L/m², teremos assim um consumo de 580 L/semana ou 2,32 m³/mês.

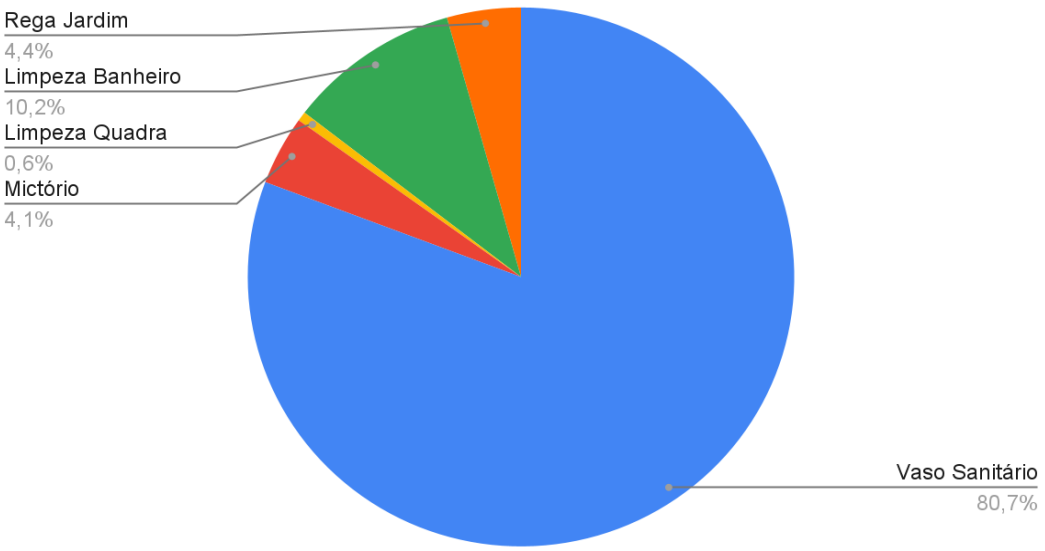
Tabela 14 – Demanda mensal de água não potável

Ponto de consumo	Demanda em m³/mês
Vaso sanitário	42,8
Mictório	2,2
Limpeza da Quadra	0,3
Limpeza dos banheiros	5,4
Jardim	2,32
Total da demanda	53,02

Fonte: Elaborado pelo Autor 2022.

Através dos resultados obtidos na tabela 14 se desenvolveu o gráfico 2.

Gráfico 2 – Demanda mensal de água



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

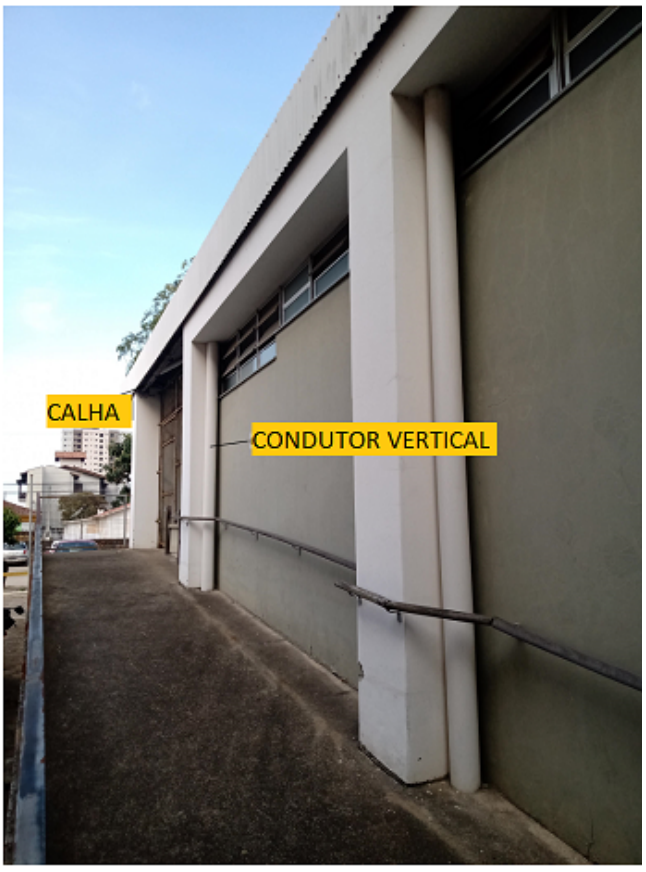
Com um consumo total de 53,02 m³/mês, no gráfico 2 se pode observar que o maior consumo de água se dá por conta dos vasos sanitários, com 80,7%. Sendo a limpeza dos banheiros como sendo a segunda atividade que mais consome água, por conta da limpeza das quadras serem feitas com o auxílio de uma máquina lavadora e secadora o consumo é bem baixo. Como o cálculo foi desenvolvido para o mês, podemos dividir o consumo total pelos dias em que a quadra funciona, e obtemos assim 2,4 m³/dia de consumo.

4.2 DIMENSIONAMENTO DAS UNIDADES DO SISTEMA

4.2.1 Calha

Através de uma visita ao local de estudo, observou-se que atualmente existe um condutor vertical instalado, dispostos a cada 5 metros ao longo do condutor horizontal na cobertura da quadra conforme figura 22.

Figura 22 – Calha e condutor vertical



Fonte: Autor, 2022.

Se aplicarmos a equação 4, se pode obter a área de contribuição, onde:

a = 5 m

h = 11,4 m

b = 34,4

$$A = 5 + \frac{11,4}{2} X\ 34,4 = 201,08\ \text{m}^2 \quad (10)$$

No que diz respeito a intensidade pluviométrica, utilizou-se d = 5 minutos e Tr = 25 anos, conforme as orientações apresentadas no item 3.3.1 da literatura e na própria norma NBR 10844 (ABNT, 1999), temos que I = 205,2 mm/h.

Substituindo os valores de A = 201,08 m² e I = 205,2 mm/h, calculou-se a vazão de projeto através da equação 7.

$$Q = \frac{201{,}08 \; x \; 205{,}2}{60} = 687{,}69 \text{ L/min} \quad (12)$$

Para determinar a vazão na calha, utilizou-se a equação 8, para o cálculo utilizou-se uma calha de aço galvanizado com largura (a) de 25 cm, altura (b) de 15 cm e inclinação (i) de 0,5%, o coeficiente de rugosidade (n) que se encontra na tabela 12, sendo igual a 0,011. Sendo assim, temos como resultado uma vazão de Q = 1861,91 L/min, na qual, atende a vazão de projeto antes calculada.

4.2.2 Condutores verticais e horizontais

Para os condutores verticais, foi utilizado vazão Q = 687,69 L/min, e o comprimento do condutor vertical de 5 m, conforme dimensões obtidas na figura 16, colocando esses valores no ábaco figura 21, encontrou-se o diâmetro para o condutor vertical D = 70 mm. Entretanto, o valor do diâmetro foi adotado de 125mm, devido ao fato de o condutor vertical existente no ginásio ser de 125mm, levando em consideração a questão da facilidade na implantação do sistema, por já existir um sistema instalado.

Para os condutores horizontais, foi utilizado a vazão Q = 687,69 L/min, rugosidade do material n = 0,011 e com inclinação de i = 0,5%, com os valores podemos encontrar na tabela 13, encontrou-se o diâmetro D = 150mm

4.2.3 Volume de água aproveitável

Para encontrar o volume aproveitável de água da chuva, utilizou-se a fórmula 9 da literatura, utilizando a área de cobertura temos A= 1.455,12 m², a precipitação mensal apresentada no item 3.1.2 e o coeficiente de aproveitamento 0.8 apresentado no item 3.3.4. Assim, o volume aproveitável de água está apresentado na tabela 15.

Tabela 15 – Volumes de chuva aproveitável do ginásio poliesportivo

Meses	P (mm/mês)	Vap (m³/mês)
Janeiro	218	253,77
Fevereiro	96	117,75
Março	97	112,91
Abril	73	84,98
Maio	111	129,21
Junho	375	436,53
Julho	24	27,94
Agosto	41	47,72
Setembro	180	209,54
Outubro	109	126,88
Novembro	68	79,16
Dezembro	130	151,33
Volume total (m³/ano)		1.774,72

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

4.3 RESERVATÓRIO

4.3.1 Reservatório superior

Para o volume do reservatório superior temos que levar em consideração o consumo diário da quadra poliesportiva, para o consumo calculado no item 4.1.2 podemos assim adotar um reservatório de 3000L.

4.3.2 Reservatório de autolimpeza

Para o cálculo do volume de descarte da primeira chuva, considerou-se 2,0 L/m², seguindo as orientações da NBR 15.527 (ABNT, 2007). A cobertura da quadra tem como área

prevista no item 4.1.1 um total de 1.652,13 m², portanto o volume inicial de chuva a ser descartado é de 3.304,26 L. Levando em consideração que no mercado o reservatório comercialmente vendido é o de 3000L, pode ser adotado esse reservatório.

4.3.3 Método Rippl

Para o dimensionamento do reservatório pelo método rippl, se levou em conta as orientações do item 2.9.1 da literatura e a tabela 2. Utilizando a demanda calculada no item 4.1.2, onde encontrou o valor de 53,02 m³/mês. A área de captação será metade da área total, onde teremos A = 1.455,12 m², o coeficiente de escoamento superficial é C= 0,9, e a precipitação média mensal está disponível na tabela 6 , Com essas informações podemos desenvolver os cálculos, onde será exibido somente o resultado na tabela 16.

Tabela 16 – Dimensionamento do reservatório método Rippl

Runoff (C) = 0.9							
Meses	Chuva média mensal	Demanda mensal	Área de Captação	Volume de chuva mensal	Diferença entre volume de demanda e volume de chuva	Diferença acumulada a coluna 6 dos valores positivos	Obs.
	(mm)	(m³)	(m²)	(m³)	(m³)	(m³)	
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6	Coluna 7	Coluna 8
Janeiro	218	53,02	1455,12	285	-231,98	0	E
Fevereiro	96	53,02	1455,12	126	-72,98	0	E
Março	97	53,02	1455,12	127	-73,98	0	E
Abril	73	53,02	1455,12	96	-42,98	0	E
Maio	111	53,02	1455,12	145	-91,98	0	E
Junho	375	53,02	1455,12	491	-437,98	0	E
Julho	24	53,02	1455,12	31	22,02	22,02	D
Agosto	41	53,02	1455,12	54	-0,98	21,04	S
Setembro	180	53,02	1455,12	236	-182,98	0	E
Outubro	109	53,02	1455,12	143	-89,98	0	E
Novembro	68	53,02	1455,12	89	-35,98	0	E
Dezembro	130	53,02	1455,12	170	-116,98	0	E
Total	1522	636,24		1993	Volume =	22,02	

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Com base nos resultados apresentados, para o método Rippl, o reservatório deve possuir um volume para o armazenamento de água pluvial de 22,02 m³.

4.3.4 Método simulação

Com o auxílio da tabela 3 que foi apresentada no item 2.9.2 da literatura, utilizando a mesma área do método Rippel temos A = 1.455,12 m², a demanda é de 53,02 m³/mês, e o coeficiente de escoamento C = 0,9. Fixando o volume do reservatório em 20 m³, temos os valores da tabela 17.

Tabela 17 – Dimensionamento do reservatório pelo método da simulação, volume fixado de 20m³

Runoff (C) = 0,9									
Volume Fixado = 20 m³									
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
	(mm)	(m³)	(m²)	(m³)	(m³)	(m³)	(m³)	(m³)	
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6	Coluna 7	Coluna 8	Coluna 9	Coluna 10
Janeiro	218	53,02	1455,12	285	20	0	20	211,98	0
Fevereiro	96	53,02	1455,12	126	20	20	20	72,98	0
Março	97	53,02	1455,12	127	20	20	20	73,98	0
Abril	73	53,02	1455,12	96	20	20	20	42,98	0
Maio	111	53,02	1455,12	145	20	20	20	91,98	0
Junho	375	53,02	1455,12	491	20	20	20	437,98	0
Julho	24	53,02	1455,12	31	20	20	-2,02	0	2,02
Agosto	41	53,02	1455,12	54	20	0	0,979	0	0
Setembro	180	53,02	1455,12	236	20	0,979	20	163,96	0
Outubro	109	53,02	1455,12	143	20	20	20	89,98	0
Novembro	68	53,02	1455,12	89	20	20	20	35,98	0
Dezembro	130	53,02	1455,12	170	20	20	20	116,98	0
Total	1522	636,24		1993				1338,78	**2,02**

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Fixando o volume do reservatório em 25m³, temos os valores da tabela 18.

Tabela 18 – Dimensionamento do reservatório pelo método da simulação. Fixado Volume de 25m³

Runoff (C) = 0,9									
Volume Fixado = 25 m³									
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
	(mm)	(m³)	(m²)	(m³)	(m³)	(m³)	(m³)	(m³)	
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6	Coluna 7	Coluna 8	Coluna 9	Coluna 10
Janeiro	218	53,02	1455,12	285	25	0	25	206,98	0
Fevereiro	96	53,02	1455,12	126	25	25	25	72,98	0
Março	97	53,02	1455,12	127	25	25	25	73,98	0
Abril	73	53,02	1455,12	96	25	25	25	42,98	0
Maio	111	53,02	1455,12	145	25	25	25	91,98	0
Junho	375	53,02	1455,12	491	25	25	25	437,98	0
Julho	24	53,02	1455,12	31	25	25	2,98	0	0
Agosto	41	53,02	1455,12	54	25	2,98	3,959	0	0
Setembro	180	53,02	1455,12	236	25	3,959	25	161,94	0
Outubro	109	53,02	1455,12	143	25	25	25	89,98	0
Novembro	68	53,02	1455,12	89	25	25	25	35,98	0
Dezembro	130	53,02	1455,12	170	25	25	25	116,98	0
Total	1.522	636,24		1993				1.331,76	**0**

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

O volume para esse método é fixado e logo após se faz uma análise, observando se há o excesso de água no reservatório que sairá pelo extravasor "*overflow"*, ou se a precipitação média não atende a demanda, sendo necessário que haja o abastecimento de água potável.

Foram analisados dois volumes diferentes para o dimensionamento dos reservatórios, foi arbitrado os volumes de 20 m³ e 25 m³, levando em consideração o volume encontrado no método Rippl, que foi de 22,02 m³.

4.3.5 Método Azevedo Neto

Por meio da equação 2, determina-se qual o volume do reservatório para uma área de captação de A = 1.455,12 m³ adotando a precipitação média anual apresentada no item 3.1.2, temos que P = 1.522,00 mm e o número de meses com pouca chuva, foi adotado como dois, pois nos métodos anteriores os meses de Julho e Agosto apresentaram níveis abaixo dos outros meses. Os resultados obtidos foram apresentados na tabela 19.

Tabela 19 – Dimensionamento do reservatório pelo método Azevedo Neto

A (m²)	P (mm) anual	T	V (m³)
1.455,12	1.522,00	2,00	184,55

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2022.

4.3.6 Método Inglês

Para o dimensionamento do volume do reservatório pelo método Inglês se fez uso da equação 3, onde utilizou-se os dados da precipitação média anual e da área de captação já apresentada anteriormente nos outros métodos. Os resultados obtidos são apresentados na tabela 20.

Tabela 20 – Dimensionamento do reservatório pelo método Inglês

A (m²)	P (mm) anual	V (m³)
1.455,12	1.522,00	150,60

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2022.

4.4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os resultados obtidos através dos dados coletados, tiveram os valores para o volume de chuva capaz de garantir a demanda de água na quadra poliesportiva, sendo capaz de não fazer uso do sistema de água potável.

O método Rippl teve um volume para o reservatório de 22,02 m³, volume este que é a chuva acumulada durante os períodos chuvosos, visando que não falte água no decorrer dos períodos de maior seca, e que não se faça uso do suprimento de água potável.

O método da Simulação como falado anteriormente na literatura, permite que seja adotado um volume arbitrado para o reservatório, fazendo a análise da variação do seu volume. Foram estipulados dois valores para os cálculos, sendo eles de 20 m³ e 25 m³. Analisando os dados do reservatório de 20 m³, constatou-se a necessidade do auxílio do abastecimento público no mês de Julho com uma insuficiência de 2,02 m³. Já para o reservatório de 25 m³, constatou-se que não tem a necessidade do auxílio do abastecimento público, ocorrendo o *overflow*, que é o excesso de água no reservatório, essa água em excesso é liberada pelo extravasor, com exceção dos meses de Julho e Agosto.

O método Azevedo Neto apresentou um volume de 184,55 m³ no entanto esse método não leva em consideração algumas variáveis, como a demanda e o coeficiente de escoamento superficial entre outros. O valor do volume para o reservatório encontrado é alto, entretanto podemos observar na fórmula que, a precipitação anual e a área de captação são majorada pelos meses com pouca chuva.

Outro método que não leva em consideração algumas variáveis é o método Inglês, se baseando somente na precipitação anual, onde se encontrou um volume também bastante alto, resultando em um reservatório de 150,60 m³.

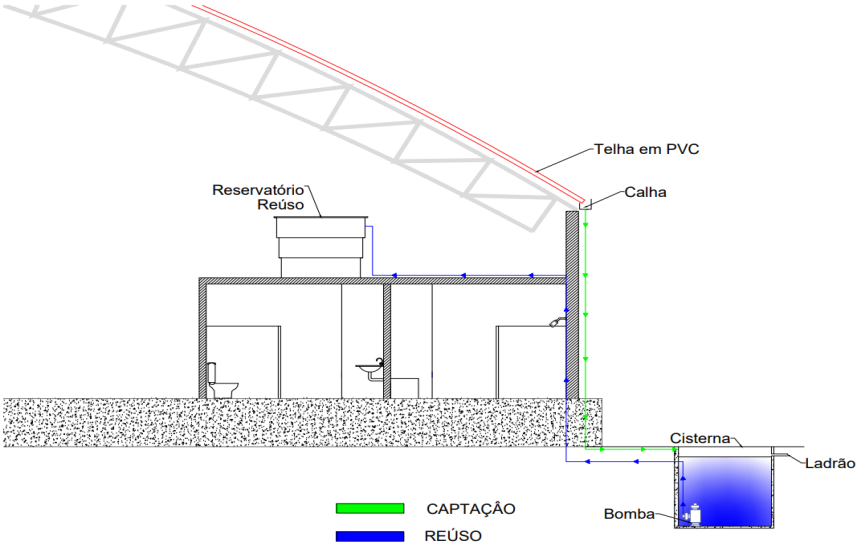
O que se pode observar no método Azevedo Neto e no método Inglês, é que a área de captação é relativamente grande para o dimensionamento do reservatório, pois se os mesmos parâmetros fossem usados para dimensionar o reservatório em que A = 100m² o resultado seria um reservatório de 12,78 m³ para o método Azevedo Neto e 7,61m³ para o método Inglês.

O volume aproveitável de água que foi calculado atende o volume previsto de consumo, temos uma previsão de consumo em torno de 636,00 m³/ano, já o volume aproveitável que se encontrou é de 1.774,12m³/ano, sendo o volume calculado quase três vezes o consumo estimado da quadra poliesportiva.

4.5 INVESTIMENTO

Foi levantado apenas alguns itens do investimento necessário para que o sistema seja implantado, tendo em vista que o presente trabalho não teve a finalidade de dimensionar as tubulações dos pontos de consumo, a bomba de recalque, mão de obra necessária entre outros itens. Por isso foi feito um croqui, figura 23, como uma representação básica do sistema de captação e abastecimento. O levantamento dos valores foi feito através da plataforma Orçafascio onde podemos ter acesso a alguns bancos de pesquisa de custos e índices na construção civil, dados apresentados na tabela 21 abaixo.

Figura 23 – Croqui sistema de captação



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2022.

Tabela 21 – Custo estimado dos materiais

Material	Banco / Código	Preço 20 m³	Banco / Código	Preço 25 m³
Reservatório	ORSE 466	7.689,00	CPOS 018000065103	10.012,22
2 x Caixa d´água 1,5 m³	SINAPI 11869	1.552,00	SINAPI 11869	1.552,00
MotoBomba	SBC 30304	1.451,58	SBC 30304	1.451,58
Total	-	10.692,58	-	13.015,80

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2022.

Foi levado em consideração para o investimento apenas alguns itens, como uma bomba genérica e os reservatórios, tendo em vista que o presente trabalho não tem por finalidade dimensionar todo o sistema.

4.6 ANÁLISE DO CUSTO FINANCEIRO DA ÁGUA E ESGOTO

Para o consumo de água calculado na quadra poliesportiva, pode-se fazer um quadro comparativo do valor a ser pago pela universidade em um ano, pelos serviços de abastecimento de água e coleta de esgoto. Foi elaborado a tabela 22, onde apresenta-se três situações, sendo a primeira sem o reservatório de água pluvial para um consumo de 636,24 m³/ano, a segunda com o um reservatório 25 m³ sem consumo externo e a última com um reservatório de 20 m³, foram utilizados os valores dos reservatórios calculados no método da Simulação. No reservatório de 20 m³ do método da simulação se tem a necessidade de utilizar o sistema de abastecimento de água potável, sendo necessário 2,2 m³/ano para suprir a demanda.

Tabela 22 – Comparativo entre o valor a ser pago após a implantação

Situação	Vol. de Água (m³/ano)	R$ x m³	R$ água	Vol. Esgoto (m³)	R$ x m³	R$ Esgoto	R$ Total	R$	TR
Sem Reservatório	636,24	10,632	6.764,50	508,99	10,632	5.411,60	12.176,10	0	0
25 m³	0	0	0	508,99	10,632	5.411,60	5.411,60	6.764,50	2 anos
20 m³	2,2	6,384	14,04	508,99	10,632	5.411,60	5.425,64	6.750,46	1 ano e 7 meses

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2022.

Com os dados apresentados na tabela 21, e na tabela 22, pode-se observar que para o sistema de 25 m³, o custo total calculado para o sistema foi de R$ 13.015,00. Levando em consideração que a economia com a implantação do sistema é de R$ 6.764,50 por ano, verifica-se o tempo de retorno do investimento como sendo de dois anos. Já para o reservatório de 20 m³ o custo total calculado foi de R$ 10.692,58. Considerando que deve haver uma economia de R$ 6.750,44 verifica-se que o tempo de retorno para o investimento é de aproximadamente um ano e sete meses.

5 CONCLUSÃO

A proposta do presente trabalho foi o levantamento de dados para realizar o dimensionamento de um reservatório de aproveitamento de água pluvial para uso não potável, na Quadra Poliesportiva da Unisul na cidade de Tubarão - Santa Catarina. Com base nos vários métodos apresentados na literatura do trabalho, se compreendeu que a captação de água de chuva para uso não potável é um modo simples e eficiente de aproveitamento desta água, na qual, não tem a necessidade de um alto investimento, ajudando a solucionar problemas com o suprimento de água e reduzir o uso dos recursos naturais presentes na região.

Através dos resultados obtidos, se notou que a demanda da quadra será suprida pelo volume estimado de captação, ou seja, a precipitação resultante é três vezes maior que a demanda calculada, podendo haver uma redução de 636,24 m³ no consumo de água em um ano, refletindo em uma economia na conta de aproximadamente R$ 6.764,50. Com a instalação dos reservatórios podemos observar que deve haver uma economia significativa na conta de água, com o reservatório de 25 m³, levará cerca de dois anos até que o sistema se pague, enquanto para o reservatório de 20 m³ esse tempo cai para cerca de um ano e sete meses.

Portanto, o aproveitamento de águas pluviais na quadra poliesportiva, se torna viável, no que diz respeito à disponibilidade de água para o aproveitamento. Para trabalhos futuros pode-se fazer uma pesquisa sobre a viabilidade econômica da implantação do sistema, e também, pode ser feito uma pesquisa levando em consideração a qualidade da água precipitada.

REFERÊNCIAS

ABNT. **ABNT NBR 10.844**: instalações prediais de águas pluviais**:** procedimento**.** Rio de Janeiro: ABNT, 1989.

ABNT. **ABNT NBR 6493**: emprego de cores para identificação de tubulações**:** requisito**.** Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

ABNT. **ABNT NBR 13.969**: tanques sépticos - unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos**: p**rojeto, construção e operação. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.

ABNT. **ABNT NBR 5.626**: instalação predial de água fria**:** requisito**.** Rio de Janeiro: ABNT, 2007.

ABNT. **ABNT NBR 15.527:** água de chuva: aproveitamento de cobertura em áreas urbanas para fins não potáveis: requisito**.** Rio de Janeiro: ABNT, 2007.

ABNT. **ABNT NBR 12.214:** projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público: procedimento**.** Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

ANA. Brasília, DF, 2002. Disponível em: https://www.gov.br/ana/pt-br. Acessado em: 10 nov. 2022.

ANDRADE, E. G; SILVEIRA, A; ARAÚJO, T. F; Dimensionamento de um reservatório para aproveitamento de água de chuva em um ginásio poliesportivo na cidade de Natal - RN**. Carp Diem**: Revista científica da UNIFACEX, Natal, v.16, n. 2, p. 131-150, 2018. Disponível em: https://periodicos.unifacex.com.br/Revista/article/view/967. Acesso em: 04 out. 2020.

ANNECCHINI, K. P. V. **Aproveitamento da Água de Chuva Para Fins Não Potáveis na Cidade de Vitória (ES).** 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005.

BACK, A. J.; BONETTI, A. V. Chuva de projeto para instalação predial de água pluviais em Santa Catarina. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 19, n. 4, out./dez. 2014. Disponível em: https://www.abrhidro.org.br/SGCv3/publicacao.php?PUB=1&ID=173&SUMARIO=4909 Acesso em: 19 set. 2022.

CAPELIN, L. J; VANDERLEI, R. D; MIOTTO, J. L. Aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis. **Revista Eletrônica Científica Inovação e Tecnologia,** v. 9, n. 23, p. 44-59, set./dez. 2018.

CICLO hidrológico. **Brasil Escola**, Goiânia, 2022.Disponível em: https://brasilescola.uol.com.br/geografia/ciclo-agua.htm. Acesso em: 17 ago. 2020.

COUTO, V. B. **Projeto de aproveitamento de água de chuva para o ginásio de esportes da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC) em Joinville.** 2012. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville, 2012. Disponível em: https://docplayer.com.br/85724352-Projeto-de-aproveitamento-da-agua-da-chuva-para-o-gina

sio-de-esportes-da-universidade-do-estado-de-santa-catarina-udesc-em-joinville.html. Acesso em: 17 ago. 2020.

DAMASCENO, D. A.; PINHEIRO, I. C. **Projeto de captação de água de chuva no laboratório de engenharia civil do *campus* Alto Paraopeba - UFSJ.** 2015**.** Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de São João Del Rey, Ouro Branco, 2015. Disponível em: https://ufsj.edu.br/portal-repositorio/File/labhidromec/Projeto%20de%20captacao%20de%20agua%20de%20chuva%20no%20laboratorio%20de%20Engenharia%20Civil%20do%20Campus%20Alto%20Paraopeba%20%E2%80%93%20UFSJ.pdf . Acesso em: 19 ago. 2021.

FOSCHERA, D. J. **Análise de Viabilidade Técnica e Financeira de sistema de aproveitamento de águas pluviais em edifício residencial em Florianópolis - Santa Catarina.** 2015. Trabalho de Conclusão (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2015.

GOLDENFUM, J.A. **Reaproveitamento de água pluviais**. *In:* SIMPOSIO NACIONAL SOBRE O USO DA ÁGUA NA AGRICULTURA, 2006, Passo Fundo. **Anais eletrônicos** [...]. Passo Fundo, v.1, p. 1-14, 2006. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Joel-Goldenfum/publication/267196924_REAPROVEITAMENTO_DE_AGUAS_PLUVIAIS/links/559131fb08ae47a3490f0cae/REAPROVEITAMENTO-DE-AGUAS-PLUVIAIS.pdf. Acesso em: 9 nov. 2022.

GONÇALVES, R. F. *et al.* **Uso Racional da Água em Edificações.** Projeto PROSAB. Rio de Janeiro: ABES, 2006.

HEBERLE, J.; LINDNER, E. A. Projeto de captação, armazenamento e distribuição de água de chuva para escola pública de Itapira, SC. **Unoesc & Ciência** - ACET, v. 8, n. 2, p. 137-146. Disponível em: https://periodicos.unoesc.edu.br/acet/article/view/13213. Acesso em: 9 nov. 2022.

KARMANN, Ivo. Água subterrânea. *in*: TEIXEIRA, Wilson *et al* **Decifrando a terra, oficinas de textos**. São Paulo: USP, 2000. Disponível em: http://www.leb.esalq.usp.br/disciplinas/Fernando/leb1440/Aula%208/apostila%20cefet%20agua%20subterranea.pdf. Acesso em: 12 set. 2022.

MARTINS, F. M.; RAMIRO, S. M. **Estudo de captação e aproveitamento de água da chuva na Escola de Ensino Básico General Osvaldo Pinto da Veiga de Capivari de Baixo - SC.** 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade do Sul de Santa Catarina, Tubarão, 2017. Disponível em: https://repositorio.animaeducacao.com.br/handle/ANIMA/4285?mode=full. Acesso em: 9 nov. 2022

MAY, S. **Caracterização, tratamento e reuso de águas cinzas e aproveitamento de água pluviais em edificações.** 2009**.** Tese (Doutorado em Engenharia da Construção Civil) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009, Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3147/tde-17082009-082126/publico/SIMONE_MAYOK.pdf. Acesso em: 9 nov. 2022

MAY, S. **Estudo de viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações.** 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Construção Civil) -

Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004. Disponível em: https://teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-02082004-122332/publico/simonemay.pdf. Acesso em: 9 nov. 2022

NAÇÕES UNIDAS BRASIL. **População mundial deve chegar a 9,7 bilhões de pessoas em 2050, diz relatório da ONU.** Brasília, DF, 17 jun. 2019. Disponível em: https://brasil.un.org/pt-br/83427-populacao-mundial-deve-chegar-97-bilhoes-de-pessoas-em-2050-diz-relatorio-da-onu. Acesso em: 10 nov. 2022.

OLIVEIRA. Ronaldo Sá. **Cores para identificação de tubulações de condomínios.** [*S. I.*], 21 nov**.** 2017. Disponível em: https://www.condominioemordem.com.br/cores-para-identificacao-de-tubulacoes/. Acesso em: 10 nov. 2022.

PINTO, R. da C. **Dimensionamento de reservatório para armazenamento pluvial: estudo de caso de uma edificação pública na cidade de Berilo/MG.** 2018. 61f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2018. Disponível em: https://www.monografias.ufop.br/handle/35400000/1122. Acesso em: 12 jul. 2022.

REBÊLO, Marcelo Maria Pais Silva *et al.* **Caracterização de águas cinzas e negras de origem residencial e análise da eficiência de reator anaeróbio com chicanas.** 2011. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento) - Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2011.Disponível em: https://www.repositorio.ufal.br/jspui/handle/riufal/5264. Acesso em: 12 set. 2022

SILVA, D. F. Reis e.**Aproveitamento de Água de Chuva através de um sistema de coleta com cobertura verde:** avaliação da Qualidade da água drenada e Potencial de economia de água potável. Projeto de Graduação (Curso de Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: https://document.onl/documents/aproveitamento-de-gua-de-chuva-atravs-de-um-sistema-de-a-qualidade-que-a.html?page=3. Acesso em: 15 jul. 2022

SANTA CATARINA. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável. **Plano Estadual De Recursos Hídricos de Santa Catarina:** caracterização geral das regiões hidrográficas de Santa Catarina. Florianópolis, 2017. Disponível em: http://www.aguas.sc.gov.br/jsmallfib_top/DHRI/Plano%20Estadual/etapa_a/PERH_SC_RH9_CERTI-CEV_2017_final.pdf. Acesso em: 13 out. 2022.

SIRHESC. **Região Hidrográfica.** Florianópolis, 2017. Disponível em: https://www.aguas.sc.gov.br/. Acesso em: 15 out. 2020.

TOMAZ, P. Aproveitamento de água de chuva de telhado em área urbana para fins não potáveis. Diretrizes básicas para um projeto. *In*. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA, 6., 2007, Belo Horizonte. **Anais** [...]. Belo Horizonte, 2007. p. 1 - 24,

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva de cobertura em área urbana para fins não potáveis.** Conservação de Água. São Paulo, 2009.

TOMAZ, P. Aproveitamento de água da chuva de cobertura em área urbana para fins não potáveis. *In*: TOMAZ, P. **Água pague menos.** São Paulo: [*s. n*.], 2010. Cap. 3. Disponível

em:
https://docplayer.com.br/1223588-Aproveitamento-de-agua-de-chuva-em-areas-urbanas-para-fins-nao-potaveis.html. Acesso em: 10 out. 2020.

TUBARÃO SANEAMENTO. **Tarifa de consumo.** Tubarão, 2022. Disponível em: https://tubaraosaneamento.com.br/. Acesso em: 01 nov. 2022.

TUCCI, Carlos. E. M. Águas Urbanas. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 22, n. 63, 2008. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S0103-40142008000200007. Acesso em: 10 out. 2020.

UNICEF. **1 em cada 3 pessoas no mundo não tem acesso a água potável, dizem o UNICEF e a OMS.** Brasília, DF, 18 jun. 2019. Dísponivel em: https://www.unicef.org/brazil/comunicados-de-imprensa/1-em-cada-3-pessoas-no-mundo-nao-tem-acesso-agua-potavel-dizem-unicef-oms. Acessado em: 10 nov. 2022.

ANEXO A – Precipitação no Município de Tubarão - SC

PRECIPITAÇÃO NO MUNICÍPIO DE TUBARÃO

: PRECIPITAÇÃO MENSAL NO MUNICIPIO DE TUBARÃO/SC (Estação Monte Castelo)

ANO/MÊS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
ANO 1998	263	311	289	224	90	159	129	215	224	157	63	198	2.322
ANO 1999	119	174	71	168	58	81	159	43	56	97	87	108	1.221
ANO 2000	232	181	99	179	50	106	46	67	215	243	127	72	1.617
ANO 2001	249	360	86	113	173	114	169	60	280	180	126	99	2.009
ANO 2002	209	137	108	64	74	124	84	88	96	217	215	222	1.638
ANO 2003	42	157	165	130	36	74	57	15	101	111	87	209	1.184
ANO 2004	163	80	162	197	360	50	126	31	380	77	141	108	1.875
ANO 2005	68	84	126	103	206	46	103	270	223	302	136	116	1.783
ANO 2006	179	150	184	67	144	67	180	128	26	91	310	94	1.620
ANO 2007	122	177	270	117	233	27	183	92	134	94	116	70	1.635
ANO 2008	279	161	124	82	115	63	21	37	152	260	316	86	1.696
ANO 2009	539	93	117	152	51	27	80	164	350	69	96	125	1.863
ANO 2010	226	113	289	146	396	76	95	57	117	55	163	77	1.810
ANO 2011	315	111	113	29	75	70	183	291	105	50	30	107	1.479
ANO 2012	201	41	76	57	43	105	90	33	130	153	67	128	1.124
ANO 2013	71	185	134	101	27	66	81	254	153	57	57	99	1.285
ANO 2014	193	113	136	211	72	252	59	78	108	118	58	196	1.594
ANO 2015	202	237	142	102	216	113	189	42	244	227	137	150	2.001
ANO 2016	96	156	220	74	42	15	127	80	93	116	54	276	1.349
ANO 2017	167	111	154	110	290	186	4	78	60	140	129	223	1.652
ANO 2018	188	45	129	70,9	52,5	74,4	90	41,7	86,4	86,7	58,5	129	1.052
ANO 2019	91	176	106	79	294	26	86	14	17	99	68	41	1.095
ANO 2020	190	66	41	60	15	111	134	47	171	71	157	168	1.229
ANO 2021	218	96	97	73	111	375	24	41	180	109	68	130	1.520
ANO 2022	93	86	188	88	386	165	45	225					1.277
Média	189	144	145	112	144	103	102	100	154	132	119	135	1.569

Fonte: Plantar Agronomia, 2022.