

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

JOÃO PAULO AMERICANO DO BRASIL CAMARGO

**APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA PARA FINS NÃO POTÁVEIS:
ESTUDO DE CASO EM ITARARÉ-SP**

GUARAPUAVA

2022

JOÃO PAULO AMERICANO DO BRASIL CAMARGO

**APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA PARA FINS NÃO POTÁVEIS:
ESTUDO DE CASO EM ITARARÉ-SP**

Use of rainwater for non-potable purposes: case study in Itararé-sp

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentada como requisito para obtenção do título de Bacharel da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador(a): Mariane Kempka

GUARAPUAVA

2022



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

JOÃO PAULO AMERICANO DO BRASIL CAMARGO

**APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA PARA FINS NÃO POTÁVEIS:
ESTUDO DE CASO EM ITARARÉ-SP**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado como requisito para obtenção do título
de Bacharel da Universidade Tecnológica Federal do
Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 05 de julho de 2022.

Mariane Kempka
Professora Doutora
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Géssyca Katalyne Bilcati
Professora Mestre
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Carlos Francisco Pecapedra Souza
Professor Mestre
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

**GUARAPUAVA
2022**

Dedico este trabalho à minha família e amigos.
Enfim a todos que me apoiaram e contribuíram para
esse momento.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família que me apoiou durante toda minha trajetória na graduação, aos meus amigos que estiveram sempre comigo e a minha namorada, Fernanda, por sempre acreditar em mim e me apoiar mesmo enquanto estávamos longe.

Agradeço também a minha orientadora Professora Doutora Mariane Kempka, pelo tempo disponível e dedicação no auxílio deste trabalho.

RESUMO

A utilização de técnicas de captação de água da chuva vem se intensificando, uma vez que a demanda aumenta a cada ano em razão do crescimento demográfico, diminuição das fontes de água e acumulação populacional em centros urbanos. Desta forma, o uso de água pluvial é uma maneira de combater a grande demanda, além de contribuir para a drenagem urbana e trazer diversos benefícios fiscais até os ambientais. Nesse contexto, o presente trabalho realizou um estudo de caso de uma edificação comercial no município de Itararé-SP a qual utiliza da captação da água pluvial em proveito das atividades efetivadas no estabelecimento. Foi realizada uma análise comparativa entre o Método de Rippl, Método da Simulação, Método Azevedo Neto, Método Prático Inglês, Método Prático Alemão e Método Prático Australiano para o dimensionamento de reservatório de captação de água da chuva, comparação no volume captado de acordo com os métodos, o real volume captado, estimativa de economia e sugestões ao sistema existente. Com base nesses métodos foi analisado o problema de dimensionamento de reservatórios de captação para a situação onde a demanda é maior que o volume captado.

Palavras-chave: Captação de água da chuva; Água pluvial; Captação de água pluvial; Dimensionamento de reservatório.

ABSTRACT

The use of water harvesting techniques has intensified the rain, since the demand increases every year from the growth of water sources and increased, due to urban centers. In this way, the use of rainwater is a way to combat the great demand, in addition to contributing to the tax benefits for urban drainage and bringing several benefits to the environmental ones. In this context, the present work carried out a case study of a commercial building in the municipality of Itararé-SP which uses rainwater harvesting for the benefit of activities carried out in the establishment. A comparative analysis was carried out between the Rippl Method, Simulation Method, Avedo Neto Method, English Practical Method, German Practical Method and Australian Practical Method for the dimensioning of rainwater harvesting reservoir, comparison in the volume captured according to the methods, the actual volume captured, estimated savings and suggestions for the existing system. Based on these methods, the problem of dimensioning catchment reservoirs was analyzed for the situation where the demand is greater than the volume captured.

Keywords: Rainwater harvesting; Rainwater; Rainwater harvesting; Reservoir sizing.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURAS

Figura 01 -	Sistema de captação de águas pluviais.....	18
Figura 02 -	Croqui da edificação.....	27
Figura 03 -	Corte da edificação.....	28
Figura 04 -	Talão de Cobrança de abastecimento de água e esgoto.....	33

GRÁFICOS

Gráfico 01 -	Curvas IDFs de Itararé-SP.....	32
--------------	--------------------------------	----

IMAGENS

Imagem 01 -	Instalação de tela sobre a calha para diminuir a entrada de folhas nos condutores.....	17
Imagem 02 -	Reservatório inferior.....	29
Imagem 03 -	Reservatório superior.....	30

QUADROS

Quadro 01 -	Consumo em aparelhos sanitários.....	19
Quadro 02 -	Técnicas de tratamento de água da chuva.....	20
Quadro 03 -	Parâmetros de qualidade de água de chuva para usos restritivos não potáveis.....	21
Quadro 04 -	Coeficiente de runoff.....	23
Quadro 05 -	Dados pluviométricos em mm.....	31
Quadro 06 -	Dados para o cálculo.....	32
Quadro 07 -	Dimensionamento pelo Método de Rippl.....	34
Quadro 08 -	Dimensionamento pelo Método da Simulação.....	35
Quadro 09 -	Dimensionamento pelo Método Azevedo Neto.....	36
Quadro 10 -	Dimensionamento pelo Método Prático Inglês.....	36
Quadro 11 -	Dimensionamento pelo Método Prático Alemão.....	37
Quadro 12 -	Dimensionamento pelo Método Prático Australiano.....	48
Quadro 13 -	Comparação entre métodos.....	40
Quadro 14 -	Análise do método escolhido por cidade.....	42
Quadro 15 -	Valor do m ³ de água tratada.....	43
Quadro 16 -	Economia do sistema.....	44

Quadro 17 -	Volume captado no mês de abril.....	45
Quadro 18 -	Comparativo dos dados in loco com as equações.....	46
Quadro 19 -	Quantidade da demanda atendida.....	48
Quadro 20 -	Quantidade da demanda atendida utilizando a área ampliada.....	49
Quadro 21 -	Método da Simulação utilizando um reservatório de 20 m ³	50
Quadro 22 -	Método da Simulação para o volume de 5 m ³	51
Quadro 23 -	Frequência de manutenção.....	53

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AL	Alagoas
NBR	Norma Brasileira
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
PR	Paraná
SABESP	Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SP	São Paulo
U.V.	Ultravioleta

LISTA DE SÍMBOLOS

A	Área de coleta de água de chuva;
C	Coefficiente de escoamento superficial;
D	Demanda
D(t)	Demanda ou consumo no tempo t;
I	Interceptação da água que molha as superfícies e perdas por
I	Indexador temporal
N	Número de meses considerado.
N(r)	Número de meses em que o reservatório não atendeu à demanda (quando $v(t) = 0$);
P	Precipitação média;
P(r)	Falha;
Pt	Precipitação da chuva no tempo t;
Q	Volume mensal produzido pela chuva;
Q(t)	Volume de chuva aproveitável no tempo t;
S	Volume de água no reservatório
S(t)	Volume de água no reservatório no tempo t;
T	Nº de meses secos por ano
V(t)	Volume de água no tanque no fim do mês t;
V(t-1)	Volume de água no tanque no início do mês t;
V	Volume do reservatório.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Objetivos	14
1.1.1	Objetivo principal.....	14
1.1.2	Objetivos secundários.....	15
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1	Sistemas de aproveitamento de água da chuva	16
2.2	Diferentes usos para o reaproveitamento de água	19
2.3	Qualidade e tratamento de água	19
2.4	Legislação	21
2.5	Dimensionamento de reservatórios	22
2.5.1	Método de Rippl.....	22
2.5.2	Método da Simulação.....	23
2.5.3	Método Azevedo Neto.....	24
2.5.4	Método Prático Inglês.....	24
2.5.5	Método Prático Alemão.....	25
2.5.6	Método Prático Australiano.....	25
3	MATERIAIS E MÉTODOS	27
3.1	Descrição do local	27
3.2	Levantamento de dados	30
3.3	Dados pluviométricos utilizados para o redimensionamento dos reservatórios	31
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	33
4.1	Demanda contratada	33
4.2	Aplicação dos métodos de cálculo do reservatório para o estudo de caso	33
4.2.1	Método de Rippl.....	33
4.2.2	Método da Simulação.....	34
4.2.3	Método Azevedo Neto.....	36
4.2.4	Método Prático Inglês.....	36
4.2.5	Método Prático Alemão.....	37
4.2.6	Método Prático Australiano.....	37
4.2.7	Comparação entre os Métodos.....	38
4.2.8	Avaliação dos métodos em relação a edificação.....	41

4.3	Estimativa de economia.....	43
4.4	Comparativo entre a captação teórica e prática.....	44
4.5	Análise dos Métodos e Resultados: ponderações referentes ao reservatório, demanda e área de captação.....	46
4.6	Melhorias sugeridas.....	52
5	CONCLUSÃO.....	54
	REFERÊNCIAS.....	59

1 INTRODUÇÃO

Com o desenvolvimento humano e crescimento populacional em grande escala, os recursos hídricos foram cada vez mais pugnados pela sociedade, uma vez que a demanda aumentava e as fontes de aquisição de água continuavam as mesmas (SILVA, 2012).

Conforme prescreve a Organização das Nações Unidas, há que se falar que a escassez afetará, aproximadamente, dois terços da população mundial em 2050.

Segundo o estudo apresentado na Conferência da Organização das Nações Unidas ocorrida na capital do Quênia em 2014, a saída para aumentar a disponibilidade de água potável seria a captação de águas de chuva. Desta forma, observa-se uma saída face às antigas formas de disponibilidade de água.

Importante ressaltar que apesar da escassez prevista pela Organização das Nações Unidas, a população busca por recursos hídricos, uma vez que em centros urbanos há residências, comércios, indústria que utilizam da água no seu dia a dia, sendo assim buscam por alternativas.

A busca por Água potável e Saneamento consta como Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030 da ONU. Neste sentido a ODS 6 busca garantir a disponibilidade e manejo sustentável de água e saneamento para todos.

Ressalta-se, ainda, que a ausência de recursos hídricos já é presente na realidade brasileira, posto que o país apresentou escassez, principalmente, nas regiões Sudestes e Centro-Oeste. Além de algumas regiões da região sul do Brasil (DINIZ, 2021).

A urbanização e centros populacionais trouxeram ainda mais ônus aos recursos hídricos, uma vez que se fala em altas demandas, ou seja, a utilização de água aumentou posto que houve o aumento de indivíduos nos territórios e não houve surgimento de novas fontes de água. Logo, o aproveitamento através de águas pluviais se torna uma fonte alternativa de abastecimento que contribui para a redução de risco de desabastecimento e racionamento (BUFFON, 2010).

A utilização do sistema de captação de água da chuva é uma alternativa para combater a escassez de água, além de contribuir para a sustentabilidade de recursos hídricos (VIOLA,2008). Sendo assim, observa-se uma saída à crescente

demanda populacional para água, e, conseqüentemente, uma nova fonte para recursos hídricos. Neste sentido, a utilização da captação da água de chuva implica na redução do uso da água potável, conservação dos mananciais e dos seres vivos. Ressalta-se que esta nova fonte hídrica traz benefícios, tais como, econômicos, ambientais e à drenagem pluvial (DORNELLES, 2012).

A água captada pode ser utilizada para fins potáveis e não potáveis, a NBR 15.527 contém as diretrizes para o nível de tratamento para cada tipo de utilização da água captada (ABNT, 2007).

O sistema de captação de águas pluviais se consubstancia na utilização da água da chuva recolhida por telhados e pátios para os mais diversos usos (GNADLINGER, 2006). Algumas cidades como São Paulo e Curitiba desenvolveram suas próprias legislações sobre o tema, demonstrando uma tendência que vem ocorrendo em vários municípios (BEZERRA *et al*, 2010).

O sistema de captação de água, é composto por um filtro o qual irá separar as partículas maiores de passar, como folhas e galhos, seguindo-se de um separador de águas, o qual fará o descarte da primeira água, já que essa pode vir com partículas menores causando mal odor e coloração não usual, em seguida essa água irá para o reservatório podendo ou não ter um extravasor para a saída do excesso de água (CABRAL, 2018).

Em razão disto, e, afim de aprofundar a pesquisa na efetividade do sistema de captação de águas, o presente trabalho possui como objetivo geral quantificar o volume de água coletada de chuva em uma área 230,90 m² de telhado no perímetro urbano no município de Itararé-SP, e avaliar a possibilidade do aproveitamento desta para banho de pets e utilização em bacias sanitárias.

1.1 Objetivos

Os objetivos são separados por principal e secundários.

1.1.1 Objetivo principal

Avaliar a viabilidade de utilizar o sistema de captação para uso de água não potável em um estabelecimento comercial no município de Itararé-SP.

1.1.2 Objetivos secundários

Os objetivos secundários são:

- Redimensionar os reservatórios utilizando as diferentes metodologias propostas pela norma.
- Estimar o potencial de economia de água;
- Determinar o volume de água de chuva coletado na superfície;
- Propor melhorias no sistema existente;

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Sistemas de aproveitamento de água da chuva

De acordo com Bertolo (2006) o sistema de captação de águas pluviais é composto por uma superfície que intercepta a chuva, área de captação e um sistema de canalizações que conduzem a água ao reservatório. É importante destacar que, antes da reservação, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2007), na NBR 15527 recomenda a instalação de um dispositivo de primeira lavagem (*first-flush*) que tem como função descartar a “primeira água” da chuva, já que esta limpará a superfície. Além desse dispositivo, poderá ser instalado uma tela de proteção na calha para evitar que partículas maiores acabem adentrando o sistema. A ABNT (2007) na NBR 15.527 recomenda que, na ausência desses dispositivos, seja descartado 2 mm da precipitação. Além disso, dependendo do uso a que se destinará, a água deverá passar por algum tipo de tratamento.

Na maioria dos sistemas de aproveitamento da água da chuva, a superfície de captação é a própria cobertura da edificação. A água que cai nos telhados flui em direção das calhas e delas é direcionada aos condutores verticais e horizontais (BERTOLO, 2006). São nos condutores que, normalmente, instala-se o dispositivo de primeira lavagem, denominados de *first flush*.

Os telhados e coberturas ficam expostos ao depósito de sedimentos, sujeiras como folhas, poeiras e fezes de pássaros, entre outros, por essa razão instala-se o *first-flush* (BERTOLO, 2006).

Imagem 01 – Instalação de tela sobre a calha para diminuir a entrada de folhas nos condutores.



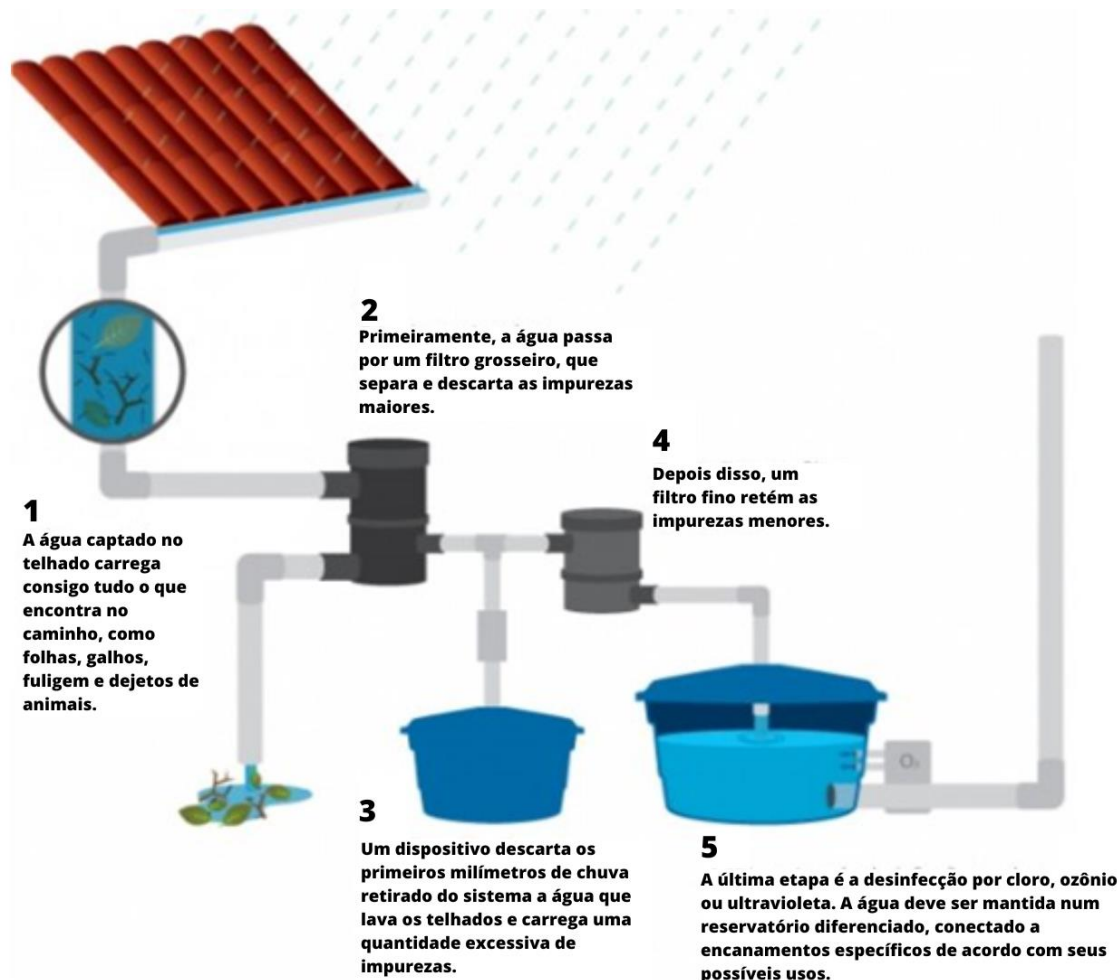
Fonte: Tegape Telas Plásticas.

O reservatório, dispositivo de armazenamento da água coletada necessário para o funcionamento do Sistema de Captação de Águas Pluviais, pode ser instalado acima ou abaixo do solo, e, preferencialmente, em um local de sombra já que o sol ajuda na proliferação de algas e bactérias.

A ABNT (2007) recomenda que a retirada de água do reservatório seja feita 15 cm acima do fundo do reservatório, pois diminui o arraste de materiais flutuantes para as canalizações de distribuição e/ou motor-bomba para recalque.

Na Figura 01 apresenta-se um esquema do sistema de aproveitamento da água da chuva e os principais componentes.

Figura 01 – Sistema de captação de águas pluviais.



Fonte: Casologica.

Um aspecto que merece destaque é que não deve haver conexão cruzada entre tubulações que conduzem água potável e outra água de qualidade desconhecida ou não potável. Assim, a ABNT (2007) expressa que as tubulações de água de aproveitamento devem ser claramente identificadas.

O sistema traz vantagens ao utilizar a água da chuva no lugar da água da concessionária, ou seja, uma redução no valor da conta de água. Além disso, alguns municípios também incentivam a instalação e utilização desse sistema, no caso do município de Itararé-SP, existe incentivo fiscal aos proprietários de imóveis com sistema de captação de água das chuvas (ITARARÉ, 2016).

No Brasil, o sistema de captação de águas pluviais é difundido em regiões afetadas pela escassez de água. Devido a isso, há elaboração de programas para aplicar e implantar o sistema de captação de chuvas, como o Programa Um Milhão

de Cisternas. Tal programa resultou em acesso à água potável a população nordestina. Desta forma, o Programa Água para todos do Governo Federal possibilitou acesso a água aos ribeirinhos no Estado do Amazonas (VELOSO e MENDES, 2013).

2.2 Diferentes usos para o aproveitamento de água

Para compreensão da quantidade de água captada, o Quadro 01 traz o volume médio de litros e água gastos em algumas atividades do cotidiano.

Quadro 01 – Consumo em aparelhos sanitários.

Aparelho sanitário	Duração de uso (s)	Volume médio (L)
Bacia sanitária com válvula de descarga	5,90	7,19
Bacia sanitária com caixa acoplada	187,00	8,85
Torneira de lavatório	11,10	1,02
Torneira de pia de cozinha	6,10	1,07
Torneira de tanque	25,50	5,40
Torneira de serviço	4,20	0,57

Fonte: Adaptado de BARRETO (2008).

2.3 Qualidade e tratamento da água da chuva

A qualidade da água captada nos telhados depende dos materiais usados em sua construção, dos sedimentos que nele se depositam e da frequência de limpeza e manutenção realizada (BERTOLO, 2006).

O tratamento adequado depende da finalidade da água, usos como lavagem de automóveis, regar plantas, bacia sanitária utilizam de um tratamento menos rigoroso do que o tratamento para banho ou consumo humano.

Antes de fazer uso da água das chuvas deve ser analisado a qualidade da mesma. Sendo assim, a água tem que passar por padrões de qualidade que devem estar de acordo com a finalidade de uso dela (GONÇALVES, 2006). No Quadro 2, o *Texas Guide to Rainwater Harvesting* (1997), relaciona os métodos de tratamento com a localização de instalação e com o grau de tratamento obtido.

Quadro 02 – Técnicas de tratamento de água da chuva

Técnicas de Tratamento		
Método	Localização	Resultado
Pré-filtração		
Filtros e filtros de folhas	Caleira e condutas	Previne a entrada de folhas e outros detritos dentro do reservatório
Sedimentação		
Sedimentação	Dentro do reservatório	Sedimentação de partículas em suspensão
Filtração		
Em linha/ Multi-cartucho	Após a bomba	Criva os sedimentos
Carvão ativado	Na torneira	Remove o cloro
Osmose inversa	Na torneira	Remove contaminantes
Meios combinados	Reservatório separado	Retêm partículas de matéria em suspensão
Areia	Reservatório separado	Retêm partículas de matéria em suspensão
Desinfecção		
Fervura/ Destilação	Antes da utilização	Elimina os microrganismos
Tratamentos químicos (cloro ou iodo)	Dentro do reservatório ou na bomba (líquido, em pastilha ou granulado)	Elimina os microrganismos
Radiação U.V.	Depois do filtro de carvão ativado e antes da torneira	Elimina os microrganismos
Ozonização	Antes da torneira	Elimina os microrganismos

Fonte: Texas Guide to Rainwater Harvesting (1997).

Para realizar a análise da qualidade, é necessário mandar uma amostra para laboratório ou a vistoria e análise por um técnico.

Quadro 03 – Parâmetros de qualidade de água de chuva para usos restritivos não potáveis

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

2.4 Legislação

No município de Itararé a Lei Municipal nº 3.739/06 estabelece o sistema de reuso de águas das chuvas. Na legislação são descritas as atividades consideradas para o uso de água não potável e os requisitos para fazer o transporte da água do telhado até o reservatório.

Ainda, o texto legal prescreve qual a destinação do excedente de água e tipos de sistemas que podem ser implantados (filtro de descida e caixa d'água acima do nível do solo ou cisterna e filtros subterrâneos). Importante destacar que além de questões referentes ao Sistema de Captação de Água Pluvial, descreve a lei municipal a respeito do incentivo fiscal aos proprietários de imóveis edificadas que optarem pelo programa (ITARARÉ, 2016).

No estado de São Paulo a Lei nº 12.526, de 02 de janeiro de 2007, estabelece parâmetros de captação de água da chuva para locais que tenham área

impermeável superior a 500m² (SÃO PAULO (SP), 2007). O Estado de São Paulo também possui a Lei nº 356 de 2015 que torna obrigatório a inclusão de sistema de captação de água da chuva em projetos arquitetônicos de novos edifícios pertencentes ao estado (SÃO PAULO SP, 2015).

2.5 Dimensionamento de reservatórios

Neste item são abordados os métodos de dimensionamento dos reservatórios destinados ao armazenamento de água de chuva. Tais métodos estão expressos na ABNT NBR 15527 de 2007, vale ressaltar que a norma foi atualizada no ano de 2019, mas essa última versão não aborda sobre os métodos de dimensionamento. Devido a isso foi utilizado a versão de 2007, posto que um dos objetivos do presente trabalho é redimensionar o volume do reservatório aos diferentes métodos prescritos na norma.

2.5.1 Método de Rippl

O Método de Rippl é válido para locais com longo período seco, grande amplitude de variação dos volumes de chuvas nos períodos úmidos e secos, impossibilitando a utilização do método para regiões do sul do país (DORNELLES; TASSI; GOLDENFUM, 2010)

Este método utiliza das séries históricas mensais ou diárias e com isso faz uso das seguintes equações.

$$S_t = D_t - Q_t \quad (\text{Equação 1})$$

$$Q_t = C.P_t.A / 1000 \quad (\text{Equação 2})$$

$$V = \sum S_t, \text{ somente para valores } S_t > 0 \quad (\text{Equação 3})$$

Onde:

S_t: volume de água no reservatório no tempo t em m³;

D_t : demanda ou consumo no tempo t em m^3 ;

Q_t : volume de chuva aproveitável no tempo t em m^3 ;

C : coeficiente de escoamento superficial;

P_t : precipitação da chuva no tempo t em mm ;

A : área de captação de água da chuva em m^2 ;

V : volume do reservatório em m^3 .

Os valores do coeficiente de escoamento superficial variam de acordo com o material da cobertura, esses valores estão representados no Quadro 4.

Quadro 04 – Coeficiente de runoff

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

Fonte: Tomaz, 2009.

2.5.2 Método da simulação

Este método é uma simulação que utiliza os registros de precipitação mensais ou diários para determinar o comportamento do volume no reservatório. A simulação considera o valor 0 como reservatório cheio e conforme esvazia o número obtido é negativo, dessa forma ele verifica os déficits para cálculo. Este método utiliza a seguinte equação.

$$S_{i+1} = S_i + A \cdot P_i - D_i \quad (\text{Equação 4})$$

$S_{i+1} > 0$ então $S_{i+1} = 0$

Onde:

S: volume de água no reservatório em m³;
 P: precipitação em mm;
 A: área de coleta de água de chuva em m²;
 D: demanda em m³;
 i: indexador temporal.

2.5.3 Método Azevedo Neto

O método Azevedo Neto é prático e obtém o volume pela seguinte equação.

$$S = 0,042 \cdot P / 1000 \cdot A \cdot T \quad (\text{Equação 5})$$

Onde:

S: volume de água no reservatório em m³;
 P: precipitação em mm;
 A: área de coleta de água de chuva em m²;
 D: demanda em m³;
 T: nº de meses secos por ano.

2.5.4 Método Prático Inglês

O Método inglês obtém seus resultados por uma fórmula empírica e utiliza como de base 5% da água anual captada.

$$S = 0,05 \cdot P \cdot A / 1000 \quad (\text{Equação 6})$$

Onde:

P: precipitação média anual em mm;
 A: área de captação em m²;

S: volume do reservatório em m³.

2.5.5 Método Prático Alemão

Este método é empírico e adota um valor mínimo do volume de água igual a 6% da demanda anula ou da disponibilidade de chuvas.

$$S = \min(P / 1000 \cdot A ; 365,25 \cdot D) \cdot 0,06 \quad (\text{Equação 7})$$

Onde:

P: precipitação média anual em mm;

A: área de captação em m²;

D: demanda diária em m³;

S: volume do reservatório em m³.

2.5.6 Método Prático Australiano

Segundo a NBR 15527 (ABNT, 2007), o cálculo do volume do reservatório é realizado por tentativas até que seja alcançado valores adequados de confiança, recomendado de 90% a 99%, o método utiliza das seguintes equações.

$$Q = A \cdot C \cdot (P - I) / 1000 \quad (\text{Equação 8})$$

$$V(t) = V(t-1) + Q(t) - D(t) \quad (\text{Equação 9})$$

$$P(r) = N(r) / N \quad (\text{Equação 10})$$

$$\text{Confiança} = 1 - P(r) \quad (\text{Equação 11})$$

Onde:

A: área de coleta de água de chuva em m²;

C : coeficiente de escoamento superficial;

$D(t)$: demanda mensal em m^3 ;

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

N : número de meses considerado;

$N(r)$: Número de meses em que o reservatório não atendeu à demanda, (quando $V(t) = 0$);

P : Precipitação média mensal em mm;

$P(r)$: Falha;

Q : volume mensal produzido pela chuva em m^3 ;

$Q(t)$: volume de chuva aproveitável no tempo t em m^3 ;

$V(t)$: volume de água no tanque no fim do mês t em m^3 ;

$V(t-1)$: volume de água no tanque no início do mês t em m^3 ;

Quando $V(t) < 0$, então $V(t) = 0$.

Já o Método Prático Inglês é recomendado para casos em que o objetivo é suprir a demanda de água por todo ano ou quase todo. O Método Prático Alemão e o Método Prático Australiano são mais recomendados quando se deseja diminuir o volume do reservatório, desse modo, abaixando o custo de implementação do sistema (AMORIM E PEREIRA, 2008).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

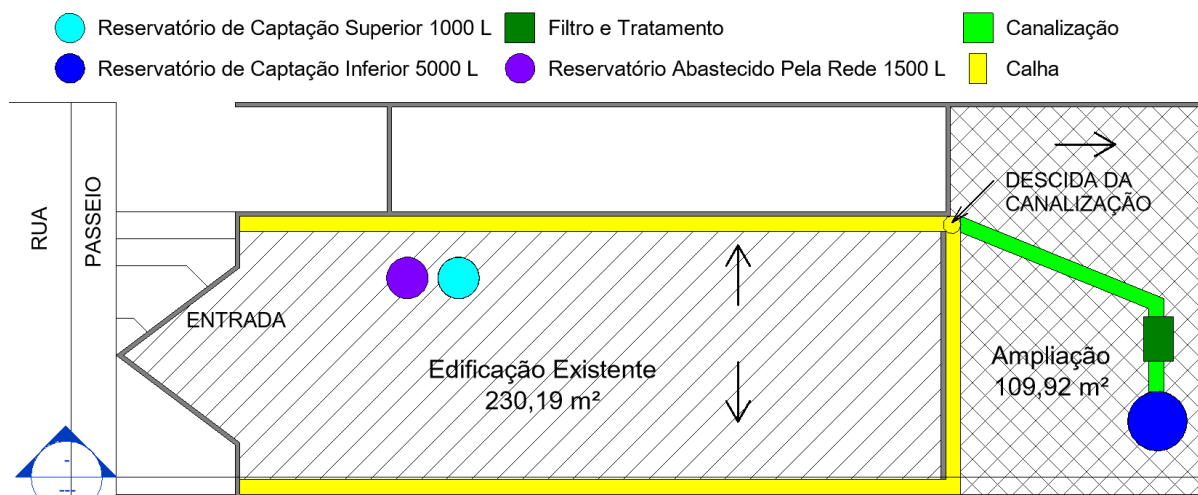
3.1 Descrição do local

A pesquisa analisou um sistema de aproveitamento de água de chuva de uma edificação comercial que presta serviços de banho e tosa de animais (pet shop) no município de Itararé de São Paulo.

A edificação tem uma área construída de 340,11 m². A cobertura, área de captação, tem cerca de 230 m², conforme a Figura 02. A água captada, antes de ser reservada, passa por uma câmara com filtro e recebe o tratamento com cloro.

O armazenamento ocorre em dois reservatórios: o inferior, com capacidade de 5000 L e o superior com capacidade de 1000 L. Na Figura 02 é apresentado, de forma esquemática, o sistema de captação. Junto a calha coletora está instalado um registro que permite desviar a água da chuva para quando o reservatório está cheio.

Figura 02 – Croqui da edificação.

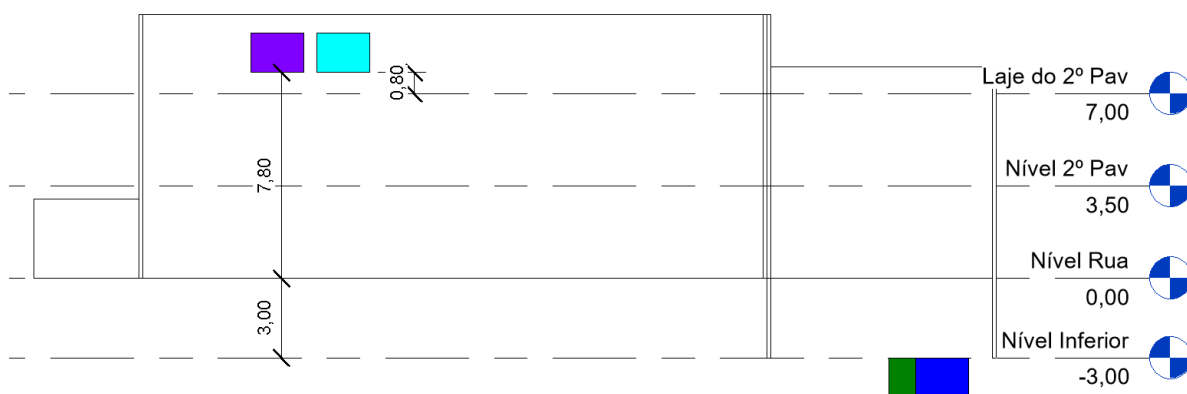


Fonte: Autor (2022).

No croqui pode-se observar o local em planta, os reservatórios, calhas e condutos horizontais e verticais. Na figura também está representado o caimento da cobertura por meio de setas.

A Figura 03 representa, de forma esquemática, um corte da edificação e do sistema. Logo, pode-se analisar a diferença de nível entre os reservatórios onde o inferior localiza-se em -3 m em relação ao nível da rua enquanto o superior a +7,8 m do nível da rua.

Figura 03 – Corte da edificação.



Fonte: Autor (2022).

Na imagem 02 pode-se observar o reservatório inferior o qual está localizado no depósito de rações da edificação.

Imagem 02 – Reservatório inferior.



Fonte: Autor (2022).

A imagem 03 mostra o reservatório superior do sistema de captação (azul) e o reservatório de água potável (cinza). O reservatório do sistema de captação é destinado ao abastecimento das bacias sanitárias e do banho dos pets.

Ainda, para demonstrar com maior clareza o sistema de captação de águas, está representado na imagem em vermelho a seguir a canalização de extravasão “ladrão”, já em laranja a canalização de entrada do reservatório.

Já a marcação verde indica a canalização que interliga os reservatórios, os quais estão conectados de modo que, caso o nível de água do reservatório de captação fique baixo, é ativado uma bomba a qual irá abastecer o mesmo com água da rede.

Imagem 03 – Reservatório superior.



Fonte: Autor (2022).

3.2 Levantamento de dados

Os dados de chuva foram obtidos por medições no local e através de informações meteorológicas disponibilizadas a partir da Secretaria de Agricultura e Pecuária do Município de Itararé-SP.

Já os dados coletados pelo autor, foram obtidos a partir de medições mensais (mês de abril), sendo efetuadas pontualmente as treze horas, utilizando uma trena para verificar o nível de água do reservatório inferior.

Para realizar essa coleta de dados foi necessário desativar as boias das bombas para que não fosse transportado água do reservatório inferior para o superior. Desse modo, as bombas foram ligadas de forma manual para que se verificasse a quantidade de água que foi transportada para a outra caixa d'água.

3.3 Dados pluviométricos utilizados para o redimensionamento dos reservatórios

Foi utilizada a média mensal dos dados de chuva entre os anos de 2014 e 2022. Esses dados foram obtidos pela Secretaria Municipal de Agricultura e Pecuária de Itararé a qual faz uso de um pluviômetro para esse registro. Tais dados fornecidos pela Secretaria de Agricultura e Pecuária estão representados no Quadro 05.

Quadro 05 – Dados pluviométricos em mm.

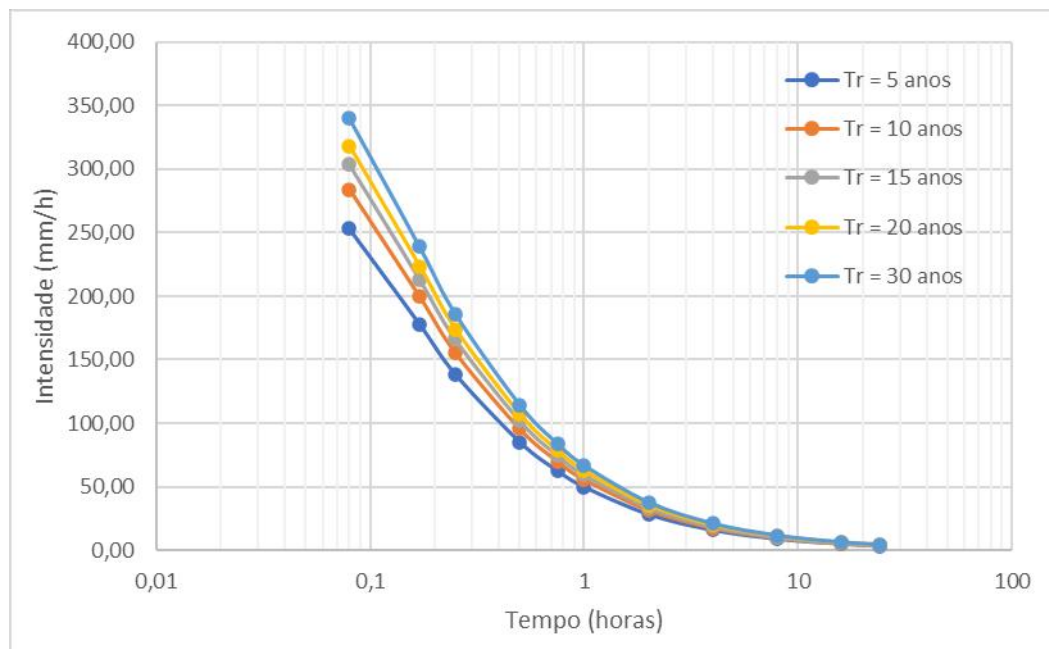
Mês	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Média
Janeiro	124	115	280	220	270	131	115	33	203	165,67
Fevereiro	102	121	265	165	41	249	106	42	43	126,00
Março	37	109	97	99	133	101	38	265	192	119,00
Abril	165	65	75	126	0	75	25	0	23	61,56
Maió	0	100	205	174	40	78	50	65	36	83,11
Junho	135	22	180	166	42	140	167	33		110,63
Julho	87	196	0	0	40	45	32	42		55,25
Agosto	68	207	176	91	81	0	187	20		103,75
Setembro	163	63	50	29	49	140	0	44		67,25
Outubro	10	245	159	192	194	27	25	318		146,25
Novembro	86	197	122	150	105	300	96	88		143,00
Dezembro	40	280	91	220	75	128	217	41		136,50
Total	1017	1720	1700	1632	1070	1414	1058	991	497	1233,22

Fonte: Secretaria de Agricultura e Pecuária de Itararé-SP (2022).

Importante destacar que os dados do ano de 2022 são referentes até o mês de maio e não estão completos, uma vez que as medições deste período estavam em andamento quando foram disponibilizadas para esse estudo. Desse modo, o ano de 2022 não foi contabilizado no cálculo.

Uma maneira de analisar a intensidade das chuvas é a curva IDF, estas curvas relacionam a intensidade máxima de chuva com a sua duração e a probabilidade de retorno.

Gráfico 01 – Curvas IDF's de Itararé-SP.



Fonte: Autor (2022).

Para o cálculo do reservatório será utilizado alguns parâmetros fixos para todos os métodos, como a área de captação, o coeficiente de runoff, 0,8 devido a telha da cobertura ser de fibrocimento apresentados no Quadro 06.

Quadro 06 – Dados para o cálculo.

Área de Captação (m ²)	230,19
Coeficiente de runoff	0,8
Demanda (m ³)	50

Fonte: Autor (2022).

O valor adotado da demanda foi de 50 m³ por mês, uma vez que esta é a necessidade de consumo de água do estabelecimento para que sua atividade econômica seja suprida.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Demanda contratada

A demanda foi determinada pelos dados de consumo de água tratada (m³) fornecidos pela SABESP (Saneamento Básico do Estado de São Paulo).

O volume da demanda informado através da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo é de 46,83 m³ de água tratada mensalmente, conforme Talão de Cobrança de abastecimento de água e esgoto. Este valor informado o qual corresponde ao volume é referente a média dos últimos 6 Talões de Cobrança. Devido a isso adotou-se uma demanda 50 m³ já que o valor fornecido de 46,83 foi beneficiado do sistema de captação de águas pluviais.

Figura 04 – Talão de Cobrança de abastecimento de água e esgoto.

Economias: RES 1		Próxima leitura: 03/12/2021		Tipo de Ligação: ÁGUA E ESGOTO	
Data da apresentação: 03/11/2021		Próxima leitura: 03/12/2021		Tipo Mercado: COMUM	
Condição de leitura: LEITURA NORMAL					
	Leitura anterior	Leitura Atual	Consumo (M3)	Período	Média(M3)
Água	03/09/2021 - 1000	03/11/2021 - 1015	15,0	61	7,00

Fonte: SABESP (2022).

A figura acima exemplifica um Talão de Cobrança de Água o qual demonstra o volume médio de água consumido e disponibilizado pela SABESP.

4.2 Aplicação dos métodos de cálculo do reservatório para o estudo de caso

4.2.1 Método de Rippl

Para o dimensionamento através do Método de Rippl utilizou-se as equações 1, 2 e 3, ainda foi empregado os valores de precipitação do Quadro 05.

Sendo assim, os resultados obtidos a partir deste método encontram-se evidenciados abaixo:

Quadro 07 – Dimensionamento pelo Método de Rippl.

Mês	Chuva Média Mensal (mm)	Volume de Chuva Aproveitável (m ³)	Volume de Água no Reservatório (m ³)	Diferença Acumulada (m ³)
	Pt	Qt	St	V
Janeiro	161,00	29,65	20,35	20,35
Fevereiro	136,38	25,11	24,89	45,24
Março	109,88	20,23	29,77	75,00
Abril	66,38	12,22	37,78	112,78
Mai	89,00	16,39	33,61	146,39
Junho	110,63	20,37	29,63	176,02
Julho	55,25	10,17	39,83	215,85
Agosto	103,75	19,11	30,89	246,74
Setembro	67,25	12,38	37,62	284,36
Outubro	146,25	26,93	23,07	307,42
Novembro	143,00	26,33	23,67	331,09
Dezembro	136,50	25,14	24,86	355,95
Total	1325,25	244,05	355,95	

Fonte: Autor (2022).

Desta forma, a partir da observação deste método, o volume do reservatório deve ser a soma de todos os volumes de água no reservatório, ou seja, o reservatório deve ter 355,95 m³. Vale ressaltar que este método geralmente superdimensiona quando aplicado em regiões ao sul do país, devido a precipitação da localização territorial. Posto que $V = \sum S(t)$, somente para valores $S(t) > 0$. Deste modo, o método pode ser classificado como conservador.

4.2.2 Método da Simulação

Já o Método da Simulação utiliza a equação 4, portanto, representa as hipóteses de volume de reservatório. Logo, o volume do reservatório será o menor volume, ou seja, o menor valor que zere, a partir de fevereiro, todos os meses na coluna de Suprimento de água externo provido pela SABESP, conforme demonstrado no Quadro 08 abaixo.

Quadro 08 – Dimensionamento pelo Método da Simulação.

Mes	Chuva Média Mensal (mm)	Volume de Chuva Mensal (m ³)	Volume do reservatório (m ³)	Volume do reservatório no tempo (t-1) (m ³)	Volume do reservatório no tempo (t) (m ³)	Volume que saiu do reservatório de captação (m ³)	Suprimento de água externo provido pela SABESP (m ³)	Diferença entre o volume captado e a demanda (m ³)
	P	P x A	V	Si	Si+1			
Janeiro	161,00	37,06	335,6	0,00	335,60	-335,60	12,94	12,94
Fevereiro	136,38	25,11	335,6	335,60	310,71	24,89	0,00	24,89
Março	109,88	20,23	335,6	310,71	280,95	29,77	0,00	29,77
Abril	66,38	12,22	335,6	280,95	243,17	37,78	0,00	37,78
Mai	89,00	16,39	335,6	243,17	209,56	33,61	0,00	33,61
Junho	110,63	20,37	335,6	209,56	179,93	29,63	0,00	29,63
Julho	55,25	10,17	335,6	179,93	140,11	39,83	0,00	39,83
Agosto	103,75	19,11	335,6	140,11	109,21	30,89	0,00	30,89
Setembro	67,25	12,38	335,6	109,21	71,60	37,62	0,00	37,62
Outubro	146,25	26,93	335,6	71,60	48,53	23,07	0,00	23,07
Novembro	143,00	26,33	335,6	48,53	24,86	23,67	0,00	23,67
Dezembro	136,50	25,14	335,6	24,86	0,00	24,86	0,00	24,86

Fonte: Autor (2022).

O mês de janeiro foi o único período em que o suprimento de água externo não zerou, pois considera-se que no primeiro mês o reservatório irá se encher por completo.

Em razão disto, observa-se que a precipitação mensal não é suficiente para cobrir a demanda conforme Quadro 09, logo, o método dimensiona o reservatório que foi enchido no mês de janeiro de forma que exista reserva para os meses subsequentes. Sendo assim, o volume do reservatório será a soma dos meses de fevereiro a dezembro da última coluna.

Para determinar o menor reservatório, utilizou-se a ferramenta “atingir meta” do Excel. Desse modo, observa-se que, o menor volume é de 335,60 m³, a partir de fevereiro, uma vez que este zera a coluna de suprimento de água promovido pela SABESP.

4.2.3 Método Azevedo Neto

Este método utiliza da equação 5, a qual exige que seja determinado o número de meses secos do ano. Ou seja, meses em que não atingiu 80% da média anual de precipitação. Os meses que não atingiram a métrica foram o mês de abril, julho e setembro. Desta forma, os resultados de análise do Método Azevedo Neto.

Quadro 09 – Dimensionamento pelo Método Azevedo Neto.

P - Precipitação anual (mm)	1325,25
A - Área de coleta (m ²)	230,19
T - N° de meses secos	3,00
V - Volume do reservatório (m ³)	38,44

Fonte: Autor (2022).

A partir deste método o volume do reservatório é de 38,44 m³. Importante ressaltar que este método não leva em conta a demanda de água.

4.2.4 Método Prático Inglês

O Método Prático Inglês utiliza-se de fórmula empíricas a qual observa a Área de Captação e a precipitação média anual. Ressalta-se que este método utiliza como base 5% da água anual captada.

Quadro 10 – Dimensionamento pelo Método Prático Inglês.

P - Precipitação média anual (mm)	1325,25
A - Área de coleta (m ²)	230,19
S - Volume do reservatório (m ³)	15,25

Fonte: Autor (2022).

Aplicando a equação 6 chegou-se a um resultado de 15,25 m³ de volume do reservatório.

4.2.5 Método Prático Alemão

O Método Prático Alemão, apesar de remontar algumas semelhanças ao método indicado anteriormente, apresenta diferenças em sua fórmula e observação dos dados.

Segundo este método, será utilizado o volume de água de 6% da demanda ou da disponibilidade de chuvas. Desta forma, observando a disponibilidade de água, a área de captação e a demanda diária, conclui-se que o reservatório será de 18,30 m³ ao aplicar a fórmula.

Este método reduz o custo de implantação já que diminui o volume do reservatório tendo maior facilidade de aplicação (AMORIM E PEREIRA apud CABRAL, 2018).

Quadro 11 – Dimensionamento pelo Método Prático Alemão.

P - Precipitação média anual (mm)	1325,25
A - Área de captação (m ²)	230,19
D - Demanda diária (m ³)	1,67
S - Volume do reservatório (m ³)	18,30

Fonte: Autor (2022).

4.2.6 Método Prático Australiano

O Método Prático Australiano utiliza as equações 8, 9, 10 e 11. No caso analisado o método falha de duas formas, primeiro que para determinar o volume do reservatório o método utiliza o maior volume de V_t, ou seja, o maior volume de água no fim do mês. Desta forma, como a demanda é maior que o volume captado, no fim do mês, não sobra volume de água. Deste modo, o método falha pela confiança, já que o valor apresentado por esse método tem que ser entre 90% a 99%, portanto, como em nenhum mês será possível suprir a demanda, a confiança é de 0%.

Quadro 12 – Dimensionamento pelo Método Prático Australiano.

Mês	Chuva média mensal (mm)	Volume de Chuva Aproveitável (m ³)	Volume de água no início do mês t (m ³)	Volume de água no fim do mês t (m ³)
	P	Qt	Vt-1	Vt
Janeiro	161,00	29,28	0,00	0,00
Fevereiro	136,38	24,75	0,00	0,00
Março	109,88	19,87	0,00	0,00
Abril	66,38	11,85	0,00	0,00
Mai	89,00	16,02	0,00	0,00
Junho	110,63	20,00	0,00	0,00
Julho	55,25	9,81	0,00	0,00
Agosto	103,75	18,74	0,00	0,00
Setembro	67,25	12,02	0,00	0,00
Outubro	146,25	26,56	0,00	0,00
Novembro	143,00	25,97	0,00	0,00
Dezembro	136,50	24,77	0,00	0,00
Total	1325,25	243,68	0,00	0,00

Fonte: Autor (2022).

4.2.7 Comparação entre os Métodos

Dentre todos os métodos analisados observa-se que somente o Prático Inglês e Prático Alemão obtiveram valores relativamente próximos da realidade no sistema de captação encontrado na estrutura do *petshop*.

Destaca-se que são os valores mais próximos da realidade uma vez que a edificação analisada e o Sistema de Captação nela existente possui um reservatório de 5 m³, sendo assim, o volume de reservatório dos Métodos apresentados que mais se aproxima do sistema de captação analisado é o Método Prático Inglês e Prático Alemão, uma vez que estes possuem reservatórios, respectivamente, de 15,25 m³ e 18,30 m³. Importante dizer que volumes de reservatórios altos iguais aos descritos no método Rippl e da Simulação ultrapassam a faixa dos 300 m³ conforme Quadro 15.

Conforme demonstrado no item 4.2, existem diversos métodos que podem ser utilizados para que se estruture um Sistema de Captação de Águas Pluviais.

Ocorre que mediante a explicação de cada um deles, observa-se que todos possuem sua peculiaridade, e, em razão disto, se amoldam de forma distinta aos diferentes valores pluviométricos e volumes.

Tendo em vista a apresentação dos diversos métodos utilizados para averiguar o volume e demanda necessárias para um Sistema de Captação de Água Pluvial, é necessário discutir sobre a região que o estabelecimento se encontra e o volume de precipitação desta, já que a precipitação de cada região altera o dimensionamento do reservatório.

De acordo com os métodos observados anteriormente e os dados coletados através Secretaria Municipal da Agricultura e Pecuária referente ao volume de chuva na região, demonstra-se que o método Prático Inglês e Prático Alemão obtiveram volumes menores.

Os Métodos Prático Inglês e Prático Alemão obtiveram volume menor e mais próximo do real em comparação aos outros métodos abordados no item 4.2 que são mais conservadores. Devido a demanda diária ser relativamente alta, $1,67 \text{ m}^3$, o reservatório não precisa ter um volume muito grande, uma vez que a água que outrora foi captada se incorpora a demanda do estabelecimento comercial.

Sendo assim, se analisado o reservatório de 15 m^3 dimensionado pelo Método Prático Inglês, percebe-se que esse reservatório suporta 3,78 dias com a chuva média da região que é de 21,52 mm. Vale ressaltar que o estabelecimento comercial só fecha, ou seja, não utiliza água, nos domingos e feriados, sendo assim, o *petshop* fica fechado no máximo dois dias em caso de feriado próximo ao domingo.

Importante destacar que foi possível chegar a esta conclusão em razão da coleta de dados realizada diretamente no Sistema de Captação de Águas instalado na edificação e posterior aplicação dos métodos, somado as informações disponibilizadas pelo órgão público municipal.

Quadro 13 – Comparação entre métodos.

Método	Volume do Reservatório (m ³)
Rippl	355,95
Simulação	335,60
Azevedo Neto	38,44
Prático Inglês	15,25
Prático Alemão	18,30
Prático Australiano	0,00

Fonte: Autor (2022).

Percebe-se que os métodos que utilizam da demanda em suas análises geraram volumes grandes. Isso ocorre já que a demanda é muito alta, a ponto de que o volume de água captado é insuficiente para supri-la.

Os métodos que utilizam a demanda para seus cálculos e análises geraram grandes reservatórios, isto ocorre porque a demanda do estabelecimento comercial é muito alta, enquanto a área de captação e a precipitação de chuvas não conseguem suprir a demanda.

Importante destacar que o Método Prático Australiano também utiliza a demanda como elemento do cálculo, porém, de acordo com o Quadro 14, não foi possível determinar o volume do reservatório desta forma. Tal impossibilidade se verifica em razão de que nenhum mês conseguiu suprir a demanda, e, como suprir ou não a demanda é fator determinante de verificação do volume do reservatório, obteve uma confiança de 0%. Como os valores de volume no fim do mês, $V(t)$, foram de 0 e sua confiança de 0%, sendo que o valor recomendado para a confiança é de 90% a 99%.

Referente ao Método de Rippl, o mesmo é conservador, obtendo valor elevado, inferior somente ao da Simulação, uma vez que este prevê a demanda que deveria ser suprida. Ocorre que, segundo o Método da Simulação, a demanda sempre será maior que o volume captado.

É possível observar que o Método Rippl é conservador uma vez que utiliza da diferença acumulada entre a demanda e o volume de água captado. O valor do

volume do reservatório leva em consideração os volumes acumulados que são necessários para suprir a demanda (LEITE; SANTOS, 2015).

Já o Método da Simulação gera um volume do reservatório grande uma vez que considera no primeiro mês que o reservatório está enchendo, deste modo, gera um grande volume para suprir o faltante em cada mês para alcançar a demanda.

Quanto ao Método Azevedo Neto, só aplica no cálculo o volume de chuva, a área de captação e o número de meses secos do ano, aqueles que não alcançam a média de precipitação anual de 80%, desse modo o método dimensiona de forma que exista uma reserva para os meses de baixa precipitação anual.

Diferentemente do Método Azevedo Neto que não se adequa à edificação analisada, o Método Prático Alemão e Método Prático Inglês obtiveram melhores resultados frente aos volumes obtidos, visto que os reservatórios são menores e o aporte de chuva pode enche-los.

4.2.8 Avaliação dos métodos em relação a edificação

Ocorre que o enquadramento fático descrito anteriormente não se adequa em todas as regiões do país. Neste sentido, será abordado neste momento um estudo realizado em outro Estados com diferentes recursos hídricos disponíveis.

O estudo de Fonseca e Filho (2019) analisou as cidades de Belo Horizonte, Goiânia e Porto Alegre que passaram por um período de 04 meses de seca. Segundo os autores, verificou-se que o melhor método seria um dos métodos práticos ou Rippl para que, posteriormente, se aplique o volume no método da simulação. Já que, de acordo com os autores, esta seria a forma mais assertiva de mensurar o volume obtido, uma vez que seria mais seguro e confiável.

Já a análise realizada por Lima e Steffen (2018), no município de Toledo-PR, obteve resultados semelhantes nos métodos Prático Alemão, Prático Inglês, Simulação e Rippl, sendo analisado um edifício hipotético com 100 m² de área de captação no município.

Para a aplicação na Universidade Federal do Pará, os melhores métodos foram o da Simulação e o Computacional Netuno (DUARTE; BLANCO; CARDOSO, 2019), sendo que este último método não foi analisado no presente trabalho

Já em Maceió-AL, os métodos com maior eficiência no dimensionamento foram o Método da Simulação e Método Prático Australiano (CUNHA E NEVES, 2017).

Quadro 14 – Análise do método escolhido por cidade.

Autor	Cidade	Método
Fonseca e Filho	Belo Horizonte	Um dos métodos práticos ou Rippl e depois aplicar o método da simulação
	Goiânia	
	Porto Alegre	
Lima e Steffen	Toledo	Prático Alemão ou Prático Inglês
Duarte, Blanco e Cardoso	Belém	Método da Simulação
Cunha e Neves	Maceió	Método da Simulação e Prático Australiano

Fonte: Autor (2022).

Em razão da importância da precipitação da região para a escolha do método de dimensionamento do reservatório, foi realizada o quadro acima para demonstrar de forma objetiva o método mais adequado para cada localização territorial. Destaca-se que os métodos variam seu dimensionamento em razão do volume, precipitação e área de captação. Desse modo observa-se que as cidades de Belo Horizonte, Goiânia e Porto Alegre sofrem com secas em alguns meses, já o município de Belém tem um volume pluviométrico maior que Maceió.

Deste modo, percebe-se que devido ao país ter um vasto território com diversos climas, biomas e extensão continental é inviável estabelecer um único método. Apesar disso, há que se falar que os métodos que se destacaram foram o Método da Simulação, Método Prático Inglês e Método Prático Australiano. Vale ressaltar que cada método é mais eficiente de acordo com a disponibilidade hídrica do local, desse modo cada método irá dimensionar um reservatório com base no volume captado, que, em síntese, é a área de cobertura multiplicado pela precipitação.

4.3 Estimativa de economia

Em razão da economia de água, o sistema de captação torna-se um grande atrativo, uma vez que para implantá-lo terá o custo de instalação inicial, e, posteriormente, somente os custos de manutenção.

Uma vez que a economia de água é o fator motriz do uso de captação, foi verificado quanto o estabelecimento analisado economiza, em média, utilizando o Sistema de Captação de Água Pluvial.

Para esta análise foi utilizado o custo por m³ de água tratada no mês de abril da cidade de Itararé/SP. O valor cobrado pela SABESP varia de acordo com o volume utilizado e pode ser observado no quadro abaixo.

Quadro 15 – Valor do m³ de água tratada.

M ³ de água tratada	Custo (R\$)
De 0 até 10,33	5,82
De 10,34 até 20,67	6,89
De 20,68 até 51,67	24,33

Fonte: SABESP (2022).

Com os dados de custo de água tratada pode-se calcular a economia com base na precipitação média do mês, área de captação e coeficiente de runoff, ou seja, equação 2.

Para determinar a economia monetária é necessário calcular de modo decrescente o custo por m³, de forma que, quando captado 25,11 m³, considera-se o custo de R\$24,33 reais, para volume entre 20,68 e 51,67, já que dos 50 m³ de demanda 25,11 m³ foram captados. Sendo assim, 24,89 m³ abastecidos pela rede pública, como 24,89 m³ já se enquadra no último custo de água, utiliza-se o valor de R\$ 24,33 reais para o cálculo.

Quadro 16 – Economia do sistema.

Mês	Média mensal (mm)	Água captada (m³)	Economia(R\$)
Janeiro	161,00	29,65	489,60
Fevereiro	136,38	25,11	611,02
Março	109,88	20,23	492,29
Abril	66,38	12,22	297,39
Maiο	89,00	16,39	398,76
Junho	110,63	20,37	495,65
Julho	55,25	10,17	247,54
Agosto	103,75	19,11	464,84
Setembro	67,25	12,38	301,31
Outubro	146,25	26,93	697,15
Novembro	143,00	26,33	640,70
Dezembro	136,50	25,14	611,58
Total	1325,25	244,05	5.747,81

Fonte: Autor (2022).

Dessa forma, estima-se que o estabelecimento economiza, aproximadamente, R\$5.747,81 reais anualmente.

4.4 Comparativo entre a captação teórica e prática

Durante o mês de abril foi acompanhado o nível de água do reservatório de captação de águas pluviais. Para realizar a mensuração ocorreu a desativação das bombas de água, de forma que fosse possível observar o real volume captado por dia.

A mensuração do nível de água foi medida a partir do espaço vertical disponível entre o nível de água até a tampa. Importante ressaltar que o reservatório está enterrado, desta forma, havia dificuldade da confirmação do alcance da trena ao fundo do tanque.

Sendo assim, os valores estão representados no Quadro 17.

Quadro 17 – Volume captado no mês de abril.

Dia	Altura da água (cm)	Volume (m³)	Volume (L)
01/04	28,00	0,97	969,81
02/04	1,00	0,03	34,64
03/04	1,00	0,03	34,64
04/04	0,00	0,00	0,00
05/04	0,00	0,00	0,00
06/04	0,00	0,00	0,00
07/04	0,00	0,00	0,00
08/04	2,00	0,07	69,27
09/04	0,00	0,00	0,00
10/04	0,00	0,00	0,00
11/04	6,50	0,23	225,13
12/04	4,50	0,16	155,86
13/04	13,00	0,45	450,27
14/04	0,00	0,00	0,00
15/04	27,00	0,94	935,17
16/04	4,00	0,14	138,54
17/04	0,00	0,00	0,00
18/04	0,00	0,00	0,00
19/04	0,00	0,00	0,00
20/04	0,00	0,00	0,00
21/04	0,00	0,00	0,00
22/04	11,50	0,40	398,31
23/04	0,00	0,00	0,00
24/04	0,00	0,00	0,00
25/04	0,00	0,00	0,00
26/04	0,00	0,00	0,00
27/04	0,00	0,00	0,00
28/04	0,00	0,00	0,00
29/04	0,00	0,00	0,00
30/04	0,00	0,00	0,00
Total	98,50	3,41	3.411,65

Fonte: Autor (2022).

Em verde está representado os domingos, dia em que o estabelecimento não funciona, ou seja, não utiliza água. A demanda mensal é de 50 m³, desse modo, pode-se observar que o valor captado é extremamente baixo perto da demanda, sendo assim, incapaz de supri-lá.

Com os dados de captação pluvial ocorreu a análise e comparação do valor obtido entre as equações 2 e 8 que estimam a captação. A equação 2 calcula o volume captado pela área de captação, precipitação e coeficiente de runoff, já a equação 8 faz pela área de captação, precipitação e considera interceptação da água que molha as superfícies e perdas por evaporação, geralmente 2 mm. A mensuração efetivada *in loco* foi realizada pelo autor enquanto os dados pluviométricos foram fornecidos pela Secretaria de Agricultura e Pecuária, ambos referente ao mês de abril.

Quadro 18 – Comparativo dos dados *in loco* com as equações.

Captado <i>in loco</i> (m ³)	Eq 2 (m ³)	Eq 8 (m ³)
3,41	4,24	3,87

Fonte: Autor (2022).

Sendo assim, observa-se que o volume captado *in loco* é menor que o volume obtido nas equações. Desse modo, a exceção 2 e 8 foram 24% e 13% maiores que o captado *in loco*.

Percebe-se também que a equação 8 chegou mais próximo do valor do que a equação 2. A diferença entre essas equações é que a equação 8 considera a interceptação da água que molha as superfícies e perdas por evaporação.

4.5 Análise dos Métodos e Resultados: ponderações referentes ao reservatório, demanda e área de captação

O presente trabalho realizou uma análise do Sistema de aproveitamento de águas de um *pet shop* – sendo assim, é possível afirmar que a demanda de água do local é alta.

A área de edificação comercial é composta por uma área construída de 340,11m², tendo a cobertura de captação cerca de 230 m². Referente ao Sistema de Captação de águas Pluviais, este é composto por dois reservatórios, sendo que o inferior tem capacidade de 5000L enquanto o superior com capacidade de 1000L. Ressalta-se, ainda, que a descrição do local de forma pormenorizada foi realizada no item 3.1 do presente trabalho e exemplificada através da Figura 02 – Croqui da edificação, Figura 03 – Corte da edificação, Imagem 02 e Imagem 03.

Posto que, em síntese, descreveu a estrutura do edifício comercial e seu sistema de captação, há que se discutir questões referentes aos métodos que tangenciam ao reservatório, demanda e área de captação.

De acordo com os resultados dos Métodos apresentados no item 4.2 do presente trabalho, há que se discutir quanto o cálculo do reservatório para o estudo de caso.

Com base na demanda e no volume de água captado percebe-se que em nenhum mês foi possível supri-la. Uma vez que temos a demanda de 50 m³ e o maior volume de água captado foi no mês de janeiro sendo de 29,65 m³ (equação 2) e/ou 29.28 m³ (equação 8). Deste modo, podemos afirmar que em nenhum momento o reservatório se encontrou completamente cheio

Diante desta situação, é possível dizer que não existem grande custo-benefício na instalação de um grande reservatório em locais onde a área de captação seja pequena juntamente com a precipitação não supra a demanda.

Importante destacar que nenhum dos métodos estudados foi apto para o dimensionamento de um reservatório para a situação da edificação analisada onde o volume de chuva captado não é capaz de suprir a demanda. Já que os métodos dimensionaram reservatórios muito grandes que nunca irão se encher por completo, a menos que cesse ou diminua a demanda.

Nesta perspectiva, há que se questionar da quantidade da demanda que seria suprida no caso estudado.

Quadro 19 – Quantidade da demanda atendida.

Mês	Média mensal (mm)	Água captada (m ³)	Demanda mensal (m ³)	% de demanda atendida
Janeiro	161,00	29,65	50	59,30
Fevereiro	136,38	25,11	50	50,23
Março	109,88	20,23	50	40,47
Abril	66,38	12,22	50	24,45
Mai	89,00	16,39	50	32,78
Junho	110,63	20,37	50	40,74
Julho	55,25	10,17	50	20,35
Agosto	103,75	19,11	50	38,21
Setembro	67,25	12,38	50	24,77
Outubro	146,25	26,93	50	53,86
Novembro	143,00	26,33	50	52,67
Dezembro	136,50	25,14	50	50,27
			Média	40,67

Fonte: Autor (2022).

Conforme o Quadro 19 demonstrado acima, o percentual de demanda atingido é de 40,67%, uma vez que este é a média do percentual de demanda atingida dos 12 meses. Vale ressaltar que o valor da demanda indicado não é por nenhum método, mas sim o potencial teórico de captação de chuva em relação a área de captação.

Referente ao potencial teórico, destaca-se que o Quadro 20 calculou o percentual de demanda atendida considerando uma captação sem perdas. Conforme explicado no item 2.1, o Sistema de Captação de Águas Pluviais recomenda a instalação de um dispositivo de primeira lavagem (*first flush*), sendo assim, no contexto real, não ocorre a reservação de toda a água de chuva, diferentemente da análise teórica.

Sendo assim, um percentual da água captada será perdido no *first flush*, em razão dos sedimentos que prejudica o escoamento ou face obstrução na passagem dos condutores horizontais e verticais.

Diante dos Métodos abordados no item 4.2 e considerando-se a discussão realizada neste tópico, o método que melhor dimensionou no presente estudo de caso foi o Método Prático Inglês o qual dimensionou a capacidade do reservatório em 15,25 m³.

O reservatório de 15,25 m³ foi o menor apresentado dentre os métodos, sendo este o indicado, já que no estabelecimento já existe um reservatório de 5 m³ e este, até então, não transbordou, já que a água que chega no reservatório sempre é utilizada.

Utilizando a área ampliada da edificação para verificar o quanto da demanda poderia ser suprida com essa área, chegou-se no seguinte quadro.

Quadro 20 – Quantidade da demanda atendida utilizando a área ampliada.

Mês	Média mensal (mm)	Água captada (m ³)	Demanda mensal (m ³)	% de demanda atendida
Janeiro	161	43,81	50	87,61
Fevereiro	136,38	37,11	50	74,21
Março	109,88	29,90	50	59,79
Abril	66,38	18,06	50	36,12
Mai	89	24,22	50	48,43
Junho	110,63	30,10	50	60,20
Julho	55,25	15,03	50	30,07
Agosto	103,75	28,23	50	56,46
Setembro	67,25	18,30	50	36,60
Outubro	146,25	39,79	50	79,59
Novembro	143	38,91	50	77,82
Dezembro	136,5	37,14	50	74,28
			Média	60,10

Fonte: Autor (2022).

Utilizando então uma área total de 340,11 m², seria atendido 60,10% da demanda do estabelecimento, ou seja, 30,05 m³ de água da demanda.

A SABESP determina uma taxa mínima para a utilização da água tratada pro eles, essa taxa representa o valor de 10 m³ de água tratada. Desse modo, pode-se considerar que a demanda não seria de 50 m³ e sim de 40 m³ já que 10 m³ seriam cobrados sendo usado ou não. Sendo assim, se utilizado os 340,11 m² de cobertura seria suprido cerca de 75,13% da demanda de 40 m³.

Referente ao Método da Simulação, é importante indicar que a demanda não será inteiramente suprida na edificação estudada, uma vez que o volume de água captado é inferior a demanda. Diante ao exposto, há que se discutir quanta da demanda que deseja suprir, já que existe a impossibilidade de abastecer o reservatório por completo.

Sendo assim, utilizando o Método da Simulação para verificar quanto da demanda um reservatório de 20 m³ supre, chegamos a um valor de 44,01% da demanda atendida.

Quadro 21 – Método da Simulação utilizando um reservatório de 20 m³.

Mes	Chuva Média Mensal (mm)	Área de captação (m ²)	Volume de Chuva Mensal (m ³)	Demanda mensal (m ³)	Volume do reservatório fixado (m ³)	Volume do reservatório no tempo (t-1) (m ³)	Volume do reservatório no tempo (t) (m ³)	Suprimento de água externo provido pela SABESP (m ³)	% demanda atendida
	P	A	P x A	D	V	Si	Si+1		
Janeiro	161,00	230,19	29,65	50,00	20,00	0,00	20,00	20,35	59,30
Fevereiro	136,38	230,19	25,11	50,00	20,00	20,00	-4,89	4,89	90,23
Março	109,88	230,19	20,23	50,00	20,00	0,00	-29,77	29,77	40,47
Abril	66,38	230,19	12,22	50,00	20,00	0,00	-37,78	37,78	24,45
Maiο	89,00	230,19	16,39	50,00	20,00	0,00	-33,61	33,61	32,78
Junho	110,63	230,19	20,37	50,00	20,00	0,00	-29,63	29,63	40,74
Julho	55,25	230,19	10,17	50,00	20,00	0,00	-39,83	39,83	20,35
Agosto	103,75	230,19	19,11	50,00	20,00	0,00	-30,89	30,89	38,21
Setembro	67,25	230,19	12,38	50,00	20,00	0,00	-37,62	37,62	24,77
Outubro	146,25	230,19	26,93	50,00	20,00	0,00	-23,07	23,07	53,86
Novembro	143,00	230,19	26,33	50,00	20,00	0,00	-23,67	23,67	52,67
Dezembro	136,50	230,19	25,14	50,00	20,00	0,00	-24,86	24,86	50,27
								Média	44,01

Fonte: Autor (2022).

Desta forma, utilizando o mesmo método, pode-se averiguar o quanto da demanda um reservatório de 5m³, similar ao instalado na edificação, seria capaz de suprir a demanda.

Quadro 22 – Método da Simulação para o volume de 5 m³.

Mes	Chuva Média Mensal (mm)	Área de captação (m ²)	Volume de Chuva Mensal (m ³)	Demanda mensal (m ³)	Volume do reservatório fixado (m ³)	Volume do reservatório no tempo (t-1) (m ³)	Volume do reservatório no tempo (t) (m ³)	Suprimento de água externo provido pela SABESP (m ³)
	P	A	P x A	D	V	Si	Si+1	
Janeiro	161,00	230,19	29,65	15,17	5	0,00	5,00	0,00
Fevereiro	136,38	230,19	25,11	15,17	5	5,00	5,00	0,00
Março	109,88	230,19	20,23	15,17	5	5,00	5,00	0,00
Abril	66,38	230,19	12,22	15,17	5	5,00	2,05	0,00
Maio	89,00	230,19	16,39	15,17	5	2,05	3,26	0,00
Junho	110,63	230,19	20,37	15,17	5	3,26	5,00	0,00
Julho	55,25	230,19	10,17	15,17	5	5,00	0,00	0,00
Agosto	103,75	230,19	19,11	15,17	5	0,00	3,93	0,00
Setembro	67,25	230,19	12,38	15,17	5	3,93	1,14	0,00
Outubro	146,25	230,19	26,93	15,17	5	1,14	5,00	0,00
Novembro	143,00	230,19	26,33	15,17	5	5,00	5,00	0,00
Dezembro	136,50	230,19	25,14	15,17	5	5,00	5,00	0,00

Fonte: Autor (2022).

O Quadro 22 faz análise do volume de reservatório de 5 m³, ou seja, do reservatório existente na edificação. Com isto é possível fazer um comparativo do quanto o Método indica que seria a demanda supostamente suportada pra este tipo de reservatório em relação ao sistema instalado.

De acordo com o Quadro 22 um reservatório de 5 m³ é capaz de suprir uma demanda de 15,17 m³. Com isso fica nítido o problema no dimensionamento referente a situações onde o volume captado é menor que a demanda, de forma que, uma demanda 50 m³ e um reservatório de 5 m³ não ocasionou problemas e foi capaz de entregar de forma integral todo volume de chuva captado.

Sendo assim, o sistema existente consegue utilizar de toda a água captada mesmo com o reservatório de 5 m³ uma vez que a alta demanda não possibilita que o reservatório se encha por completo.

4.6 Melhorias sugeridas

O ideal para o sistema de captação de águas pluviais é o fácil acesso ao filtro, já que o mesmo se encontra no depósito de estoque do estabelecimento comercial, situado no pavimento subterrâneo embaixo de pallets de madeira onde são armazenados sacos de ração. Em razão dos fatos descritos anteriormente, observa-se que o acesso ao filtro fica comprometido, posto que não é de fácil acesso.

Outra sugestão seria a troca da boia da bomba do reservatório superior, pois esse equipamento não está conseguindo armar a bomba para encher o reservatório. O problema é devido, possivelmente, ao cabo da boia que é bem grosso. Importante destacar que esta disfunção só ocorre para armar a bomba, para desarmar não apresenta adversidades.

A instalação de uma bomba reserva é um mecanismo que pode ser aplicado ao sistema, evitando o desligamento mesmo em caso de mal funcionamento da bomba.

Tendo em vista que o estabelecimento comercial foi ampliado, há que se falar em uma sugestão para o aumento da água captada. Desta forma, para que o volume de água captado supra a demanda em maior quantidade, há que se falar no uso da cobertura da parte dos fundos. Sendo assim, o volume de água da chuva captado aumentaria, e, conseqüentemente, o abastecimento da rede pública diminuiria.

Ademais, não há sugestões adicionais a serem discutidas e aplicadas ao estabelecimento comercial.

Quadro 23 – Frequência de manutenção

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

Fonte: ABNT, 2007.

O quadro 23 mostra a frequência de manutenção dos componentes do sistema, com isso pode-se observar que mensalmente a bomba irá necessitar de manutenção desse modo utilizando a reserva. Além disso a indicação de limpeza do filtro é de forma mensal, sendo assim um fácil acesso ajuda nesse processo.

5 CONCLUSÃO

Observa-se, após o desenvolvimento do presente trabalho, que o uso da captação de águas pluviais apresenta uma alternativa face a escassez de recursos hídricos. Conforme informado anteriormente, o desenvolvimento da humanidade pressupõe a existência de recursos hídricos a fim de que os grandes centros urbanos tenham possibilidades de crescimento.

Em razão disto, e da possibilidade inerente de uma crise hídrica, a engenharia realizou o estudo de métodos que viabilizassem o surgimento de formas de aproveitamento das águas. Posto isto, verificou-se que a captação de águas pluviais seriam uma nova fonte para recurso hídrico.

Desta forma, o sistema de captação de água da chuva é uma alternativa para facilitar o acesso, economizar água, e, ainda, trazer benefícios ambientais, conforme explicado anteriormente.

Logo, o presente trabalho, apresentou como objeto de estudo uma edificação comercial no município de Itararé/SP que utiliza do Sistema de Captação de Águas Pluviais para abastecimento próprio a fim de prover água para as atividades que exerce. Em razão disto, foi apresentado os Métodos e suas devidas fórmulas que demonstram a forma que se daria este Sistema.

Ainda, foi analisado que os diversos métodos existentes possuem particularidades entre si, e, em razão disto, apresentam diferenças em seu cálculo.

Comparando os 6 métodos pode-se analisar que seus resultados divergiram. O Método Prático Inglês resultou no valor mais próximo do existente, esse método utiliza 5% da água captada para determinar o volume do reservatório. Há que se falar que demais métodos que levam em conta a demanda, acabaram sendo conservadores.

Além disso percebe-se que existe uma grande variação sobre qual seria o melhor método a depender da localidade e da precipitação, sendo o Método da Simulação, Prático Inglês e Prático Australiano os que mais se destacaram entre os autores analisados.

Vale ressaltar que os métodos que utilizam a demanda em suas análises e cálculos geraram volumes grandes para o estudo de caso, isso ocorreu pois o volume captado é insuficiente para suprir a demanda.

Através do sistema existente no estabelecimento foi possível reduzir o consumo de água de rede e assim apresentando uma economia de quase 240 m³ de água pluvial, gerando uma economia em média de R\$ 5.750,00 reais. Dessa forma, por mais que o sistema de captação não supra a demanda por inteira, acaba reduzindo o consumo de água da rede e economizando no final do mês.

O comparativo entre a captação teoria e prática ressalta que os valores não são iguais, uma vez que na prática é captado menos, com uma diferença de 13% do resultado mais próximo.

O Sistema de Captação de Águas Pluviais analisado foi redimensionado face aos diferentes métodos. Importante destacar que, de acordo com Fonseca e Filho (2019), existe uma diferença entre os valores obtidos de volume do reservatório de cada método dificultando a tomada de decisão do projetista.

Importante destacar que os Métodos possuem diferenças entre si e podem se amoldar com maior eficácia dependendo da disponibilidade dos recursos hídricos. Logo, após o redimensionamento dos reservatórios através das diferentes metodologias propostas pela norma, há que se analisar qual método dimensionou o melhor volume para a edificação analisada.

Neste sentido, após a análise da área e quantificação do volume de água coletado pelo sistema de captação, conclui-se que este não supre a demanda completa do estabelecimento.

Primeiramente, a demanda é alta de 50 m³, posto que o pet shop trabalha com banhos e tosas, e, ainda, a área de captação é de, aproximadamente, 230,19 m² conforme indicado na Figura 02 – Croqui da edificação.

O volume de água captado não foi capaz de suprir a demanda, uma vez que toda a chuva reservada foi absorvida por esta. Uma vez que o volume captado é a área de captação vezes a precipitação, sendo assim, há que se falar que o volume captado não é suficiente para cobrir a demanda do estabelecimento, sendo necessário o uso do abastecimento da rede pública.

Ademais, mediante a apresentação dos Métodos no presente trabalho verifica-se que o Método Prático Inglês e Prático Alemão dimensionou a capacidade do reservatório em 15,25 m³ e 18,30 m³, valor este mais próximo do reservatório já existente na edificação.

Destaca-se que não é necessário um reservatório com valores distantes de 5 m³ (reservatório da edificação), uma vez que a demanda não é suprida e toda a água da chuva captada é incorporada para uso. Ressalta-se que por este motivo exposto, estes são os métodos indicados pelo autor, posto que a captação é incorporada a demanda, a qual não é suprida. Ainda, em razão do custo-benefício, há que se falar na aplicação dos métodos ora indicados, uma vez que não vale a pena fazer uso de um reservatório maior que o presente na edificação, já que este não encheria, posto que a demanda não é suprida.

Verificou-se que o Método Prático Alemão e Prático Inglês se adequaram de melhor forma no estudo de caso pelas razões já expostas e, em ênfase, por causa da capacidade do reservatório ser de 18,30 m³ e 15,25 m³, ou seja, mais próximo da realidade. Ocorre que no presente trabalho ainda se discutiu acerca da impossibilidade devido à alta demanda do Método da Simulação ser aplicado na edificação estudada.

O Método da Simulação pode ser aplicado para promover hipóteses considerando um menor volume ou menor demanda. Deste modo, com a demanda de 20 m³ o método dimensiona o reservatório de 29,35 m³ (Quadro 21). Considerando um reservatório de 5 m³ a demanda suprida é de 15,75 m³ (Quadro 22).

Desta forma, observa-se que quanto menor o reservatório menor a demanda suprida de acordo com o Método da Simulação. Ocorre que na edificação o reservatório tem capacidade de 5 m³ e alta demanda. Desta forma, o reservatório não irá se encher por completo, uma vez que o volume captado é incorporado ao uso da rede de água do local. Posto que o reservatório não será enchido por completo em razão da alta demanda, não há que se falar em reserva de água.

Sendo assim, o Método da Simulação não se encaixa com ao estudo de caso realizado, diferentemente do Método Prático Inglês e Prático Alemão cujos

cálculos se aproximam da realidade existente no Sistema de Captação de Águas Pluviais instalado no edifício.

Sendo assim, verifica-se que o volume de água captado pelo sistema não é suficiente para suprir a demanda, conforme informado anteriormente, em razão da área de captação, dados pluviométricos e demanda.

Logo, o sistema instalado na edificação situada no município de Itararé/SP é viável, compatível e satisfatório, posto que promove economia anual de gastos e diminui o uso de águas da rede pública. Importante ressaltar que o objeto da presente pesquisa não buscou verificar se o sistema conseguiria promover o abastecimento pleno da demanda, mas sim quantificar e analisar o volume que esta seria ou não capaz de armazenar.

Portanto, é possível afirmar que o sistema de captação instalado na edificação é viável visto que promove a captação de água pluvial gerando uma nova fonte de abastecimento, gera economia no uso do sistema público de água.

Importante destacar que a mera instalação do sistema de captação de água é incentivada através da Lei Municipal nº 3.739/2016 que propõe incentivos fiscais, e, ainda, é concordante com o ODS 6 da ONU que busca garantir disponibilidade e manejo sustentável.

Logo, apesar do sistema não promover a disponibilidade para toda a demanda do estabelecimento, corrobora com o Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030 da ONU. Ou seja, uma vez que diminui o uso da rede pública de água, promove a disponibilidade da mesma para demais indivíduos.

Ressalta-se, ainda, que a região Sudoeste, já apresentou escassez de água (DINIZ, 2021) e em razão da escassez de recurso hídricos prevista pela ONU para o ano de 2050, é possível admitir que o sistema que promove a economia da rede pública em razão da captação de água é válido.

A primeira melhoria apontada seria a facilitação do acesso ao filtro, posto que este se encontra no nível inferior do estabelecimento. Ademais o filtro está embaixo de sacolas de ração apoiadas por paletes.

A segunda melhoria seria a troca da boia da bomba, pois a boia não consegue ser ativada em razão da espessura do cabo. Já a terceira melhoria trata-se da adição de uma bomba reserva para que em casos de manutenção ou mal funcionamento o sistema não seja prejudicado.

A última melhoria seria o aproveitamento da nova área construída para captação da água da chuva, posto que o volume de água captada aumentaria gerando maior economia, suprimindo mais a demanda e diminuindo o uso do abastecimento da rede pública ocasionando em maior economia.

Ainda, há que se falar que o objetivo geral de analisar e quantificar o volume de água captado pelo sistema foi realizado, uma vez que demais objetivos foram demonstrados no presente trabalho. Ressalta-se que a partir desta quantificação observou-se que a precipitação pluvial foi incorporada ao Sistema de Captação, gerando uma economia média mensal, e, conseqüentemente, diminuição no consumo da rede pública de água.

Desta forma, o Sistema de Captação de Água Pluvial demonstrou-se válido, eficiente e viável na edificação estudada, além de gerar benefícios ambientais à situação de escassez global.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12217: Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público. Rio de Janeiro, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15527: Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15527: Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos. Rio de Janeiro, 2019.

BARRETO, Douglas. Perfil do consumo residencial e usos finais da água. **Ambiente Construído**, v. 8, n. 2, p. 23-40, 2008.

BERTOLO, E. DE J. P. **Aproveitamento da água da chuva em edificações**. Porto: Universidade do Porto, 2006.

BEZERRA, Stella Maris da Cruz et al. Dimensionamento de reservatório para aproveitamento de água de chuva: comparação entre métodos da ABNT NBR 15527: 2007 e Decreto Municipal 293/2006 de Curitiba, PR. **Ambiente Construído**, v. 10, p. 219-231, 2010.

BUFFON, F. T. Aproveitamento de águas pluviais: efeito sobre o sistema de drenagem urbana. 2010. 59 f. **Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil)–Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Departamento de Engenharia Civil, Porto Alegre**, 2010.

CABRAL, Marina Chemim. **Aproveitamento de água de chuva e dimensionamento de reservatório para fins não potáveis: estudo de caso em Guarapuava-PR**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

CABRAL, Paulo. **Para ONU, coleta de chuva pode amenizar falta de água**. 2006. Disponível em: https://www.bbc.com/portuguese/reporterbbc/story/2006/11/061113_nairobiaguapc. Acesso em: 01 dez. 2021.

CONHEÇA sua nova conta de água. 2021. Disponível em: https://site.sabesp.com.br/site/uploads/file/Folhetos/fatura_sabesp.pdf. Acesso em: 08 jun. 2022.

Cuidados no reaproveitamento da água da chuva. Disponível em: <https://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=coleta-uso-agua-chuva&id=010125150225#.YbKPyerMKUk>. Acesso em: 09 dez. 2021

CUNHA, Gedson Silva; NEVES, M. G. Reservatório de água de chuva: dimensionamento e economia de água potável. **XII Encontro Nacional de Águas Urbanas. Florianópolis-SC**, 2017.

DA COSTA LEITE, Pedro Augusto; DOS SANTOS, Ivan Felipe Silva. Dimensionamento Preliminar de Reservatório de Águas Pluviais para o Prédio do Instituto de Recursos Naturais (Irn-Unifei). **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 4, n. 4, 2015.

DE AMORIM, Simar Vieira; DE ANDRADE PEREIRA, Daniel José. Estudo comparativo dos métodos de dimensionamento para reservatórios utilizados em aproveitamento de água pluvial. **Ambiente Construído**, v. 8, n. 2, p. 53-66, 2008.

DINIZ, João Alberto Oliveira et al. **Crise hídrica no Brasil: o uso das águas subterrâneas como reforço no abastecimento público**. CPRM, 2021.

DORNELLES, F. Aproveitamento de água de chuva no meio urbano e seu efeito na drenagem pluvial. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Pesquisas Hidráulicas. Porto Alegre - RS, 2012. 219 p.

DORNELLES, Fernando; TASSI, Rutinéia; GOLDENFUM, Joel A. Avaliação das técnicas de dimensionamento de reservatórios para aproveitamento de água de chuva. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 15, n. 2, p. 59-68, 2010.

BLANCO, Claudio José Cavalcante; CARDOSO, Raísa Nicole Campos; DUARTE, Juliana Maia. Comparação de métodos para dimensionamento de reservatório de água da chuva: estudo de caso na universidade federal do Pará. **10º Simpósio brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva**, Belém, 2016.

FONSECA, Vitor Luís Amorim; DE MENEZES FILHO, Frederico Carlos Martins. Estudo comparativo entre métodos de dimensionamento para reservatórios de sistemas de aproveitamento de águas pluviais. **Holos Environment**, v. 19, n. 2, p. 287-303, 2019.

GNADLINGER, Johann. Tecnologias de captação e manejo de água de chuva em regiões semiáridas. **Tecnologias Apropriadas para Terras Secas-Manejo sustentável de recursos naturais em regiões semiáridas no Nordeste do Brasil**, p. 103-122, 2006.

Kit com Filtro para Cisterna (Acquasave/ 3P Technik). Disponível em: http://www.aquesol.com/produtos/0,5092_kit-com-filtro-para-cisterna-acquasave-3p-technik. Acesso em: 08 dez. 2021.

ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DO ESTADO DE SÃO PAULO (Estado). Constituição (2007). **Lei nº 12.526, de 02 de janeiro de 2007**. Estabelece normas para a contenção de enchentes e destinação de águas pluviais. São Paulo, SP <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/2007/lei-12526-02.01.2007.html>. Acesso em: 11 dez. 2021.

CÂMARA MUNICIPAL DE ITARARÉ (Municipal). **Lei nº 3.739, de 02 de dezembro de 2016**. Estabelece o sistema de reuso das águas das chuvas no município de Itararé e dá outras providências. 2016. Itararé, SP. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/sp/i/itarare/lei-ordinaria/2016/374/3739/lei-ordinaria-n-3739-2016-estabelece-o-sistema-de-reuso-das-aguas-das-chuvas-no-municipio-de-itarare-e-da-outras-providencias?q=chuva>. Acesso em: 08 dez. 2021.

LIMA, Ana Paula Souza; STEFFEN, Patrícia Cristina. Comparação entre métodos de dimensionamento de cisternas para aproveitamento de águas pluviais. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Paranaense, Toledo, 2018. 138 p.

NOVAKOSKI, Carolina Kuhn. Aproveitamento de águas pluviais: dimensionamento do reservatório para aplicação em residências de padrão alto, normal e baixo em Porto Alegre-RS. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2014.

ODS 11: Conheça o Objetivo da ONU para as cidades: Parte da Agenda 2030, o ODS 11 tem foco em criar cidades inclusivas, sustentáveis e justas.. Parte da Agenda 2030, o ODS 11 tem foco em criar cidades inclusivas, sustentáveis e justas.. 2022. Disponível em: <https://habitability.com.br/ods-11-conheca-o-objetivo-da-onu-para-as-cidades/>. Acesso em: 28 maio 2022.

PROTEÇÃO CONSTRUÇÃO CIVIL - CALHAS. Disponível em: http://www.telasplasticas.com.br/produto_interna/id/15/Protecao-construcao-civil-calhas. Acesso em: 08 dez. 2021.

SILVA, Luiz Felipe Schech da. **Aproveitamento de águas pluviais**: ferramentas para tomadas de decisões em projetos. 2012. 123 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis** (Use of Rainwater in Urban Areas for Non-potable Purposes). 2009.

TWDB - Texas Water Development Board in cooperation with the Center for Maximum Potential Building Systems – **Texas Guide to Rainwater Harvesting. Second Edition**. Austin, Texas, 1997. 65p.

VELOSO, Nircele da Silva Leal; MENDES, Ronaldo Lopes Rodrigues. Aspectos legais do uso da água da chuva no Brasil e a gestão dos recursos hídricos: notas teóricas. **XX Simpósio brasileiro de Recursos Hídricos, Bento Gonçalves**, 2013.