

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO – CAMPUS MACAÉ  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

LUCAS GERALDO DA ROCHA DIAS

DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS  
PARA FINS NÃO POTÁVEIS EM UMA EDIFICAÇÃO PÚBLICA NA CIDADE DE  
CACHOEIRO DE ITAPEMIRIM/ES

Macaé, RJ - Brasil

Dezembro de 2019

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO – CAMPUS MACAÉ  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS  
PARA FINS NÃO POTÁVEIS EM UMA EDIFICAÇÃO PÚBLICA NA CIDADE DE  
CACHOEIRO DE ITAPEMIRIM/ES

Lucas Geraldo da Rocha Dias

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação  
submetido ao Corpo Docente da Engenharia  
Civil do Campus Macaé da Universidade  
Federal do Rio de Janeiro, como parte dos  
requisitos necessários à obtenção do grau de  
Engenheiro Civil.

Orientadora: Profa. Beatriz Rohden Becker

Macaé, RJ - Brasil

Dezembro de 2019

DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS  
PARA FINS NÃO POTÁVEIS EM UMA EDIFICAÇÃO PÚBLICA NA CIDADE DE  
CACHOEIRO DE ITAPEMIRIM/ES

Lucas Geraldo da Rocha Dias

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE GRADUAÇÃO SUBMETIDO AO CORPO DOCENTE DA  
ENGENHARIA CIVIL DO CAMPUS MACAÉ DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO  
COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE ENGENHEIRO  
CIVIL.

Macaé, 17 de dezembro de 2019

Examinado por:

---

Prof<sup>a</sup>. Beatriz Rohden Becker, M.Sc.

Orientadora – UFRJ Macaé

---

Prof. Bruno Barzellay Ferreira da Costa, D.Sc.

Membro interno – UFRJ Macaé

---

Prof. Conrado Vidotte Plaza, M.Sc.

Membro interno – UFRJ Macaé

Macaé, RJ - Brasil

Dezembro de 2019

DIAS, Lucas Geraldo da Rocha.

Dimensionamento de um sistema de captação de águas pluviais em uma edificação pública para fins não potáveis na cidade de Cachoeiro de Itapemirim/ES / Lucas Geraldo da Rocha Dias - Macaé: UFRJ *campus* Macaé, 2019.

Orientadora: Beatriz Rohden Becker

Projeto de Graduação – UFRJ *campus* Macaé/Curso de Engenharia Civil, 2019.

Referências Bibliográficas: p. 101-110.

1. Sistemas de Captação de Águas Pluviais. 2. Edificações Públicas. 3. Netuno 4. 4. Análise Financeira.

I. Becker, Beatriz Rohden. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Campus UFRJ-Macaé, Curso de Engenharia Civil. III. Título

Dedico essa obra aos meus pais que sempre foram o maior incentivo para concluir esta etapa da minha vida.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Geraldo e Maria Lucia, meus exemplos de vida e fontes de força para que eu possa continuar sempre caminhando de encontro aos meus sonhos, me amparando nos momentos difíceis e me apoiando nas decisões importantes ao longo da minha jornada.

Às minhas irmãs Luana, Laiana, Viviani e Sibelly, e aos meus sobrinhos Guilherme e Alanna, que, juntamente com os meus pais, solidificam a essencialidade da concepção de família. Esta é a minha base responsável por grande parte do que sou hoje e agradeço a Deus pela presença de cada um na minha vida. Meus agradecimentos, também, aos meus demais familiares e todos que, de certa forma, torceram por minha vitória.

A todos os meus amigos que somei ao longo do tempo que morei na Pousada Lua Azul, em particular, a Maria Eduarda Koslowski, a Vilma Delmondes e a minha prima Camila Mendonça pelos bons momentos que passamos juntos.

Meus agradecimentos, em especial, à família Perdomo, que me acolheu durante os cinco anos de faculdade e me amparou sempre que necessário. Sou grato por tudo que fizeram por mim. Considero-os como minha família.

Sou grato, também, por todos os amigos que conquistei na faculdade, especialmente ao ciclo de amigos do grupo de whatsapp Bonde da Amizade. Me sinto premiado por todo companheirismo, cumplicidade e os momentos especiais que vivenciamos juntos.

À minha orientadora Beatriz Rohden Becker, pelo voto de confiança e por estar sempre disposta a me auxiliar, mesmo à distância, na concepção deste trabalho.

Ao engenheiro do IFES campus Cachoeiro de Itapemirim, André Sabra Rodrigues, pela receptividade e por disponibilizar todos os dados necessários para realizar este trabalho.

Meu reconhecimento à UFRJ/Macaé e todos os seus professores, por todos seus conhecimentos técnicos e experiências compartilhados. Me sinto honrado por ter feito parte desta instituição.

Por fim, meus sinceros agradecimentos à Deus, Ele que é responsável por cada vitória alcançada, tornando um sonho em realidade.

Resumo do Projeto de Graduação apresentado a Universidade Federal do Rio de Janeiro como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Engenheiro Civil.

DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS EM UMA EDIFICAÇÃO PÚBLICA PARA FINS NÃO-POTÁVEIS NA CIDADE DE CACHOEIRO DE ITAPEMIRIM/ES

Lucas Geraldo da Rocha Dias

Dezembro/2019

Orientadora: Beatriz Rohden Becker

Curso: Engenharia Civil

**RESUMO**

Embora a concepção de projetos de captação de água de chuva no Brasil ainda seja pouco difundida, muitas construtoras sabem que esta é uma ação de responsabilidade social, e aos poucos esse tema ganha espaço no mercado da construção civil. Em virtude disso, este estudo tem como objetivo analisar o potencial de captação de águas pluviais no Instituto Federal do Espírito Santo (IFES) da cidade de Cachoeiro de Itapemirim/ES para uso não potável, comparando os diferentes métodos de dimensionamento de sistema de captação descritos pela norma ABNT NBR 15.527/2007. Através da utilização de dados pluviométricos locais, de valores reais de consumo de água potável na edificação em estudo, do número de usuários e outros dados levantados “in loco”, foi realizado o dimensionamento do sistema de captação de água de chuva, bem como a obtenção do “payback” estimado do investimento do projeto. Além disso, o software Netuno 4 foi utilizado na simulação para um dimensionamento mais refinado do sistema de coleta. Este estudo de caso foi adotado para mostrar a viabilidade da implantação de projetos de aproveitamento de águas pluviais em edificações, sejam públicas ou privadas, com um tempo de retorno favorável ao investimento aplicado, gerando economias e incentivando a sustentabilidade. Dentre os métodos utilizados para o dimensionamento do reservatório, o de Rippl retornou um potencial de utilização de água pluvial satisfatório (70,86%) para a série histórica analisada, comparado ao percentual de substituição da demanda total por água de chuva (76%). Além disso, o custo unitário de implantação do projeto utilizando-se este método foi mais satisfatório que os outros métodos trazidos pela norma: Prático Alemão, Prático Australiano e da Simulação. O método Prático Inglês, apesar de ter apresentado um custo unitário de implantação menor que o de Rippl, não é o mais indicado para o dimensionamento do reservatório inferior, uma vez que ele não leva em conta a demanda de consumo de água na edificação. O método de Azevedo Netto originou um tempo de retorno elevado (16 anos aproximadamente) comparado ao período de análise de 20 anos utilizado no estudo. Os demais métodos oscilaram entre 6 e 8 anos.

**Palavras-chave:** Edificações públicas. Água de chuva. Índices de consumo. Reservatório inferior. Netuno 4. Análise financeira.

Abstract of the Undergraduation Project submitted to the UFRJ as part of the requirements for the degree of Civil Engineer.

DESIGN OF A RAINWATER HARVESTING SYSTEM IN A PUBLIC BUILDING FOR  
NON-POTABLE PURPOSES IN THE CITY OF CACHOEIRO DE ITAPEMIRIM/ES

Lucas Geraldo da Rocha Dias

December/2019

Advisor: Beatriz Rohden Becker

Course: Civil Engineering

**ABSTRACT**

Although the conception of rainwater catchment projects in Brazil is still not widespread, many construction companies know that this is a socially responsible action, and this theme is slowly gaining ground in the construction market. Because of this, this study aims to analyze the potential of rainwater catchment at the Federal Institute of Espírito Santo (IFES) of Cachoeiro de Itapemirim / ES for non-potable use, comparing the different methods of sizing system described by ABNT NBR 15.527/2007. Through the use of local rainfall data, the actual values of drinking water consumption in the building under study, the number of users and other data collected “in loco”, the rainwater catchment system was dimensioned as well as the obtaining the estimated payback of the project investment. In addition, the Netuno 4 software was used to simulate a more refined sizing of the collection system. This case study was adopted to show the feasibility of implementing rainwater projects in public and private buildings, with a favorable return time on investment, generating savings and encouraging sustainability. Among the methods used for reservoir sizing, Rippl's returned a satisfactory rainwater utilization potential (70.86%) for the historical series analyzed, compared to the percentage of total rainwater demand substitution (76.01%). In addition, the unit cost of project implementation using this method was more satisfactory than the other methods brought by the standard: German Practice, Australian Practice and Simulation. The Practical English method, despite having a lower unit cost of implementation than the Rippl, is not the most suitable for sizing the lower reservoir, since it does not take into account the water consumption demand in the building. Azevedo Netto's method resulted in a high payback time (approximately 16 years) compared to the 20-year analysis period used in the study. The other methods ranged from 6 to 8 years.

**Keywords:** Public buildings. Rain water. Consumption indices. Lower reservoir. Netuno 4. Financial analysis.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Distribuição de água no planeta Terra. ....	22
Figura 2: Distribuição da água doce superficial no mundo. ....	23
Figura 3: Distribuição da água doce superficial nas Américas. ....	23
Figura 4: Vazão média de água por regiões mundiais.....	23
Figura 5: Abanbar – Cisterna tradicional no Irã.....	25
Figura 6: Chultun – Reservatório Maia no século X.....	25
Figura 7: Sistema de cisterna no semiárido nordestino. ....	26
Figura 8: Esquema de um sistema indireto de aproveitamento de águas pluviais. ....	32
Figura 9: Esquema de um sistema direto de aproveitamento de águas pluviais.....	33
Figura 10: Esquema de um sistema gravítico de aproveitamento de águas pluviais.....	34
Figura 11: Índice de consumo de água para escolas.....	36
Figura 12: Localização do IFES - 20°48'09.59"S 41°09'18.24"O.....	40
Figura 13: Fluxograma das etapas adotadas para a elaboração do estudo de caso.....	41
Figura 14: Dados e localização da Estação Pluviométrica de Burarama. ....	42
Figura 15: Distância geográfica da Estação Pluviométrica de Burarama ao IFES campus Cachoeiro de Itapemirim/ES. ....	43
Figura 16: Precipitação Média Mensal sem e com descarte do first flush (2 mm) - Período de fevereiro de 1964 a agosto de 2018. ....	44
Figura 17: Área de cobertura total do IFES – Cachoeiro de Itapemirim/ES.....	45
Figura 18: Áreas de jardins onde são feitas regas no período de dezembro a março.....	50
Figura 19: Consumo de água total medido (média 2017-2018) x Consumo de água não potável estimado. ....	53
Figura 20: Percentual de consumo de água estimado por tipo de uso. ....	54
Figura 21: Parâmetros da equação de chuvas intensas para Cachoeiro de Itapemirim/ES. ....	56
Figura 22: Malha de condutores horizontais. ....	58
Figura 23: Dados de entrada no software Netuno 4. ....	69
Figura 24: Ponto de instalação do reservatório superior e cotas altimétricas.....	70
Figura 25: Croqui da planta de locação proposta para a construção do Reservatório Inferior.....	80
Figura 26: Croqui do Corte AA da planta de locação. ....	80
Figura 27: Catálogo Técnico de tanques Fortlev.....	86
Figura 28: Volume do reservatório superior retornado pela simulação no Netuno 4.....	87
Figura 29: Custos totais por método de dimensionamento.....	87
Figura 30: Esquema dos elementos do sistema de aproveitamento de água de chuva proposto para o IFES campus Cachoeiro. ....	89
Figura 31: Janela do Netuno 4 para análise econômica.....	90
Figura 32: Dados de entrada para análise financeira do Netuno 4. ....	93
Figura 33: Volume do Reservatório Inferior (RI) e Tempo de Retorno do Investimento por método de dimensionamento.....	95
Figura 34: Volume do Reservatório Inferior (RI) e Potencial de Utilização de água pluvial por método de dimensionamento. ....	96
Figura 35: Custo Unitário (R\$/m <sup>3</sup> ) e Potencial de Utilização de água pluvial.....	96
Figura 36: Série Histórica de Precipitação Anual sem e com descarte. ....	117
Figura 37: Áreas de telhados do IFES campus Cachoeiro Itapemirim/ES.....	118
Figura 38: Ábaco para calha com saída em aresta viva para condutores verticais rugosos com coeficiente de atrito $f=0,4$ com dois desvios na base. ....	122

Figura 39: Croqui da rede de Condutores Horizontais e Caixas de Passagem.....	124
Figura 40: Croqui do reservatório inferior e superior e do conjunto motobomba elaborado no Revit. ....	125
Figura 41: Cotação da bomba Schneider BC-92S 1A 1 CV-127/220V Monofásica. ....	126
Figura 42: Cotação da bomba Centrífuga Monoestágio Schneider Bc-92S 1C 1CV 120/2380V Trifásico.....	126
Figura 43: Cotação da bomba Schneider Monoestágio BC-91S 1CV-Trifásico.....	126
Figura 44:Cotação da Motobomba Schneider 1CV-220V Monofásica - 1 pol BC-91S. ....	127
Figura 45: Cotação de tanque Fortlev 10.000L. ....	127
Figura 46: Posição proposta para a instalação do reservatório superior.....	128
Figura 47: Calhas e Condutores Verticais instalados no IFES.....	129

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Parâmetros de qualidade de água de chuva para usos restritivos não potáveis. ....	30
Tabela 2: Coeficiente de escoamento superficial ( <i>runoff</i> ).....	46
Tabela 3: Número de usuários do IFES-Campus Cachoeiro de Itapemirim. ....	46
Tabela 4: Estimativas da demanda residencial de água potável para uso externo nos Estados Unidos da América. ....	47
Tabela 5: Estimativas de consumo per capita de água em escolas, a partir de literaturas existentes. ....	47
Tabela 6: Consumo mensal estimado pelo uso de bacias sanitárias.....	49
Tabela 7: Frequência de lavagem de pisos no IFES-Cachoeiro. ....	51
Tabela 8: Volume estimado de água potável utilizada para a lavagem de pisos do IFES-Cachoeiro de Itapemirim. ....	52
Tabela 9: Consumo de água total não potável estimado do IFES campus Cachoeiro de Itapemirim. ....	53
Tabela 10: Capacidade de condutores horizontais de seção circular (vazão em [L/min]). ....	59
Tabela 11: Resultados do método de Rippl.....	60
Tabela 12: Resultados do método de Azevedo Netto.....	61
Tabela 13: Resultados do Método da Simulação. ....	63
Tabela 14: Eficiência do sistema pelo método da Simulação. ....	64
Tabela 15: Resultados do método Prático Alemão.....	65
Tabela 16: Resultados do método Prático Inglês. ....	65
Tabela 17: Resultados do método Prático Australiano.....	67
Tabela 18: Grau de confiança do método Prático Australiano.....	67
Tabela 19: Volumes dos Reservatórios Inferiores por método de dimensionamento. ....	67
Tabela 20: Resultados das simulações por método de dimensionamento. ....	69
Tabela 21: Estimativas das Perdas de Cargas Localizadas.....	72
Tabela 22: Estimativas das Perdas de Cargas Distribuídas. ....	73
Tabela 23: Acréscimo de potência recomendável. ....	74
Tabela 24: Parâmetros técnicos de duas bombas centrífugas da marca Schneider. ....	74
Tabela 25: Estimativas de custos com tubulações e conexões: composições de custos sintético da base SINAPI. ....	76
Tabela 26: Valores de consumo de aço para fundo de reservatório por classe de concreto.....	79
Tabela 27: Dimensões pré-definidas para a locação da obra.....	79
Tabela 28: Quantitativos de materiais calculados a partir das dimensões dos croquis. ....	81
Tabela 29: Composições de custos básicos para construção de um reservatório aterrado de concreto armado - SINAPI. ....	82
Tabela 30: Custos estimados de reservatórios em concreto armado e aterrados para os diferentes métodos de dimensionamento.....	86
Tabela 31: Inflação de janeiro a maio de 2019 (IPC).....	91
Tabela 32: Tarifas de água e esgoto em 2019 para edificações públicas. ....	91
Tabela 33: Resultados obtidos da análise econômica simulada no Netuno 4 por método de dimensionamento.....	94
Tabela 34: Distribuição das edificações do IFES campus Cachoeiro de Itapemirim/ES e outros dados.....	112

Tabela 35: Dados das precipitações mensais (fev/1964 - ago/2018) da Estação Pluviométrica de Burarama, Cachoeiro de Itapemirm/ES. ....	114
Tabela 36: Pluviosidade Mensal Média e Acumulada sem e com descarte de 2 mm de chuva. ....	118
Tabela 37: Revisão das calhas instaladas em função das áreas de contribuição dos telhados. ....	119
Tabela 38: Revisão dos condutores verticais em função das áreas de contribuição dos telhados. ....	121
Tabela 39: Dimensionamento dos Condutores Horizontais. ....	122

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

AGERSA - Agência Municipal de Serviços Públicos Delegados de Cachoeiro de Itapemirim

ANA - Agência Nacional de Águas

CEFET - Centro Federal de Educação Tecnológica

EEB - Escola de Ensino Básico

ETFES - Escola Técnica Federal do Estado do Espírito Santo

GDRC - *Global Development Research Center*

GPRH - Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos

HP - *Horse Power*

IEEE - Instituto Espanhol de Estudos Estratégicos

IFES - Instituto Federal do Espírito Santo

IPC - Índice de Preços ao Consumidor

IST - Instituto Superior Técnico

MMA – Ministério do Meio Ambiente

NBR – Norma Brasileira Regulamentadora

OMS - Organização Mundial da Saúde

ONU - Organização das Nações Unidas

PROSAB – Programa de Pesquisas em Saneamento Básico

RA – Reservatório de Autolimpeza

RI – Reservatório Inferior

RHN - Rede Hidrometeorológica Nacional

SCO/Rio - Sistema de Custos de Obras da Prefeitura do Rio de Janeiro

SD - Sólidos Dissolvidos

SENAI - Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial

SINAPI – Sistema Nacional de Preços e Índices para a Construção Civil

SNIRH - Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos

SS – Sólidos Suspensos

TIR – Taxa Interna de Retorno

TRI – Tempo de Retorno do Investimento

TMA – Taxa Mínima de Atratividade

UNEP - *United Nations Environment Programme*

UNICEF - *United Nations Children's Fund* (Fundo das Nações Unidas para a Infância)

USGS - *United States Geological Survey*

VPL – Valor Presente Líquido

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	17
1.1. Contextualização .....	17
1.2. Justificativa .....	18
1.3. Motivação .....	19
1.4. Objetivos.....	20
1.4.1. Objetivo Geral.....	20
1.4.2. Objetivos Específicos .....	20
1.5. Estrutura do Trabalho .....	21
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	22
2.1. Disponibilidade hídrica no Brasil e no mundo .....	22
2.2. Histórico dos sistemas de aproveitamento de águas pluviais .....	24
2.3. Aproveitamento de águas pluviais.....	26
2.4. Qualidade da água pluvial .....	29
2.5. Dimensionamento de reservatórios .....	30
2.6. Sistemas de Bombeamento .....	31
2.7. Demanda de água nas escolas.....	34
2.8. Exemplos de sistemas de captação de águas pluviais .....	36
3. ESTUDO DE CASO .....	39
3.1. A Instituição .....	39
3.2. Fluxograma das etapas de elaboração do estudo de caso .....	40
3.3. Dados Pluviométricos.....	41
3.4. Área de captação de água pluvial .....	44
3.5. Coeficiente de Escoamento ( <i>Runoff</i> ) .....	45
3.6. Estimativa de consumo de água não potável .....	46
i. Descarga de bacias sanitárias e mictórios.....	47
ii. Lavagem de automóveis.....	49
iii. Rega de jardins .....	50
iv. Lavagem de pisos .....	51
3.7. Calhas e Condutores Vertical e Horizontal .....	54
3.8. Dimensionamento do reservatório inferior pelos métodos da NBR 15.527/2007.....	59
3.8.1. Método de Rippl .....	59
3.8.2. Método de Azevedo Netto .....	61
3.8.3. Método da Simulação .....	62

3.8.4.	Método Prático Alemão .....	64
3.8.5.	Método Prático Inglês .....	65
3.8.6.	Método Prático Australiano .....	66
3.9.	Netuno 4 .....	68
3.10.	Sistemas de bombeamento e acessórios.....	70
3.11.	Orçamento Estimado.....	74
3.11.1.	Bombas.....	74
3.11.2.	Tubulações e conexões.....	75
3.11.3.	Reservatório Inferior .....	79
3.11.4.	Reservatório Superior.....	86
3.11.5.	Reservatório de Autolimpeza .....	88
3.12.	Análise Econômica .....	90
4.	ANÁLISE ECONÔMICA PELO SOFTWARE NETUNO 4.....	94
4.1.	Resultados financeiros.....	94
4.2.	Escolha do reservatório .....	95
5.	CONCLUSÕES.....	98
6.	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....	100
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	101
	APÊNDICES .....	111
	Apêndice 1 - Distribuição dos blocos do IFES campus Cachoeiro do Itapemirim/ES .....	112
	Apêndice 2 - Precipitação mensal (fevereiro/1964 – agosto/2018) em milímetros na Estação Pluviométrica de Burarama, Cachoeiro de Itapemirim – ES.....	114
	Apêndice 3 - Série Histórica de Precipitação Anual .....	117
	Apêndice 4 - Pluviosidade Mensal Média e Acumulada sem e com descarte do first flush (2mm) .....	118
	Apêndice 5 - Áreas de telhados do IFES campus Cachoeiro de Itapemirim/ES.....	118
	Apêndice 6 - Revisão das calhas instaladas em função das áreas de contribuição dos telhados .....	119
	Apêndice 7 - Revisão dos condutores verticais em função das áreas de contribuição dos telhados.....	121
	Apêndice 8 - Dimensionamento dos Condutores Horizontais.....	122
	Apêndice 9 - Croqui da rede de Condutores Horizontais e Caixas de Passagem.....	124
	Apêndice 10 - Cotação de bombas e reservatório superior em 09/07/2019 .....	126
	Apêndice 11 - Imagens do IFES campus Cachoeiro de Itapemirim/ES.....	128

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1. Contextualização

A água é uma substância fundamental para o desenvolvimento dos seres vivos e, portanto, considerada um dos bens mais preciosos para a manutenção da vida no planeta. Ela foi o veículo para a formação da atmosfera, da vegetação, do clima, da agricultura e das reações celulares imprescindíveis ao metabolismo da vida (FERREIRA, 2005).

De acordo com declarações do Fórum Mundial da Água em 2012, a água é um recurso natural fundamental para a saúde, o bem-estar e a prosperidade das comunidades humanas (GIMENES, 2017). Além disso, se torna cada vez mais notório que a água é o principal veículo pelo qual as mudanças climáticas influenciam no meio ambiente e na sociedade. O setor dos recursos hídricos é um meio pelo qual as mudanças climáticas impactam a saúde, a segurança alimentar, a geração de energia, a proteção e o desenvolvimento dos ecossistemas e da biodiversidade.

Segundo dados oficiais da Organização Mundial da Saúde (OMS, 2017) e do Fundo das Nações Unidas para a Infância (UNICEF, 2017), cerca de três a cada dez pessoas no planeta não têm acesso a serviços de abastecimento de água potável, o que corresponde a 2,1 bilhões de pessoas, e de seis a cada dez pessoas não usufrui de saneamento gerido com segurança, o que em número absoluto gira em torno de 4 bilhões. No Brasil, esse cenário é de 6,2 milhões de pessoas sem acesso a água potável em suas residências e 29 milhões não dispõem de saneamento com segurança.

De acordo com relatório das Nações Unidas (UNITED NATIONS, 2017), a população mundial atual gira em torno de 7,6 bilhões de pessoas, e a expectativa é que para o ano de 2100 esse valor atinja aproximadamente 11,2 bilhões de pessoas. Conseqüentemente, este acréscimo populacional ocasionará o aumento da demanda de água potável, o que torna necessária a busca de soluções para garantir o abastecimento de água potável para suprir a demanda das gerações futuras.

Segundo Dalsenter (2016), o aumento da escassez de água mundial é um problema que tem sido causado por diversos fatores, tais como o aumento do consumo em virtude do aumento da demanda populacional, a poluição dos mananciais, as mudanças climáticas que intensificam os períodos de seca e diminuem os períodos de pluviosidade, o consumo não

sustentável, entre outros. Sob essa perspectiva, salienta-se a importância da busca por soluções para a redução do desperdício de água.

Nesse sentido, Wang e Zimmerman (2015) salientam a proposta de implementação de sistemas de aproveitamento de água de chuva, o que pode promover diversos benefícios ecológicos e sociais, em relação ao tratamento e distribuição de água e à gestão de águas pluviais. Dentre estes benefícios, vale ressaltar a redução de custos com tratamento e distribuição, uma vez que há a diminuição de consumo da rede pública, conservação das fontes de água, redução do desperdício com o transporte, redução de inundações e atenuação de erosões no solo provocadas pelo escoamento superficial.

Normalmente, as propriedades físico-químicas da água da chuva são superiores às fontes de água subterrâneas e superficiais, o que a caracteriza como uma água de boa qualidade e, portanto, se torna um componente importante no estudo de aproveitamento de águas pluviais para uso não potável (GDRC, 2011).

A partir da relevância dessas alegações, revela-se a importância do estudo de sistemas de aproveitamento de águas pluviais, com o intuito de obter dados e resultados que mostram a eficiência de implantação desses sistemas, trazendo retornos financeiros e se apresentando como uma solução sustentável para a mitigação de problemas como a escassez e a falta de abastecimento. Diante dessa proposição, este trabalho aborda um estudo de caso de um sistema de captação de água de chuva em uma edificação pública na cidade de Cachoeiro de Itapemirim/ES.

## 1.2. Justificativa

De acordo com o Instituto Espanhol de Estudos Estratégicos (IEEE, 2012), a indisponibilidade de água é a primeira causa de mortalidade no mundo, além de ser um dos motores de atividades como a agricultura e a indústria, se tornando, portanto, um elemento essencial para a vida. Alguns definem a água como o novo óleo, um recurso natural desperdiçado inúmeras vezes, com um valor crescente e próximo a enfrentar uma demanda excessiva. Em um futuro próximo, a água se tornará cada vez mais indisponível em muitos lugares.

Segundo dados da United Nations Environment Programme (UNEP, 2002), a média mundial da disponibilidade hídrica per capita anual gira em torno de 7000 m<sup>3</sup> por habitante ao ano. Em um estudo feito por Ghisi (2004, apud Kammers e Ghisi, 2006), foi realizada

uma projeção da disponibilidade de recursos hídricos no Brasil, no período de 2000 até 2100, constatando que nas regiões Nordeste e Sudeste, cada habitante teria disponibilidade abaixo de 1000 m<sup>3</sup> per capita ao ano. Esse valor, comparado com a média mundial, pode ser considerado extremamente baixo. Além disso, essa vazão hídrica está abaixo do piso médio estabelecido pela ONU, cotado em 1700 m<sup>3</sup>/hab/ano, de acordo com relatório do GEO Brasil (2007). Os países que apresentam valores de vazão de água per capita abaixo dessa são considerados em situação de estresse hídrico.

Santos (2002) enfatiza a essencialidade da água para a vida dos seres vivos, destacando a importância da sua conservação nos diferentes meios, seja nos mananciais, nas habitações ou nos sistemas públicos de abastecimento de água das cidades. No que diz respeito as habitações, o usuário pode combater ao desperdício utilizando a água de forma racional, por meio da sua própria conscientização, assim como no controle de vazamentos, da utilização de aparelhos mais economizadores e da utilização de fontes alternativas de água. Em relação às concessionárias de água, a adoção de políticas tarifárias favoráveis que incentivem à economia de água, seria uma medida para o controle do desperdício.

Diante dessas declarações, torna-se fundamental o estudo da viabilidade de técnicas alternativas que contribuam para o uso sustentável da água, um recurso natural de suma importância para a existência da vida. Dentre essas alternativas, o sistema de captação de águas pluviais é um dos meios mais acessíveis, devido à sua simplicidade, para que a sociedade possa contribuir com o meio-ambiente, tendo como contrapartida um retorno financeiro em um prazo relativamente baixo.

Nesse sentido, esse presente trabalho visa disseminar o conhecimento sobre os sistemas de aproveitamento de água de chuva e incentivar os setores públicos a priorizar investimentos para aplicação em projetos deste seguimento, contribuindo não somente para o desenvolvimento socioambiental, mas também no gerenciamento de recursos públicos.

### 1.3. Motivação

O interesse com a temática abordada nesta obra surgiu, a princípio, a partir das aulas da disciplina de Drenagem Urbana na UFRJ-Macaé, ministrada pela orientadora deste trabalho, em que era reiterada a importância das alternativas de intervenções que podem ser utilizadas para aumentar a eficiência dos sistemas de drenagem das diversas cidades do país, dentre elas, o sistema de captação de águas pluviais.

Concomitantemente, a realização de um projeto modelo de dimensionamento desse sistema para uma edificação residencial de 120 m<sup>2</sup>, durante a estadia do autor na empresa júnior da universidade, contribuiu de forma prática para o desenvolvimento de um projeto que seja aplicável em uma determinada edificação.

Por fim, o período de estágio do autor na BRK Ambiental, atual concessionária de abastecimento de água e esgotamento sanitário do município de Cachoeiro de Itapemirim/ES, proporcionou o esclarecimento de como as águas pluviais podem impactar o sistema de coleta de esgoto. Ligações irregulares de água de chuva na rede de esgoto cooperam para a saturação do sistema, acarretando problemas como o retorno de resíduos nas residências.

Dessa forma, a motivação para a realização deste estudo de caso surgiu, sobretudo, para a criação de um projeto modelo que seja referência na região sul capixaba, no que diz respeito ao cumprimento das políticas públicas de desenvolvimento urbano e no manejo sustentável de águas pluviais.

#### 1.4. Objetivos

##### 1.4.1. Objetivo Geral

O objetivo principal deste estudo é analisar o potencial de captação de águas pluviais no Instituto Federal do Espírito Santo (IFES) da cidade de Cachoeiro de Itapemirim/ES para uso não potável, com o dimensionamento do sistema de captação de água de chuva, bem como a obtenção do “*payback*” estimado do investimento do projeto.

##### 1.4.2. Objetivos Específicos

Dentre os objetivos específicos que este estudo, de forma direta ou indireta, pode alcançar, são:

- Análise e comparação dos diferentes métodos de dimensionamento de sistema de captação de águas pluviais descritos pela NBR 15.527 (ABNT, 2007);
- Uso da interface do software Netuno 4 como ferramenta de estudo para análise econômica de projetos de captação de águas pluviais;
- Análise da viabilidade econômica para a implantação de projetos de aproveitamento de águas de chuva, sobretudo em edificações públicas;

- Avaliação das vantagens sustentáveis de implementação de projetos do gênero deste estudo.

### 1.5. Estrutura do Trabalho

No capítulo 1 foi apresentada ao leitor uma breve contextualização acerca do assunto desse trabalho, além da descrição das justificativas e das motivações para o desenvolvimento do tema em questão. Em adição, foram listados os objetivos a serem alcançados.

Posteriormente, no capítulo 2 será feita uma revisão bibliográfica relacionada ao conteúdo desse estudo de caso, trazendo o cenário da disponibilidade hídrica no Brasil e no mundo, o desenvolvimento dos sistemas de captação de água de chuva ao longo do tempo e alguns casos de aproveitamento de águas pluviais na atualidade.

No capítulo 3 será exibido o estudo de caso desse trabalho, apresentando as metodologias utilizadas para o dimensionamento do sistema de captação de água de chuva para a edificação em análise. Os métodos aplicados serão aqueles descritos na NBR 15.527/2007, comparando os resultados obtidos com a simulação a ser realizada no software Netuno 4.

No capítulo 4 serão apresentados os resultados oriundos dos cálculos realizados e da simulação feitos no capítulo 3, possibilitando a definição do volume mais indicado para o objeto de estudo desse trabalho. Além desses, serão definidos conceitualmente alguns equipamentos necessários para complementar o sistema de captação.

Finalizando, no capítulo 5 será feita uma conclusão do estudo de caso, seguida das referências bibliográficas, apêndices e anexos.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Disponibilidade hídrica no Brasil e no mundo

O planeta Terra concentra, extraordinariamente, um volume total de aproximadamente 1386 milhões de km<sup>3</sup> de água. Deste quantitativo, cerca de 97% é salgada, e apenas 3% é água doce. Desse montante de água doce, 68,7% está concentrada como geleiras, 30,1% está armazenada no subsolo e 0,9% acumulada em outras fontes. Somente 0,3% da água doce presente no mundo está acessível para a utilização humana, o que corresponde a um volume aproximado de 93.100 km<sup>3</sup> de água, concentrado majoritariamente nos rios e lagos (USGS, 2017) (Figura 1).

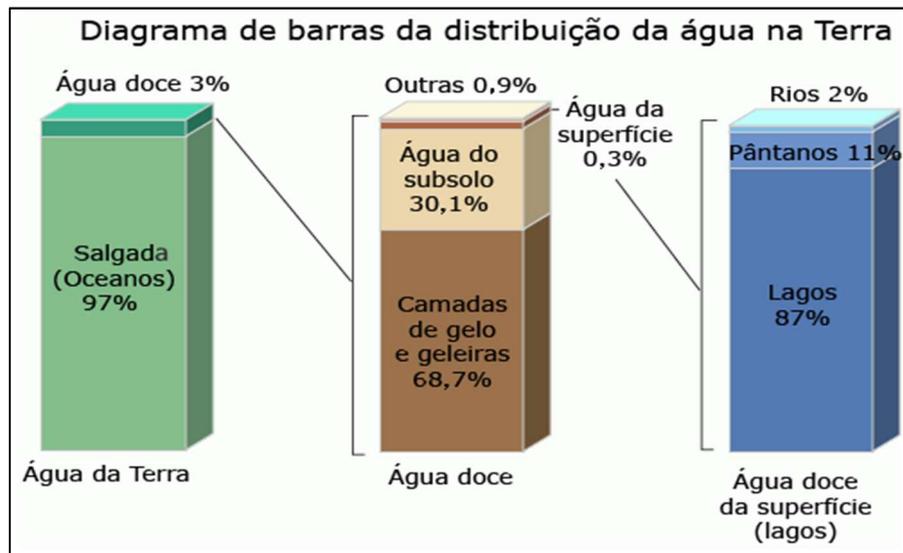


Figura 1: Distribuição de água no planeta Terra.  
Fonte: USGS (2017).

A água é um recurso que está irregularmente distribuído no planeta, sendo que 60% da água utilizável no mundo está presente no território de nove países e, dentre estes, somente seis - Brasil, Canadá, Colômbia, Congo, Indonésia e Rússia - possuem em abundância. O Brasil possui 12% da água doce disponível no mundo e 28% se considerarmos as Américas (Figura 2 e Figura 3) (GEO Brasil, 2007).

Antagonicamente, alguns países emergentes como a Índia ou a China, que juntos representam mais de um terço da população mundial, possuem sérios problemas com o abastecimento de água, contemplando menos de 10% do volume global de água doce utilizável (IEEE, 2012).

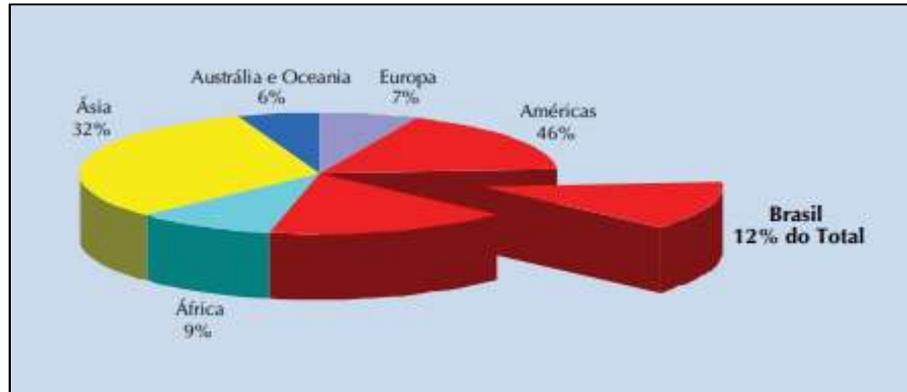


Figura 2: Distribuição da água doce superficial no mundo.  
Fonte: GEO Brasil (2007).

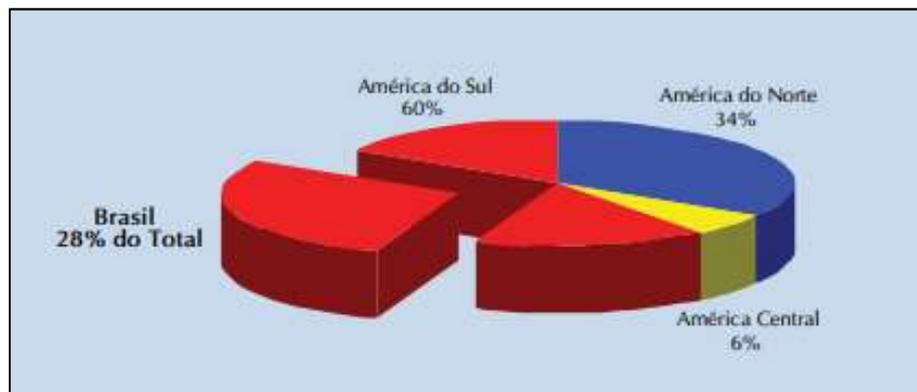


Figura 3: Distribuição da água doce superficial nas Américas.  
Fonte: GEO Brasil (2007).

De acordo com Tomaz (2003), a vazão média de água é maior na Ásia (31,6%), região do planeta com o maior quantitativo populacional (Figura 4).

Regiões do Mundo	Vazão média (m <sup>3</sup> /s)	Porcentagem (%)
Ásia	458.000	31,6
América do Sul	334.000	23,1
América do Norte	260.000	18,0
África	145.000	10,0
Europa	102.000	7,0
Antártida	73.000	5,0
Oceania	65.000	4,5
Austrália e Tasmânia	11.000	0,8
Total	1.448.000	100,0%

Figura 4: Vazão média de água por regiões mundiais.  
Fonte: Tomaz (2003).

O Brasil concentra um dos maiores volumes de água doce quando comparado aos demais países do mundo, mas apesar disso, sua distribuição não é uniforme nas regiões demográficas do país. A região Norte, que detém apenas 8% da população brasileira, possui a maior porcentagem da disponibilidade de recursos hídricos do Brasil (71,1%). Em contrapartida, a região Sudeste centraliza não mais do que 6% do volume de água doce nacional, quantitativo utilizado para atender a maior porcentagem (43%) da população brasileira (GHISI et al., 2006).

Apesar da água doce ser abundante em boa parte das regiões brasileiras, ela é um bem finito e está se tornando cada vez mais escassa devida a falta de conscientização do seu uso racional, a poluição gradativa dos rios e o desperdício no consumo. Isso tem provocado eventos que prejudicam o abastecimento, gerando o aumento de custos no tratamento e na distribuição de água potável (BARBISAN, 2016).

## 2.2. Histórico dos sistemas de aproveitamento de águas pluviais

Historicamente, no que concerne o aproveitamento de água pluvial, evidências mostram que esse sistema já era usado por civilizações na Idade Antiga. No deserto de Negev, em Israel, foram encontrados sistemas de captação de água de chuva, construídos pelos Nabateus há mais de 4000 anos (MAY, 2009).

Tomaz (2003) ressalta as inscrições na Pedra Moabita ou Estela de Mesa, em 850 a.C. no Oriente Médio, em que prescreve a construção de um reservatório para captação de água pluvial em cada casa. No Irã, o Abanbar (Figura 5) era um tradicional sistema de captação de água de chuva coletivo (GNADLINGER, 2000).

Gnadlinger (2000) relata ainda que, na América Latina, sistemas de aproveitamento de água de chuva eram utilizados pelos povos pré-colombianos na península de Iucatã, no México, antes mesmo da chegada dos colonizadores europeus. Em algumas regiões da América, a agricultura era baseada na coleta da água da chuva. No século X, ao sul da cidade de Oxkutzcab, próxima ao Monte Puuc, os Maias coletavam a água da chuva em uma área de 100 a 200 m<sup>2</sup> e armazenavam nos Chultuns, reservatórios com cerca de 5 metros de diâmetro escavados no subsolo calcário e revestidos com reboco impermeável, com capacidade de 20 mil a 45 mil litros (Figura 6). Nos vales, eram construídos outros tipos de sistema de captação, como Aguadas (10 a 150 milhões de litros) e os Aquadites (100 a 50.000 litros).



Figura 5: Abanbar – Cisterna tradicional no Irã  
Fonte: Gnadlinger (2000).

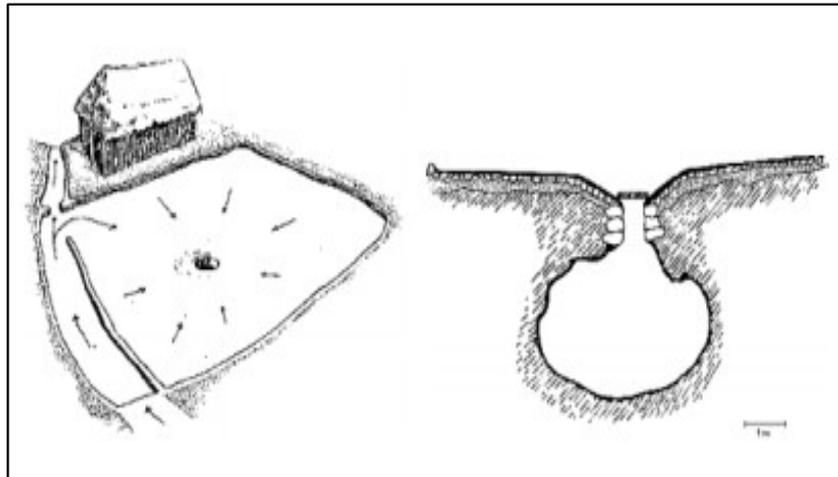


Figura 6: Chultun – Reservatório Maia no século X  
Fonte: Gnadlinger (2000).

No antigo Império Romano foram arquitetadas várias instalações para aproveitamento de águas pluviais, sobretudo em diversas partes do território da Itália. Na cidade de Tomar, em Portugal, o sistema de cisterna construído na Fortaleza dos Templários é utilizado até hoje (OLIVEIRA, 2014).

No Brasil, norte-americanos construíram o primeiro sistema de captação de água pluvial em 1943 na ilha de Fernando de Noronha (AZEVEDO, 1991, apud CARLON, 2005). De acordo com Tomaz (2003), a região Nordeste, principalmente o sertão, tem contornado a escassez de água através das cisternas construídas para reservar a água da chuva coletada nos telhados das residências (Figura 7).



Figura 7: Sistema de cisterna no semiárido nordestino.  
Fonte: <sup>1</sup>Site RBA-Rede Brasil Atual. Acesso em: 24 nov. 2018.

### 2.3. Aproveitamento de águas pluviais

Os usos alternativos da água estão inseridos na temática do desenvolvimento sustentável, que tem como proposição a exploração dos recursos naturais de uma forma menos nociva ao meio ambiente. Dentre essas alternativas sustentáveis se enquadram a dessalinização, a reposição de águas subterrâneas, o aproveitamento de águas pluviais e o reuso, somadas com uma eficiente gestão participativa nas bacias hidrográficas (SILVEIRA, 2015).

Em uma definição simples, Dalsenter (2016) declara que a implantação de um sistema de captação de água de chuva constitui-se basicamente em utilizar as áreas superficiais impermeáveis dos telhados para a coleta dessa água, sendo canalizada para um reservatório para o seu armazenamento e, posteriormente, distribuída para utilização com diversas finalidades. Quando utilizada para fins potáveis, em que essa água pode ser ingerida pelo usuário (chuveiros e torneiras), a água coletada requer um maior grau de potabilidade, devendo passar por um tratamento prévio, o que torna o processo mais caro. No entanto, quando a água captada é utilizada para fins não potáveis (descargas de bacias sanitárias e mictórios, lavagem de roupas, carros e calçadas, irrigação de jardins, etc.), o sistema de aproveitamento de água pluvial pode se tornar uma solução viável para amenizar

---

<sup>1</sup> <https://www.redebrasilatual.com.br/ambiente/2015/11/programa-de-cisternas-no-semiarido-nordestino-enfrenta-reves-do-ajuste-fiscal-2662/>

problemas de abastecimento, reduzindo o uso de água potável e com um período de retorno financeiro relativamente baixo.

Além de usos domésticos para fins não potáveis, a água pluvial pode ser utilizada em diversos processos industriais e na composição do concreto na construção civil. A limitação do uso dessa água encontra-se na dificuldade de controle dos fatores ambientais que contaminam a água quando entram em contato com as coberturas (MAY, 2004).

Regiões com períodos prolongados de seca são desfavoráveis ao armazenamento de águas pluviais, ao contrário de localidades que apresentam regimes de chuvas mais consistentes no decorrer do ano, os quais geram melhores efeitos econômicos e hidráulicos (CHAIB et al., 2015).

Além da redução da demanda de água potável da rede de abastecimento da concessionária local, a captação de água de chuva contribui para minimizar os problemas de inundações, sobretudo nos grandes centros urbanos, onde a taxa de impermeabilização do solo é alta. Com isso, nos períodos de maiores índices de pluviosidade, a taxa de infiltração da água no solo é insuficiente e as tubulações do sistema de drenagem não absorvem a vazão da água, provocando vários eventos de alagamentos (DORNELLES, 2012). Dessa forma, a implantação de sistemas de captação de água de chuva funciona como uma medida não estrutural no sistema de drenagem urbana (CALHEIROS et al., 2014).

Diversos autores, como Gonçalves (2006), May (2004), Simioni et al. (2004) e Viola (2008) destacam outros aspectos positivos no uso dos sistemas de aproveitamento de água pluvial, dentre os quais pode-se citar:

- preservação do meio ambiente;
- utilização de estruturas existentes na edificação (telhado, lajes e rampas);
- baixo impacto ambiental;
- água com qualidade aceitável para vários fins, sem a necessidade de tratamento ou, quando necessário, é feito de forma simples;
- redução dos investimentos na captação da água em mananciais cada vez mais distantes das concentrações urbanas para atender a demanda diária e a de pico;
- aumento da segurança hídrica para atender o crescimento populacional ou para atender áreas deficientes de abastecimento;
- redução do volume de água a ser captada e tratada e minimização do uso de água tratada para fins secundários;

- menor entropia, ou seja, redução dos custos energéticos de transporte e dos custos de tratamento, pois a água terá o nível de tratamento adequado a seu uso. Estima-se que o custo energético representa de 25 a 45% do custo total das operações de sistemas de abastecimento de água;
- melhor distribuição da carga de água pluvial imposta ao sistema de drenagem;
- redução dos riscos de enchentes, erosão dos leitos dos rios e assoreamento nas áreas planas no período de chuvas torrenciais e em eventos isolados;
- redução dos custos proporcionados por inundações e alagamentos; e
- possibilidade de uso para recarga dos lençóis subterrâneos e manutenção dos níveis do lençol freático elevado.

Além dos benefícios já mencionados anteriormente nesta obra, Marteleira (2014) evidencia também o binômio água-energia. Esta autora realizou um trabalho para avaliar a viabilidade de um sistema de aproveitamento de água de chuva para usos não potáveis na edificação do Instituto Superior Técnico (IST), no Taguspark em Lisboa/PT. Ela desenvolveu uma ferramenta (RaINvesT) que possibilitou não apenas dimensionar o sistema de aproveitamento e a sua análise econômica, como também a energia incorporada por m<sup>3</sup> de água abastecida (kWh/m<sup>3</sup>) e a emissão de gases do efeito estufa. Com isso, foi constatado que há um menor consumo de energia por m<sup>3</sup> de água abastecida pela chuva (0,013 kWh/m<sup>3</sup>) do que pela água que é fornecida pela concessionária da cidade (0,791 kWh/m<sup>3</sup>), e, por consequência, a emissão de gases do efeito estufa também é menor quando se utiliza água de chuva.

A partir da implementação de um sistema de captação de água de chuva, Luis (2014) destaca que, além do consumo não potável da água coletada, a mesma poderia ser utilizada para a geração de energia elétrica nas edificações. O autor discute o potencial de cidades com quantidades de prédios elevados, como no Brasil e na China, para o aproveitamento do fluxo das águas pluviais coletadas pelos condutores verticais para gerar eletricidade.

Em termos jurídicos, a Lei n° 5890, de 31 de outubro de 2006, que institui o Plano Diretor Municipal e o Sistema de Planejamento de Gestão do município de Cachoeiro de Itapemirim/ES, declara que, dentre as diretrizes dispostas em seu Artigo 9° sobre a Política Urbana do Município, em consonância com a Constituição Federal de 1988, deve ser obedecida: “II – A utilização racional dos recursos naturais de modo a garantir uma cidade sustentável, social, econômica e ambiental para as presentes e futuras gerações;” (p. 3).

Essa declaração legal, de maneira subjetiva, reforça a responsabilidade dos municípios no desenvolvimento de projetos sustentáveis para o melhor aproveitamento dos recursos naturais. Em vista disso, o sistema de captação de águas pluviais se enquadra dentro desses projetos, o que incentiva a discussão desse tema nesta obra.

#### 2.4. Qualidade da água pluvial

Mendes e Ferreira (2017) destacam alguns dos diversos fatores que influenciam a qualidade da água de chuva, como o meio em que ela ocorre, a superfície por onde escoar e a condição do reservatório. Além disso, a condição atmosférica interfere no pH da água da chuva, o que pode alterar a sua composição química e formar chuvas ácidas em locais com alto nível de poluição. Elementos contaminantes, como poeira, folhas e restos biológicos de animais (pássaros, insetos, roedores, entre outros) podem estar presentes nas superfícies de coleta de água de chuva, impactando nos seus aspectos qualitativos. Rebello (2004) aponta vários materiais presentes nestas superfícies, que ocasionam tanto a contaminação por compostos químicos quanto por agentes patogênicos, dentre os quais destacam-se os dejetos de aves e roedores, artrópodes e outros animais em decomposição, revestimento do telhado, resíduos de tintas, fibras de amianto, entre outros.

Segundo o PROSAB (2006), na maioria das vezes, a presença de sólidos em suspensão (SS) ou sólidos dissolvidos (SD) na água de chuva está associada à presença de poluentes provenientes da atmosfera, fuligens e poeiras que se depositam nas superfícies utilizadas para a captação da água pluvial.

A fim de controlar a qualidade da água armazenada e evitar a entrada de vetores e insetos, os reservatórios devem ser providos de tampa e hermeticamente fechados. Além disso, para evitar a proliferação de algas, orienta-se bloquear a entrada de luz no reservatório. O extravasor deve ser gradeado na sua saída, barrando a passagem de pequenos animais (OLIVEIRA, 2008).

A norma ABNT NBR 15.527/2007 estabelece que os padrões de qualidade da água de chuva devem ser definidos pelo projetista conforme o tipo de uso previsto. Em casos de usos mais restritivos, os parâmetros de qualidade da água de chuva para fins não potáveis são definidos na Tabela 1.

Tabela 1: Parâmetros de qualidade de água de chuva para usos restritivos não potáveis.

Parâmetro	Análise	Valor
Coliformes totais	Semestral	Ausência em 100 mL
Coliformes termotolerantes	Semestral	Ausência em 100 mL
Cloro residual livre <sup>a</sup>	Mensal	0,5 a 3,0 mg/L
Turbidez	Mensal	< 2,0 uT <sup>b</sup> , para usos menos restritivos < 5,0 uT
Cor aparente (caso não seja utilizado nenhum corante, ou antes da sua utilização)	Mensal	< 15 uH <sup>c</sup>
Deve prever ajuste de pH para proteção das redes de distribuição, caso necessário	mensal	pH de 6,0 a 8,0 no caso de tubulação de aço carbono ou galvanizado
NOTA Podem ser usados outros processos de desinfecção além do cloro, como a aplicação de raio ultravioleta e aplicação de ozônio.		
<sup>a</sup> No caso de serem utilizados compostos de cloro para desinfecção.		
<sup>b</sup> uT é a unidade de turbidez.		
<sup>c</sup> uH é a unidade Hazen.		

Fonte: ABNT - NBR 15.527/2007.

## 2.5. Dimensionamento de reservatórios

Amorim e Pereira (2008) evidenciam em seu trabalho que o reservatório, dentre os componentes de um sistema de aproveitamento de água pluvial, é o que gera os maiores custos de implantação, e que tem prejudicado a propagação dos sistemas de captação. Nesse sentido, Ramos (2017) enfatiza a importância de dimensionar o reservatório de forma adequada, para que o sistema seja mais eficiente e tenha um *payback* do investimento em um menor tempo. Além disso, o dimensionamento deste componente oscila de acordo com o local onde será implantado, em função das diferentes precipitações, tipos de edificações e os objetivos finais da instalação do reservatório.

De acordo com Tomaz (2003), quando se tem por objetivo evitar as enchentes com a instalação de um sistema de coleta de águas pluviais, o reservatório deve estar vazio antes da ocorrência da próxima chuva para que se tenha resultados mais satisfatórios na drenagem. Em contrapartida, é necessário que o reservatório tenha sempre uma quantidade de água armazenada, quando o objetivo é o aproveitamento de água para a utilização. Segundo Amorim e Pereira (2008), geralmente o reservatório é calculado para atender a maior demanda de água, pelo máximo período e com um menor custo.

Os reservatórios podem ser classificados quanto ao método de instalação, podendo ser enterrados, semienterrados, elevados ou apoiados sobre o solo. Além disso, podem ser construídos de materiais diversos como concreto armado, alvenaria, fibra de vidro, entre outros (ANNECCHINI, 2005). A escolha do tipo de reservatório utilizado no projeto vai depender das características do local a ser implantado o sistema de captação.

## 2.6. Sistemas de Bombeamento

Conforme descrito por Roebuck (2007), o aproveitamento da água da chuva é realizado através de um sistema que inclui basicamente as seguintes etapas:

- captação;
- filtragem;
- descarte da primeira quantidade de água de escoamento em cada precipitação (*first flush*);
- armazenamento da água da chuva em reservatórios;
- distribuição para os diferentes locais de uso;
- descarga de excedentes, no caso de eventos de pluviosidade intensa; e
- reforço da alimentação com água potável da rede de abastecimento público, para compensar a falta de água em períodos com pouca ocorrência de chuvas.

No processo de captação de água de chuva e condução até o reservatório inferior, a coleta é comum aos vários tipos de sistemas de aproveitamento de águas pluviais. A chuva coletada nas coberturas é conduzida por um arranjo de calhas, condutores verticais e condutores horizontais. Além disso, alguns acessórios de limpeza são necessários, tais como filtros de limpeza para remoção de materiais sólidos como folhas, galhos e musgos. A instalação de dispositivos de desvio também é necessária para o descarte do primeiro 1-2 mm de chuva utilizada para a lavagem do telhado.

De acordo com Godinho e Oliveira (2009), a entrada de água no reservatório de armazenamento é realizada com auxílio de um freio de água, um dispositivo que reduz a turbulência e que induz a sedimentação das partículas finas no fundo do reservatório, além de permitir a oxigenação da água armazenada, impedindo que ocorram processos anaeróbios.

As partículas suspensas na água, partículas de pólen por exemplo, são removidas através de um descarregador de superfície. Este acessório também permite expulsar o excesso de água (*overflow*) na rede pública de drenagem ou em um sumidouro (GODINHO E OLIVEIRA, 2009).

Ainda por Godinho e Oliveira (2009), para realizar as operações de limpeza e manutenções, deve-se instalar uma ou mais saídas de água associada a válvulas no fundo do reservatório, permitindo esvaziá-lo para a rede pública de drenagem. Além disso, é recomendável extrair a água armazenada no reservatório logo abaixo da superfície da água,

onde apresenta uma melhor qualidade, através de uma captação flutuante ligada a um filtro de finos.

Os sistemas de bombeamento podem se apresentar de três formas: diretos, indiretos e gravíticos.

No sistema indireto de captação de águas pluviais, a água armazenada no reservatório inferior é bombeada para um reservatório superior, geralmente instalado por baixo do telhado das edificações. A água, então, é distribuída por ação da gravidade através de uma rede hidráulica completamente independente da rede de distribuição de água potável (GODINHO E OLIVEIRA, 2009; ROEBUCK, 2007) (Figura 8).

O sistema de bombeamento é controlado a partir de um painel de controle que recebe informação de uma boia de nível no reservatório superior e outra no reservatório inferior. Em períodos prolongados de seca e conseqüente falta de água no reservatório inferior, o reservatório superior deve ser abastecido com água potável da rede de abastecimento público, através de uma válvula acionada por uma terceira boia de nível (RAINHARVESTING, 2014).

Segundo Roebuck (2007), nos sistemas indiretos, a água pode ser fornecida a baixas pressões, o que pode interferir no funcionamento de alguns aparelhos e retardar o enchimento de bacias sanitárias. Por outro lado, caso a bomba venha a falhar, a água pode ser fornecida via rede pública de abastecimento.

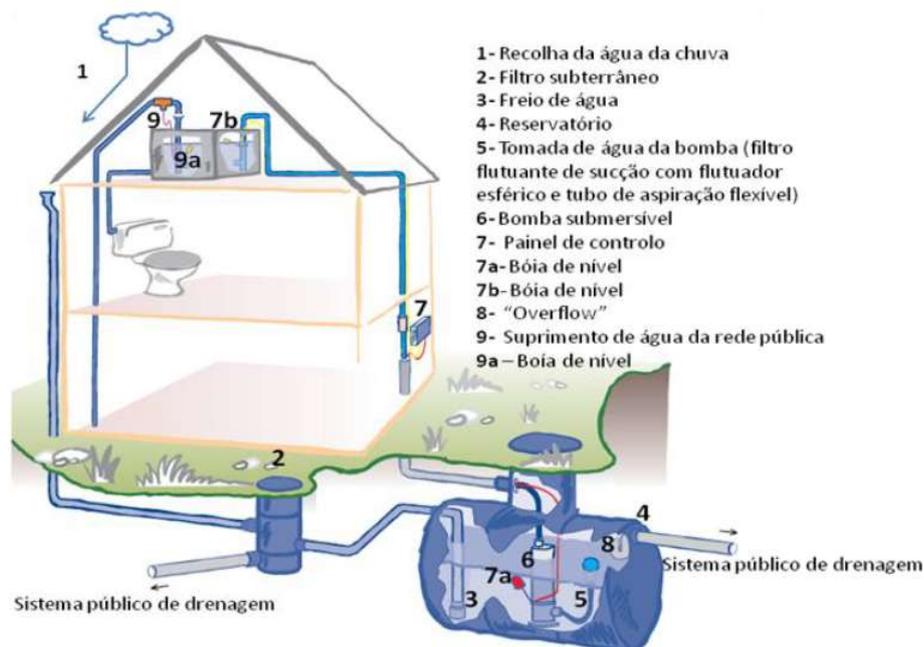


Figura 8: Esquema de um sistema indireto de aproveitamento de águas pluviais.  
 Fonte: Rainharvesting (2014).

Nos sistemas diretos, também chamados de sistemas pressurizados, a água da chuva é armazenada no reservatório inferior e bombeada diretamente para os pontos de consumo (Figura 9). É utilizado um painel de controle associado ao sistema, que alterna automaticamente para o serviço de suprimento em água do abastecimento público quando não há água de chuva suficiente no reservatório. Este fornecimento pode acontecer no reservatório inferior com um nível mínimo capaz de atender a necessidade de água de curto prazo. A vantagem desses sistemas é que a água é fornecida com pressão suficiente para os diferentes equipamentos domésticos operarem e não necessitam de reservatório superior para a distribuição da água. Porém, em caso de falha da bomba, a água não poderá ser fornecida (ROEBUCK, 2007).

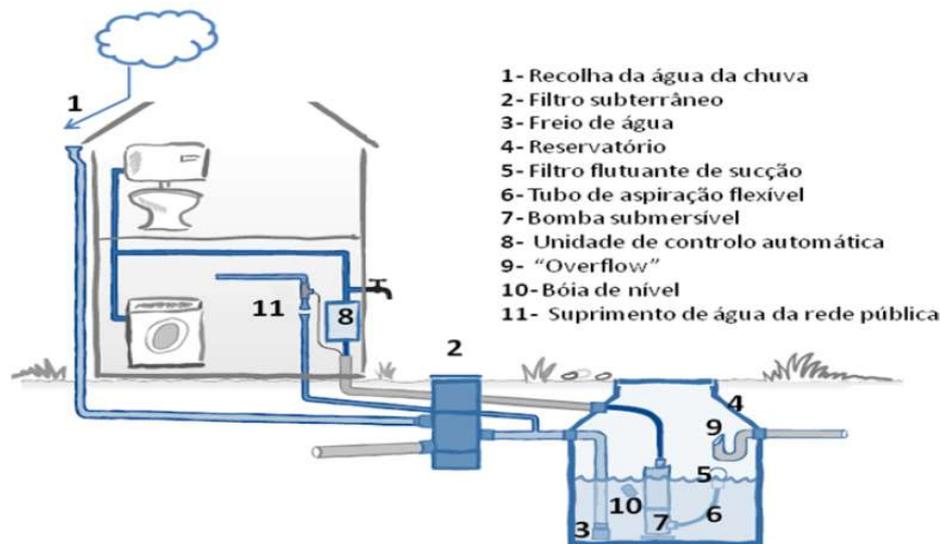


Figura 9: Esquema de um sistema direto de aproveitamento de águas pluviais.  
 Fonte: Rainharvesting (2014).

Os sistemas que operam somente por gravidade diferem dos demais sistemas na medida em que a água da chuva coletada e filtrada é diretamente transportada para um reservatório de armazenamento, porém elevado, e assim a água é distribuída por gravidade para os diferentes pontos de consumo (Figura 10). Em casos de excesso de volume, a água extravasa por um sistema de descarga (*overflow*) acoplado no reservatório. Além disso, caso a água da chuva não atenda a demanda em períodos de pouca chuva, o suprimento de água da rede pública é ativado. Esses sistemas são muito vantajosos, pois não necessitam de bombeamento e energia elétrica. No entanto, apresentam a desvantagem de a água ser distribuída a baixas pressões, o que reduz o desempenho de alguns aparelhos nos pontos de consumo. Por esse motivo, às vezes se faz necessário a inclusão de uma bomba para aumentar a pressão da água no sistema. Dessa maneira, torna-se indispensável que todo o

conjunto do sistema de aproveitamento de água pluvial funcione hidráulicamente (ROEBUCK, 2007).

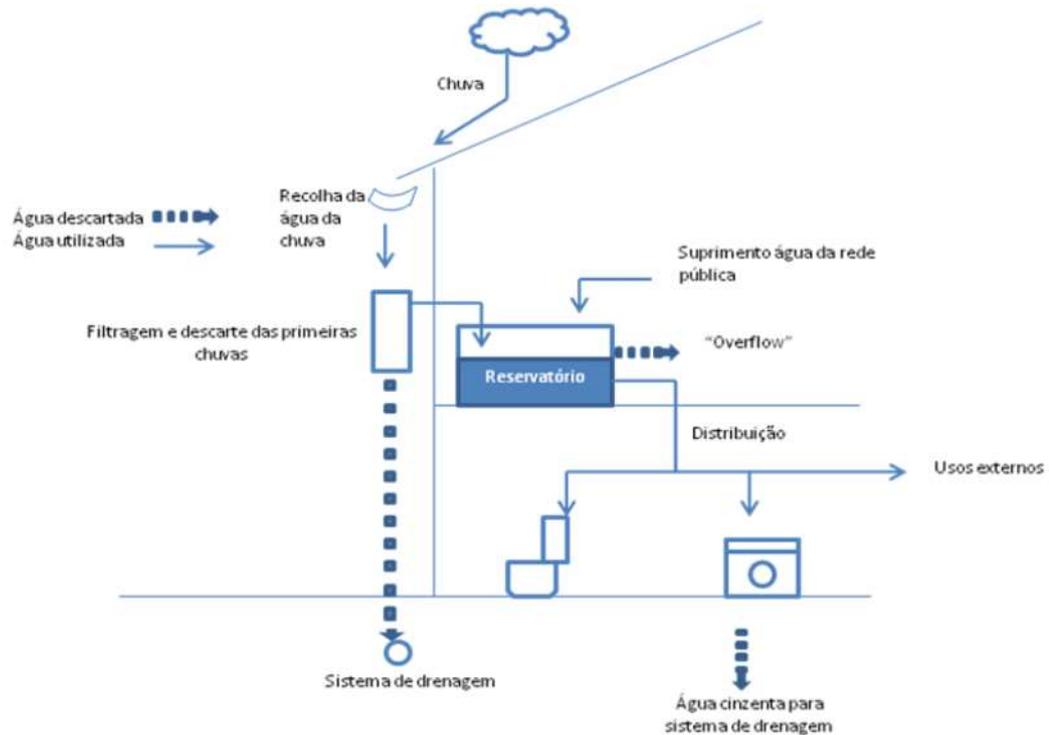


Figura 10: Esquema de um sistema gravítico de aproveitamento de águas pluviais.  
Fonte: Roebuck (2007).

## 2.7. Demanda de água nas escolas

Dentre os levantamentos de dados necessários para a concepção de um projeto de sistema de armazenamento de água pluvial, a demanda de água se torna a mais complexa a ser definida com precisão. Ywashima et al. (2008) relatam que a primeira etapa na elaboração de um projeto de sistema de captação de água de chuva é a definição do consumo, devendo ser caracterizado adequadamente com a tipologia e as particularidades da edificação em estudo. Dessa forma, é importante o uso de indicadores que permitam comparar o consumo de água com edificações de mesma tipologia. A utilização de uma metodologia padrão evita interpretações inadequadas, como por exemplo, a padronização na organização dos dados que podem repercutir nos resultados obtidos em escolas. Dentre estes, destacam-se a remoção do período das férias na determinação do consumo histórico da escola e a adoção de um período de 22 dias úteis no diagnóstico de consumo de água, caso a escola não seja utilizada nos finais de semana.

No trabalho realizado por Ilha et al. (2008), foi comparado os índices de consumo de água em diferentes escolas, calculados por diversos autores nacionais e estrangeiros, levando-se em conta diferentes categorias de ensino (Figura 11). Com esses dados, pode-se observar uma grande oscilação no consumo *per capita* de água nas escolas, resultante dos diferentes regimes de ensino e hábitos variados entre os usuários dos diferentes países. Essa variabilidade de índice de consumo também pode estar atrelada com a maneira como cada autor calcula esse índice, tal como o número de dias que é considerado no cálculo, podendo-se utilizar somente os dias úteis do mês (22 dias em média) ou os 30 dias completos. Além desse, a especificação do número de alunos por diferentes modalidades de ensino (parcial ou integral), também influencia.

Em adição, Ilha et al. (2008) explica que os altos índices de consumo são resultantes sobretudo em função de vazamentos e pelos maus hábitos dos usuários, tais como a irrigação de jardins em horários inadequados e com o aparelho sanitário continuamente aberto, uso de água corrente para higienização pessoal e sem o fechamento do aparelho sanitário, entre outros. Por outro lado, os menores valores de índice de consumo são em virtude de alguns fatores como a não utilização dos banheiros sanitários pelos alunos, vinculada ao fato de que a carga horária que o aluno permanece na escola é reduzida ou mesmo pelo estado de conservação desses ambientes, o não acionamento da válvula de descarga após o uso da bacia sanitária, etc.

Categoria	Índice de consumo (litros/pessoa.dia)	Fonte
Não especificada	20	Ganesan (1998)
	378*	Blease (1990)
	547*	
	11,0**	Ayres Associates (1993)
Infantil e fundamental	17,4	Styles; Keating (2000)
Fundamental	30***	Cheng; Hong (2002)
	56,4 ***	Cheng; Hong (2004)
	59,5***	
Não especificada	50	Berenhauser; Pulici (1983) apud Tomaz (2000)
	10 a 30	Melo; Netto (1998)
	50	Dmae (1988) apud Tomaz (2000)
	50	Macintyre (1996)
Ensino fundamental (11 a 14 anos - 5ª a 8ª série)	81,1	Oliveira (1999)
Educação infantil (3 a 6 anos)	18,6 a 30,9	Barreto; Chicchi (2001)
Ensino fundamental (7 a 14 anos - 1ª a 8ª série)	7,6 a 11,6	
Ensino médio (15 a 17 anos)	4,0 a 13,4	
Ensino fundamental e médio	25	São Paulo (2001)
Não especificada	5,7 a 8,6	Sabesp (2003)
Educação infantil	3,79 a 12,1	Werneck (2006)
Ensino fundamental	0,51 a 11,6	
Ensino fundamental e médio	4,5 a 7,5	

\*Para a contabilização do número de pessoas, foi considerado apenas o número de funcionários.

\*\*Os alunos permanecem na escola 7 horas por dia e é servida apenas uma refeição.

\*\*\*Para a contabilização do número de pessoas, foi considerado o número de funcionários e de alunos, que possuíam entre 7 e 16 anos.

Figura 11: Índice de consumo de água para escolas.  
Fonte: Ilha et al. (2008).

## 2.8. Exemplos de sistemas de captação de águas pluviais

Em estudo realizado por Antunes (2017), foi avaliado o potencial de economia de energia elétrica e água potável em cem escolas públicas estaduais da Região Metropolitana de Florianópolis, e dentre estas, o autor selecionou duas para analisar a viabilidade da implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial e adaptações no sistema de iluminação artificial. O critério utilizado para a escolha das duas escolas foi selecionar aquelas em situações opostas: uma com baixo consumo de água e energia (EEB Ildefonso Linhares, 3,12 litros/aluno.dia e 4,80 kWh/aluno.mês) e outra com alto consumo (EEB Professor Aníbal Nunes Pires, 17,13 litros/aluno.dia e 15,09 kWh/aluno.mês). No que diz respeito ao sistema de captação de água de chuva, o potencial de economia de água potável

foi dimensionado com auxílio do software Netuno 4. Como resultado, na escola com menores consumos, os potenciais de economia de água potável ficaram entre 53,31 e 78,14% (redução de 542 a 1.574 litros/dia). Considerando a demanda de água de chuva igual a 60%, devido ao baixo consumo, não houve retorno do investimento. Em outros casos avaliados foram obtidos tempos de retorno entre 46 e 83 meses. Em outra perspectiva, na escola com maiores consumos, o potencial de economia de água potável variou de 32,68 a 62,46% (redução de 2.996 e 5.431 litros/dia), e o tempo de retorno do investimento oscilou de 20 a 36 meses.

No trabalho desenvolvido por Lima et al. (2017), foi feita a análise de viabilidade econômica de um sistema de captação, armazenamento e distribuição de águas pluviais em uma escola pública estadual no bairro San Martin, no Recife/PE. Após a análise dos dados pluviométricos, demanda de água não potável e área de contribuição da edificação, estimou-se um custo de implementação do sistema em R\$ 38.715,48. Com o percentual de substituição de água potável pela água de chuva em 59,6%, o período de retorno do investimento ficou em torno de 6 anos e 25 dias. Além da vantagem financeira, o armazenamento parcial da água precipitada na edificação pode amenizar o risco de alagamentos no interior do prédio, que ocorrem eventualmente devido à deficiência das instalações de drenagem da escola.

Marinoski (2007) avaliou o potencial de economia de água potável no prédio do SENAI em Florianópolis/SC, que resultou num percentual de 45,8%. Os custos de implantação do sistema foram estimados em R\$ 17.615,56, o que gerou um período de retorno financeiro de 4 anos e 10 meses, avaliados com o software Netuno 4.

O projeto “Gigante pela Natureza”, criado pelo setor de Meio Ambiente do Estádio Governador Magalhães Pinto, popularmente conhecido como ‘Mineirão’, incentiva práticas sustentáveis. A partir desse projeto, foi implementado um sistema de coleta de água de chuva no estádio, com reservatórios que somam uma capacidade de armazenamento de 5 milhões de litros de água, gerando uma economia de até 70% no consumo. Até junho de 2017, o volume de água reaproveitada girou em torno de 5.335 m<sup>3</sup>. Anualmente, o aproveitamento de água pluvial no Mineirão chega a 20 milhões de litros, podendo atender as necessidades de consumo não potáveis desse estádio por até três meses de estiagem. Essa água passa por um tratamento prévio e, posteriormente, é utilizada para irrigação do gramado, descarga de bacias sanitárias e mictórios (Site Mineirão, 2017).

No trabalho realizado por Tecedor e Rezende (2017) foi avaliada a viabilidade do aproveitamento de água pluvial no Tanque de Provas, que é utilizado em ensaios de modelos reduzidos de embarcações da Faculdade de Tecnologia de Jahu – Fatec Jahu, em São Paulo. Dentre os métodos utilizados na simulação, o método de Rippl gerou melhores resultados, demonstrando que o reservatório dimensionado permitiria uma economia de água potável de 93,26%. Isso significa que a demanda de água foi atendida por completo em 93,04% dos dias do ano. No mês mais crítico do ano, em agosto, que teve em média 23 dias consecutivos sem precipitação ou precipitação inferior a 2 mm/dia, o percentual de atendimento chega a 62,58%.

Diante do resultado desses estudos, fica claro que os sistemas de aproveitamento de águas pluviais trazem múltiplos benefícios (socioambientais, culturais e financeiros), o que valoriza a importância de se desenvolver projetos nesse segmento, que trazem pontos positivos para o desenvolvimento sustentável.

### 3. ESTUDO DE CASO

#### 3.1. A Instituição

De acordo com sua página oficial, o Instituto Federal do Espírito Santo (IFES), primeiramente denominado como Escola de Aprendizes Artífices do Espírito Santo, foi oficializada em 23 de setembro de 1909, ainda no governo de Nilo Peçanha. De acordo com o Decreto 9.070 de 25 de outubro de 1910, a Escola foi regulamentada com o intuito de preparar profissionais artesãos.

A partir de então, a instituição passou por várias modificações e denominações, sendo elas:

Liceu Industrial de Vitória – a partir de 1937, quando passou a formar profissionais voltados para a produção em série, mas ainda com características artesanais;

Escola Técnica de Vitória – a partir de 25 de fevereiro de 1942;

Escola Técnica Federal do Estado do Espírito Santo (ETFES) – a partir do dia 3 de setembro de 1965, baseada num modelo empresarial;

Centro Federal de Educação Tecnológica (CEFET) - a partir de março de 1999;

E, por fim, em 2008 foi oficialmente consagrada como Instituto Federal do Espírito Santo (IFES).

Atualmente, a rede de Institutos Federais do Espírito Santo soma 21 campi distribuídos pelo estado, dentre eles o IFES campus Cachoeiro de Itapemirim.

O Instituto Federal do Espírito Santo campus Cachoeiro de Itapemirim, localiza-se na Rodovia ES-482 (Cachoeiro x Alegre), na localidade rural de Morro Grande. Ele oferece cursos técnicos de Eletromecânica, Mineração e Informática em três modalidades, sendo elas concomitante, subsequente e integrado ao Ensino Médio. Além disso, ele conta com cursos de graduação como Engenharia de Minas, Engenharia Mecânica, Licenciatura em Informática, Licenciatura em Matemática e Sistemas de Informação. Dessa forma, o IFES campus Cachoeiro de Itapemirim representa uma grande influência para o desenvolvimento do ensino e da atividade de mineração da região sul capixaba, sobretudo do município de Cachoeiro de Itapemirim que é uma das principais cidades de produção e exportação de mármore e granito do Brasil.

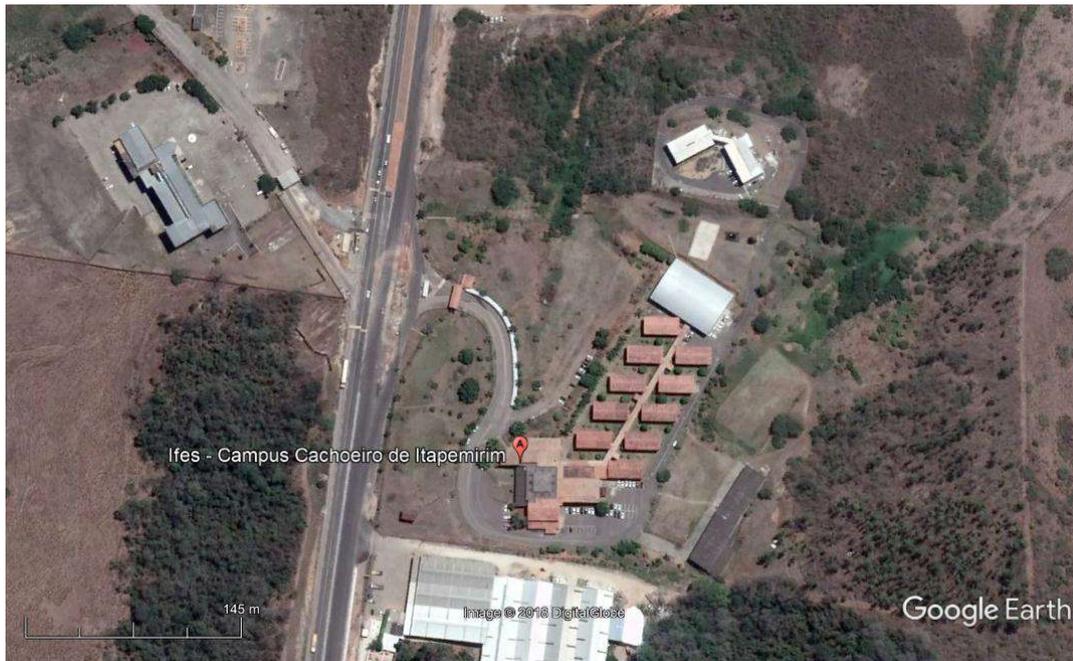


Figura 12: Localização do IFES -  $20^{\circ}48'09.59''S$   $41^{\circ}09'18.24''O$ .

Fonte: Google Earth – Data da Imagem: 18/10/2017.

### 3.2. Fluxograma das etapas de elaboração do estudo de caso

Para se ter um panorama geral do que foi feito nesse estudo de caso, foi elaborado um fluxograma (Figura 13) demonstrando as etapas adotadas. Primeiramente, foi feito o levantamento de dados pluviométricos do município, bem como a área de cobertura utilizada para captação de água de chuva na edificação.

Posteriormente, realizou-se uma estimativa de consumo de água não potável, para quatro usos não potáveis: descarga de bacias sanitárias e mictórios, lavagem de automóveis, rega de jardins e lavagem de pisos. Para realizar essa estimativa, foram utilizadas informações fornecidas pela instituição e dados de referência existentes na literatura.

Em seguida, foram levantadas informações acerca das calhas e condutores verticais já existentes na edificação, analisando a viabilidade desses elementos serem absorvidos no sistema de aproveitamento de água pluvial proposto pelo autor nesse estudo. Na sequência, foi feito o dimensionamento dos condutores horizontais de acordo com a NBR 10.844/1989.

Para o dimensionamento do volume do reservatório inferior (RI), foram utilizadas as metodologias da NBR 15.527/2007. Os volumes encontrados foram simulados no software Netuno 4, retornando resultados como o potencial de substituição de água pluvial.

Por fim, foi feito um levantamento dos quantitativos dos materiais básicos a serem utilizados no sistema de aproveitamento de água de chuva, como bombas, tubulações e conexões, reservatório inferior e reservatório superior. A partir de então, elaborou-se um orçamento estimado dos materiais e mão de obra a serem aplicados, cujo valores foram simulados no Netuno 4 para a concepção de uma análise financeira.

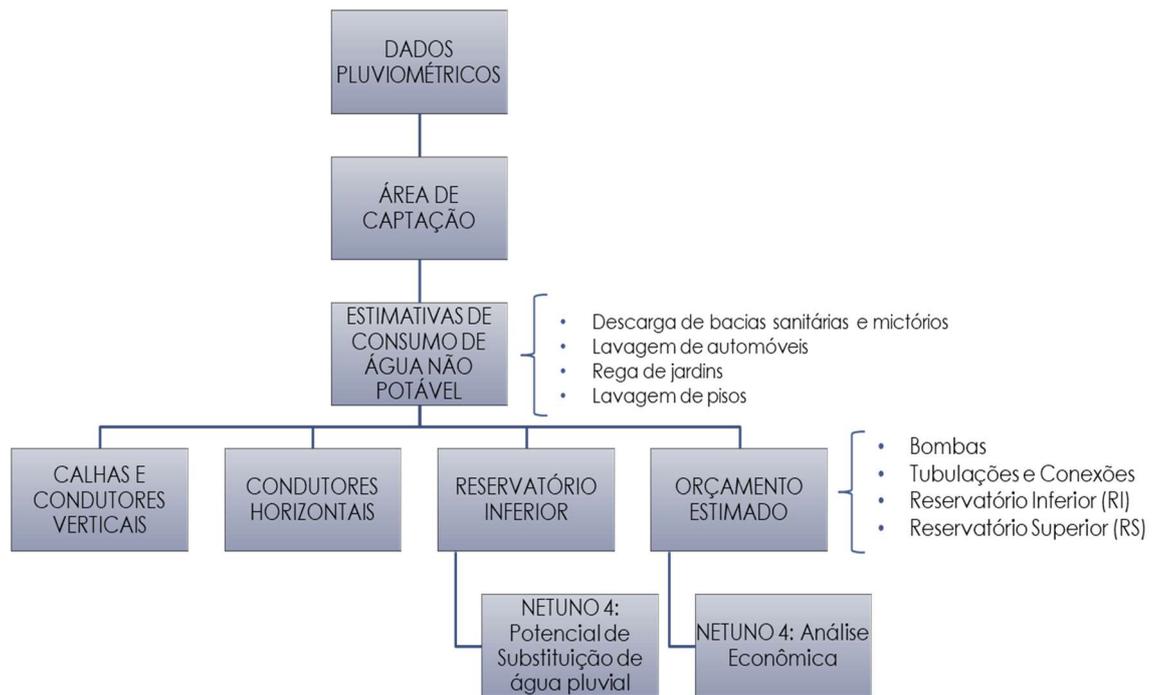


Figura 13: Fluxograma das etapas adotadas para a elaboração do estudo de caso.  
Fonte: Elaborado pelo autor.

### 3.3. Dados Pluviométricos

O levantamento de dados pluviométricos foi realizado pela página oficial da Agência Nacional de Águas (ANA), responsável pela gestão de recursos hídricos no Brasil, onde foi obtida uma série histórica de dados pluviométricos diários durante 54 anos, contemplando o período de 01 de fevereiro de 1964 a 31 de outubro de 2018. Esses dados constam em planilha no Apêndice 2 (Tabela 35), acumulados mensalmente e no gráfico do Apêndice 3 (Figura 36), acumulados anualmente.

Esses dados de pluviosidade diárias foram coletados e arquivados pela Estação Pluviométrica do distrito de Burarama (Figura 14), um dos dez de Cachoeiro de Itapemirim. De acordo Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH, 2018), seguem os dados da Estação:

Código: 02041021

Nome Estação: BURARAMA

Bacia: 5 - ATLÂNTICO, TRECHO LESTE

SubBacia: 57 - RIOS ITAPEMIRIM, ITABAPOANA

Estado: ESPÍRITO SANTO

Município: CACHOEIRO DO ITAPEMIRIM

Responsável: ANA

Operadora: CPRM

Latitude: S 20° 40' 50.16"

Longitude: W 41° 20' 53.88"

Altitude: 180,0 metros

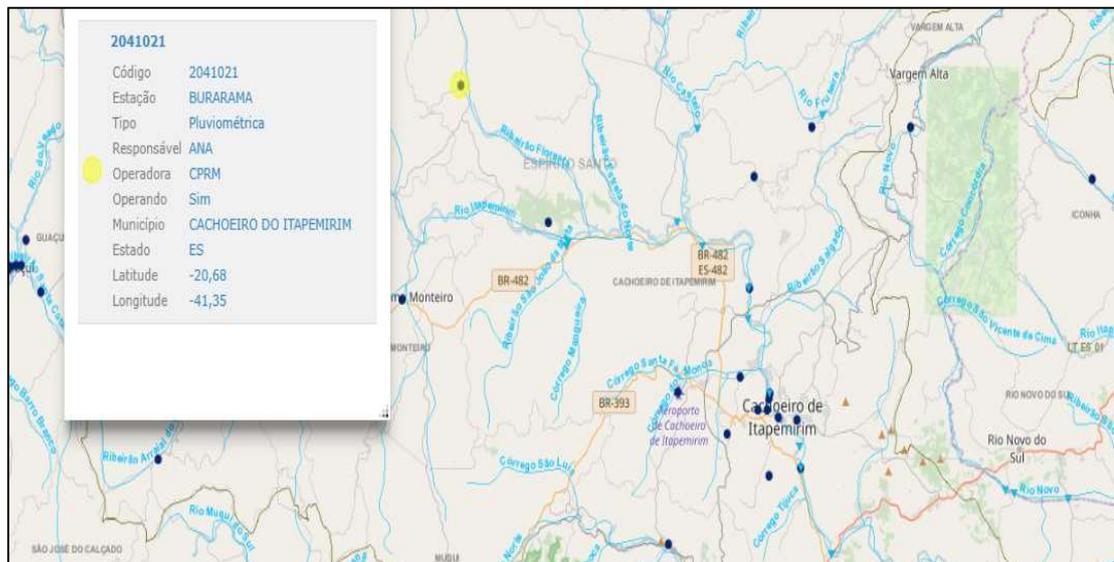


Figura 14: Dados e localização da Estação Pluviométrica de Burarama.

Fonte: RNH - ANA (2018).

A partir do Google Earth, foi traçada uma linha reta com vértice inicial na Estação Pluviométrica de Burarama e vértice final no IFES campus Cachoeiro de Itapemirim, contabilizando uma distância equivalente a 24,6 km (Figura 15). A referida Estação foi escolhida devido ao grande número de dados pluviométricos quando comparada com as outras estações pluviométricas do município.

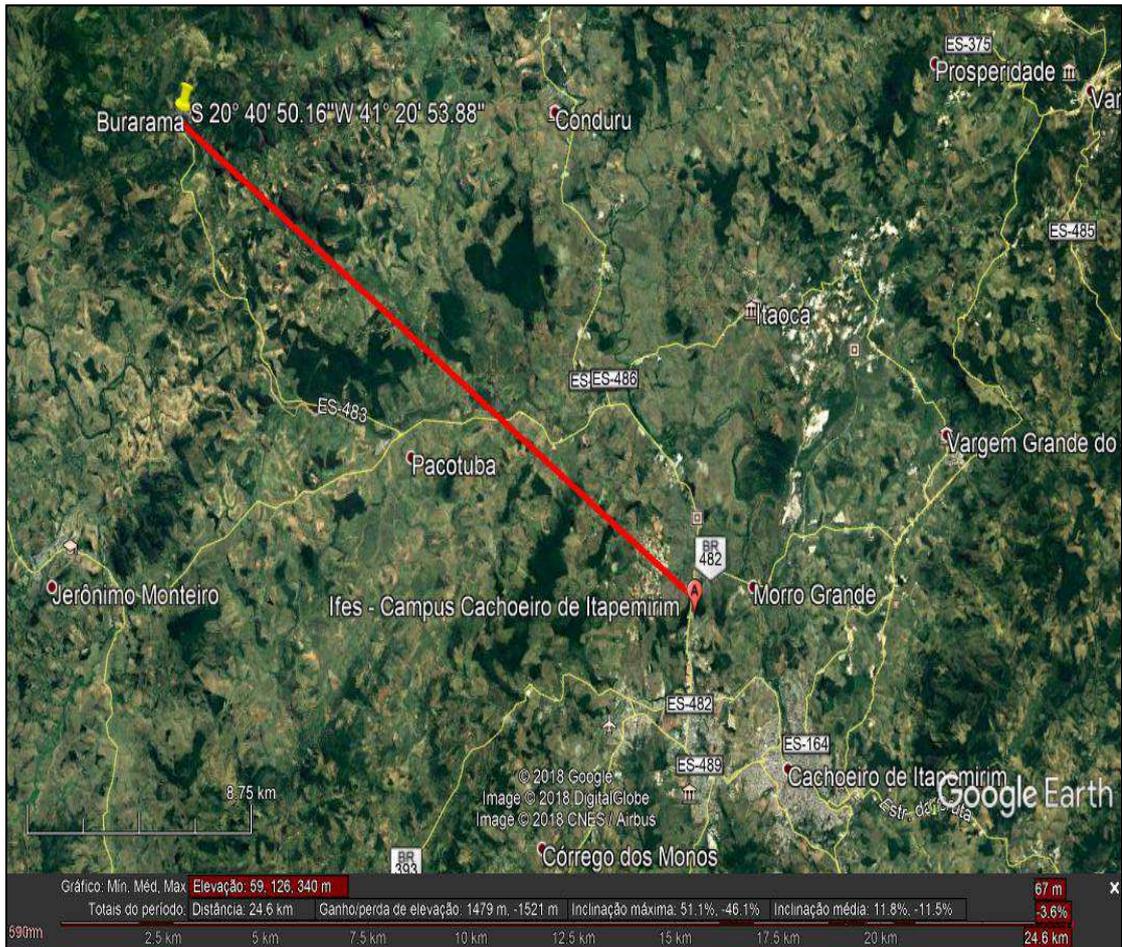


Figura 15: Distância geográfica da Estação Pluviométrica de Burarama ao IFES campus Cachoeiro de Itapemirim/ES.

Fonte: Google Earth – Data da Imagem: 18/10/2017.

Tomaz (2003) enfatiza ainda que a presença de poluentes presentes no ar de grandes centros urbanos e polos industriais (óxidos de nitrogênio, chumbo, dióxido de enxofre e zinco) modificam as propriedades químicas da água da chuva. Além disso, devido à possibilidade de contaminação biológica causada por bactérias e parasitas gastrointestinais, é necessário o descarte da primeira água da chuva. A NBR 15.527/2007 orienta o descarte de 2 mm por chuva.

Assim, com a série histórica de precipitações coletada pelo monitoramento da Estação Pluviométrica de Burarama (Apêndice 2) e o número de dias de chuva mensais acumulados (Apêndice 4), foram calculadas as precipitações médias mensais sem e com o descarte da primeira chuva (2 mm) utilizada para a lavagem do telhado (Figura 16).

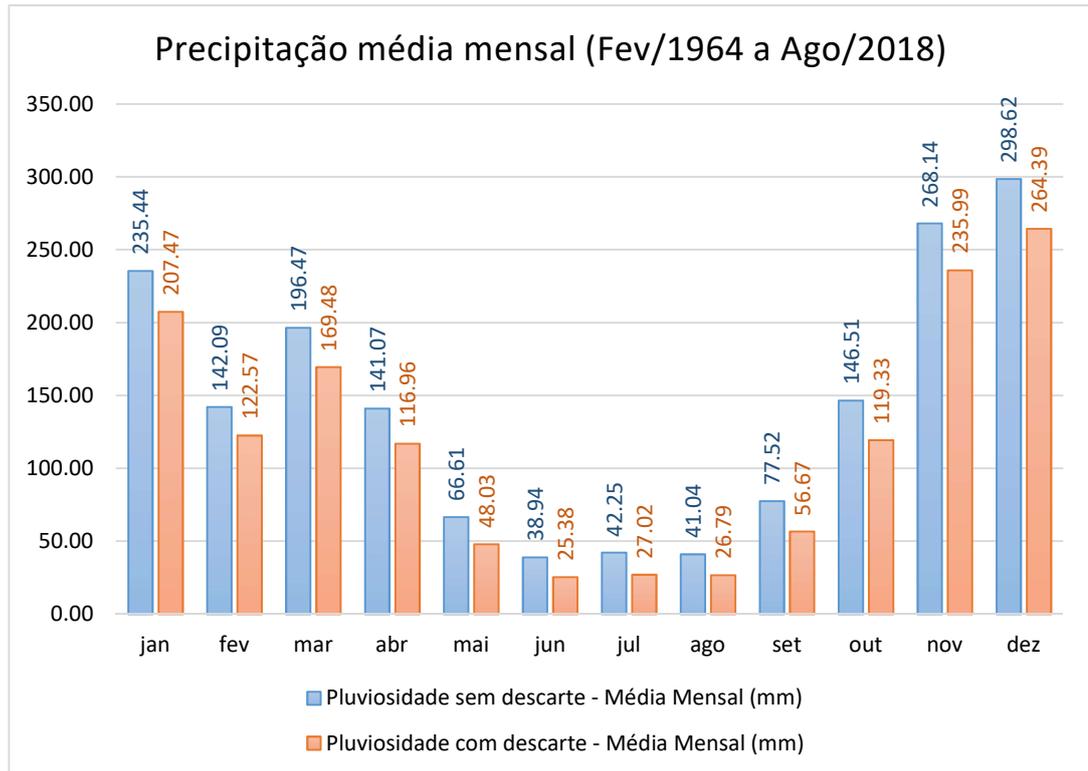


Figura 16: Precipitação Média Mensal sem e com descarte do *first flush* (2 mm) - Período de fevereiro de 1964 a agosto de 2018.

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados da ANA.

### 3.4. Área de captação de água pluvial

A área de captação foi obtida a partir da planta de cobertura e situação fornecida em arquivo digital pelo Departamento de Engenharia do IFES campus Cachoeiro de Itapemirim. A área total de cobertura da área construída é de 8.054,76 m<sup>2</sup>. No entanto, por condições de viabilidade de projeto, a área de cobertura útil para captação de água de chuva na instituição foi considerada um valor total de 7.788,37 m<sup>2</sup>. Essa área está distribuída de acordo com a Figura 17 e os dados do Apêndice 1, em que os telhados aproveitáveis estão hachurados de verde.

Conforme declarado por Marinoski e Ghisi (2008), edificações escolares demandam uma quantidade expressiva de água para usos não potáveis (caixas de descarga de banheiros, lavagem de piso e automóveis e rega de jardins), além de geralmente apresentarem grandes áreas de cobertura que podem ser utilizadas para coleta de água de chuva, o que incentivou a escolha da localidade para a realização deste estudo.



Figura 17: Área de cobertura total do IFES – Cachoeiro de Itapemirim/ES.  
 Fonte: Adaptado a partir da planta de cobertura e situação disponibilizada pela Coordenadoria de Engenharia e Manutenção do IFES campus Cachoeiro de Itapemirim/ES.

### 3.5. Coeficiente de Escoamento (*Runoff*)

Segunda definição da NBR 15.527 (ABNT, 2007), o coeficiente de escoamento superficial ou coeficiente de *runoff* representa a relação entre o volume total de escoamento superficial e o volume total de água precipitada. Esse parâmetro varia de acordo com o tipo de material da superfície de escoamento.

Esse coeficiente é utilizado para dimensionar o volume do reservatório, pois leva em consideração o volume de perdas da água precipitada, como na evaporação, no volume gasto na limpeza do telhado e na absorção pelos materiais por onde escoar a água (TOMAZ, 2003). A relação entre o coeficiente de *runoff* para diferentes tipos de materiais é um importante parâmetro a ser considerado (Tabela 2).

Tabela 2: Coeficiente de escoamento superficial (*runoff*).

Material	Coeficiente de escoamento
Telhas cerâmicas	0,80 a 0,90
Telhas esmaltadas	0,90 a 0,95
Telhas corrugadas de metal	0,80 a 0,90
Cimento amianto	0,80 a 0,90
Plástico, pvc	0,90 a 0,95

Fonte: TOMAZ (2003).

### 3.6. Estimativa de consumo de água não potável

A estimativa de consumo de água não potável foi feita para os seguintes usos: descarga de bacias sanitárias e mictórios, lavagem de automóveis, rega de jardins e lavagem de pisos. Uma parcela desse levantamento foi estimada através de dados fornecidos pela Coordenadoria de Engenharia e Manutenção. Outros foram estimados por meio de estudos existentes na literatura.

O número de usuários foi levantado juntamente com a Coordenadoria de Engenharia e Manutenção da instituição (Tabela 3).

Tabela 3: Número de usuários do IFES-Campus Cachoeiro de Itapemirim.

Descrição	Unidade	Quantidade
Discentes Diurnos (Integral)	Pessoa	781
Discentes Noturnos	Pessoa	598
Manutenção	Pessoa	3
Limpeza e Jardinagem	Pessoa	16
Segurança	Pessoa	8
Técnicos Administrativos (inclui Diretorias e Secretarias)	Pessoa	60
Docentes (inclui Coordenadores de Curso)	Pessoa	85
Estagiários	Pessoa	8
<b>Total</b>	<b>Pessoa</b>	<b>1559</b>

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados da Coordenadoria de Engenharia e Manutenção do IFES campus Cachoeiro de Itapemirim/ES (2018).

Tomaz (2003) descreve alguns parâmetros de engenharia de estimativas de demanda residencial para uso externo nos Estados Unidos, cujos valores serão utilizados como base para este estudo (Tabela 4).

Tabela 4: Estimativas da demanda residencial de água potável para uso externo nos Estados Unidos da América.

Uso externo	Unidades	Valores
Casas com piscina	Porcentagem	0,1
Gramado ou jardim	Litros/dia/m <sup>2</sup>	2
Lavagem de carros	litros/lavagem/carro	150
Lavagem de carros: frequência	Lavagem/mês	4
Mangueira. de jardim 1/2"x20m.	Litros/dia	50
Manutenção de piscina	litros/dia/m <sup>2</sup>	3
Perdas p/ evaporação em piscina	Litros/dia/m <sup>2</sup>	5,75
Reenchimento de piscinas	anos	10
Tamanho da casa	m <sup>2</sup>	30 a 450
Tamanho do lote	m <sup>2</sup>	125 a 750

Fonte: Tomaz (2003).

i. Descarga de bacias sanitárias e mictórios

A definição da demanda de água responsável apenas pelo uso das bacias sanitárias e mictórios de uma edificação se torna complexa quando não é utilizado nenhum equipamento medidor de vazão (hidrômetro, por exemplo) para monitorar o volume gasto nestes aparelhos hidrossanitários, como é o caso da edificação deste estudo.

Dessa forma, foram levantados dados de estudos existentes na literatura, cujas estimativas de consumo diário foram estabelecidas por meio de dados estatísticos, através de pesquisas amostrais com os usuários das escolas e probabilísticos, por meio de função densidade de probabilidade (Tabela 5).

Tabela 5: Estimativas de consumo *per capita* de água em escolas, a partir de literaturas existentes.

Autor	Descrição	Usuários/ Amostras	Mictório		Bacias Sanitárias	
			Consumo (L/dia)	Consumo <i>per capita</i> (L/dia)	Consumo (L/dia)	Consumo <i>per capita</i> (L/dia/ usuário)
Ywashima (2005) <sup>1</sup>	Estimativa feita em escola de ensino fundamental e médio para o consumo diário de água potável. Alunos de 11 a 14 anos e turno diário de 7h às 19h. 585 alunos, 7 funcionários e 38 funcionárias e professores.	630	4.752,00*	-	6.156,00	9,77

Autor	Descrição	Usuários/ Amostras	Mictório		Bacias Sanitárias	
			Consumo (L/dia)	Consumo <i>per capita</i> (L/dia)	Consumo (L/dia)	Consumo <i>per capita</i> (L/dia/ usuário)
<b>Marinoski (2007)<sup>2</sup></b>	SENAI/Florianópolis. Ensino técnico, graduação e pós- graduação. 375 alunos, 124 funcionários e 66 professores.	202	973,28**	4,82	3.937,95	19,49
<b>Fasola (2009)<sup>3</sup></b>	Escola Municipal: creche à 4ª série; 170 alunos, 12 professores e 5 funcionários.	41	14,07	-	841,22	20,52
	Escola Estadual: pré- escolar à 8ª série; 230 alunos, 18 professores e 5 funcionários.	47	2.314,06	-	1.830,13	38,94

(1) A partir de dados probabilísticos, por meio de uma variável aleatória que se comporta adequadamente segundo uma função densidade do tipo Erlang ou Exponencial, casos particulares do tipo Gama;

(2) e (3) A partir de dados amostrais das escolas;

\*Mictório tipo calha, aberto permanentemente durante o funcionamento da escola;

\*\*Mictório com válvula de descarga.

Fonte: Adaptado pelo autor.

Por meio da metodologia empregada no estudo de Oliveira (1999), foram estimados os indicadores de consumo *per capita* em litros/dia/pessoa nas bacias sanitárias e mictórios dos estudos na Tabela 5, em que o consumo estimado é dividido pelo número de usuários.

Para o presente estudo, será utilizado o valor de consumo *per capita* encontrado por Ywashima (2005), considerando que a tipologia da escola estudada por essa autora se assemelha com a edificação em estudo, além de apresentar o valor de consumo mais plausível entre os estudos avaliados. O volume utilizado em mictórios será desconsiderado no cálculo da demanda de água que pode ser substituída por água de chuva, devido à complexidade de aferir precisamente o volume consumido por estes aparelhos do tipo calha da edificação em estudo.

De acordo com dados levantados no IFES campus Cachoeiro, o número total de usuários são 1.559 pessoas. Porém, considerou-se que os 8 seguranças que trabalham na instituição estão em tempo integral durante todos os dias do ano. Levando-se isso em conta e utilizando-se o consumo *per capita* de 9,77 L/dia/pessoa (YWASHIMA, 2005), obteve-se o consumo mensal estimado pelo uso das bacias sanitárias, cujos valores encontram-se na Tabela 6. De acordo com essa tabela, o Consumo B é oriundo do uso dos sanitários pelos seguranças da instituição, e o Consumo A pelos demais usuários que seguem o calendário

acadêmico, utilizando-se como referência o ano de 2018. Por fim, o Consumo Total Estimado é dado pela soma do Consumo A e o Consumo B.

Tabela 6: Consumo mensal estimado pelo uso de bacias sanitárias.

Calendário 2018 - IFES Cachoeiro de Itapemirim		Número de usuários regulares	Consumo A (m <sup>3</sup> )	Dias mensais	Número de seguranças	Consumo B (m <sup>3</sup> )	Consumo Total Estimado (m <sup>3</sup> /mês)
MÊS	Dias Úteis						
Janeiro	0	1.551	0,00	31	8	2,42	2,42
Fevereiro	13	1.551	196,99	28	8	2,19	199,18
Março	21	1.551	318,22	31	8	2,42	320,64
Abril	20	1.551	303,07	30	8	2,34	305,41
Mai	22	1.551	333,37	31	8	2,42	335,79
Junho	20	1.551	303,07	30	8	2,34	305,41
Julho	11	1.551	166,69	31	8	2,42	169,11
Agosto	24	1.551	363,68	31	8	2,42	366,10
Setembro	20	1.551	303,07	30	8	2,34	305,41
Outubro	23	1.551	348,53	31	8	2,42	350,95
Novembro	20	1.551	303,07	30	8	2,34	305,41
Dezembro	13	1.551	196,99	31	8	2,42	199,42
<b>Total</b>	<b>207</b>		<b>3.136,73</b>	<b>365</b>		<b>28,53</b>	<b>3.165,26</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

ii. Lavagem de automóveis

A lavagem de automóveis é realizada manualmente uma vez por semana pela equipe de manutenção, em 3 veículos da instituição.

Devido à complexidade de estipular com precisão o volume de água utilizado para a lavagem de cada veículo, foram adotados dados de Tomaz (2003), de acordo com a Tabela 4.

Sendo assim, considerando as 52 semanas em um ano, o volume de água anual estimado para a lavagem dos veículos é calculado a seguir:

$$\text{Volume} = 3 \text{ veículos} \times 150 \text{ litros/veículo} \times 1 \text{ vez/semana} \times 52 \text{ semanas/ano}$$

$$\text{Volume} = 23.400 \text{ litros/ano}$$

O volume médio mensal gasto com a lavagem de veículos é dado por:

$$\text{Volume} = \frac{23400}{12} = 1.950 \text{ litros/mês ou } 1,95 \text{ m}^3/\text{mês}$$

### iii. Rega de jardins

De acordo com a Coordenadoria de Engenharia e Manutenção, a rega dos jardins da instituição é realizada duas vezes por semana nos meses de dezembro a março, temporada mais quente do ano no município.

Através de visitas realizadas no IFES, foram definidas as áreas de jardins que são frequentemente regadas. Apesar de não ter sido realizada a medição in loco, as áreas foram estimadas por imagens via satélite (Figura 18), contabilizando um total de 4.627 m<sup>2</sup>.



Figura 18: Áreas de jardins onde são feitas regas no período de dezembro a março.  
 Fonte: Adaptado de Google Earth (2018).

Considerando que no período de dezembro a março há 17 semanas e utilizando os dados de Tomaz (2003) presentes na Tabela 4, o volume de água estipulado para a rega dos jardins do IFES é dado por:

$$\text{Volume} = 2 \text{ litros/m}^2 \times 4627 \text{ m}^2 \times 2 \text{ vezes/semana} \times 17 \text{ semanas}$$

$$\text{Volume} = 314.636 \text{ litros}$$

Calculando o volume médio mensal do período de rega dos jardins de dezembro a março (5 meses), tem-se:

$$\text{Volume} = \frac{314636}{5} = 62.927,2 \text{ litros/mês} \approx 62,93 \text{ m}^3/\text{mês}$$

## iv. Lavagem de pisos

Ainda por Tomaz (2003), estima-se o uso de 2 litros/m<sup>2</sup> para a lavagem de pisos diversos. De acordo com informações da Coordenadoria de Engenharia e Manutenção do IFES, a frequência de lavagem de pisos está relacionada de acordo com a Tabela 7.

Tabela 7: Frequência de lavagem de pisos no IFES-Cachoeiro.

<b>Setor</b>	<b>Frequência de lavagem</b>
Quadra Poliesportiva	1 vez por semana
Cozinhas	Diariamente
Refeitórios	1 vez por semana
Salas de aula	Limpeza com pano úmido
Pátios	Lavagem casual para dias de eventos

Fonte: Coordenadoria de Engenharia e Manutenção – IFES / Cachoeiro de Itapemirim (2018).

Considerando o calendário acadêmico da instituição do ano de 2018 e admitindo que não é feito o serviço de lavagem de pisos durante o recesso dos docentes, será desprezado o período de férias de final de ano (19 de dezembro de 2017 a 04 de fevereiro de 2018) e o recesso de julho (14 a 30 de julho de 2018).

Devido à complexidade de se levantar os dados de volumes gastos na limpeza das salas de aula e na lavagem dos pátios, estes foram descartados do diagnóstico de consumo de água não potável.

Utilizando-se a planta baixa da instituição fornecida pela Coordenadoria de Engenharia e Manutenção, determinou-se as áreas de piso que são feitas as lavagens, a saber:

- Cozinha: 64,93 m<sup>2</sup>
- Refeitório: 176,81 m<sup>2</sup>
- Quadra Poliesportiva: 1.091,20 m<sup>2</sup>

Dessa forma, estimou-se os volumes mensais utilizados na lavagem dos pisos através da equação:

$$Volume (m^3) = \frac{Consumo (L/m^2) \times \text{Área do piso} (m^2) \times \text{Frequência de lavagem} (\text{dias ou semanas})}{1000}$$

Resumidamente, os volumes encontrados estão listados na Tabela 8, utilizando-se como frequência de lavagem os dias e semanas úteis de cada mês do calendário letivo de 2018 do IFES campus Cachoeiro de Itapemirim.

Tabela 8: Volume estimado de água potável utilizada para a lavagem de pisos do IFES-Cachoeiro de Itapemirim.

Calendário 2018 - IFES Cachoeiro de Itapemirim			Quadra Poliesportiva	Cozinha	Refeitório	Volume Total (m <sup>3</sup> )
Mês	Dias Úteis	Semanas Úteis	Volume (m <sup>3</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	
Janeiro	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00
Fevereiro	13	3	6,55	1,69	1,06	9,30
Março	21	4	8,73	2,73	1,41	12,87
Abril	20	4	8,73	2,60	1,41	12,74
Maio	22	5	10,91	2,86	1,77	15,54
Junho	20	4	8,73	2,60	1,41	12,74
Julho	11	2	4,36	1,43	0,71	6,50
Agosto	24	5	10,91	3,12	1,77	15,80
Setembro	20	4	8,73	2,60	1,41	12,74
Outubro	23	5	10,91	2,99	1,77	15,67
Novembro	20	4	8,73	2,60	1,41	12,74
Dezembro	13	3	6,55	1,69	1,06	9,30
<b>Total</b>	<b>207</b>	<b>43</b>	<b>93,84</b>	<b>26,88</b>	<b>15,21</b>	<b>135,93</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

Por fim, o consumo total estimado de uso de água não potável no IFES campus Cachoeiro é dado pelos valores listados na Tabela 9 e a relação entre o consumo de água total medido (média 2017-2018) e o consumo de água não potável estimado estão presentes no gráfico da Figura 19.

Tabela 9: Consumo de água total não potável estimado do IFES campus Cachoeiro de Itapemirim.

<b>Consumo Total Não Potável - Estimado</b>						
<b>Calendário 2018 - IFES Cachoeiro de Itapemirim</b>		<b>Descarga em bacias sanitárias (m³)</b>	<b>Lavagem de automóveis (m³)</b>	<b>Rega de jardins (m³)</b>	<b>Lavagem de pisos (m³)</b>	<b>Total (m³)</b>
<b>MÊS</b>	<b>Dias Úteis</b>					
Janeiro	0	2,42	1,95	62,93	0,00	67,30
Fevereiro	13	199,18	1,95	62,93	9,30	273,35
Março	21	320,64	1,95	62,93	12,87	398,39
Abril	20	305,41	1,95	0,00	12,74	320,10
Mai	22	335,79	1,95	0,00	15,54	353,28
Junho	20	305,41	1,95	0,00	12,74	320,10
Julho	11	169,11	1,95	0,00	6,50	177,56
Agosto	24	366,10	1,95	0,00	15,80	383,85
Setembro	20	305,41	1,95	0,00	12,74	320,10
Outubro	23	350,95	1,95	0,00	15,67	368,57
Novembro	20	305,41	1,95	0,00	12,74	320,10
Dezembro	13	199,42	1,95	62,93	9,30	273,59
<b>Total Anual</b>	<b>207,00</b>	<b>3.165,26</b>	<b>23,40</b>	<b>251,71</b>	<b>135,93</b>	<b>3.576,29</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

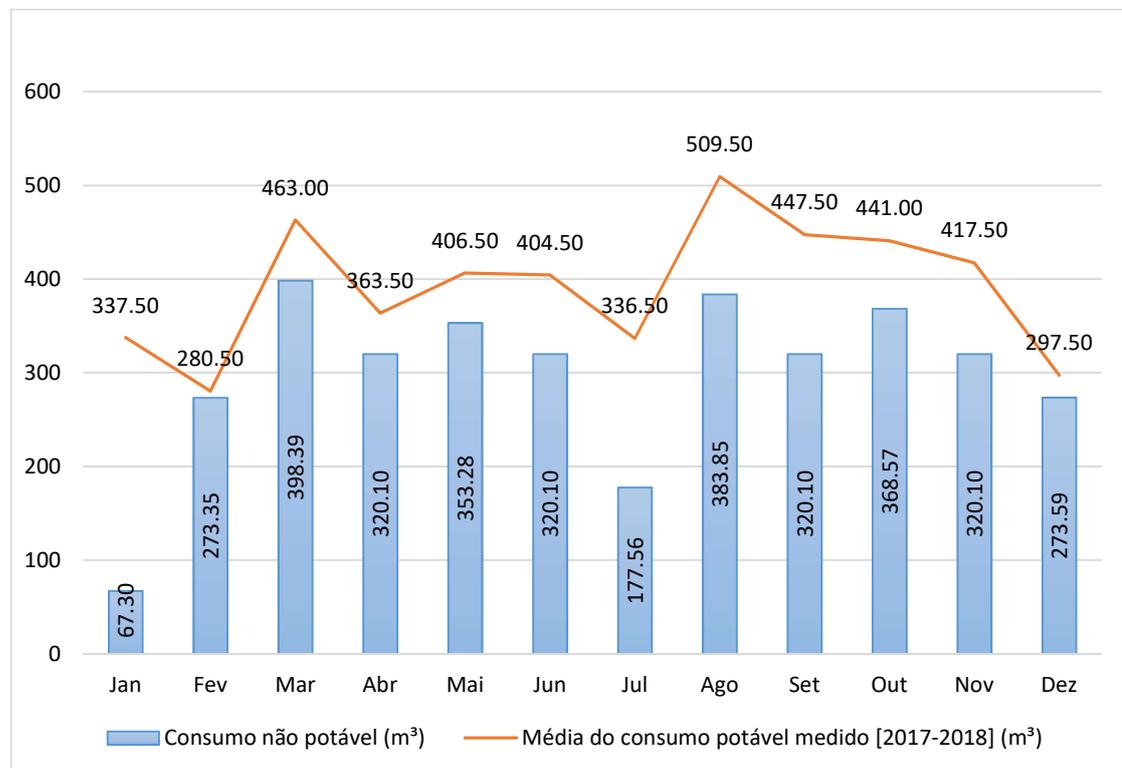


Figura 19: Consumo de água total medido (média 2017-2018) x Consumo de água não potável estimado.

Fonte: Elaborado pelo autor.

A partir da estimativa realizada, os maiores consumos mensais são em função do uso das bacias sanitárias, salvo o mês de janeiro que apresenta um índice de consumo baixíssimo devido ao período de férias. O volume de água utilizado para descargas de bacias sanitárias é responsável por 67,27% do consumo anual de água potável pelo IFES (Figura 20). Tais percentuais foram calculados pela razão do consumo de água estimado para os quatro usos (descargas de bacias sanitárias, lavagem de automóveis, rega de jardins e lavagem de pisos) que podem ser substituídos por água não potável, com o volume mensal medido pelo hidrômetro da instituição. De acordo com a Figura 20, os quatro usos não potáveis representam juntos, em média, 76% do que se consome de água potável anualmente, sendo que este percentual poderia ser substituído por água pluvial.

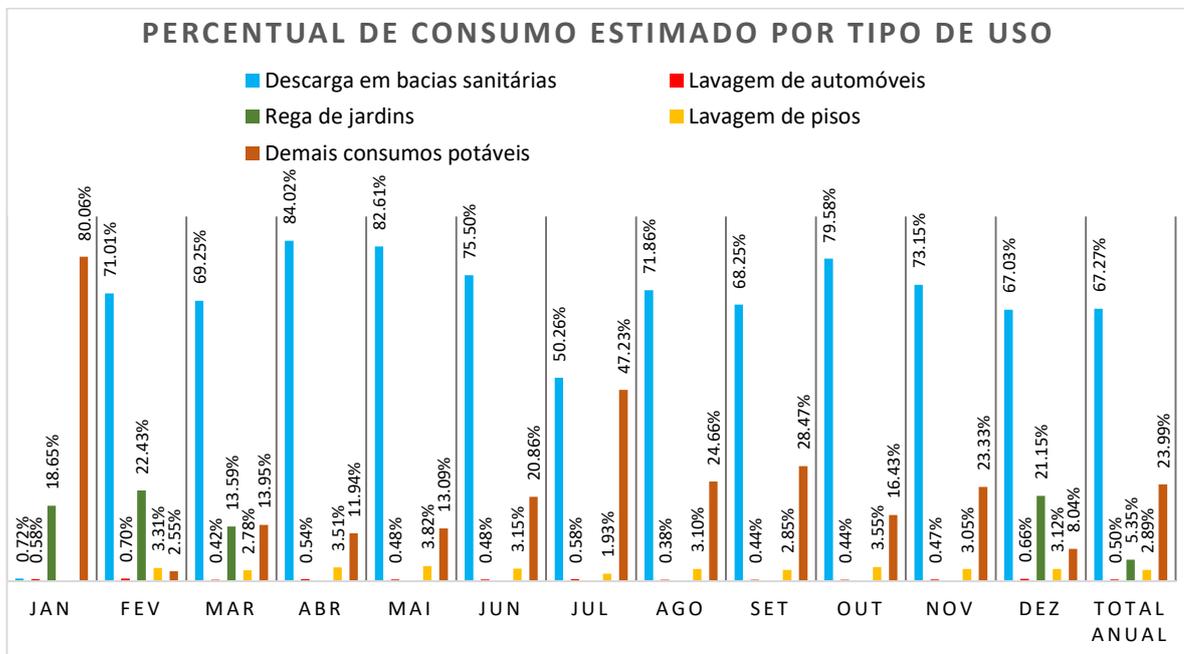


Figura 20: Percentual de consumo de água estimado por tipo de uso.

Fonte: Elaborado pelo autor.

### 3.7. Calhas e Condutores Vertical e Horizontal

Segundo a NBR 10.844/1989, que dispõe orientações sobre instalações prediais de águas pluviais, o dimensionamento das calhas em telhados pode ser definido através da equação de Manning-Strickler, dada por:

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

$$Q = \frac{i \times A}{60}$$

Onde:

Q = vazão de projeto, em litros/min;

i = intensidade pluviométrica, em mm/h;

A = área de contribuição, em m<sup>2</sup>;

S = área da seção molhada, em m<sup>2</sup>;

P<sub>m</sub> = perímetro molhado, em m;

R<sub>H</sub> =  $\frac{S}{P_m}$  = raio hidráulico;

I = declividade da calha, em m/m;

n = coeficiente de rugosidade da calha;

K = 60.000;

A intensidade pluviométrica [i] foi calculada através da equação de chuvas intensas dada por:

$$i(mm/h) = \frac{KT^a}{(t + b)^c}$$

Onde:

t é a duração da precipitação;

T é o tempo de retorno; e

K, a, b, c são parâmetros pré-definidos de acordo com a localidade analisada.

Ainda de acordo com a norma, a duração da precipitação [t] é fixada em 5 minutos. Já o tempo de retorno [T] é fixado de acordo com as características da área a ser drenada. Sendo assim, o tempo de retorno para coberturas é de 5 anos.

Os parâmetros K, a, b e c foram obtidos através do software Plúvio 2.1, um banco de dados de chuva intensas desenvolvido pelo Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos (GPRH) da Universidade Federal de Viçosa (UFV) (Figura 21).

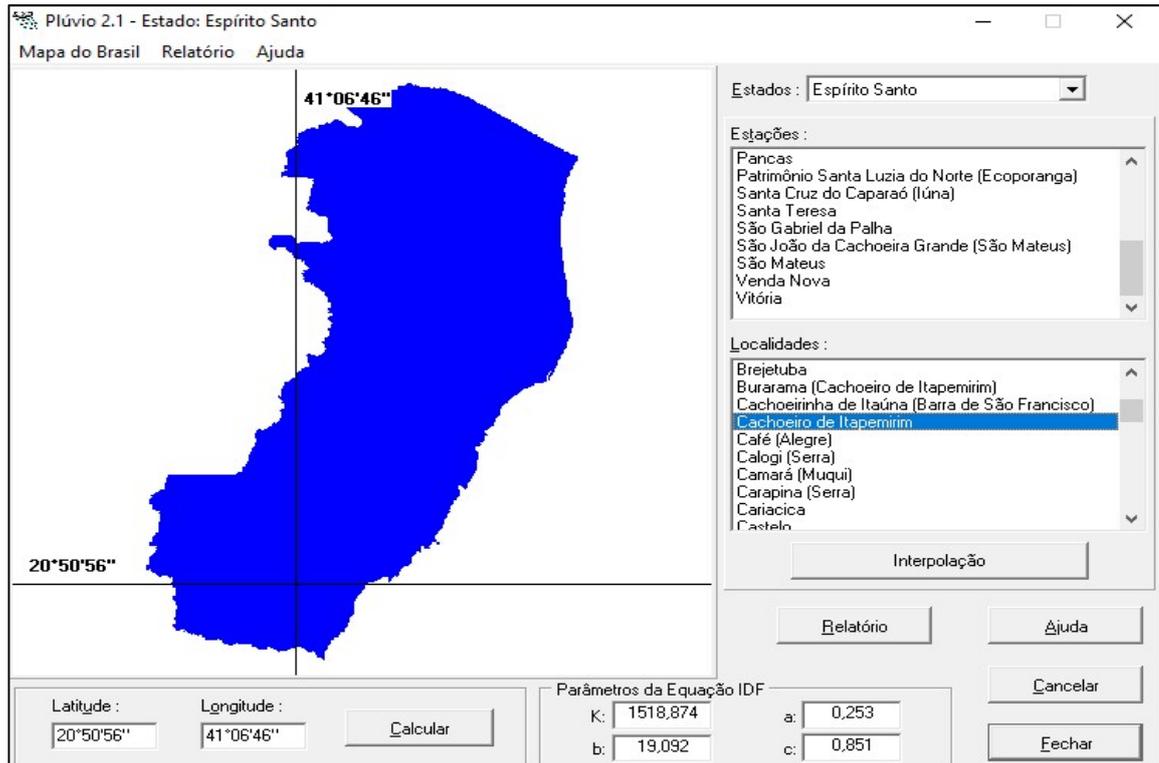


Figura 21: Parâmetros da equação de chuvas intensas para Cachoeiro de Itapemirim/ES.  
Fonte: Plúvio 2.1 (2006).

Os parâmetros foram estimados implicitamente pelo programa utilizando-se interpolação por meio do Método do Inverso da Quinta Potência da Distância, considerando as informações de todas as localidades em que a equação de intensidade-duração-frequência da precipitação é conhecida nos estados da Bahia, Espírito Santo, Minas Gerais, Paraná, Rio de Janeiro, São Paulo e Tocantins.

Dessa forma, utilizando-se os parâmetros determinados, a intensidade pluviométrica [i] calculada foi de 152,19 mm/h.

Para este estudo, a edificação já possui calhas instaladas nos beirais dos telhados e condutores verticais, conforme pode ser observado pelas imagens do Apêndice 11 (Figura 47).

O coeficiente de rugosidade [n] utilizado foi 0,011, visto que o material das calhas na edificação é plástico (tubos PVC) e metálico. Para a declividade [I], foi considerada a mínima ( $I = 0,005$  m/m) conforme orientada pela NBR 10.844, admitindo-se que as calhas instaladas estão obedecendo esse critério.

Dessa maneira, foi dimensionado o diâmetro mínimo para cada vazão de projeto, referente a cada área definida conforme a imagem do Apêndice 5 (Figura 37).

Por fim, após manipulações algébricas com a equação de Manning-Strickler, foram definidos os diâmetros de projeto, de acordo com a tabela do Apêndice 6 (Tabela 37).

Realizando-se um comparativo dos diâmetros calculados com os diâmetros das calhas instaladas na edificação, observa-se que as calhas que coletam as águas pluviais das coberturas A3, A9 e A10 possuem um diâmetro inferior ao mínimo orientado pela norma. Em virtude disso, é recomendável revisar a declividade de instalação dessas calhas para adaptar o cálculo do diâmetro de projeto.

Os condutores verticais devem ser instalados preferencialmente em uma só prumada, mas caso haja necessidade de desvios, devem ser utilizadas curvas de 90° de raio longo ou curvas de 45°, prevendo-se também peças de inspeção (NBR 10.844, 1989).

A edificação estudada possui condutores verticais instalados em diâmetros de 150 mm na quadra poliesportiva e de 100 mm nas demais edificações, obedecendo o diâmetro mínimo de 70 mm orientado pela norma.

De acordo com a NBR 10.844/1989, utiliza-se o ábaco do Apêndice 7 (Figura 38) para definir o diâmetro do condutor vertical. O procedimento consiste em levantar uma reta vertical a partir do valor da vazão de projeto  $Q$  [l/min] até interceptar as curvas da altura da lâmina d'água da calha  $H$  [mm] e do comprimento do condutor vertical  $L$  [m] correspondentes. No caso de não haver curvas dos valores de  $H$  e  $L$ , interpola-se entre as curvas existentes. A partir da interseção mais alta entre  $H$  e  $L$ , traça uma reta horizontal até o eixo  $D$ , encontrando o valor do diâmetro interno mínimo do condutor vertical.

Dessa forma, cruzando-se os dados do Apêndice 7 (Tabela 38) com o ábaco (Figura 38), pode-se verificar que todos os condutores verticais já instalados na instituição atendem os requisitos de projeto disposto pela norma.

Os condutores horizontais devem ser projetados, quando possível, com declividade uniforme, com um valor mínimo de 0,005 m/m (NBR 10.844/1989).

De acordo com informações coletadas na instituição, há alguns condutores horizontais instalados, que conduzem as águas das chuvas para o sistema de drenagem local. Para os pontos onde não há esses condutores, a água da chuva escoar naturalmente no solo por infiltração.

O arranjo de instalação dos condutores horizontais dependerá do projeto do sistema de captação de água pluvial para a edificação, como por exemplo, o local de construção do reservatório inferior, se haverá mais de um reservatório inferior, entre outros pontos específicos de projeto.

Para este trabalho, foi definido um arranjo de condutores horizontais alternativo para, posteriormente, realizar uma estimativa de custo de projeto para o sistema de captação de água pluvial no local (Figura 22).



Figura 22: Malha de condutores horizontais.  
Fonte: Elaborado pelo autor.

A partir dessa configuração dos condutores horizontais, foram calculados os diâmetros de projeto para cada trecho, conforme os resultados do Apêndice 8 (Tabela 39) e da malha de condutores horizontais da imagem do Apêndice 9 (Figura 39). Para isso, considerou-se o uso de tubulações em PVC ( $n=0,011$ ) com declividade de assentamento de 1%, exceto para os trechos AQ e AR em que se faz necessária a declividade de 4% para atender os requisitos da NBR 10.844/1989. Como base, os dados de capacidade dos condutores horizontais de seção circular foram utilizados para a definição dos diâmetros das tubulações (Tabela 10).

Tabela 10: Capacidade de condutores horizontais de seção circular (vazão em [L/min]).

	Diâmetro interno (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 %
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	50	32	45	64	90	29	41	59	83	27	38	54	76
2	75	95	133	188	267	87	122	172	245	80	113	159	226
3	100	204	287	405	575	187	264	372	527	173	243	343	486
4	125	370	521	735	1.040	339	478	674	956	313	441	622	882
5	150	602	847	1.190	1.690	552	777	1.100	1.550	509	717	1.010	1.430
6	200	1.300	1.820	2.570	3.650	1.190	1.670	2.360	3.350	1.100	1.540	2.180	3.040
7	250	2.350	3.310	4.660	6.620	2.150	3.030	4.280	6.070	1.990	2.800	3.950	5.600
8	300	3.820	5.380	7.590	10.800	3.500	4.930	6.960	9.870	3.230	4.550	6.420	9.110

Nota: As vazões foram calculadas utilizando-se a fórmula de Manning-Strickler, com a altura de lâmina de água igual a 2-3 D.

Fonte: ABNT NBR 10.844/1989.

### 3.8. Dimensionamento do reservatório inferior pelos métodos da NBR 15.527/2007

De acordo com a NBR 15.527/2007, serão descritos e aplicados abaixo os métodos existentes para o dimensionamento de volume de reservatório inferior para aproveitamento de águas pluviais.

#### 3.8.1. Método de Rippl

Neste método é feito um balanço de massa. Os dados de precipitação aplicados podem ser mensais ou diários. De acordo com Lima et al. (2017), o uso de séries históricas mensais resulta em reservatórios de maior volume. Há duas maneiras de se verificar o volume calculado: graficamente ou analiticamente, sendo o método analítico que será utilizado neste estudo. É um método de cálculo de volume de armazenamento necessário para garantir uma vazão regularizada constante durante o período mais crítico de estiagem observado.

$$S_{(t)} = D_{(t)} - Q_{(t)}$$

$$Q_{(t)} = C \times P_{(t)} \times A$$

$$V = \Sigma S_{(t)}, \text{ somente para valores } S_{(t)} > 0$$

Sendo que:  $\Sigma D_{(t)} < \Sigma Q_{(t)}$

Onde:

$S_{(t)}$  é o volume de água no reservatório no tempo t, expresso em metros cúbicos (m<sup>3</sup>);

$Q_{(t)}$  é o volume de chuva aproveitável no tempo t, expresso em metros cúbicos (m<sup>3</sup>);

$D_{(t)}$  é a demanda ou consumo no tempo t, expressa em metros cúbicos (m<sup>3</sup>);

V é o volume do reservatório, expresso em metros cúbicos (m<sup>3</sup>);

C é o coeficiente de escoamento superficial;

$P_{(t)}$  é a precipitação no tempo t;

A é a área de captação.

O volume de chuva aproveitável foi obtido através da relação entre a precipitação pluviométrica, já com o descarte da primeira chuva (2 mm/chuva), a área de coleta e o coeficiente de escoamento superficial igual a 0,8. Utilizando-se os dados levantados até o momento, foi calculado o volume do reservatório obtido através da diferença acumulada dos valores positivos (Tabela 11).

Tabela 11: Resultados do método de Rippl.

t	Mês	Precipitação Média Mensal com descarte $P_{(t)}$ (mm)	A (m <sup>2</sup> )	C	$Q_{(t)}$ (m <sup>3</sup> )	$D_{(t)}$ (m <sup>3</sup> )	$S_{(t)}$ (m <sup>3</sup> )	Volumes Positivos (m <sup>3</sup> )
1	Jan	207,47	7.788,37	0,8	1.292,70	67,30	-1.225,40	-
2	Fev	122,57	7.788,37	0,8	763,68	273,35	-490,32	-
3	Mar	169,48	7.788,37	0,8	1.056,00	398,39	-657,61	-
4	Abr	116,96	7.788,37	0,8	728,75	320,10	-408,65	-
5	Mai	48,03	7.788,37	0,8	299,27	353,28	54,02	54,02
6	Jun	25,38	7.788,37	0,8	158,14	320,10	161,97	161,97
7	Jul	27,02	7.788,37	0,8	168,33	177,56	9,23	9,23
8	Ago	26,79	7.788,37	0,8	166,90	383,85	216,94	216,94
9	Set	56,67	7.788,37	0,8	353,07	320,10	-32,97	-
10	Out	119,33	7.788,37	0,8	743,50	368,57	-374,93	-
11	Nov	235,99	7.788,37	0,8	1.470,38	320,10	-1.150,27	-
12	Dez	264,39	7.788,37	0,8	1.647,36	273,59	-1.373,77	-
<b>Volume do reservatório (m<sup>3</sup>)</b>								<b>442,16</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

Analisando-se a tabela acima, verifica-se que, para alguns meses, os valores encontrados na coluna  $S_{(t)}$  são negativos, o que indica que a demanda de água é inferior ao volume de chuva captável na respectiva área de coleta. Assim como Giacchini (2016) classifica em seu trabalho, esses dados negativos caracterizam a ocorrência de *overflow*, ou seja, sobra de água nos referidos meses. Por outro lado, os valores positivos representam a falta de água no reservatório, caracterizando a existência de *outflow*.

### 3.8.2. Método de Azevedo Netto

O método de Azevedo Netto leva em conta apenas o volume captado e a quantidade de meses com pouca chuva ou seca, não considerando a demanda de água não potável. O volume do reservatório é obtido a partir da equação abaixo:

$$V = 0,042 \times P \times A \times T$$

Onde:

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

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

$A$  é o valor numérico da área de coleta em projeção, expresso em metros quadrados (m<sup>2</sup>);

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

O valor da precipitação ( $P$ ) já está considerando o descarte da primeira chuva (2 mm/chuva) de lavagem do telhado. Foram considerados meses de pouca chuva ou seca valores mensais inferiores a 100 mm. Logo, utilizando-se os dados da (Tabela 12), o volume do reservatório dimensionado foi de 2.313,86 m<sup>3</sup>.

Tabela 12: Resultados do método de Azevedo Netto.

<b>P (mm)</b>	1.414,72
<b>T (meses)</b>	5
<b>A (m<sup>2</sup>)</b>	7.788,37
<b>V (L)</b>	2.313.864,18
<b>V (m<sup>3</sup>)</b>	<b>2.313,86</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

### 3.8.3. Método da Simulação

Neste método, os dados de precipitação média mensal são utilizados para simular o balanço hídrico no reservatório. Dessa forma, o seu volume é definido através do maior déficit obtido nessa simulação. Além disso, a evaporação da água é desconsiderada, a simulação considera o reservatório cheio no início da contagem do tempo “t”, e os dados históricos são representativos para as condições futuras. Para um determinado mês, aplica-se a equação da continuidade a um reservatório finito:

$$S_{(t)} = Q_{(t)} + S_{(t-1)} - D_{(t)}$$

$$Q_{(t)} = C \times P_{(t)} \times A$$

Sendo que:  $0 < S_{(t)} < V$

Onde:

$S_{(t)}$  é o volume de água no reservatório no tempo t, expresso em metros cúbicos ( $m^3$ );

$S_{(t-1)}$  é o volume de água no reservatório no tempo t – 1, expresso em metros cúbicos ( $m^3$ );

$Q_{(t)}$  é o volume de chuva no tempo t, expresso em metros cúbicos ( $m^3$ );

$D_{(t)}$  é o consumo ou demanda no tempo t, expressa em metros cúbicos ( $m^3$ );

$V$  é o volume do reservatório fixado, expresso em metros cúbicos ( $m^3$ );

$C$  é o coeficiente de escoamento superficial;

$P_{(t)}$  é a precipitação no tempo t;

$A$  é a área de captação.

No método da simulação, o volume do reservatório é estipulado por tentativa e erro, até obter um nível de confiança satisfatório. Dessa forma, o volume encontrado com um nível de confiança de 92% foi de 226  $m^3$  (Tabela 13 e Tabela 14).

De acordo com as hipóteses do método, o reservatório está vazio no início da contagem e, portanto, o volume inicial  $S_{(t-1)}$  no mês de janeiro é igual a zero. O próximo resultado da coluna  $S_{(t-1)}$  é igual ao volume no final do mês anterior  $S_{(t)}$  e assim sucessivamente. Caso esse resultado fosse menor do que zero, o valor seria substituído por zero, indicando que o reservatório está vazio. Por outro lado, quando o valor encontrado fosse maior do que o volume do reservatório, seria inserido o correspondente ao valor do volume do reservatório, de 226  $m^3$ .

A coluna  $S_{(t)}$  representa os volumes de água do reservatório ao final de cada mês. Os valores negativos encontrados nessa coluna representam os volumes de água que não foram atendidos para o uso não potável. O volume máximo de cada valor encontrado não pode ultrapassar o valor correspondente ao volume do reservatório.

A coluna *overflow* representa o volume de água que ultrapassa o volume do reservatório e precisa ser descartado. O resultado se dá por meio da soma dos valores de volume mensal de chuva com os respectivos valores de  $S_{(t)}$ , subtraindo-se deste valor o volume de demanda de cada mês. Caso esse valor seja superior ao volume máximo do reservatório, ocorrerá *overflow*, dado pela diferença entre esses valores.

Tabela 13: Resultados do Método da Simulação.

t	Mês	Precipitação Média Mensal com descarte (mm)	C	Q (m³)	D (m³)	St-1 (m³)	St (m³)	Over Flow (m³)	Suprimento externo (m³)	Nr
1	Jan	207,47	0,8	1.292,70	67,30	0,00	226,00	999,40	0,00	0
2	Fev	122,57	0,8	763,68	273,35	226,00	226,00	490,32	0,00	0
3	Mar	169,48	0,8	1.056,00	398,39	226,00	226,00	657,61	0,00	0
4	Abr	116,96	0,8	728,75	320,10	226,00	226,00	408,65	0,00	0
5	Mai	48,03	0,8	299,27	353,28	226,00	171,98	171,98	0,00	0
6	Jun	25,38	0,8	158,14	320,10	171,98	10,02	10,02	0,00	0
7	Jul	27,02	0,8	168,33	177,56	10,02	0,79	0,79	0,00	0
8	Ago	26,79	0,8	166,90	383,85	0,79	-216,16	0,00	216,16	1
9	Set	56,67	0,8	353,07	320,10	0,00	32,97	32,97	0,00	0
10	Out	119,33	0,8	743,50	368,57	32,97	226,00	181,90	0,00	0
11	Nov	235,99	0,8	1.470,38	320,10	226,00	226,00	1.150,27	0,00	0
12	Dez	264,39	0,8	1.647,36	273,59	226,00	226,00	1.373,77	0,00	0
<b>SOMA</b>		<b>1420,08</b>		<b>8.848,07</b>				<b>5.477,69</b>	<b>216,16</b>	

Fonte: Elaborado pelo autor.

Ainda de acordo com os resultados do Método da Simulação (Tabela 13), é possível observar que será necessário abastecimento externo apenas no mês de agosto, correspondente ao período mais seco do município. Somando-se os volumes da coluna Suprimento Externo, seria necessário abastecer o volume de 216,16 m³, que não foi suprida pela água da chuva.

Para verificar a viabilidade e eficiência do sistema, parâmetros como confiança e eficiência são utilizados em dimensionamentos de reservatórios de águas pluviais. A falha corresponde a relação entre o número de meses em que o reservatório não atendeu às demandas e o total de meses do ano, calculada pela equação abaixo.

$$Pr = \frac{Nr}{N}$$

Onde:

$Pr$  é a falha;

$Nr$  é o número de meses que o reservatório não atendeu a demanda, isto é, quando  $V_t = 0$ ;

$N$  é o número de meses considerado, geralmente 12 meses;

A confiança representa o complemento da falha:

$$Confiança = (1 - Pr)$$

A Eficiência do sistema é dada por

$$Eficiência (\%) = \frac{\sum Q - \sum OverFlow - \sum Suprimento Externo}{\sum Q} \times 100$$

Tabela 14: Eficiência do sistema pelo método da Simulação.

<b>Nr Total</b>	<b>1</b>
<b>N</b>	<b>12</b>
<b>Pr (falha)</b>	<b>8%</b>
<b>Confiança</b>	<b>92%</b>
<b>Eficiência</b>	<b>36%</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

Segundo Carvalho et al. (2007), o Método de Análise de Simulação pode ser utilizado em conjunto com outros métodos de dimensionamento, pois os volumes do reservatório determinados nesses outros métodos podem ser investigados através dessa simulação, quanto ao seu comportamento, permitindo assim maior precisão na definição do volume do reservatório em função da eficiência alcançada.

#### 3.8.4. Método Prático Alemão

O Método Prático Alemão é um método empírico, em que o reservatório terá o menor volume entre 6% do volume anual de consumo e 6% do volume anual de precipitação aproveitável.

$$Vadotado = \min(V; D) \times 0,06$$

Onde:

$V$  é o valor numérico do volume aproveitável de água de chuva anual, expresso em  $m^3$ ;

$$V = \frac{P \text{ (mm)} \times A \text{ (m}^2\text{)} \times C}{1000}$$

$P$  é o valor numérico da precipitação média anual, expresso em milímetros (mm), já considerando o descarte da primeira chuva de 2 mm por chuva;

$D$  é o valor numérico da demanda anual da água não potável, expresso em m<sup>3</sup>;

$Vadotado$  é o valor numérico do volume de água do reservatório, expresso em m<sup>3</sup>.

O volume do reservatório calculado ( $Vadotado$ ) foi de 214,58 m<sup>3</sup> (Tabela 15).

Tabela 15: Resultados do método Prático Alemão.

<b>Percentual (%)</b>	6
<b>V (m<sup>3</sup>)</b>	11.056,63
<b>D (m<sup>3</sup>)</b>	3.576,29
<b>Vadotado (m<sup>3</sup>)</b>	<b>214,58</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

### 3.8.5. Método Prático Inglês

Neste caso, o dimensionamento do volume do reservatório corresponde a 5% do volume total captado de águas pluviais, determinado pela seguinte equação:

$$V = 0,05 \times P \times A$$

Onde:

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

$A$  é o valor numérico da área de coleta em projeção, expresso em metros quadrados (m<sup>2</sup>);

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

O resultado do cálculo é dado a seguir (Tabela 16).

Tabela 16: Resultados do método Prático Inglês.

<b>Percentual (%)</b>	5
<b>P (mm)</b>	1.414,72
<b>A (m<sup>2</sup>)</b>	7.788,37
<b>V (L)</b>	550.920,04
<b>V (m<sup>3</sup>)</b>	<b>550,92</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

### 3.8.6. Método Prático Australiano

O volume de chuva é obtido pela seguinte equação:

$$Q = A \times C \times (P - I)$$

Onde:

$C$  é o coeficiente de escoamento superficial, geralmente 0,80;

$P$  é a precipitação média mensal, expressa em milímetros (mm);

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

$A$  é a área de coleta, expressa em metros quadrados (m<sup>2</sup>);

$Q$  é o volume mensal produzido pela chuva, expresso em metros cúbicos (m<sup>3</sup>).

O cálculo do volume do reservatório é realizado por tentativas, até que sejam utilizados valores otimizados de confiança e volume do reservatório.

$$V_t = V_{t-1} + Q_t - D_t$$

Onde:

$Q_t$  é o volume mensal produzido pela chuva no mês  $t$ , expresso em metros cúbicos (m<sup>3</sup>);

$V_t$  é o volume de água que está no tanque no fim do mês  $t$ , expresso em metros cúbicos (m<sup>3</sup>);

$V_{t-1}$  é o volume de água que está no tanque no início do mês  $t$ , expresso em metros cúbicos (m<sup>3</sup>);

$D_t$  é a demanda mensal, expressa em metros cúbicos (m<sup>3</sup>).

Para o primeiro mês, o método considera o reservatório vazio. Quando  $(V_{t-1} + Q_t - D_t) < 0$ , então o  $V_t = 0$ .

Este método prático é o único que relaciona o volume reservado com a garantia de atendimento da demanda de água pluvial. Recomenda-se que os valores de confiança estejam na faixa de 90% a 99%. Os resultados da aplicação do método estão apresentados na Tabela 17.

Tabela 17: Resultados do método Prático Australiano.

t (mês)	Precipitação média mensal com descarte (mm)	A (m <sup>2</sup> )	C	Qt (m <sup>3</sup> )	Dt (m <sup>3</sup> )	Vt-1 (m <sup>3</sup> )	Vt (m <sup>3</sup> )	Nr
<b>Jan</b>	207,47	7.788,37	0,8	1.280,23	67,30	0,00	263,00	0
<b>Fev</b>	122,57	7.788,37	0,8	751,22	273,35	263,00	263,00	0
<b>Mar</b>	169,48	7.788,37	0,8	1.043,54	398,39	263,00	263,00	0
<b>Abr</b>	116,96	7.788,37	0,8	716,29	320,10	263,00	263,00	0
<b>Mai</b>	48,03	7.788,37	0,8	286,80	353,28	263,00	196,52	0
<b>Jun</b>	25,38	7.788,37	0,8	145,67	320,10	196,52	22,09	0
<b>Jul</b>	27,02	7.788,37	0,8	155,87	177,56	22,09	0,40	0
<b>Ago</b>	26,79	7.788,37	0,8	154,44	383,85	0,40	-229,00	1
<b>Set</b>	56,67	7.788,37	0,8	340,61	320,10	0,00	20,51	0
<b>Out</b>	119,33	7.788,37	0,8	731,03	368,57	20,51	263,00	0
<b>Nov</b>	235,99	7.788,37	0,8	1.457,91	320,10	263,00	263,00	0
<b>Dez</b>	264,39	7.788,37	0,8	1.634,90	273,59	263,00	263,00	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Como  $V_{(t)}$  no mês de agosto é negativo, o que demonstra que a demanda não foi atendida neste mês, então Nr é igual a 1. Conseqüentemente, de maneira análoga ao roteiro de cálculo descrito no Método da Simulação, o grau de confiança do método australiano também foi de 92% (Tabela 18).

Tabela 18: Grau de confiança do método Prático Australiano.

<b>Nr</b>	1
<b>N</b>	12
<b>Pr (falha)</b>	8%
<b>Confiança</b>	92%

Fonte: Elaborado pelo autor.

Resumidamente, a Tabela 19 dispõe os volumes encontrados por cada metodologia de dimensionamento do reservatório inferior descritos pela NBR 15.527.

Tabela 19: Volumes dos Reservatórios Inferiores por método de dimensionamento.

Método	Volume Reservatório Inferior (m <sup>3</sup> )
<b>Rippl</b>	442,16
<b>Azevedo Netto</b>	<b>2.313,86</b>
<b>Simulação</b>	226,00
<b>Prático Alemão</b>	214,58
<b>Prático Inglês</b>	550,92
<b>Prático Australiano</b>	263,00

Fonte: Elaborado pelo autor.

### 3.9. Netuno 4

O software Netuno 4 foi desenvolvido por Ghisi e Cordova (2014), cuja análise computacional possibilita a simulação de sistemas de aproveitamento de água pluvial, sendo necessários os seguintes dados de entrada:

- Dados de precipitação diária em mm;
- Descarte de escoamento inicial (*first flush*) em mm;
- Área de captação em m<sup>2</sup>;
- Demanda total de água em litros/habitante.dia;
- Número de usuários;
- Percentual de demanda a ser substituída por água pluvial; e
- Coeficiente de escoamento superficial.

De acordo com Rupp, Munarim e Ghisi (2011), o software Netuno 4 dimensiona o reservatório utilizando-se parâmetros previamente conhecidos. Primeiramente, o programa determina o volume diário de água pluvial que escoar sobre a superfície de captação. Em seguida, é definido o volume de água de chuva consumido diariamente e o volume disponível no reservatório após suprir a demanda parcial ou totalmente. Por fim, o Netuno 4 define o potencial de economia de água potável. Estes autores relatam também em seu estudo, que o programa se baseia em modelos comportamentais e utiliza um conjunto de variáveis conhecidas, dando resultados mais precisos.

Inicialmente, foram determinados os parâmetros de entrada no programa (Figura 23) que são comuns para todos os métodos, sendo eles:

- Os dados diários de precipitação obtidos da página da ANA no intervalo de 01 de fevereiro de 1964 a 31 de outubro de 2018, contabilizando 19.936 registros;
- O descarte de escoamento inicial de 2 mm, conforme orientado pela NBR 15.527/2007;
- Área de captação total igual a 7.788,37 m<sup>2</sup>;
- A “Demanda total de água (litros *per capita*/dia)”, obtida pela média dos volumes hidrometrados nos anos de 2017 e 2018;
- O número de moradores ou usuários: neste caso foi considerado o valor 1, pois os dados de “Demanda total de água (litros *per capita*/dia)” foram lançados mensalmente, conforme pode ser visto na tabela abaixo. Sendo assim, o número de moradores já está sendo considerado implicitamente no cálculo da demanda;
- O percentual da demanda total a ser substituída por água pluvial: 76,01%;

- O “coeficiente de escoamento superficial”, sendo considerado o valor de 0,80;

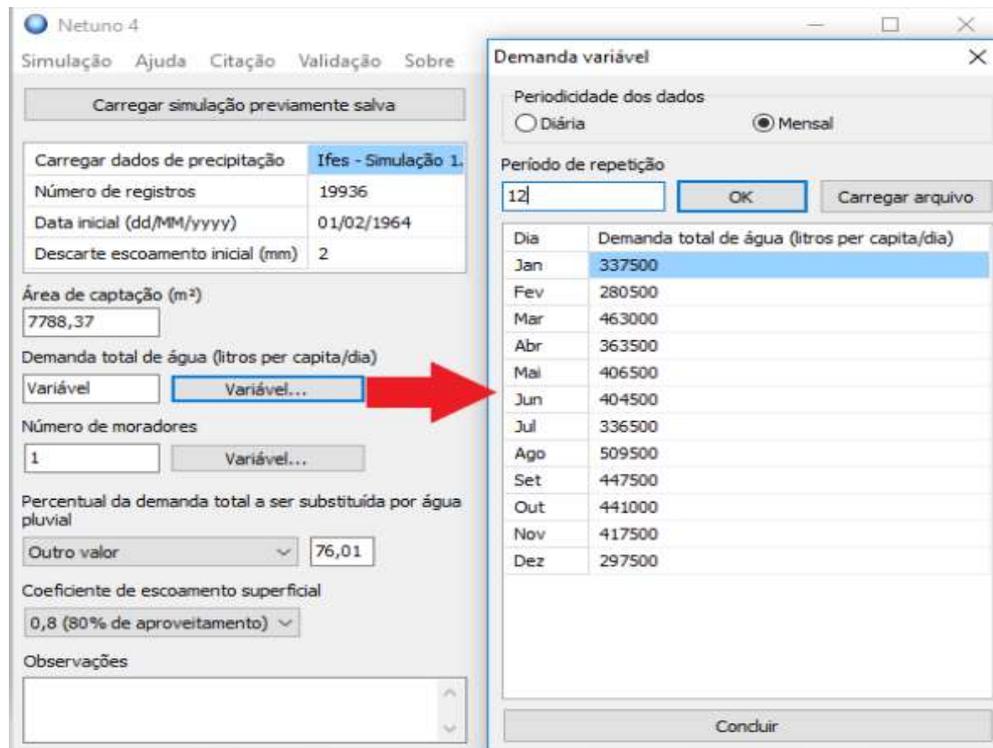


Figura 23: Dados de entrada no software Netuno 4.  
Fonte: Elaborado pelo autor.

Em seguida, os volumes dos reservatórios inferiores encontrados por cada método da NBR 15.527/2007 foram simulados no software Netuno 4. A simulação retornou resultados que se encontram compilados na Tabela 20.

Tabela 20: Resultados das simulações por método de dimensionamento.

Método	Volume do reservatório inferior-RI (litros)	Potencial de utilização de água pluvial (%)	Percentual de dias no período de análise em que a demanda de água pluvial tem:		
			Atendimento completo (%)	Atendimento parcial (%)	Sem atendimento (%)
<b>Rippl</b>	442.160	70,84	93,61	0,82	5,57
<b>Azevedo Netto</b>	2.313.860	76,00	99,99	0,00	0,01
<b>Simulação</b>	226.000	65,52	86,63	1,65	11,73
<b>Prático Alemão</b>	214.580	65,06	86,00	1,74	12,26
<b>Prático Inglês</b>	550.920	72,62	95,85	0,55	3,61
<b>Prático Australiano</b>	263.000	66,78	88,31	1,44	10,25

Fonte: Elaborado pelo autor.

### 3.10. Sistemas de bombeamento e acessórios

Para este estudo de caso, será determinado o volume do reservatório superior de acordo com a análise feita pelo Netuno 4, e a partir do volume será dimensionado o sistema de bombeamento. Pela simulação realizada na seção anterior, foi considerado para o volume do reservatório superior o valor equivalente à demanda diária média de consumo de água pluvial, ou seja, 9.934,085 litros. Dessa forma, será utilizado um reservatório superior em polietileno de 10.000 litros, conforme o catálogo de cisternas da Fortlev.

Como alternativa de projeto, será aproveitada a topografia do local para a instalação do reservatório superior em uma cota altimétrica superior às cotas dos pontos de uso de água não potável nas instalações prediais da instituição. Dessa forma, a distribuição da água pluvial armazenada no reservatório superior para os pontos de uso, será feita unicamente por gravidade. O croqui da Figura 24 representa o ponto de instalação do reservatório superior. As cotas altimétricas foram estimadas pelo perfil de elevação gerado pelo Google Earth.



Figura 24: Ponto de instalação do reservatório superior e cotas altimétricas.  
Fonte: Elaborado pelo autor.

De acordo com a imagem, o desnível ( $d$ ) entre a cota mais baixa (67 m) e a cota mais alta (81 m) é igual a 14 metros.

Conforme Azevedo Netto (1998), a potência de bombas hidráulicas é calculada a partir da seguinte equação:

$$P = \frac{\gamma * Q * Hman}{75 * \eta}$$

onde,

$P$  = potência da bomba em CV

$\gamma$  = Peso específico da água igual a  $1000 \text{ kgf/m}^3$

$Q$  = vazão de bombeamento em  $\text{m}^3/\text{s}$

$Hman$  = altura manométrica total (mca)

$\eta$  = rendimento global do conjunto motor – bomba

$\eta_M$  = rendimento do motor

$\eta_B$  = rendimento da bomba

$\eta = \eta_M * \eta_B$

**Nota:** 1 CV equivale a 0,986 HP

Para fins de cálculo, será utilizado o rendimento global médio de 67 % para bombeamento de água (Azevedo Netto et al., 1998).

O diâmetro de recalque é calculado pela equação de Bresse, dada por:

$$D_{Recalque} = K * \sqrt{Q}$$

onde,

$K$  = fator de segurança entre 0,9 e 1,3;

$Q$  = vazão de bombeamento ( $\text{m}^3/\text{s}$ );

$D_{Recalque}$  = diâmetro de recalque em metros.

Para fins de projeto, será adotado um tempo limite de 2 horas para encher o reservatório superior de 10.000 litros. Logo, a vazão  $Q$  será de  $5.000 \text{ L/h}$  ou  $1,3889 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ . Para  $K$  será adotado o valor de 1,2. Portanto,  $D_{recalque} = 44,7 \text{ mm}$ .

Aproximando-se para diâmetros de tubulações comerciais, o diâmetro nominal de recalque será:

$$DN_{recalque} = 50 \text{ mm}$$

Como critério, adota-se para o diâmetro nominal de sucção um valor superior ao de recalque. Logo,

$$DN_{sucção} = 60 \text{ mm}$$

A altura manométrica ( $H_{man}$ ) é calculada pelo somatório do desnível ( $z$ ) entre a cota da bomba a ser instalada e a cota de chegada da tubulação de recalque no reservatório superior, com as perdas de cargas distribuídas ( $h_D$ ) e localizadas ( $h_L$ ). Ou seja,

$$H_{man} = z + h_D + h_L$$

A perda de carga localizada foi estimada pela mesma equação utilizada por Azevedo Netto (1998) em seu livro:

$$h_L = K_s \frac{v^2}{2g}$$

$K_s$  = coeficiente de perda de carga localizada do acessório;

$g$  = aceleração da gravidade de  $9,81 \text{ m/s}^2$ ;

$v$  = velocidade de sucção ou recalque.

As velocidades podem ser encontradas a partir da equação da vazão:

$$v = \frac{Q}{A}$$

$Q$  = vazão de  $5 \text{ m}^3/\text{h}$ ;

$A$  = área da seção transversal da tubulação de sucção ou recalque.

Assim,

$$v_{recalque} = 0,71 \text{ m/s}$$

$$v_{sucção} = 0,49 \text{ m/s}$$

Portanto,

Tabela 21: Estimativas das Perdas de Cargas Localizadas.

Perdas de cargas localizadas ( $h_L$ )				
	Acessório	$K_s^*$	Quantidade	$h_L$ (mca)
Sucção	Válvula de Pé com Crivo	1,75+0,75	1	0,0307
	TE Ø 60mm em PVC (passagem lateral)	1,3	1	0,0160
	Curva 90° Ø 60mm em PVC	0,4	3	0,0148
	Válvula de Gaveta Ø 60 mm	0,2	2	0,0049
Recalque	TE Ø 50mm em PVC (passagem lateral)	1,3	1	0,0160
	Curva 90° Ø 50mm em PVC	0,4	9	0,0443

<b>Perdas de cargas localizadas (<math>h_L</math>)</b>			
<b>Acessório</b>	<b>Ks*</b>	<b>Quantidade</b>	<b><math>h_L</math> (mca)</b>
Válvula de Gaveta Ø 50 mm	0,2	2	0,0049
Curva 45° Ø 50mm em PVC	0,2	2	0,0049
Saída da canalização de recalque	1	1	0,0123
<b>Total</b>			<b>0,1488</b>

\*Valores obtidos de: Azevedo Netto et al., 1998

Fonte: O autor

A perda de carga distribuída (Tabela 22) foi aproximada pela equação de Fair-Whipple-Hsiao descrita a seguir. Essa fórmula retorna o valor da perda de carga unitária para tubulações lisas de plástico, cobre ou liga de cobre, conforme a ABNT NBR 5.626/1998.

$$J = \frac{8,69 * 10^5 * Q^{1,75}}{D^{4,75}}$$

onde,

$J$  = perda de carga unitária em m/m;

$Q$  = vazão de bombeamento em L/s;

$D$  = diâmetro de sucção ou recalque em mm.

A partir disso, obteve-se os seguintes valores:

Tabela 22: Estimativas das Perdas de Cargas Distribuídas.

<b>Perdas de cargas distribuídas (<math>h_D</math>)</b>			
	<b>J (m/m)</b>	<b>L (m)*</b>	<b><math>h_D</math> (mca)</b>
<b>Sucção</b>	0,0055	6,89	0,0381
<b>Recalque</b>	0,0131	105	1,3797
<b>Total</b>			<b>1,4177</b>

\*Comprimentos das tubulações estimados pelo Google Earth e modelagem no Revit 2018.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Por fim, a altura manométrica total é equivalente a

$$H_{man} = z + h_D + h_L = (14 + 1,93) + 0,1488 + 1,4177 \cong 17,50 \text{ mca}$$

E a potência calculada será,

$$P = \frac{\gamma * Q * H_{man}}{75 * \eta} = \frac{1000 * 1,3889 * 10^{-3} * 17,50}{75 * 0,67} = 0,484 \text{ CV ou } 0,477 \text{ HP}$$

Além disso, a partir do valor da potência calculada, calcula-se um acréscimo percentual para obter uma potência mais recomendável para a bomba a ser instalada (Tabela 23).

Tabela 23: Acréscimo de potência recomendável.

<b>Acréscimo da potência (%)</b>	<b>Potência da bomba</b>
50	<2 HP
30	2 a 5 HP
20	5 a 10 HP
15	10 a 20 HP
10	>20 HP

Fonte: Adaptado de Azevedo Netto (1998).

O acréscimo de 50 % sobre a potência calculada vai gerar uma nova potência de 0,726 CV. Aproximando-se esse valor para uma potência de bomba comercial, tem-se que a bomba a ser instalada deve ser de 1 CV.

### 3.11. Orçamento Estimado

#### 3.11.1. Bombas

A partir da potência de instalação calculada anteriormente, foi realizada uma cotação de duas bombas centrífugas da Schneider em sites da internet (Apêndice 10).

Tabela 24: Parâmetros técnicos de duas bombas centrífugas da marca Schneider.

<b>Schneider</b>		
Modelo	BC-91 S	BC-92 S
Potência (CV)	1	1
Fase	Monofásica/Trifásica	Monofásica/Trifásica
Ø Rotor (mm)	123	140
Ø Sucção (pol)	1 1/4	1
Ø Recalque (pol)	1	1
Altura Máxima de Sução (mca)	8	8

<b>Schneider</b>		
Hman (mca)	21	26
Vazão (m <sup>3</sup> /h)	5	5
Valor de mercado (R\$)	915,8	702,2

Fonte: <sup>2</sup>Catálogo da Schneider

Para a análise econômica será considerada a instalação da bomba centrífuga Schneider BC-92S 1 CV, estimando-se um tempo de partido de 1 segundo. Além disso, será adotada a instalação de uma bomba reserva.

### 3.11.2. Tubulações e conexões

Os custos com as tubulações e conexões (Tabela 25), para o projeto alternativo proposto, foram estimados pela base de composição de custos não desonerada do Sistema Nacional de Preços e Índices para a Construção Civil-SINAPI para o mês de novembro de 2019 no estado do Espírito Santo. Os custos com a mão de obra de instalação estão embutidos nas composições de custos analíticas do SINAPI. Os quantitativos foram levantados por meio do traçado da malha de condutores em Autocad (Figura 39) e pela modelagem no Revit (Figura 40).

Na descrição das tubulações adotadas nas composições de custos da Tabela 25 está identificando tubulações para rede coletora de esgoto. No entanto, nada impede que essa tipologia de tubulação seja usada para a coleta de água pluvial, desde que não seja misturada com o sistema de esgotamento da edificação. A escolha dessa composição do SINAPI se justifica por considerar os custos com mão de obra de assentamento das tubulações, além de serem viáveis para conduzir água por gravidade.

<sup>2</sup> <https://lcsimei.files.wordpress.com/2012/08/catc3a1logo-bombas-schneider.pdf>

Tabela 25: Estimativas de custos com tubulações e conexões: composições de custos sintético da base SINAPI.

Item	Código da Composição	Descrição da Composição	Unidade	Custo Unitário da Composição (R\$)	Quantidade	Custo Total (R\$)	
Condutores Horizontais	1	90694	TUBO DE PVC PARA REDE COLETORA DE ESGOTO DE PAREDE MACIÇA, DN 100 MM, JUNTA ELÁSTICA, INSTALADO EM LOCAL COM NÍVEL BAIXO DE INTERFERÊNCIAS - FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO. AF_06/2015	M	23,29	15	R\$349,35
	2	90695	TUBO DE PVC PARA REDE COLETORA DE ESGOTO DE PAREDE MACIÇA, DN 150 MM, JUNTA ELÁSTICA, INSTALADO EM LOCAL COM NÍVEL BAIXO DE INTERFERÊNCIAS - FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO. AF_06/2015	M	47,72	467	R\$22.285,24
	3	90696	TUBO DE PVC PARA REDE COLETORA DE ESGOTO DE PAREDE MACIÇA, DN 200 MM, JUNTA ELÁSTICA, INSTALADO EM LOCAL COM NÍVEL BAIXO DE INTERFERÊNCIAS - FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO. AF_06/2015	M	70,59	272	R\$19.200,48
	4	90697	TUBO DE PVC PARA REDE COLETORA DE ESGOTO DE PAREDE MACIÇA, DN 250 MM, JUNTA ELÁSTICA, INSTALADO EM LOCAL COM NÍVEL BAIXO DE INTERFERÊNCIAS - FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO. AF_06/2015	M	118,24	201	R\$23.766,24
	5	90698	TUBO DE PVC PARA REDE COLETORA DE ESGOTO DE PAREDE MACIÇA, DN 300 MM, JUNTA ELÁSTICA, INSTALADO EM LOCAL COM NÍVEL BAIXO DE INTERFERÊNCIAS - FORNECIMENTO E	M	188,79	237	R\$44.743,23

Item	Código da Composição	Descrição da Composição	Unidade	Custo Unitário da Composição (R\$)	Quantidade	Custo Total (R\$)
		ASSENTAMENTO. AF_06/2015				
6	99251	CAIXA ENTERRADA HIDRÁULICA RETANGULAR EM ALVENARIA COM TIJOLOS CERÂMICOS MACIÇOS, DIMENSÕES INTERNAS: 0,4X0,4X0,4 M PARA REDE DE DRENAGEM. AF_05/2018	UN	214,56	42	R\$9.011,52
7	89450	TUBO, PVC, SOLDÁVEL, DN 60MM, INSTALADO EM PRUMADA DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2014	M	21,00	7	R\$147,00
8	74093/1	VALVULA PE COM CRIVO BRONZE 1.1/4" - FORNECIMENTO E INSTALACAO	UN	89,80	1	R\$89,80
9	89595	ADAPTADOR CURTO COM BOLSA E ROSCA PARA REGISTRO, PVC, SOLDÁVEL, DN 50MM X 1.1/4", INSTALADO EM PRUMADA DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2014	UN	11,03	1	R\$11,03
10	89605	LUVA DE REDUÇÃO, PVC, SOLDÁVEL, DN 60MM X 50MM, INSTALADO EM PRUMADA DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2014	UN	14,91	1	R\$14,91
11	89628	TE, PVC, SOLDÁVEL, DN 60MM, INSTALADO EM PRUMADA DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2014	UN	34,06	1	R\$34,06
12	89507	CURVA 90 GRAUS, PVC, SOLDÁVEL, DN 60MM, INSTALADO EM PRUMADA DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2014	UN	37,02	3	R\$111,06

Item	Código da Composição	Descrição da Composição	Unidade	Custo Unitário da Composição (R\$)	Quantidade	Custo Total (R\$)
13	94493	REGISTRO DE ESFERA, PVC, SOLDÁVEL, DN 60 MM, INSTALADO EM RESERVAÇÃO DE ÁGUA DE EDIFICAÇÃO QUE POSSUA RESERVATÓRIO DE FIBRA/FIBROCIMENTO FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF 06/2016	UN	105,42	2	R\$210,84
14	89449	TUBO, PVC, SOLDÁVEL, DN 50MM, INSTALADO EM PRUMADA DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF 12/2014	M	12,76	105	R\$1.339,80
15	89503	CURVA 90 GRAUS, PVC, SOLDÁVEL, DN 50MM, INSTALADO EM PRUMADA DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF 12/2014	UN	17,90	9	R\$161,10
16	94492	REGISTRO DE ESFERA, PVC, SOLDÁVEL, DN 50 MM, INSTALADO EM RESERVAÇÃO DE ÁGUA DE EDIFICAÇÃO QUE POSSUA RESERVATÓRIO DE FIBRA/FIBROCIMENTO FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF 06/2016	UN	57,85	2	R\$115,70
17	89504	CURVA 45 GRAUS, PVC, SOLDÁVEL, DN 50MM, INSTALADO EM PRUMADA DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF 12/2014	UN	15,67	2	R\$31,34
18	89625	TE, PVC, SOLDÁVEL, DN 50MM, INSTALADO EM PRUMADA DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF 12/2014	UN	16,17	1	R\$16,17
<b>TOTAL (R\$)</b>						<b>R\$121.639</b>

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados do SINAPI (Novembro-2019).

### 3.11.3. Reservatório Inferior

Para estimar os custos construtivos do reservatório inferior foram definidos os insumos e os serviços básicos necessários para a construção de um reservatório em concreto armado e aterrado. Os custos de insumos e serviços foram levantados com base nas composições de custos não desoneradas do SINAPI para o mês de novembro de 2019 no estado do Espírito Santo (Tabela 26).

Nesse trabalho não foi feito o dimensionamento estrutural do reservatório inferior. Para determinar o quantitativo de armadura a ser utilizada, foi utilizado como referência índices de consumo existentes na literatura. No estudo realizado por Bento (2016), foi classificado o consumo de aço por volume de concreto para cada Classe de concreto em diversos elementos estruturais para um edifício, dentre eles o fundo de reservatórios (Tabela 29).

Tabela 26: Valores de consumo de aço para fundo de reservatório por classe de concreto.

<b>Classe de concreto</b>	<b>Kg de aço/m<sup>3</sup> de concreto</b>
C25	97,6
C30	97,5
C35	104,3
C40	116,8
C45	119,9
C50	120,4

Fonte: Adaptado pelo autor a partir de dados de Bento (2016).

Adotando-se os dados de Bento (2016), foi utilizado o consumo de 97,5 kg de aço/m<sup>3</sup> de concreto, visto que a classe do concreto utilizado na composição de custos deste estudo é o C30 (Item 10 da Tabela 29).

Os demais quantitativos foram levantados com base nos croquis da planta de locação da obra proposta para esse estudo (Figura 25 e Figura 26). As dimensões dos croquis foram pré-estabelecidas de acordo com a Tabela 27 e os itens 3, 4, 5 e 6 da Tabela 28. Contudo, esses valores podem ser alterados de acordo com o projeto a ser elaborado pelo responsável técnico legal aplicado para a edificação estudada.

Tabela 27: Dimensões pré-definidas para a locação da obra.

Espessura das paredes do reservatório inferior (e)	0,15 m
Distância entre o limite de escavação e as paredes do reservatório (X)	0,50 m
Distância entre o limite de escavação e o limite da locação da obra (Z)	2,50 m

Espessura do lastro de brita	0,10 m
Espessura do lastro de concreto magro	0,05 m
Altura de folga do reservatório (Y)	0,40 m

Fonte: Elaborado pelo autor.

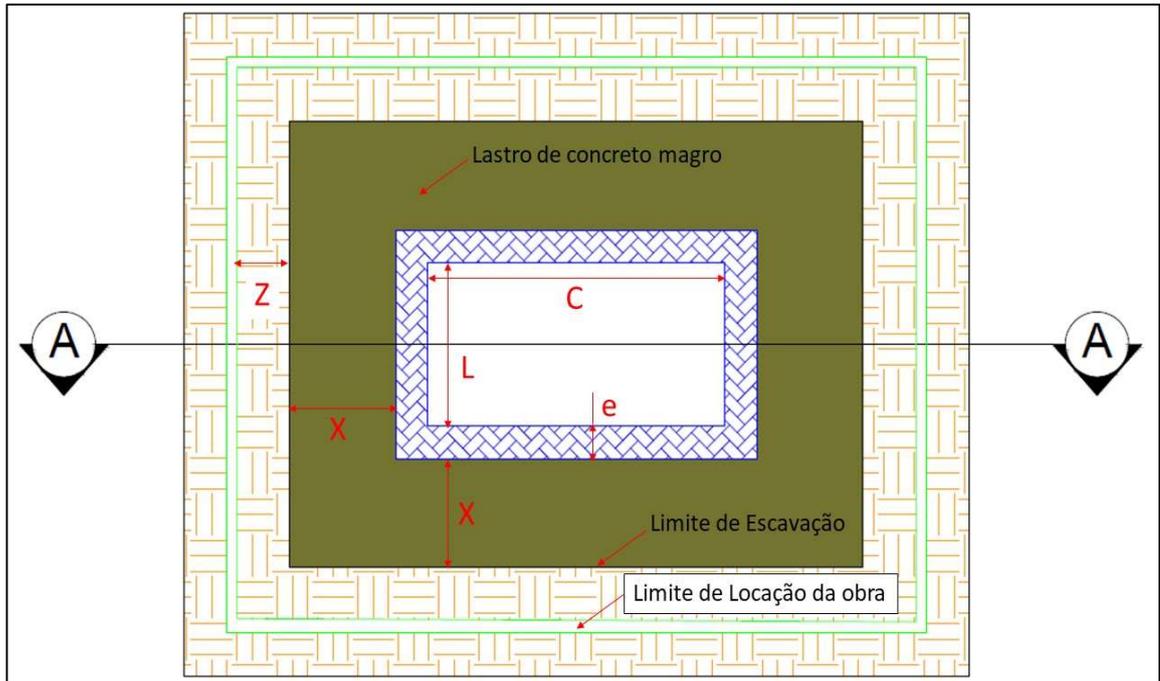


Figura 25: Croqui da planta de locação proposta para a construção do Reservatório Inferior.

Fonte: Elaborado pelo autor.

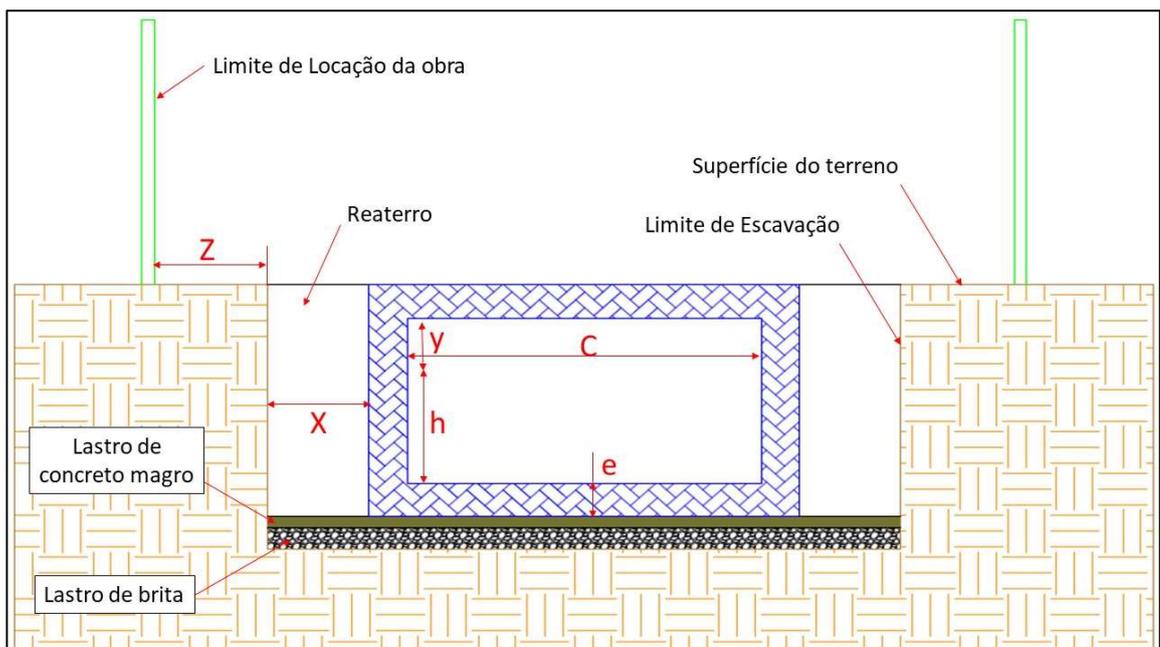


Figura 26. Croqui do Corte AA da planta de locação.

Fonte: Elaborado pelo autor.

A partir desses croquis (Figura 25 e Figura 26) foram determinados os quantitativos de materiais a serem consumidos na construção do reservatório inferior para cada método de dimensionamento (Tabela 28).

Tabela 28: Quantitativos de materiais calculados a partir das dimensões dos croquis.

1	Método	Rippl	Azevedo Netto	Simulação	Prático Alemão	Prático Inglês	Prático Australiano
2	Volume do RI-[m <sup>3</sup> ]	442,16	2.313,86	226,00	214,58	550,92	263,00
3	Altura do RI sem folga (h)-[m]	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
4	Altura do RI com folga (y + h)-[m]	3,40	3,40	3,40	3,40	3,40	3,40
5	Largura do RI (L)-[m]	12,00	25,80	8,40	8,00	13,20	8,80
6	Comprimento do RI (C)-[m]	12,30	30,00	9,00	9,00	14,00	10,00
7	Volume real do RI sem folga-[m <sup>3</sup> ]	442,80	2.322,00	226,80	216,00	554,40	264,00
8	Volume real do RI com folga-[m <sup>3</sup> ]	501,84	2.631,60	257,04	244,80	628,32	299,20
9	Área do fundo do RI-[m <sup>2</sup> ]	147,60	774,00	75,60	72,00	184,80	88,00
10	Área escavada-[m <sup>2</sup> ]	180,88	848,23	99,91	95,79	221,85	114,13
11	Volume escavado-[m <sup>3</sup> ]	615,50	2.884,49	340,20	326,20	754,80	388,55
12	Volume de reaterro-[m <sup>3</sup> ]	88,57	195,67	65,11	63,75	98,43	69,87
13	Área de formas das vigas paredes (laterais do RI) [m <sup>2</sup> ]	334,56	762,96	240,72	235,28	374,00	259,76
14	Área de formas da laje do RI-[m <sup>2</sup> ]	147,60	774,00	75,60	72,00	184,80	88,00
15	Área a ser impermeabilizada (dentro e fora do RI)-[m <sup>2</sup> ]	799,68	3.135,63	483,63	467,03	953,33	541,13
16	Volume de concretagem-[m <sup>3</sup> ]	71,59	294,47	42,33	40,80	85,97	47,60
17	Peso aproximado de armadura consumida-[Kg]	6.979,64	28.710,92	4.126,88	3.978,29	8.381,59	4.641,10

Fonte: Elaborado pelo autor.

Apesar do serviço de sondagem não ter sido incluído nos custos, é importante ressaltar a sua importância na elaboração de projetos de engenharia para conhecer as características e os parâmetros de resistência do solo. Caso já haja estudos de sondagem na edificação analisada nesse trabalho, é possível utilizá-los como parâmetro para determinar a necessidade de elaborar um projeto de fundação para o assentamento da cisterna.

Tabela 29: Composições de custos básicos para construção de um reservatório aterrado de concreto armado - SINAPI.

Item	Descrição da Composição	Unidade	Custo Unitário da Composição (R\$)	Quantidade						Custo Total (R\$)					
				Rippl	Azevedo Netto	Simulação	Prático Alemão	Prático Inglês	Prático Australiano	Rippl	Azevedo Netto	Simulação	Prático Alemão	Prático Inglês	Prático Australiano
1	LOCACAO CONVENCIONAL DE OBRA, UTILIZANDO GABARITO DE TÁBUAS CORRIDAS PONTALETADAS A CADA 2,00M - 2 UTILIZAÇÕES. AF 10/2018	M	39,26	73,80	136,80	60,00	59,20	79,60	62,80	2.897,39	5.370,77	2.355,60	2.324,19	3.125,10	2.465,53
2	ESCAVAÇÃO VERTICAL A CÉU ABERTO, INCLUINDO CARGA, DESCARGA E TRANSPORTE, EM SOLO DE 1ª CATEGORIA COM ESCAVADEIRA HIDRÁULICA (CAÇAMBA: 0,8 M³ / 111 HP), FROTA DE 4 CAMINHÕES BASCULANTES DE 18 M³, DMT DE 2 KM E VELOCIDADE MÉDIA 20 KM/H. AF 02/2018	M³	10,46	615,50	2884,49	340,20	326,20	754,80	388,55	6.438,15	30.171,79	3.558,53	3.412,01	7.895,21	4.064,25
3	ESCORAMENTO FORMAS ATE H = 3,30M, COM MADEIRA DE 3A QUALIDADE, NAO APARELHADA, APROVEITAMENTO	M³	9,14	615,50	2884,49	340,20	326,20	754,80	388,55	5.625,69	26.364,26	3.109,46	2.981,43	6.898,87	3.551,37

Item	Descrição da Composição	Unidade	Custo Unitário da Composição (R\$)	Quantidade						Custo Total (R\$)					
				Rippl	Azevedo Netto	Simulação	Prático Alemão	Prático Inglês	Prático Australiano	Rippl	Azevedo Netto	Simulação	Prático Alemão	Prático Inglês	Prático Australiano
	TABUAS 3X E PRUMOS 4X.														
4	COMPACTAÇÃO MECÂNICA DE SOLO PARA EXECUÇÃO DE RADIER, COM COMPACTADOR DE SOLOS TIPO PLACA VIBRATÓRIA. AF_09/2017	M²	0,52	180,88	848,23	99,91	95,79	221,85	114,13	94,06	441,08	51,95	49,81	115,36	59,35
5	LASTRO COM MATERIAL GRANULAR (PEDRA BRITADA N.2), APLICADO EM PISOS OU RADIERS, ESPESSURA DE *10 CM*. AF_08/2017	M³	105,48	18,09	84,82	9,99	9,58	22,19	11,41	1.907,92	8.947,13	1.053,85	1.010,39	2.340,07	1.203,84
6	LASTRO DE CONCRETO MAGRO, APLICADO EM PISOS OU RADIERS, ESPESSURA DE 5 CM. AF_07/2016	M²	19,53	9,04	42,41	5,00	4,79	11,09	5,71	176,63	828,30	97,56	93,54	216,64	111,45
7	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE VIGA, ESCORAMENTO METÁLICO, PÉ-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA RESINADA, 6 UTILIZAÇÕES. AF_12/2015	M²	73,34	334,56	762,96	240,72	235,28	374,00	259,76	24.536,63	55.955,49	17.654,40	17.255,44	27.429,16	19.050,80

Item	Descrição da Composição	Unidade	Custo Unitário da Composição (R\$)	Quantidade						Custo Total (R\$)					
				Rippl	Azevedo Netto	Simulação	Prático Alemão	Prático Inglês	Prático Australiano	Rippl	Azevedo Netto	Simulação	Prático Alemão	Prático Inglês	Prático Australiano
8	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE LAJE MACIÇA COM ÁREA MÉDIA MAIOR QUE 20 M², PÉ-DIREITO SIMPLES, EM MADEIRA SERRADA, 4 UTILIZAÇÕES. AF 12/2015	M²	103,35	147,60	774,00	75,60	72,00	184,80	88,00	15.254,46	79.992,90	7.813,26	7.441,20	19.099,08	9.094,80
9	ARMAÇÃO DO SISTEMA DE PAREDES DE CONCRETO, EXECUTADA COMO REFORÇO, VERGALHÃO DE 10,0 MM DE DIÂMETRO. AF 06/2019	KG	5,96	6979,64	28710,92	4126,88	3978,29	8381,59	4641,10	41.598,62	171.117,10	24.596,22	23.710,62	49.954,26	27.660,94
10	CONCRETAGEM DE RADIER, PISO OU LAJE SOBRE SOLO, FCK 30 MPA, PARA ESPESSURA DE 15 CM - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF 09/2017	M³	367,22	71,59	294,47	42,33	40,80	85,97	47,60	26.287,81	108.135,64	15.543,32	14.983,68	31.568,07	17.480,04
11	IMPERMEABILIZAÇÃO DE SUPERFÍCIE COM ARGAMASSA POLIMÉRICA / MEMBRANA ACRÍLICA, 3 DEMÃOS. AF 06/2018	M²	28,73	799,68	3135,63	483,63	467,03	953,33	541,13	22.974,81	90.086,65	13.894,69	13.417,77	27.389,17	15.546,66

Item	Descrição da Composição	Unidade	Custo Unitário da Composição (R\$)	Quantidade						Custo Total (R\$)					
				Rippl	Azevedo Netto	Simulação	Prático Alemão	Prático Inglês	Prático Australiano	Rippl	Azevedo Netto	Simulação	Prático Alemão	Prático Inglês	Prático Australiano
12	REATERRO MANUAL DE VALAS COM COMPACTAÇÃO MECANIZADA. AF 04/2016	M²	27,30	88,57	195,67	65,11	63,75	98,43	69,87	2.417,96	5.341,79	1.777,50	1.740,38	2.687,14	1.907,45
13	ASSENTAMENTO DE TAMPAO DE FERRO FUNDIDO 600 MM	UN	83,18	1	1	1	1	1	1	83,18	83,18	83,18	83,18	83,18	83,18
14	ESCADA TIPO MARINHEIRO EM ACO CA-50 9,52MM INCLUSO PINTURA COM FUNDO ANTICORROSIVO TIPO ZARCAO	M	63,65	3,40	3,40	3,40	3,40	3,40	3,40	216,41	216,41	216,41	216,41	216,41	216,41
<b>TOTAL FINAL (R\$)</b>										<b>150.509,72</b>	<b>583.052,47</b>	<b>91.805,95</b>	<b>88.720,05</b>	<b>179.017,72</b>	<b>102.496,07</b>

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados do SINAPI (Novembro-2019).

A partir da composição de custos, foram compilados os custos estimados para a construção de cisternas em concreto armado e aterrado (Tabela 30).

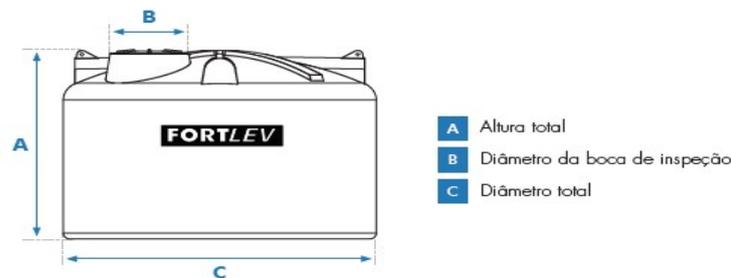
Tabela 30: Custos estimados de reservatórios em concreto armado e aterrados para os diferentes métodos de dimensionamento.

Método	Volume do Reservatório Inferior (m <sup>3</sup> )	Estimativa de Custo (R\$)
Rippl	442,16	150.509,72
Azevedo Netto	2313,86	583.052,47
Simulação	226,00	91.805,95
Prático Alemão	214,58	88.720,05
Prático Inglês	550,92	179.017,72
Prático Australiano	263,00	102.496,07

Fonte: Elaborado pelo autor.

### 3.11.4. Reservatório Superior

Conforme citado anteriormente, o reservatório superior terá um volume igual ao valor da demanda diária média de consumo de água pluvial (9.934,085 litros). Aproximando-se esse valor para um reservatório de volume comercial, será adotado um reservatório de polietileno de 10.000 litros da Fortlev (Figura 27).



Capacidade em litros	Dimensões em metros			Pesos em quilos	
	A	B	C	Tanque vazio	Tanque cheio
310	0,52	0,60	1,00	9,30	319,30
500	0,65	0,60	1,16	11,80	511,80
1.000	0,80	0,60	1,48	18,50	1.018,50
1.750	0,95	0,60	1,65	33,75	1.783,75
2.000	1,13	0,60	1,68	33,34	2033,34
2.500	1,21	0,60	1,80	42,75	2.542,75
3.000	1,29	0,60	1,90	45,00	3.045,00
5.000	1,51	0,60	2,25	81,50	5.081,50
10.000	1,93	0,60	2,78	151,00	10.151,00
15.000	2,20	0,60	3,20	231,00	15.231,00
20.000	2,83	0,60	3,17	355,00	20.355,00

Figura 27: Catálogo Técnico de tanques Fortlev.

Fonte: <sup>3</sup>Site da Fortlev.

<sup>3</sup> [https://www.fortlev.com.br/uploads/2019/05/Manual\\_tecnico\\_tanque\\_digital.pdf](https://www.fortlev.com.br/uploads/2019/05/Manual_tecnico_tanque_digital.pdf)

Por meio de cotação (Apêndice 10, Figura 45), o custo do tanque Fortlev de 10.000 L é de R\$ 3.664,11. O recalque é realizado sempre que o volume do reservatório inferior atingir 30 % da sua capacidade (Figura 28).

Figura 28: Volume do reservatório superior retornado pela simulação no Netuno 4.  
Fonte: Elaborado pelo autor.

Compilando-se os custos de bombas, tubulações e conexões, reservatório inferior e superior, é construído um gráfico (Figura 29).

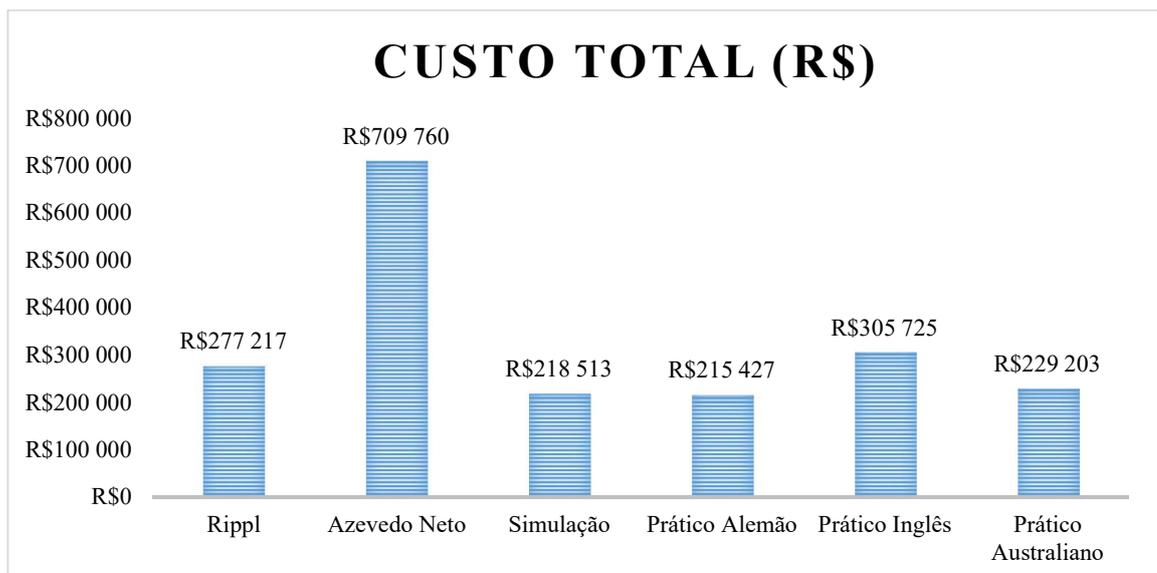


Figura 29: Custos totais por método de dimensionamento.  
Fonte: Elaborado pelo autor.

### 3.11.5. Reservatório de Autolimpeza

O reservatório de autolimpeza é utilizado para o descarte do *first flush*, ou seja, o volume de chuva utilizado para a lavagem do telhado da edificação para a remoção de sujeiras grosseiras, partículas de poeira e outras impurezas. As impurezas mais densas se depositam no fundo do reservatório de autolimpeza, sendo descartadas pelo tubo de limpeza após a ocorrência da chuva. Para a retenção das impurezas menos densas que a água, como folhas e outros materiais indesejáveis, sugere-se que se instale grelhas nas entradas das tubulações utilizadas para a passagem da água do reservatório de autolimpeza para o reservatório inferior.

Segundo Tomaz (2010), na Flórida se utiliza 40 litros para cada 100 m<sup>2</sup> de área de captação como referência na determinação do volume do reservatório de autolimpeza. Por outro lado, Dacach (1990) orienta que o reservatório de autolimpeza tenha capacidade para armazenar de 0,8 a 1,5 L/m<sup>2</sup> de cobertura.

Neste trabalho foi utilizado um *first flush* de 2 mm, ou seja, 2 L/m<sup>2</sup>. Considerando esse valor e a área de captação utilizada (7.788,37 m<sup>2</sup>), foi obtido o seguinte volume para o reservatório de autolimpeza ( $V_{RA}$ ):

$$V_{RA} = 2 \text{ L/m}^2 * 7.788,37 \text{ m}^2 = 15.576,74 \text{ L} \approx 15,58 \text{ m}^3$$

O reservatório de autolimpeza (RA) deve ser instalado antes do reservatório inferior (RI). A água coletada no telhado é conduzida através das calhas e condutores verticais e horizontais até chegar ao reservatório de autolimpeza. A água da chuva vai preencher todo o volume do RA até o seu limite superior de utilização. A partir de então, a água começa a encher o reservatório inferior.

Vale salientar que o volume do reservatório de autolimpeza calculado nesse trabalho resultou em um valor elevado, o que é esperado em decorrência da grande área de telhado utilizada para a captação da água de chuva. Uma forma de reduzir esse volume, e consequentemente os custos de projeto, seria a adoção de um valor menor de descarte de água pluvial para a limpeza do telhado, conforme valores de referência de Tomaz (2010) e Dacach (1991).

Nesse trabalho não foram incluídos os custos de implantação desse reservatório de autolimpeza, visto que seu dimensionamento oscila conforme o volume de descarte da primeira chuva a ser adotada pelo projetista. Além disso, priorizou-se a análise comparativa

entre os métodos da NBR 15.527/2007 para a determinação do volume e, posteriormente, dos custos construtivos com o reservatório superior.

Na Figura 30 está representado o reservatório de autolimpeza e outras partes constituintes do sistema de captação proposto neste trabalho.

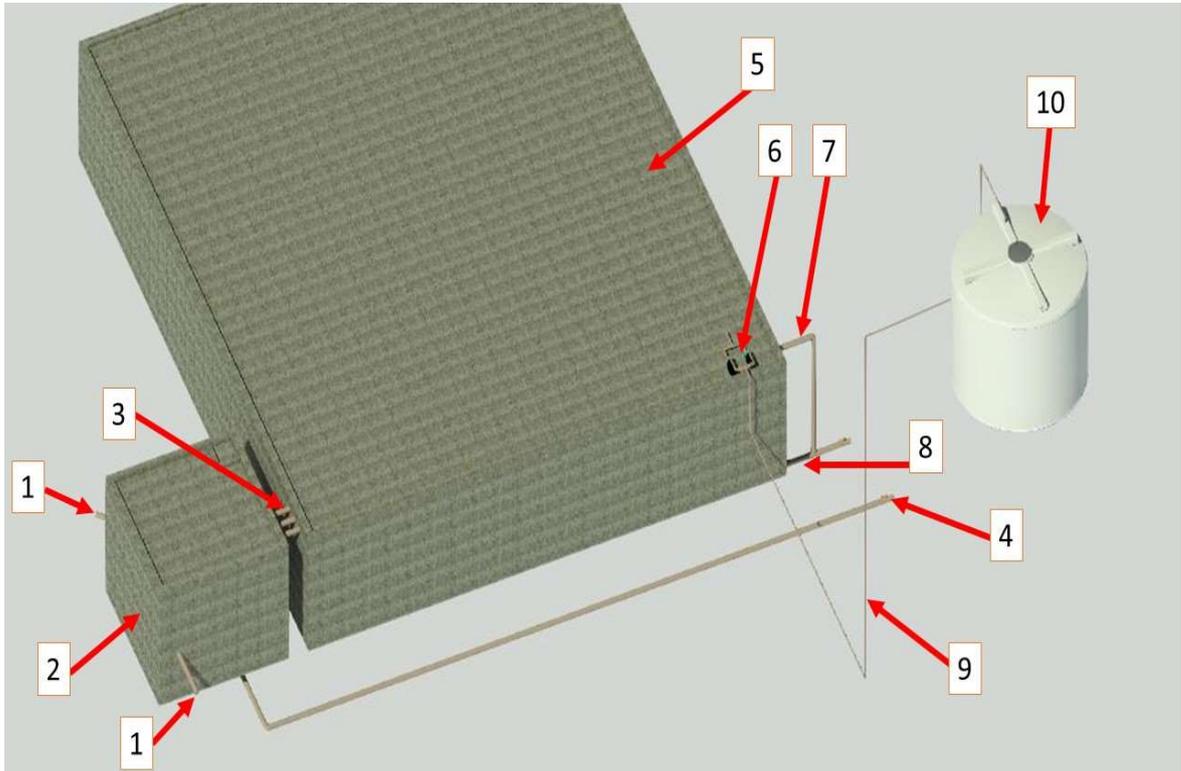


Figura 30: Esquema dos elementos do sistema de aproveitamento de água de chuva proposto para o IFES campus Cachoeiro.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Legenda:

1. Tubulações de entrada no reservatório de autolimpeza;
2. Reservatório de autolimpeza (RA);
3. Tubulações para passagem de água de chuva do RA para o reservatório inferior;
4. Tubulação para limpeza do reservatório de autolimpeza;
5. Reservatório inferior (RI);
6. Sistema de bombeamento;
7. Extravasor (“ladrão”) do RI;
8. Tubulação para limpeza do reservatório inferior;
9. Tubulação e conexões de recalque;
10. Reservatório Superior (RS).

### 3.12. Análise Econômica

Após analisar o potencial de economia de água potável para os diferentes métodos citados na NBR 15.527/2007, nos quais há variação nos volumes dos reservatórios dimensionados, também serão analisadas as viabilidades econômicas para cada um deles, utilizando-se o programa Netuno 4.

De acordo com Ghisi e Cordova (2014), o programa permite criar um fluxo de caixa estimando o valor presente líquido (VPL), o tempo de retorno do investimento e a taxa interna de retorno. Além disso, o programa requer alguns dados de entrada para efetuar a análise econômica (Figura 31), tais como:

- custos iniciais com reservatórios, motobomba, tubulações e mão de obra;
- custos operacionais como a energia consumida pela motobomba e limpeza;
- inflação;
- período de análise para o tempo de retorno, entre outros.

Análise Econômica

Volume do reservatório inferior: 442160 litros Modificar volume

Definir tarifas de água e esgoto Estimativas de consumo de água

Inflação (% ao mês)

Reajuste das tarifas de água e energia elétrica (meses)

Período de análise (anos) Taxa mínima de atratividade (% ao mês)

Mês de instalação do sistema de captação de águas pluviais  
 Jan

**Custos iniciais**  
 Reservatórios / Tubulações / Mão de obra

**Custos operacionais**  
 Motobomba  
 Manutenção / Tratamento de água / Outros

Calcular Economia e custos mensais

Figura 31: Janela do Netuno 4 para análise econômica.  
 Fonte: Ghisi e Cordova (2014).

Assim como Dalsenter (2016) e Meinheim (2015), será adotado um período de análise econômica de 20 anos, que é referente ao período de vida útil do sistema de captação.

A taxa de inflação foi obtida a partir da média dos dados mensais de inflação do ano de 2019 disponível na página da Worldwide Inflation Data (Tabela 31).

Tabela 31: Inflação de janeiro a maio de 2019 (IPC).

<b>Inflação Mensal</b>	<b>Inflação (%)</b>
Janeiro 2019 - Dezembro 2018	0,32
Fevereiro 2019 - Janeiro 2019	0,43
Março 2019 - Fevereiro 2019	0,75
Abril 2019 - Março 2019	0,57
Maio 2019-Abril 2019	0,13
<b>Média</b>	<b>0,44</b>

Fonte: <sup>4</sup>Site da Worldwide Inflation Data, acessado em 01/07/2019.

Para o período de reajuste das tarifas de água e energia elétrica, será utilizado o último intervalo de reajuste ocorrido no município de Cachoeiro de Itapemirim, que foi de 12 meses.

De acordo com a nota técnica nº 06/2018, emitida pela Agência Municipal de Regulação de Serviços Públicos Delegados de Cachoeiro de Itapemirim (AGERSA), a nova tabela tarifária para o ano de 2019 (Tabela 32) passou a ser vigente a partir do dia 01 de fevereiro de 2019, a saber que para as edificações públicas, as tarifas vigentes são as seguintes:

Tabela 32: Tarifas de água e esgoto em 2019 para edificações públicas.

<b>Faixa de consumo (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Água (R\$)</b>	<b>Esgoto - 100 % da tarifa de água (R\$)</b>
0 a 10	7,36	7,36
11 a 20	9,71	9,71
21 a 30	10,78	10,78
31 a 40	11,56	11,56
> 40	12,53	12,53

Fonte: AGERSA (2018).

Conforme a EDP, concessionária de energia elétrica atuante no Espírito Santo, a tarifa para a classe cuja instituição se enquadra (B3-DEMAIS CLASSES) é de R\$ 0,56228/kWh.

<sup>4</sup> <https://pt.inflation.eu/taxas-de-inflacao/brasil/inflacao-historica/ipc-inflacao-brasil-2019.aspx>

A Taxa Mínima de Atratividade (TMA) mede o mínimo de retorno esperado de um investimento. Sendo assim, não há um valor exato para essa taxa. Portanto, para as análises financeiras foi utilizada a taxa de retorno da poupança como base para a TMA. De acordo com o site Portal Brasil, a taxa de retorno da poupança tem se mantido fixa em 0,3715% desde maio de 2018, sendo este, portanto, o valor utilizado como base.

A tarifa de esgoto corresponde ao valor integral da tarifa de água (Tabela 32). Porém, não há sistema de coleta de esgoto público na localidade da instituição e, por esta razão, o IFES campus Cachoeiro de Itapemirim utiliza sistema de fossa séptica-filtro-sumidouro para receber os resíduos de esgoto. Portanto, os custos com tratamento de efluentes de esgoto é desconsiderado na análise financeira.

Considerando que o período de férias escolares de fim de ano seja o mais propício para execução de obras e adaptações no sistema hidrossanitário existente, admite-se que o mês de início de funcionamento do sistema de captação de água de chuva para a edificação em estudo seja fevereiro.

Os impostos sobre o consumo de água e energia elétrica serão desconsiderados na análise econômica deste estudo de caso.

Para os custos operacionais com limpeza do sistema de captação será considerado que seja realizada por funcionários do setor de manutenção da própria instituição.

Portanto, os dados de entrada para análise econômica estão dispostos na Figura 32, onde apenas o custo do reservatório inferior se alterna em função do volume encontrado por cada método de dimensionamento.



#### 4. ANÁLISE ECONÔMICA PELO SOFTWARE NETUNO 4

##### 4.1. Resultados financeiros

A partir das simulações realizadas com os diferentes métodos de dimensionamento dispostos pela ABNT NBR 15.527/2007 foram obtidos resultados financeiros, apresentados na Tabela 33. Todos os métodos retornaram valores de VPL positivos e a TIR ficou superior a TMA (0,3715%), o que confirma que o investimento é viável para todos os métodos. No entanto, o tempo de retorno do investimento de Azevedo Netto resultou em um valor muito elevado (16 anos aproximadamente), o que torna esse método menos vantajoso que os demais.

Tabela 33: Resultados obtidos da análise econômica simulada no Netuno 4 por método de dimensionamento.

Método	Volume RI (m <sup>3</sup> )	Valor Presente Líquido-VPL	Tempo de Retorno do Investimento		Taxa Interna de Retorno-TIR (%/mês)
			Meses	Anos	
<b>Rippl</b>	442,16	R\$594.815,40	80	6,67	1,58
<b>Azevedo Netto</b>	2313,86	R\$227.357,43	185	15,42	0,68
<b>Simulação</b>	226,00	R\$587.579,55	69	5,75	1,82
<b>Prático Alemão</b>	214,58	R\$584.861,14	69	5,75	1,83
<b>Prático Inglês</b>	550,92	R\$588.272,49	86	7,17	1,48
<b>Prático Australiano</b>	263,00	R\$592.456,49	71	5,92	1,77

Fonte: Elaborado pelo autor.

É possível observar a partir do gráfico da Figura 33, que o tempo de retorno tende a aumentar conforme o volume do reservatório inferior aumenta, em decorrência do aumento dos custos construtivos do RI.

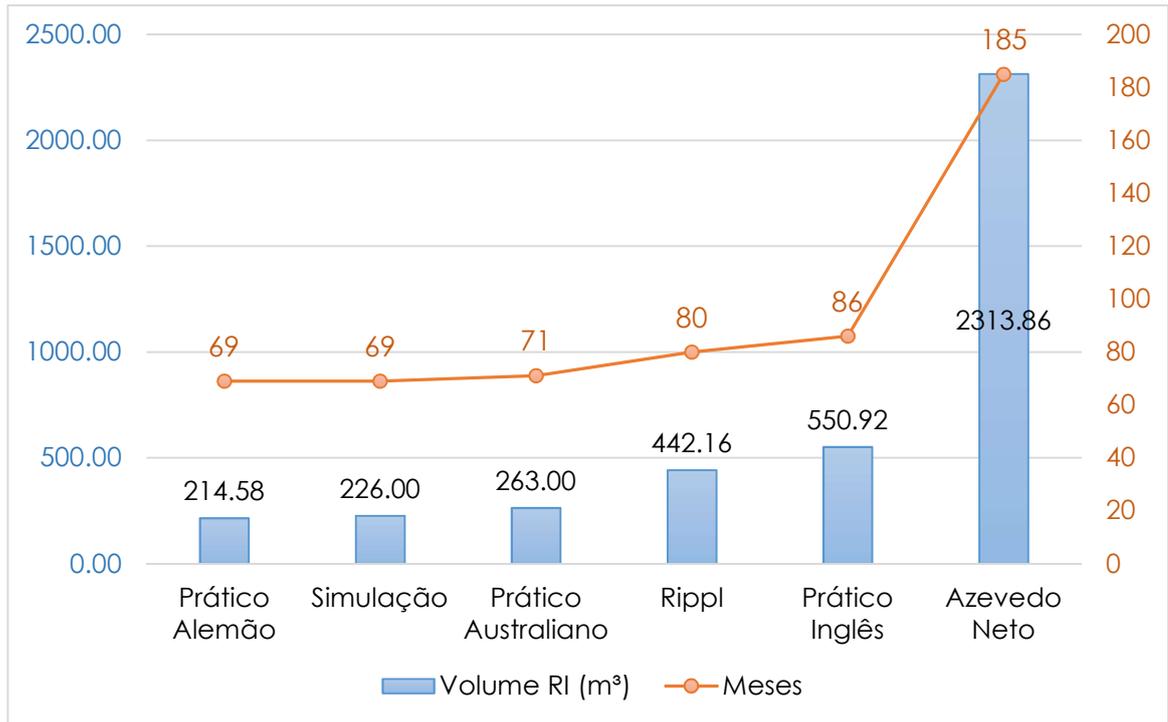


Figura 33: Volume do Reservatório Inferior (RI) e Tempo de Retorno do Investimento por método de dimensionamento.

Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 4.2. Escolha do reservatório

A escolha de um método de dimensionamento de um reservatório inferior é um assunto delicado, visto que cada método tem aspectos de análise diferentes. A escolha deve ser feita de maneira que o método escolhido seja o que mais se adequa ao projeto em questão.

O gráfico da Figura 34 representa o potencial de utilização de água pluvial combinados com o volume do reservatório inferior por método de dimensionamento, de acordo com os dados obtidos da Tabela 20.

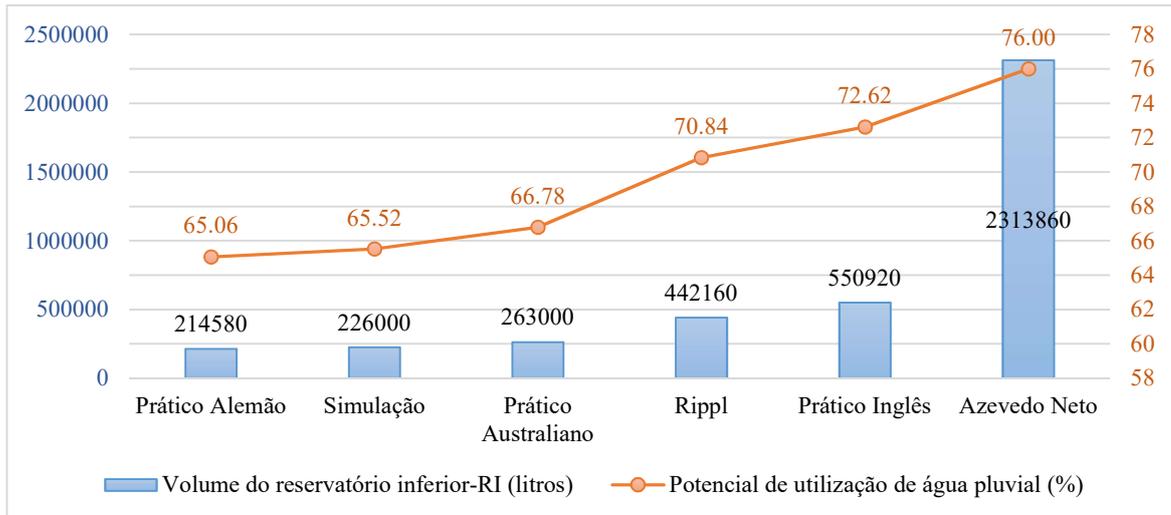


Figura 34: Volume do Reservatório Inferior (RI) e Potencial de Utilização de água pluvial por método de dimensionamento.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Como foi determinado anteriormente, o percentual de substituição da demanda total por água de chuva é de 76%. Comparando-se esse valor com a Figura 35, o método que mais se aproxima do percentual de substituição de água potável por água pluvial é o de Azevedo Netto. Porém, como constatado na seção anterior, este método não é vantajoso financeiramente.

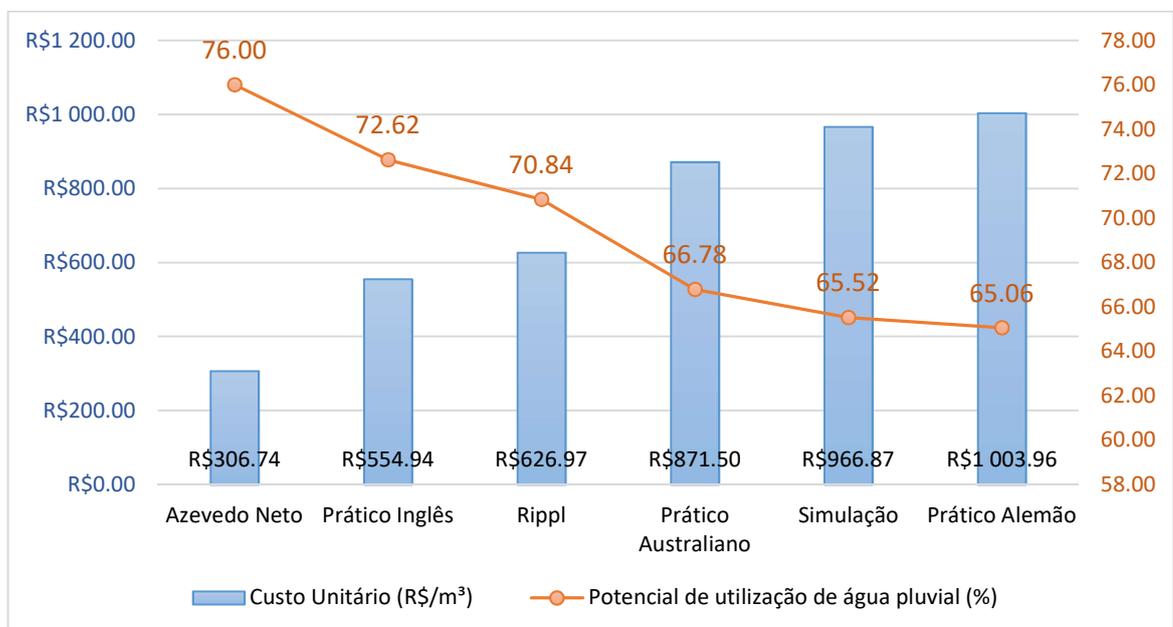


Figura 35: Custo Unitário (R\$/m³) e Potencial de Utilização de água pluvial.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os demais métodos retornaram valores de VPL positivos (Tabela 33), o que significa que são métodos economicamente viáveis. Entretanto, cada método tem um valor diferente de potencial de aproveitamento.

Levando-se em conta que o método de Rippl considera a precipitação e a demanda não potável, e que ele chega o mais próximo do percentual da demanda total a ser substituída por água de chuva, pode-se dizer que este método é uma boa opção para a determinação do volume do reservatório inferior.

O método Prático Inglês, apesar de apresentar um potencial de utilização de água pluvial maior e um custo unitário menor que o método de Rippl, é um método empírico e não leva em consideração as demandas da edificação. Logo, ele se torna um método menos atrativo para o dimensionamento do reservatório inferior.

Os métodos Prático Alemão, da Simulação e Prático Australiano apresentaram os menores potenciais de utilização de água pluvial e os maiores custos unitários construtivos. Portanto, estes métodos deixam de serem fortes candidatos para o dimensionamento do projeto em questão.

A análise realizada pelo Netuno 4 possivelmente resulta em valores mais otimizados, pois avalia dados históricos de precipitação diária, permite a alteração de dados de entrada e possibilita a comparação da análise financeira entre os métodos da ABNT NBR 15.527/2007, através da simulação para os diferentes volumes encontrados pelos métodos da norma.

## 5. CONCLUSÕES

O presente estudo apresentou o dimensionamento de um sistema de captação de água pluvial para usos não potáveis em uma instituição pública. Para isso, foram utilizados os métodos de dimensionamento descritos na ABNT NBR 15.527/2007. A partir dos volumes de reservatórios inferiores calculados em cada método, foram estimados os seus custos de implantação e estes, somados a outros custos (bombas, tubulações, conexões, reservatório superior e mão de obra), foram simulados no programa computacional Netuno 4.

A partir das simulações, foram obtidos valores estimados de Valor Presente Líquido (VPL), tempo de retorno do investimento, taxa interna de retorno e potenciais de utilização de águas pluviais.

É importante ressaltar que eventualmente os resultados encontrados no dimensionamento não sejam inteiramente precisos principalmente devido à complexidade na determinação dos consumos de água não potável da edificação. Apesar disso, os métodos de dimensionamento utilizados apresentam parâmetros que proporcionam boas estimativas de cálculo, o que contribui na tomada de decisão para implantação de projetos deste gênero.

Os objetivos traçados inicialmente neste trabalho foram alcançados, o que significa que o autor realizou o dimensionamento proposto utilizando-se os métodos da norma, simulou dados no software Netuno 4 e comparou os diferentes métodos em relação aos aspectos econômicos. Além disso, foi observada a eficiência do programa Netuno 4 como ferramenta para análise econômica de projetos de captação de água de chuva.

As vantagens observadas com a instalação de um sistema de captação em uma construção pública são extensas, tais como:

- redução iminente do consumo de água potável para fins não potáveis;
- redução dos custos da conta de água, implicando na economia dos gastos públicos;
- redução do volume de água retirado dos mananciais, implicando em aumento da segurança hídrica das bacias;
- se implantadas de forma distribuída sobre a bacia, tais sistemas auxiliam no amortecimento das vazões de pico no sistema de drenagem pública, amenizando os riscos de enchentes.

Dentre os métodos avaliados, o de Rippl retornou um potencial de utilização de água pluvial satisfatório (70,84%) para a série histórica analisada, comparado ao percentual de consumo não potável estimado (76%), cujo valor poderia ser substituído por água de chuva.

Apesar do investimento para aplicação do projeto ser elevado para a edificação em estudo, todos os métodos geraram um tempo de retorno financeiro favorável em relação ao tempo de análise de 20 anos, oscilando entre 6 e 8 anos, com exceção do Azevedo Netto que apresentou um tempo de retorno de investimento elevado (16 anos aproximadamente).

As variações percentuais de potencial de utilização de água pluvial entre os métodos estudados estão associadas com as peculiaridades metodológicas de cada um. O método de Azevedo Netto, por exemplo, não leva em conta a demanda não potável da edificação estudada, o que pode justificar a inviabilidade do uso desse método para o cálculo de reservatórios inferiores.

A partir dos resultados apresentados e das diversas vantagens socioambientais e econômicas associadas, espera-se que este estudo de caso sirva de inspiração e incentivo para que os órgãos públicos desenvolvam políticas de aproveitamentos de recursos naturais em edificações públicas.

## 6. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como indicações para trabalhos futuros, primeiramente, seria oportuno a realização do projeto de distribuição da água pluvial para os pontos de consumo não potáveis da edificação utilizada nesse trabalho, uma vez que foi dimensionado somente o sistema de captação até o armazenamento final no reservatório superior (RS).

Em segundo plano, recomenda-se realizar um levantamento mais refinado dos materiais necessários para a implementação do projeto na instituição, com o intuito de detalhar melhor os custos construtivos. Além disso, caso desperte interesse real para a implantação do projeto de captação de água de chuva na edificação, recomenda-se atualizar dados que são fundamentais no dimensionamento do sistema, como, por exemplo, o número de usuários da instituição, a área de telhado útil e as demandas não potáveis.

Adicionalmente, como o sistema de captação de água de chuva proposto nesse trabalho utiliza um conjunto motobomba para o recalque da água armazenada no reservatório inferior para o superior, sugere-se a realização de uma análise de viabilidade para a implantação de um sistema de aproveitamento de energia solar por placas fotovoltaicas na instituição.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.844:** instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro, 1989.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.527: Água de chuva - Aproveitamento de cobertas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos.** Rio de Janeiro, 2007.

AMORIM, S. V. D.; PEREIRA, D. J. D. A. Estudo comparativo dos métodos de dimensionamento para reservatórios utilizados em aproveitamento de água pluvial. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 53-66, junho 2008. Revista on-line da ANTAC-Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. ISSN 1678-8621.

ANTUNES, Lucas Niehuns. Potencial de economia de água e energia elétrica em edificações escolares. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 122 p., 2017.

BARBISAN, Ailson Oldair; BENETTI, Juliana Eliza; SCHNEIDER, Leidiane. ESTUDO DE VIABILIDADE DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS NO CENTRO POLITÉCNICO DA UCEFF FACULDADES. **Revista Tecnológica / ISSN 2358-9221**, [S.l.], v. 4, n. 1, p. 112-129, may 2016. ISSN 2358-9221. Disponível em: <<https://uceff.edu.br/revista/index.php/revista/article/view/112>>. Acesso em: 10 jan. 2019.

BENTO, Ricardo Couceiro. Análise do desempenho ambiental de estruturas de concreto armado: Uso da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) no processo decisório do dimensionamento. Tese de doutorado. Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo (USP). São Carlos/SP, 216 p., 2016. DOI: 10.11606/T.102.2017.tde-23012017-101051.

Caderneta de Poupança: Índices Mensais. Portal Brasil. Disponível em: <[https://www.portalbrasil.net/poupanca\\_mensal.htm0](https://www.portalbrasil.net/poupanca_mensal.htm0)>. Acesso em: 02 jul. 2019.

CALHEIROS, H. C.; GOMES, M. R.; ESTRELLA, P. M. A. Calidad de las aguas meteóricas em la ciudad de Itajubá, Minas Gerais, Brasil. Revista Ambiente & Água, v. 9, n. 2, p. 336-346, 2014. ISSN 1980-993X. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.1329>>. Acesso em: 10 nov. 2018.

CARLON, Márcia Regina. Percepção dos atores sociais quanto as alternativas de implantação de sistemas de captação e aproveitamento de água de chuva em Joinville-SC. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) - Universidade do Vale do Itajaí, Itajaí, 2005.

Catálogo de insumos e composições não desoneradas do Sistema Nacional de Preços e Índices para a Construção Civil (SINAPI) para o estado do Espírito Santo, de novembro de 2019. Disponível em:

<[http://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx#categoria\\_645](http://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx#categoria_645)>. Acesso em: 10 jan. 2020.

CHAIB, E. B.; RODRIGUES, F. C.; MAIA, B. H.; NASCIMENTO, N. O. Avaliação do potencial de redução do consumo de água potável por meio da implantação de sistemas de aproveitamento de água de chuva em edificações unifamiliares. **RBHR-Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 20, n. 3, p. 605-614, Porto Alegre. Jul/set 2015. Versão On-line ISSN 2318-0331. Disponível em:

<[https://www.researchgate.net/profile/Nilo\\_Nascimento/publication/304433381\\_Avaliacao\\_do\\_potencial\\_de\\_reducao\\_do\\_consumo\\_de\\_agua\\_potavel\\_por\\_meio\\_da\\_implantacao\\_de\\_sistemas\\_de\\_aproveitamento\\_de\\_agua\\_de\\_chuva\\_em\\_edificacoes\\_unifamiliares/links/5905467faca272116d31ef0b/Avaliacao-do-potencial-de-reducao-do-consumo-de-agua-potavel-por-meio-da-implantacao-de-sistemas-de-aproveitamento-de-agua-de-chuva-em-edificacoes-unifamiliares.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Nilo_Nascimento/publication/304433381_Avaliacao_do_potencial_de_reducao_do_consumo_de_agua_potavel_por_meio_da_implantacao_de_sistemas_de_aproveitamento_de_agua_de_chuva_em_edificacoes_unifamiliares/links/5905467faca272116d31ef0b/Avaliacao-do-potencial-de-reducao-do-consumo-de-agua-potavel-por-meio-da-implantacao-de-sistemas-de-aproveitamento-de-agua-de-chuva-em-edificacoes-unifamiliares.pdf)>. Acesso em: 20 mar. 2019.

Coordenadoria de Engenharia e Manutenção. Instituto Federal do Espírito Santo (IFES), campus Cachoeiro de Itapemirim/ES.

DALSENTER, Marta Elisa Vettori. Estudo de potencial de economia de água potável por meio do aproveitamento de água pluvial em um condomínio residencial multifamiliar localizado em Florianópolis – SC. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 74 p., 2016. Disponível em: <[https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/164543/TCC%20MARTA%20DALSENTER\\_FINAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/164543/TCC%20MARTA%20DALSENTER_FINAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y)>. Acesso em: 20 mar. 2019.

DACACH, Nelson Gandur. Tratamento primário de esgoto. Rio de Janeiro, RJ: Didática e Científica, 106 p., 1991. ISBN 85-7190-032-9.

DORNELLES, Fernando. Aproveitamento de água da chuva no meio urbano e seu efeito na drenagem pluvial. Tese de doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 234 p., 2012. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/55968>>. Acesso em: 15 jul. 2019.

EDP Espírito Santo - Tarifas de Energia Elétrica. 2018. Disponível em: <[http://www.edp.com.br/CentralDocumentos/tabela\\_de\\_tarifas\\_bt\\_mt\\_precos\\_abertos\\_07082018.pdf](http://www.edp.com.br/CentralDocumentos/tabela_de_tarifas_bt_mt_precos_abertos_07082018.pdf)>. Acesso em: 08 jul. 2019.

Estádio Governador Magalhães Pinto. Mineirão, 5 jun. 2017. Disponível em: <<http://estadiomineirao.com.br/o-mineirao/imprensa/noticias/sustentabilidade-e-um-dos-destaques-no-mineirao/>>. Acesso em: 12 dez. 2018.

FERREIRA, Daniel Fabrício. **Aproveitamento de águas pluviais e reuso de águas cinzas para fins não potáveis em um condomínio residencial localizado em Florianópolis-SC.** 2005. 152 p. Monografia (Graduação em engenharia civil): Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em: <<http://www.labee.ufsc.br/node/181>>. Acesso em: 10 nov. 2018.

Fortlev: catálogo de tanques. Disponível em: <[https://www.fortlev.com.br/uploads/2019/05/Manual\\_tecnico\\_tanque\\_digital.pdf](https://www.fortlev.com.br/uploads/2019/05/Manual_tecnico_tanque_digital.pdf)>. Acesso em: 08 jul. 2019.

GDRC, 2011. “Rainwater Harvesting and Utilisation”. An Environmentally Sound Approach for Sustainable Urban Water Management: An Introductory Guide for Decision-Makers. The Global Development Research Center (GDRC). Disponível em: <<http://www.gdrc.org/uem/water/rainwater/rainwaterguide.pdf>>. Acesso em: 10 nov. 2018.

GEO Brasil. Recursos hídricos: resumo executivo. Ministério do Meio Ambiente; Agência Nacional de Águas; Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA). Brasília: MMA; ANA, 2007. Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/wfa/sa/GEO%20Brasil%20Recursos%20H%C3%ADricos%20-%20Resumo%20Executivo.pdf>>. Acesso em: 05 jan. 2019.

GHISI, E.; CORDOVA, M. M. Netuno 4 - Manual do Usuário. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2014. 62 p. Disponível em: <[http://www.labee.ufsc.br/sites/default/files/Manual-Netuno-4\\_Junho2014.pdf](http://www.labee.ufsc.br/sites/default/files/Manual-Netuno-4_Junho2014.pdf)>. Acesso em 20 nov. 2018.

GHISI, E.; CORDOVA, M. M. Netuno 4. Programa computacional. Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Civil. Disponível em: <<http://www.labee.ufsc.br/>. 2014>. Acesso em 20 nov. 2018.

GHISI, E.; MONTIBELLER, A.; SCHMIDT, R. W. Potential for potable water savings by using rainwater: An analysis over 62 cities in southern Brazil. *Building and Environment*, v.41, n. 2, p. 204-210, 2006. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2005.01.014>>. Acesso em: 04 jan. 2019.

GIACCHINI, Margolaine. O método de Rippl para dimensionamento de reservatórios de sistemas de aproveitamento da água de chuva. Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2016. Foz do Iguaçu-PR, 5 p., 2016. Disponível em: <<http://www.confex.org.br/sites/default/files/uploads-imce/Contecc2019/Experi%C3%Aancia%20Profissional/DIMENSIONAMENTO%20E%20RESERVATORIO%20PARA%20CAPTA%C3%87%C3%83O%20DE%20AGUA%20DE%20CHUVA%20PARA%20RESIDENCIA%20EM%20AREA%20URBANA.pdf>>. Acesso em: 04 jan. 2019.

GIMENES, Julia de Carvalho. Captação e aproveitamento de água de chuva: estudo experimental da qualidade de água de um telhado verde e de um telhado convencional / Julia de Carvalho Gimenes. – Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica, 102 p., 2017.

GNADLINGER, João. **2º Fórum Mundial da Água, em Haia, Holanda, de 16 a 22 de março de 2000**. Título em inglês: Rainwater Harvesting for Household and Agricultural Use in Rural Areas. Colheita de Água de Chuva em Áreas Rurais. Juazeiro, Bahia-BR. 25 p., 2000.

GODINHO, L., OLIVEIRA, P. “Reutilização de águas residuais domésticas e pluviais”. Apontamentos da disciplina de Instalações Técnicas em Edifícios. Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Coimbra, Coimbra. Portugal. 2009.

GONÇALVES, Ricardo Franci. (Coord.). *Uso Racional da Água em Edificações*. 1 ed. Vitória, ES: ABES, 2006.

Grupo de Pesquisa de Recursos Hídricos DEA-UFV. Plúvio 2.1: Chuvas intensas para o Brasil. 2006. Disponível em: <<http://www.gprh.ufv.br/?area=softwares>>. Acesso em: 18 nov. 2018.

IEEE. GONZÁLEZ, Daniel Pero-Sanz. Documento Informativo: 6ª EDICIÓN DEL FORO MUNDIAL DEL AGUA. Instituto Espanhol de Estudos Estratégicos. Disponível em: <[http://www.ieee.es/Galerias/fichero/docs\\_informativos/2012/DIEEEI15\\_2012\\_ForoMundialAgua\\_DPero-Sanz.pdf](http://www.ieee.es/Galerias/fichero/docs_informativos/2012/DIEEEI15_2012_ForoMundialAgua_DPero-Sanz.pdf)>. Acesso em: 14 nov. 2018.

ILHA, M. S. O.; PEDROSO, L. P.; YWASHIMA, L. A. Indicadores de consumo de água em escolas. In: XII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: UFC, 2008 CD-ROM.

KAMMERS, Pauline Cristiane; GHISI, Enedir. Usos finais de água em edifícios públicos localizados em Florianópolis, SC. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v.6, n. 1, p. 75-90, jan./mar. 2006. Revista On-line da Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ANTAC). ISSN 1415-8876.

Lei 5.890, de 31 de outubro de 2006 – Plano Diretor Municipal e Sistema de Planejamento e Gestão do município de Cachoeiro de Itapemirim. Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/plano-diretor-cachoeiro-de-itapemirim-es>> Acesso em: 14 nov. 2018.

LIMA, Kleyton Luan Barbosa de Andrade; NUNES, Luiz Gustavo Costa Ferreira; SILVA, Simone Rosa da; Análise de viabilidade de implantação de captação de águas pluviais em escola pública no Recife-PE. *Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades-GC*. V. 05, n. 36, 2017. ISSN Eletrônico: 2318-8472. Digital Object Identifier (DOI): 10.17271/23188472. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.17271/2318847253620171630>>. Acesso em: 26. nov. 2018.

LUIS, F. R. **Contributions to sustainable use of water**. 2014. 86 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2014.

MARINOSKI, A. K., GHISI, E. Aproveitamento de água pluvial para usos não potáveis em instituição de ensino: estudo de caso em Florianópolis-SC. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 67-84, abr./jun. 2008. Revista On-line da Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ANTAC). ISSN 1678-8621.

MARTELEIRA, Rita Gonçalves Simões. **Avaliação do binómio água-energia de um sistema de aproveitamento de águas pluviais – estudo de caso do *Campus* do IST no**

**Taguspark.** 2014. 96 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente) – Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2014.

MAY, Simone. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações.** 159 p. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004. DOI: 10.11606/D.3.2004.tde-02082004-122332.

MAY, S. **Caracterização, tratamento e reuso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais em edificações.** Tese (Doutorado em Engenharia Hidráulica e Sanitária) - Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 200 p., 2009. DOI: 10.11606/T.3.2009.tde-17082009-082126.

MEINCHEIM, Douglas Leandro. Potencial de economia de água potável por meio do aproveitamento de água pluvial em uma residência unifamiliar localizada em São José-SC. Universidade Federal de Santa Catarina, 78 p., 2015. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/157051>>. Acesso em: 10 fev. 2019.

MENDES, Pedro Gomes Junqueira; FERREIRA, Vanderlei de Oliveira. Potencial de aproveitamento de água pluvial em escolas estaduais de Uberlândia-MG. Rainwater utilization potential in state schools of Uberlândia-MG. UFMG. v.27, n.50, 18 p., 2017. ISSN 2318-2962. DOI 10.5752/p.2318-2962.2017v27n50p516. Disponível em: <<https://doi.org/10.5752/p.2318-2962.2017v27n50p516>>. Acesso em: 19 nov. 2018.

NETTO, José Martiniano de Azevedo; FERNANDEZ, Miguel Fernandez y; ARAÚJO, Roberto de; ITO, Acácio Eiji. Manual de Hidráulica. Editora Edgard Blucher Ltda. 8ª Edição. São Paulo, 1998.

OLIVEIRA, L. H. **Metodologia para a implantação de programa de uso racional de água em edifícios.** Tese de doutorado em Engenharia Civil – POLI, Universidade de São Paulo. São Paulo, 344 p., 1999. DOI: 10.11606/T.3.2018.tde-16042018-084622.

OLIVEIRA, Maria Helena Castro de. **Aproveitamento de água de chuva.** 2014. Monografia. Universidade Tecnológica do Paraná, 2014. Disponível em: <<http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/4352>>. Acesso em: 20 fev. 2019.

OLIVEIRA, N. N. **Aproveitamento de água de chuva de cobertura para fins não potáveis de próprios da educação da rede municipal de Guarulhos.** Universidade de Guarulhos. Guarulhos, 2008.

Organização das Nações Unidas (OMS, 2017). Fundo das Nações Unidas para a Infância (UNICEF, 2017). Disponível em: <[https://www.unicef.org/brazil/pt/media\\_36643.html](https://www.unicef.org/brazil/pt/media_36643.html)>. Acesso em: 12 nov. 2018.

PROSAB. **Uso racional da água em edificações.** Rio de Janeiro: ABES, 2006.

Rainharvesting. Rainharvesting Systems, Ltd. The UK's Original Rainwater Harvesting Company, Reino Unido. 2014. Disponível em: <<http://www.rainharvesting.co.uk>>. Acesso em: 14 nov. 2018.

RAMOS, Paulo Jorge. Análise do potencial de economia de água potável por meio da utilização de água pluvial em um condomínio multifamiliar localizado em Matão – SP. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 69 p., 2017. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/177264>>. Acesso em: 09 fev. 2019.

RBA-Rede Brasil Atual. Programa de cisternas no semiárido nordestino enfrenta revés do ajuste fiscal. 29 nov. 201. Disponível em: <<https://www.redebrasilatual.com.br/ambiente/2015/11/programa-de-cisternas-no-semiarido-nordestino-enfrenta-reves-do-ajuste-fiscal-2662/>>. Acesso em: 24 nov. 2018

REBELLO, G.A.O. de. **Conservação de água em edificações: estudo das características de qualidade da água pluvial aproveitada em instalações prediais residenciais.** São Paulo, 2004. 96 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental) –Área de Mitigação de Impactos Ambientais, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo.

REZENDE, J. H.; TECEDOR, N. Aproveitamento de água de chuva de cobertura em edificações: dimensionamento do reservatório pelos métodos descritos na NBR 15.527. *Ambiente & Água – An Interdisciplinary Journal of Applied Science - Taubaté – SP.* V. 12, n. 6, p. 1040-1053, nov./dez. 2017. Versão On-line ISSN 1980-993X. – DOI: 10.4136/ambi-agua.1940. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.1940>>. Acesso em: 26 nov. 2018.

Roebuck, R. M. “A whole life costing approach for rainwater harvesting systems: an investigation into the whole life cost implications of using rainwater harvesting systems for non-potable applications in new-build developments in the UK”, PhD. Thesis, University of Bradford, Bradford, 2007.

RUPP, R. F; MUNARIM, U; GHISI, E. Comparação de métodos para dimensionamento de reservatórios de água pluvial. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 11, n. 4, p.47-64, dezembro 2011. Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ANTAC). ISSN 1678-8621.

SABINO, Yuri Gagarin. NOTA TÉCNICA N.º 06/2018: Reajuste tarifário dos serviços de saneamento básico – abastecimento de água e esgotamento sanitário, do município de Cachoeiro de Itapemirim/ES, operados pela empresa concessionária BRK Ambiental para o ano de 2019. Cachoeiro de Itapemirim: Agência Municipal de Regulação dos Serviços Públicos Delegados de Cachoeiro de Itapemirim (AGERSA), 2018.

SANTOS, D. C. Os sistemas prediais e a promoção da sustentabilidade ambiental. *Ambiente Construído*, v. 2, n. 4, p. 7-18, Porto Alegre, out./dez. 2002. Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ANTAC). ISSN 1415-8876.

SILVEIRA, Olavo França. **O uso inteligente da água da chuva**: encaminhamentos para implantação de um programa de aproveitamento em Uberlândia/MG. Trabalho Final de Graduação em Geografia. Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, 2015.

SIMIONI, W. I.; GHISI, E.; GÓMEZ L. A. Potencial de Economia de Água Tratada Através do Aproveitamento de Águas Pluviais em Postos de Combustíveis: Estudos de Caso. CLACS’ 04 – I Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável e ENTAC 04, 10º Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, São Paulo - SP, **Anais...** CD-ROM, 2004.

Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH). Agência Nacional de Águas – ANA. Disponível em: <[http://www.snirh.gov.br/hidroweb/publico/medicoes\\_historicas\\_abas.jsf](http://www.snirh.gov.br/hidroweb/publico/medicoes_historicas_abas.jsf)> Acesso em: out. 2018.

The Economist. Special Report: **For want of a drink**. 22 mai. 2010. Disponível em: <<https://www.economist.com/special-report/2010/05/20/for-want-of-a-drink>>. Acesso em: 14 nov. 2018.

TOMAZ, P. Aproveitamento de água de chuva: Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis. Navegar Editora. São Paulo, 2003.

UNEP – United Nations Environment Programme. Global Environment Outlook 3: past, present and future perspectives. United Kingdom: Earthscan, p. 158, 2002. ISBN: 92-807-2087-2 (UNEP paperback), 92-807-2088-0 (UNEP hardback), 1 85383 845 4 (Earthscan paperback), 1 85383 844 6 (Earthscan hardback). ISSN: 1366-8080.

UNITED NATIONS. **World Population Prospects: The 2017 Revision**, 21 Junho 2017. Disponível em: <[https://esa.un.org/unpd/wpp/publications/files/wpp2017\\_keyfindings.pdf](https://esa.un.org/unpd/wpp/publications/files/wpp2017_keyfindings.pdf)>. Acesso em: 06 nov. 2018.

USGS. UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. The Water Cycle, 2016. Disponível em: < <https://water.usgs.gov/edu/watercycleportuguese.html> >. Acesso em: 12 Dez. 2018.

VIOLA, Heitor. *Gestão de águas pluviais em áreas urbanas: o estudo de caso da cidade do Samba*. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 384 p., 2008. Disponível em: <[http://www.ppe.ufrj.br/images/publica%C3%A7%C3%B5es/mestrado/Heitor\\_Viola.pdf](http://www.ppe.ufrj.br/images/publica%C3%A7%C3%B5es/mestrado/Heitor_Viola.pdf)>. Acesso em: 14 dez. 2018.

WANG, Ranran; ZIMMERMAN, Julie B. **Economic and Environmental Assessment of Office Building Rainwater Harvesting Systems in Various U.S. Cities**. Environmental Science & Technology, 49 (3), p. 1768-1778. 2015. DOI: 10.1021/es5046887. Copyright © 2014 American Chemical Society. Disponível em: <<https://doi.org/10.1021/es5046887>>. Acesso em: 02 jul. 2019.

Worldwide Inflation Data. Inflação brasileira em 2019. Disponível em: <<https://pt.inflation.eu/taxas-de-inflacao/brasil/inflacao-historica/ipc-inflacao-brasil-2019.aspx>>. Acesso em: 03 jul. 2019.

YWASHIMA, L. A.; PEDROSO, L. P.; ILHA, M. S. O.; **Indicadores de consumo de água em escolas**. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ENTAC). Fortaleza-CE, 2008. 10 p. CD-ROM.

YWASHIMA, Laís Aparecida. Avaliação do uso de água de edifícios escolares públicos e análise de viabilidade econômica da instalação de tecnologias economizadoras nos pontos de consumo (Dissertação de mestrado). Campinas/SP, 192 p., 2005.

# APÊNDICES

## Apêndice 1 - Distribuição dos blocos do IFES campus Cachoeiro do Itapemirim/ES

Tabela 34: Distribuição das edificações do IFES campus Cachoeiro de Itapemirim/ES e outros dados.

Bloco	Pavimento	Tipos de uso	Área do telhado (m <sup>2</sup> )	Inclinação (%)	Tipo do telhado	Nº de Bacias Sanitárias	Nº de Mictórios
1	1º Pavimento	Salas de aula, laboratório, circulação	263,57	30	Cerâmica Plan Capa Canal	0	0
	2º Pavimento	Salas de aula, laboratório, circulação				0	0
2	1º Pavimento	Salas de aula, Coordenadoria de Licenciatura em Matemática, Life, circulação	263,57	30	Cerâmica Plan Capa Canal	0	0
	2º Pavimento	Salas de aula, laboratório, circulação				0	0
3	1º Pavimento	Laboratórios, circulação	263,57	30	Cerâmica Plan Capa Canal	0	0
	2º Pavimento	Salas de aula, laboratório, circulação				0	0
4	1º Pavimento	Coordenadoria de Mineração e Engenharia de Minas, laboratório	263,57	30	Cerâmica Plan Capa Canal	0	0
	2º Pavimento	Coordenadoria de Sistemas de Informação, laboratórios, circulação				0	0
5	1º Pavimento	Sala de Reunião, copa, Núcleo Incubador, Núcleo de Pesquisa, Coordenação, Salas de Empreendimentos, circulação	263,57	30	Cerâmica Plan Capa Canal	0	0
	2º Pavimento	Salas de aula, laboratório, circulação				0	0
6	1º Pavimento	Salas de aula, sanitários (masculino e feminino), circulação	263,57	30	Cerâmica Plan Capa Canal	10	1
	2º Pavimento	Auditório, sanitários (masculino e feminino), circulação				10	1
7	1º Pavimento	Sala de aula, laboratório, circulação	263,57	30	Cerâmica Plan Capa Canal	0	0
	2º Pavimento	Salas de aula, laboratório, circulação				0	0
8	1º Pavimento	Salas de aula, laboratório, circulação	263,57	30	Cerâmica Plan Capa Canal	0	0
	2º Pavimento	Laboratórios, circulação				0	0
9	1º Pavimento	Salas de aula, laboratório	263,57	30	Cerâmica Plan Capa Canal	0	0
	2º Pavimento	Coordenadoria de Eletromecânica, laboratório, circulação				0	0
10	1º Pavimento	Coordenadoria de Engenharia Mecânica, sanitários (masculino e feminino), laboratório, circulação	263,57	30	Cerâmica Plan Capa Canal	10	1
	2º Pavimento	Sanitários (masculino e feminino), laboratórios, circulação				10	1
12	Térreo	Central de Gás	19,26	25	Cerâmica Plan Capa Canal	0	0
14	1º Pavimento	CGP, CRA, CPAR, Enfermaria, Coordenadoria de Licenciatura em Matemática, Copa, Sanitários (masculino e feminino), circulação	359,41	25	Cerâmica Plan Capa Canal	8	1

	2º Pavimento	CGGP, CTI, DIAPL/CEF, GABDG, DPPGE, DE, CLC/CCO, CGAOF/CEM, REC, circulação				0	0
15	1º Pavimento	Grêmio Estudantil, sanitários/vestuário dos funcionários (masculino e feminino), Refeitório dos alunos, CMS/CPAT, almoxarifado	374,43	25	Cerâmica Plan Capa Canal	6	0
	2º Pavimento	Coordenação, Biblioteca, sanitários (masculino e feminino), Processamento Técnico, Informática, Cabines				4	0
16	1º Pavimento	Xerografia, despensa, depósito, cantina, cozinha, refeitório	318,41	25	Cerâmica Plan Capa Canal	0	0
	2º Pavimento	Salas de aula, sanitários, Centro de Vivência, SAE, depósito, circulação, passarela				2	0
26	Térreo	Guarita	27,02	25	Cerâmica Plan Capa Canal	1	0
27	1º Pavimento	Saguão	217,16	-	Cerâmica Plan Capa Canal	0	0
	2º Pavimento	DG, copa, sanitários				2	0
<b>Quadra Poliesportiva</b>	Térreo	Setor de Educação Física, Vestiários/Sanitários (masculino e feminino), depósito de materiais, quadra	1445,52	-	Metálica galvanizada	10	0
<b>Galpão</b>	1º Pavimento	Sala de Máquinas, almoxarifado, laboratórios, guarda volumes, cozinha, Área de Vivência, Ocosas, Coordenadoria de Obras e Serviços Auxiliares, sanitários (masculino e feminino), sanitários de funcionários	1062,08	-	Fibrocimento	10	0
	2º Pavimento	Sala de aula, galpão, circulação, rampa				0	0
<b>Pátio</b>	Térreo	Área de Vivência	900,59	25	Metálica galvanizada	0	0
<b>Rampa</b>	-	Circulação	216,78	25	Fibrocimento	0	0
<b>Passarela</b>	-	Circulação	456,19	25	Cerâmica Plan Capa Canal	0	0
<b>Barramento</b>	Térreo	Instalações Elétricas	22,21	25	Cerâmica Plan Capa Canal	-	-
<b>TOTAL</b>	-	-	8.054,76	-	-	83	5

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados disponibilizados pela Coordenadoria de Engenharia e Manutenção do IFES campus Cachoeiro de Itapemirim/ES

**Apêndice 2 - Precipitação mensal (fevereiro/1964 – agosto/2018) em milímetros na Estação Pluviométrica de Burarama, Cachoeiro de Itapemirim – ES.**

Tabela 35: Dados das precipitações mensais (fev/1964 - ago/2018) da Estação Pluviométrica de Burarama, Cachoeiro de Itapemirim/ES.

ANO	MESES												Acumulado
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	
1964	-	235,1	184,2	120,7	99,6	46,3	107,2	58,2	20,6	288,5	133,9	320,3	1.614,6
1965	244,4	236,8	184,9	89,6	63,9	22,8	75,9	25,9	71,1	192,4	208,5	154,0	1.570,2
1966	180,3	25,4	15,7	209,2	113,1	24,7	52,4	26,3	60,1	194,0	500,6	365,2	1.767,0
1967	284,2	154,9	356,9	183,2	97,0	30,4	44,3	40,8	31,4	21,4	280,0	270,5	1.795,0
1968	244,1	522,5	110,9	105,3	10,3	46,8	51,5	57,8	156,7	199,2	95,3	183,1	1.783,5
1969	112,7	85,6	160,2	260,8	21,6	120,0	27,2	47,4	28,6	217,8	362,5	398,3	1.842,7
1970	293,1	24,6	94,9	171,8	15,8	15,5	115,0	54,0	94,0	279,6	362,9	144,7	1.665,9
1971	130,5	54,0	83,3	43,7	68,5	63,2	16,9	85,3	129,0	220,2	587,7	297,4	1.779,7
1972	157,0	135,4	22,5	180,2	38,2	11,2	108,6	33,4	116,0	200,2	193,8	338,6	1.535,1
1973	330,6	102,0	332,2	95,2	34,0	7,2	0,0	31,8	65,2	184,8	190,0	252,2	1.625,2
1974	265,0	161,0	69,8	217,4	109,2	53,2	2,4	8,0	35,8	262,6	156,6	290,6	1.631,6
1975	357,0	160,6	141,2	75,2	139,8	47,6	63,2	0,2	111,2	237,8	357,0	109,2	1.800,0
1976	78,0	109,6	134,0	38,0	129,8	21,4	110,6	39,2	166,0	231,8	129,8	419,8	1.608,0
1977	170,4	22,3	179,2	221,4	42,3	18,8	3,0	6,4	123,7	99,1	366,0	330,6	1.583,2
1978	105,2	254,8	66,1	168,2	118,2	31,6	108,9	22,0	69,5	193,9	269,6	253,2	1.661,2
1979	626,2	259,8	235,0	112,4	66,1	21,6	27,1	32,9	34,1	96,7	256,6	340,5	2.109,0
1980	314,9	190,2	73,8	415,4	85,7	33,5	35,8	35,2	35,8	72,1	121,3	216,1	1.629,8
1981	224,9	112,1	343,1	187,8	43,0	30,1	33,9	62,3	20,8	185,1	378,7	289,6	1.911,4
1982	252,2	82,3	487,5	109,3	25,2	36,8	26,2	86,7	67,2	72,5	74,0	240,5	1.560,4
1983	348,4	105,1	226,6	297,4	72,2	30,1	36,8	12,6	88,9	264,3	170,9	384,9	2.038,2
1984	107,2	21,4	249,6	83,4	32,3	9,7	10,9	89,8	58,9	207,8	298,8	537,7	1.707,5
1985	595,9	197,6	234,7	38,0	91,3	1,0	55,8	43,8	136,3	136,5	390,4	200,9	2.122,2
1986	164,6	170,7	53,2	63,2	107,5	1,8	82,4	159,9	88,8	54,9	212,9	204,9	1.364,8

ANO	MESES												Acumulado
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	
1987	262,3	133,4	168,4	253,8	61,5	81,4	24,2	13,0	132,1	162,9	421,1	298,1	2.012,2
1988	143,5	145,8	134,2	153,2	179,5	69,6	28,3	1,7	57,3	183,5	196,9	233,3	1.526,8
1989	295,0	237,1	236,5	138,7	77,6	116,2	50,8	30,4	73,1	104,2	333,5	104,5	1.797,6
1990	9,9	39,0	65,9	167,2	73,4	38,4	127,2	59,0	73,5	143,6	151,4	430,4	1.378,9
1991	375,1	281,1	373,5	38,8	18,8	12,9	79,6	68,3	147,4	94,5	218,1	265,4	1.973,5
1992	213,0	57,3	65,1	200,4	50,2	28,7	123,1	153,2	137,4	158,9	340,1	176,8	1.704,2
1993	236,5	114,9	128,3	98,6	78,6	42,3	10,4	26,9	97,6	47,6	75,7	386,8	1.344,2
1994	411,2	37,4	487,1	294,7	121,8	60,6	25,3	13,9	44,4	103,5	131,1	280,7	2.011,7
1995	112,4	97,7	83,1	114,8	158,5	25,0	12,4	34,6	93,5	253,0	330,9	571,5	1.887,4
1996	76,5	193,0	150,3	138,5	85,1	23,4	6,6	24,8	173,2	160,2	300,8	210,2	1.542,6
1997	411,8	120,5	376,6	98,5	31,1	14,8	0,5	31,2	107,1	137,8	307,5	363,4	2.000,8
1998	282,2	109,3	120,8	46,0	26,3	26,9	8,2	75,5	25,8	215,7	320,7	283,5	1.540,9
1999	89,9	94,3	264,8	145,4	15,1	98,6	30,2	16,7	57,1	100,6	318,3	210,1	1.441,1
2000	365,9	209,7	231,6	72,9	13,2	15,0	32,2	64,8	84,9	96,1	344,4	363,9	1.894,6
2001	158,5	49,8	34,3	42,9	41,4	68,4	21,1	9,7	131,9	134,3	453,4	236,6	1.382,3
2002	214,8	246,8	65,8	51,1	135,7	19,9	37,4	5,0	116,9	70,6	253,2	324,0	1.541,2
2003	541,0	25,1	122,2	136,0	58,2	0,0	44,0	93,3	57,0	66,1	123,0	337,3	1.603,2
2004	357,8	287,4	215,4	136,1	41,2	23,6	85,1	51,7	4,1	85,0	258,7	501,4	2.047,5
2005	262,1	299,4	387,0	66,2	90,9	73,6	34,3	47,9	159,0	39,1	465,3	408,1	2.332,9
2006	121,2	74,9	338,1	158,7	19,9	9,7	6,4	17,7	127,4	225,1	336,4	440,1	1.875,6
2007	382,2	144,9	13,3	102,3	47,7	4,8	14,9	17,5	25,4	141,2	147,6	358,5	1.400,3
2008	211,6	311,1	233,0	174,7	36,9	35,5	10,9	10,3	77,1	52,4	530,0	336,0	2.019,5
2009	510,6	135,7	211,5	323,9	46,8	35,2	42,8	84,1	75,4	197,0	164,6	221,3	2.048,9
2010	19,0	79,8	318,7	114,7	76,9	25,7	54,0	16,0	28,7	144,2	298,9	456,9	1.633,5
2011	75,0	192,3	700,7	112,0	35,6	55,3	29,1	21,9	34,9	185,8	252,3	355,6	2.050,5
2012	165,6	43,7	124,5	78,5	44,3	126,9	11,4	39,7	50,2	49,3	267,0	120,4	1.121,5
2013	346,3	82,0	410,9	96,8	64,0	44,8	57,5	41,9	28,6	101,2	210,0	421,6	1.905,6

ANO	MESES												Acumulado
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	
2014	62,0	136,3	121,3	300,9	29,3	20,1	48,3	17,0	28,2	113,5	210,9	162,2	1.250,0
2015	0,0	40,5	99,4	86,6	130,7	74,9	19,1	2,6	69,1	56,7	100,5	152,2	832,3
2016	263,2	39,0	80,5	19,9	22,0	69,9	14,4	9,5	57,5	130,2	223,7	397,9	1.327,7
2017	22,5	63,7	75,9	96,2	46,6	45,9	27,3	16,4	0,5	44,7	295,6	173,8	909,1
2018	128,1	268,5	327,4	213,1	80,3	28,6	10,9	81,2	-	-	-	-	1.138,1

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados do SNIRH (ANA, 2018).

### Apêndice 3 - Série Histórica de Precipitação Anual

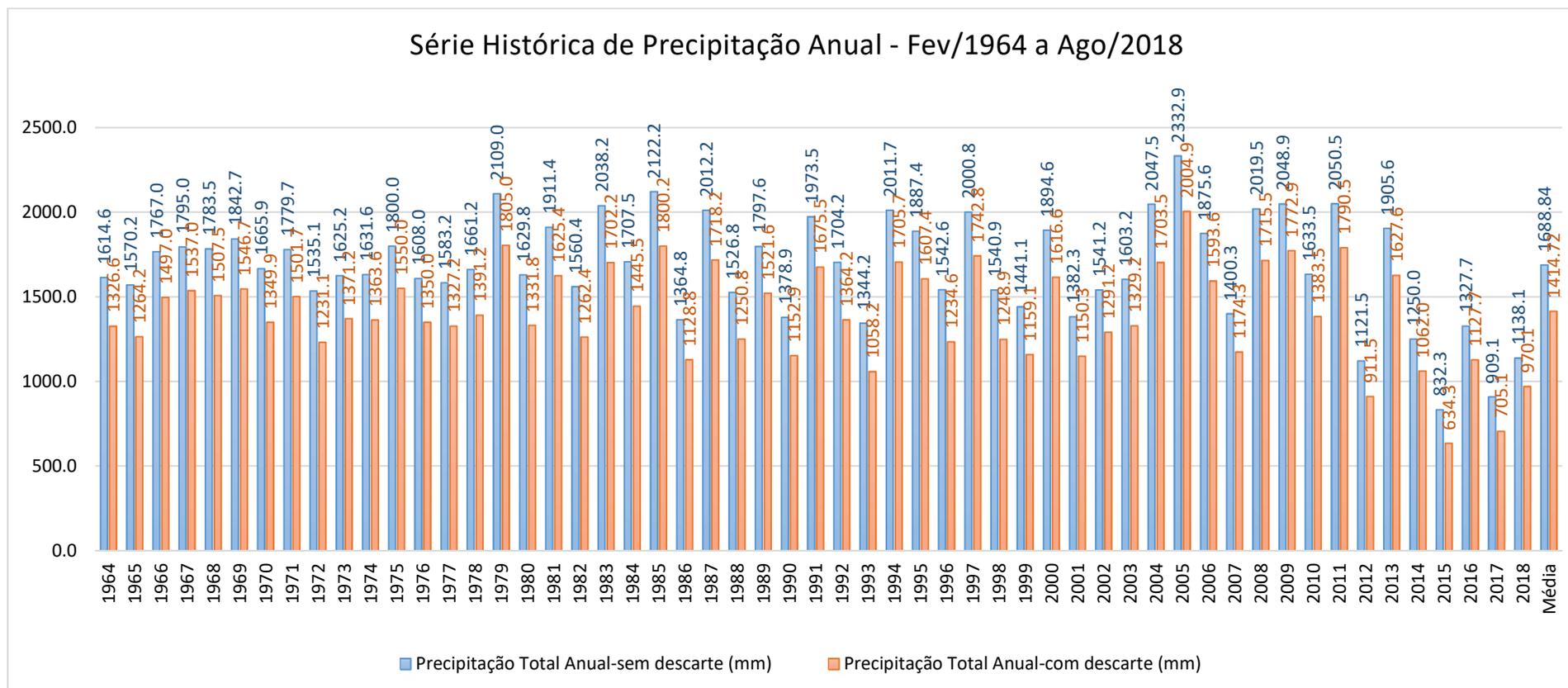


Figura 36: Série Histórica de Precipitação Anual sem e com descarte.  
 Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados do SNIRH (ANA, 2018).

**Apêndice 4 - Pluviosidade Mensal Média e Acumulada sem e com descarte do *first flush* (2mm)**

Tabela 36: Pluviosidade Mensal Média e Acumulada sem e com descarte de 2 mm de chuva.

Período: 01/Fev/1964 a 31/Ago/2018					
Mês	Soma N° Dias de chuva	Pluviosidade sem descarte-Soma Mensal (mm)	Pluviosidade com descarte-Soma Mensal (mm)	Pluviosidade sem descarte - Média Mensal (mm)	Pluviosidade com descarte - Média Mensal (mm)
Jan	755	12.713,5	11.203,5	235,44	207,47
Fev	537	7.815,2	6.741,2	142,09	122,57
Mar	742	10.805,6	9.321,6	196,47	169,48
Abr	663	7.758,9	6.432,9	141,07	116,96
Mai	511	3.663,7	2.641,7	66,61	48,03
Jun	373	2.141,9	1.395,9	38,94	25,38
Jul	419	2.323,9	1.485,9	42,25	27,02
Ago	392	2.257,3	1.473,3	41,04	26,79
Set	563	4.186	3.060	77,52	56,67
Out	734	7.911,7	6.443,7	146,51	119,33
Nov	868	14.479,4	12.743,4	268,14	235,99
Dez	924	16.125,3	14.277,3	298,62	264,39

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Apêndice 5 - Áreas de telhados do IFES campus Cachoeiro de Itapemirim/ES**

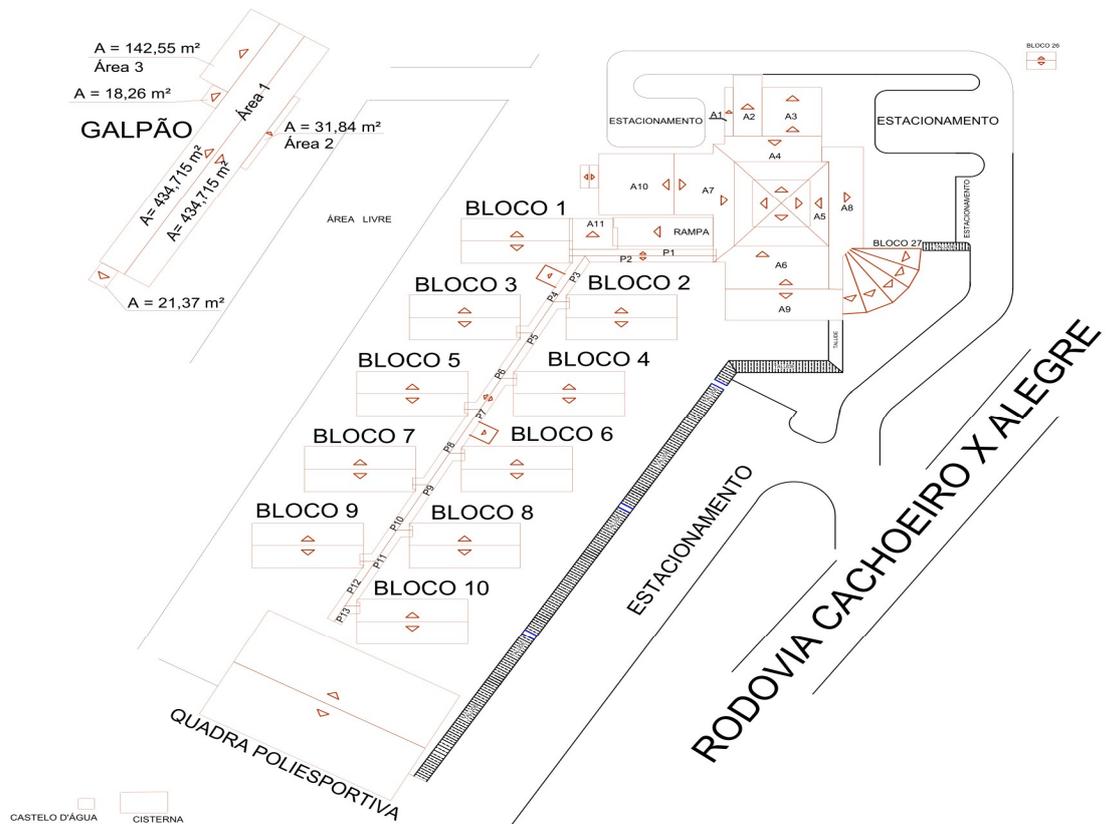


Figura 37: Áreas de telhados do IFES campus Cachoeiro Itapemirim/ES.

Fonte: Adaptado de arquivo digital disponibilizado pela Coordenadoria de Engenharia e Manutenção do IFES.

## Apêndice 6 - Revisão das calhas instaladas em função das áreas de contribuição dos telhados

Tabela 37: Revisão das calhas instaladas em função das áreas de contribuição dos telhados.

Edificação	A (m <sup>2</sup> )	Q (L/min)	Material da calha instalada	Tipo da calha instalada	Diâmetro da calha instalada	Diâmetro Calculado (mm)	Situação
<b>Bloco 1 ao 10</b>	131,79 <sup>1</sup>	334,27	Plástico (tubo PVC)	Semicircular	150	143	OK!
<b>Quadra Poliesportiva</b>	722,76 <sup>2</sup>	1833,29	Plástico (tubo PVC)	Retangular + Circular	300	270	OK!
<b>Galpão - Área 1</b>	434,72 <sup>3</sup>	1102,66	Metálica	Retangular	239,4*	223	OK!
<b>Galpão - Área 2</b>	31,84	80,76	Plástico (tubo PVC)	Semicircular	239,4*	84	OK!
<b>Galpão - Área 3</b>	142,55	361,58	Metálica	Retangular	239,4*	147	OK!
<b>A1</b>	22,06	55,95	Plástico (tubo PVC)	Semicircular	150	73	OK!
<b>A2</b>	93,63	237,48	Plástico (tubo PVC)	Semicircular	150	126	OK!
<b>A3</b>	152,04	385,65	Plástico (tubo PVC)	Semicircular	150	151	Revisar Calha
<b>A4</b>	238,32	604,49	Metálica	Retangular	239,4*	178	OK!
<b>A5</b>	106,73	270,73	Metálica	Retangular	239,4*	132	OK!
<b>A6</b>	342,81	869,54	Metálica	Retangular	239,4*	204	OK!
<b>A7</b>	348,46	883,87	Metálica	Retangular	239,4*	205	OK!
<b>A8</b>	227,19	576,28	Metálica	Retangular	239,4*	175	OK!
<b>A9</b>	193,72	491,37	Plástico (tubo PVC)	Semicircular	150	165	Revisar Calha
<b>A10</b>	246,57	625,42	Plástico (tubo PVC)	Semicircular	150	180	Revisar Calha
<b>A11</b>	77,04	195,41	Plástico (tubo PVC)	Semicircular	150	117	OK!
<b>RAMPA</b>	149,94	380,31	Plástico (tubo PVC)	Semicircular	150	150	OK!
<b>PASSARELA-P1</b>	50,26	127,49	Plástico (tubo PVC)	Semicircular	150	99	OK!
<b>PASSARELA-P2</b>	44,07	111,79	Plástico (tubo PVC)	Semicircular	150	95	OK!
<b>PASSARELA-P3</b>	21,06	53,42	Plástico (tubo PVC)	Semicircular	150	72	OK!
<b>PASSARELA-P4</b>	41,28	104,72	Plástico (tubo PVC)	Semicircular	150	92	OK!
<b>PASSARELA-P5</b>	40,41	102,50	Plástico (tubo PVC)	Semicircular	150	92	OK!
<b>PASSARELA-P6</b>	40,40	102,48	Plástico (tubo PVC)	Semicircular	150	92	OK!
<b>PASSARELA-P7</b>	40,41	102,49	Plástico (tubo PVC)	Semicircular	150	92	OK!

Edificação	A (m <sup>2</sup> )	Q (L/min)	Material da calha instalada	Tipo da calha instalada	Diâmetro da calha instalada	Diâmetro Calculado (mm)	Situação
<b>PASSARELA-P8</b>	40,40	102,48	Plástico (tubo PVC)	Semicircular	150	92	OK!
<b>PASSARELA-P9</b>	40,41	102,49	Plástico (tubo PVC)	Semicircular	150	92	OK!
<b>PASSARELA-P10</b>	40,41	102,49	Plástico (tubo PVC)	Semicircular	150	92	OK!
<b>PASSARELA-P11</b>	40,39	102,46	Plástico (tubo PVC)	Semicircular	150	92	OK!
<b>PASSARELA-P12</b>	29,14	73,91	Plástico (tubo PVC)	Semicircular	150	81	OK!
<b>PASSARELA-P13</b>	11,38	28,86	Plástico (tubo PVC)	Semicircular	150	57	OK!

<sup>1</sup>Área referente a cada lateral da cobertura de cada bloco do 1 ao 10.

<sup>2</sup>Área referente a cada lateral da cobertura da quadra poliesportiva.

<sup>3</sup> Área referente a cada lateral da cobertura da “Área 1” do galpão.

\* Diâmetro equivalente calculado. Neste cálculo, considerou-se as calhas metálicas retangulares com seção 15cm x 15cm. Logo, a área retangular é de 225 cm<sup>2</sup>. Utilizando a equação da área de um semicírculo, obteve-se o diâmetro equivalente igual a D=239,40 mm.

Fonte: Elaborado pelo autor.

## Apêndice 7 - Revisão dos condutores verticais em função das áreas de contribuição dos telhados

Tabela 38: Revisão dos condutores verticais em função das áreas de contribuição dos telhados.

<b>Edificação</b>	<b>A (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Q (L/min)</b>	<b>L (m)</b>	<b>Hmáx (mm)</b>	<b>Diâmetro Instalado (mm)</b>
<b>Bloco 1 ao 10</b>	131,79	334,27	7,24	75	100
<b>Quadra Poliesportiva</b>	722,76	1.833,29	7,24	150	150
<b>Galpão - Área 1</b>	434,72	1.102,66	9	150	100
<b>Galpão - Área 2</b>	31,84	80,76	4,5	150	100
<b>Galpão - Área 3</b>	142,55	361,58	4,5	150	100
<b>A1</b>	22,06	55,95	7,24	75	100
<b>A2</b>	93,63	237,48	3,62	75	100
<b>A3</b>	152,04	385,65	7,24	75	100
<b>A4</b>	238,32	604,49	7,24	150	100
<b>A5</b>	106,73	270,73	7,24	150	100
<b>A6</b>	342,81	869,54	7,24	150	100
<b>A7</b>	348,46	883,87	7,24	150	100
<b>A8</b>	227,19	576,28	4,5	150	100
<b>A9</b>	193,72	491,37	7,24	75	100
<b>A10</b>	246,57	625,42	7,24	75	100
<b>A11</b>	77,04	195,41	4,72	75	100
<b>RAMPA</b>	149,94	380,31	4,72	75	100
<b>PASSARELA-P1</b>	50,26	127,49	7,24	75	100
<b>PASSARELA-P2</b>	44,07	111,79	7,24	75	100
<b>PASSARELA-P3</b>	21,06	53,42	7,24	75	100
<b>PASSARELA-P4</b>	41,28	104,72	7,24	75	100
<b>PASSARELA-P5</b>	40,41	102,50	7,24	75	100
<b>PASSARELA-P6</b>	40,40	102,48	7,24	75	100
<b>PASSARELA-P7</b>	40,41	102,49	7,24	75	100
<b>PASSARELA-P8</b>	40,40	102,48	7,24	75	100
<b>PASSARELA-P9</b>	40,41	102,49	7,24	75	100
<b>PASSARELA-P10</b>	40,41	102,49	7,24	75	100
<b>PASSARELA-P11</b>	40,39	102,46	7,24	75	100
<b>PASSARELA-P12</b>	29,14	73,91	7,24	75	100
<b>PASSARELA-P13</b>	11,38	28,86	7,24	75	100

Q(L/min): vazão de projeto de cada área A(m<sup>2</sup>).

L(m): altura estimada do condutor vertical, de acordo com as plantas de corte das edificações fornecidas pela Coordenadoria de Engenharia e Manutenção do IFES campus Cachoeiro de Itapemirim.

Hmáx (mm): altura máxima da lâmina d'água admitida na calha.

Fonte: Elaborado pelo autor.

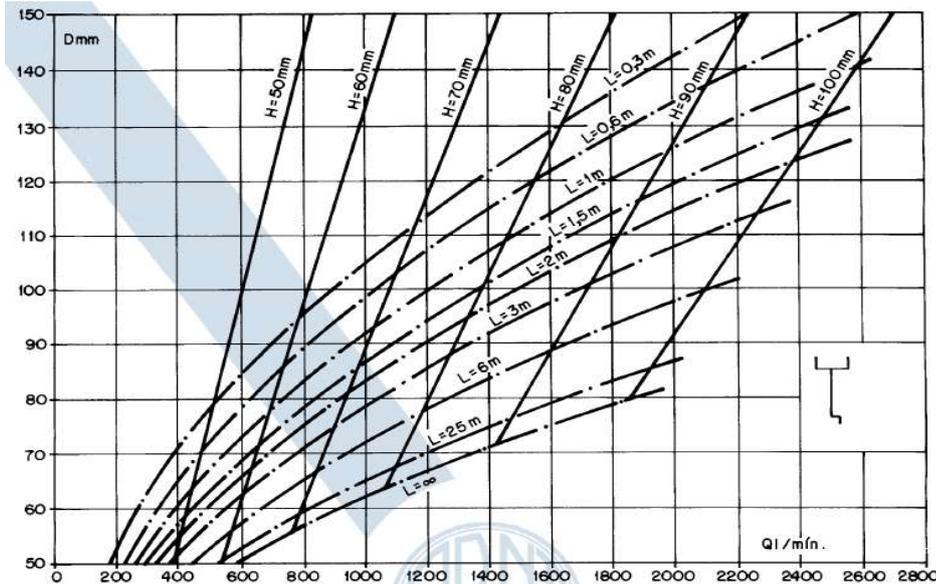


Figura 38: Ábaco para calha com saída em aresta viva para condutores verticais rugosos com coeficiente de atrito  $f=0,4$  com dois desvios na base.

Fonte: ABNT NBR 10.844/1989.

## Apêndice 8 - Dimensionamento dos Condutores Horizontais

Tabela 39: Dimensionamento dos Condutores Horizontais.

Trecho	Áreas de Influência para vazão de projeto	Vazão (L/min)	I (%)	Comprimento (m)	Ø (mm)
A	Lateral do Bloco	334,27	1	15	150
B	Lateral do Bloco	334,27	1	6	150
C	Lateral do Bloco	334,27	1	15	150
D	Lateral do Bloco	334,27	1	21	150
E	Lateral do Bloco	334,27	1	15	150
F	Lateral do Bloco	334,27	1	21	150
G	Lateral do Bloco	334,27	1	15	150
H	Lateral do Bloco	334,27	1	21	150
I	Lateral do Bloco	334,27	1	15	150
J	A9	491,37	1	20	150
K	A9	491,37	1	11	150
L	Lateral do bloco + A9	825,64	1	29	150
M	Lateral do bloco	334,27	1	15	150
N	$P1+P2+(A6)/2+(A7)/2$	1.115,98	1	27	200
O	Lateral do bloco	334,27	1	15	150
P	Lateral do bloco	334,27	1	21	150
Q	Lateral do bloco	334,27	1	15	150
R	Lateral do bloco	334,27	1	21	150
S	Lateral do bloco	334,27	1	15	150
T	Lateral do bloco	334,27	1	21	150
U	Lateral do bloco	334,27	1	15	150
V	Lateral do bloco	334,27	1	21	150
W	Lateral do bloco	334,27	1	15	150
X	P12	73,91	1	15	100

Trecho	Áreas de Influência para vazão de projeto	Vazão (L/min)	I (%)	Comprimento (m)	Ø (mm)
Y	P10 + W + X	510,67	1	13	150
Z	V + Y	844,94	1	9	150
AA	U + Z + P8	1.281,69	1	13	200
AB	T + AA	1.615,96	1	9	200
AC	S + AB + P6	2.052,71	1	13	250
AD	R + AC	2.386,98	1	6	250
AE	P + Q + AF	1.107,53	1	16	200
AF	O + P4	438,99	1	9	150
AG	N + P3	1.169,40	1	9	200
AH	AG + M + P5 + L	2.431,81	1	16	250
AI	AJ + I	3.010,46	1	6	250
AJ	AK + H	2.676,19	1	13	250
AK	AL + G + P7	2.341,92	1	9	250
AL	AM + F	1.905,16	1	13	250
AM	AN + E + P9	1.570,89	1	9	200
NA	AO + D	1.134,13	1	13	200
AO	AP + C + P11	799,86	1	9	150
AP	B + P13	363,13	1	7	150
AQ	AD + AE + AH + AI	8.936,77	4	27	300
AR	AQ	8.936,77	4	19	300
AS	1/2 da cobertura da Quadra Poliesportiva	1.833,29	1	30	250
AT	Cobertura inteira da Quadra Poliesportiva	3.666,57	1	17	300
AU	AT	3.666,57	1	49	300
AV	AU	3.666,57	1	23	300
AW	A5 + A8 + (A4)/2 + (A6)/2	1.584,02	1	26	200
AX	AW	1.584,02	1	18	200
AY	A1 + A2 + A3 + AX	2.263,11	1	31	250
AZ	AY	2.263,11	1	20	250
BA	AZ + (A4)/2 + (A7)/2	3.007,29	1	28	250
BB	BA + A10	3.632,71	1	17	300
BC	A11 + RAMPA	575,72	1	9	150
BD	Lateral do bloco + BB + BC	4.542,71	1	23	300
BE	BD	4.542,71	1	17	300
BF	BE	4.542,71	1	20	300
BG	Galpão-Área 3	361,58	1	20	150
BH	Galpão-Área 3 + 46,32 L/min	407,49	1	12	150
BI	BH + Galpão-Área 1	1.510,15	1	46	200
BJ	BI	1.510,15	1	14	200
BK	BJ + 1/5 do Galpão-Área 1	1.730,68	1	21	200
BL	4/5 do Galpão-Área 1 + Galpão-Área 2	962,89	1	50	200
BM	BK + BL	2.693,57	1	15	250
BN	(AR + AV)/2	6.301,67	4	13	300

Fonte: Elaborado pelo autor.

## Apêndice 9 - Croqui da rede de Condutores Horizontais e Caixas de Passagem

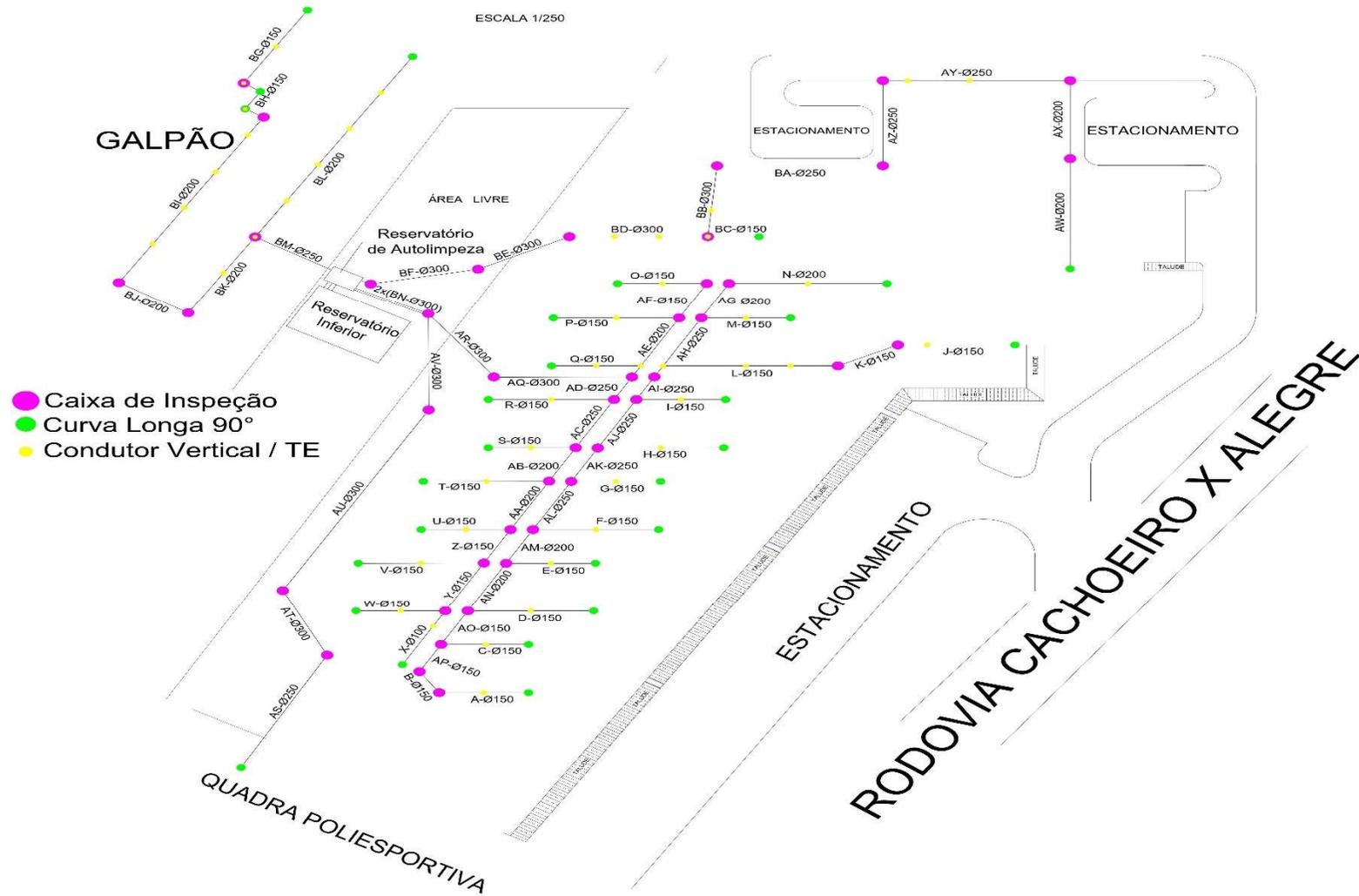


Figura 39: Croqui da rede de Condutores Horizontais e Caixas de Passagem.  
 Fonte: Elaborado pelo autor.

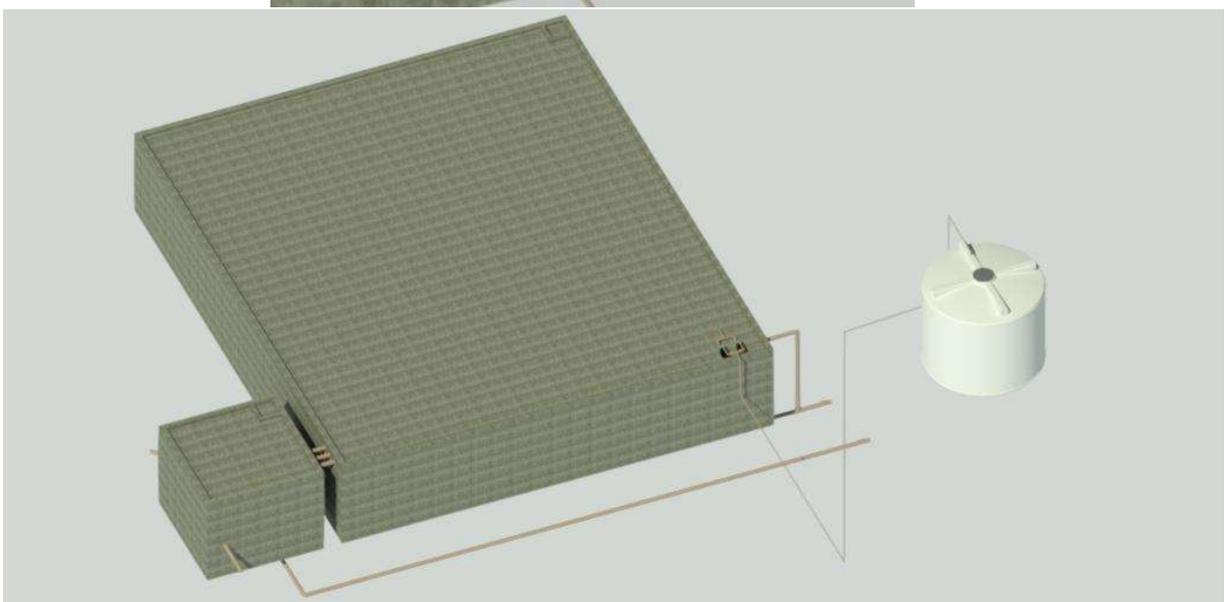
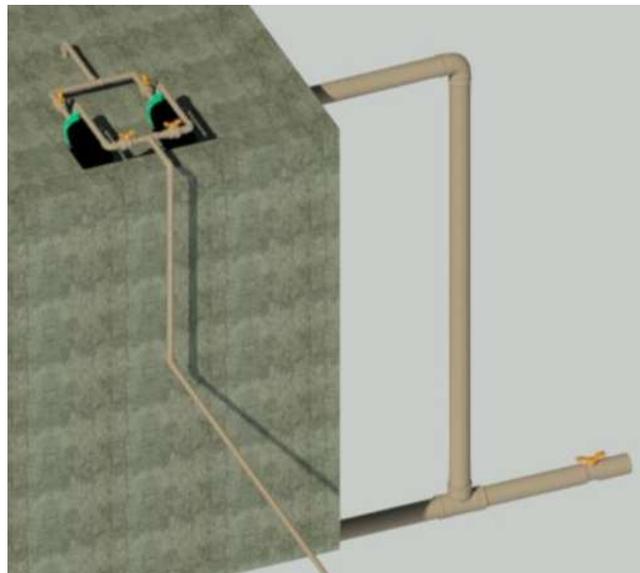
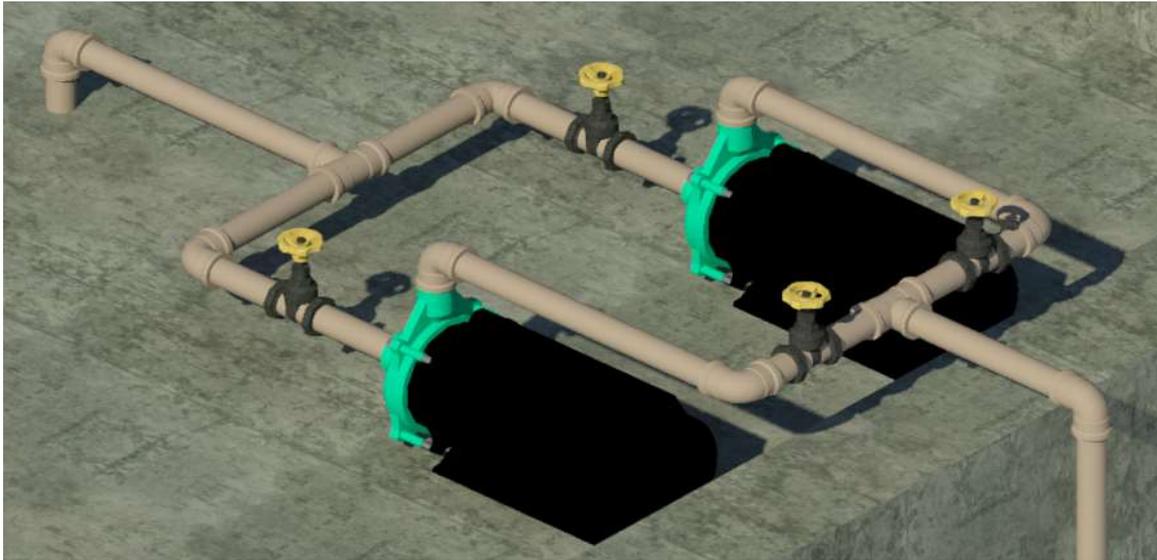


Figura 40: Croqui do reservatório inferior e superior e do conjunto motobomba elaborado no Revit.  
Fonte: Elaborado pelo autor.

## Apêndice 10 - Cotação de bombas e reservatório superior em 09/07/2019

The screenshot shows the Bomba Shopping website interface. At the top, there is a navigation bar with 'Meu Cadastro', 'Meus Pedidos', 'Contato', 'Serviços', and 'Ajuda'. A clock icon indicates operating hours: 'Das 9h às 12h e das 13h às 17h TELEFONADAS: (11) 2971-5695'. Below this is a search bar with the text 'O que você procura?' and a 'BUSCAR' button. A user greeting says 'Olá visitante! Entre ou cadastre-se' next to a shopping cart icon.

The main content area displays the product 'Bomba Schneider BC-92S 1A 1,0CV - 127/220V Monofásica'. It includes a star rating of 4.00 (5 stars) and 'Pontos Fidelidade: 4,00'. The 'Tipo de Indução' is '127/220V Monofásica'. The price is listed as 'De: R\$ 1.214,00' and 'Por: R\$ 971,00' or '6x de R\$ 161,83'. A green 'COMPRAR' button is visible, along with a link to 'Confira as Condições de Parcelamento'. A note at the bottom states 'Ou 922,45 à vista (5% de desconto) Economia de R\$ 243,00'.

Figura 41: Cotação da bomba Schneider BC-92S 1A 1 CV-127/220V Monofásica.  
Fonte: Site Bomba Shopping.

The screenshot shows the Shoptime website interface. The top navigation bar includes 'Seja prime', 'Baixe o APP', 'Inverno', 'Cupom', 'Até 15% de volta', 'Venda com a gente', 'Marcas Exclusivas', 'Desconto + Cashback', and 'Ofertas da TV'. A search bar contains 'O que você procura hoje?'. A user greeting says 'Olá! Minha conta' next to a shopping cart icon.

The main content area displays the product 'Bomba Centrífuga Monoestágio Schneider Bc-92S 1C 1cv 120/380V Trifásico'. It includes a star rating of 5.00 (5 stars) and 'Cód.28296355'. The price is listed as 'Vendido por A CASA SÃO PAULO e entregue por Shoptime R\$ 780,23 (10% de desconto)' and 'R\$ 702,20' 'no boleto ou em 1x no cartão'. A green 'COMPRAR' button is visible, along with a note 'Corra! Temos apenas 4 no estoque'. Below the price, there are three financing options: 'R\$ 780,23 em até 12x de R\$ 65,01 s/ juros com Amé e receba R\$ 39,02 (5% de volta)', 'R\$ 780,23 no cartão de crédito em até 8x de R\$ 97,52 s/ juros', and 'R\$ 702,20 em 1x no cartão Shoptime (10% de desconto) ou R\$ 780,23 em até 15x de R\$ 52,01 s/ juros'. A note at the bottom states 'Este produto é vendido por uma loja parceira com garantia do Shoptime! Você recebe o que está esperando ou devolvemos o seu dinheiro.'

Figura 42: Cotação da bomba Centrífuga Monoestágio Schneider Bc-92S 1C 1CV 120/380V Trifásico.  
Fonte: Site Shoptime.

The screenshot shows the Bomba Shopping website interface, similar to Figure 41. The top navigation bar and search bar are identical. The main content area displays the product 'Bomba Schneider Monoestágio BC-91S 1CV - Trifásico'. It includes a star rating of 4.00 (5 stars) and 'Pontos Fidelidade: 4,00'. The 'Tipo de Indução' is '220/380V Trifásica'. The price is listed as 'Por: R\$ 964,00' or '6x de R\$ 160,66'. A green 'COMPRAR' button is visible, along with a link to 'Confira as Condições de Parcelamento'. A note at the bottom states 'Ou 915,80 à vista (5% de desconto)'.

Figura 43: Cotação da bomba Schneider Monoestágio BC-91S 1CV-Trifásico.  
Fonte: Bomba Shopping.

(17) 3521-3137 (17) 9 9763-4760 canalagricola atendimento@canalagricola.com.br Segunda a Sexta-Feira 8:00 até 17:40 Solicite sua Cotação

Canal Agrícola Digite aqui sua pesquisa Carrinho Minha Conta Entrar

PULVERIZAÇÃO EQUIPAMENTOS TELAS E FILMES LUBRIFICAÇÃO E ABASTECIMENTO ESTUFAS E HORTAS SEMENTES BOMBAS IRRIGAÇÃO VETERINÁRIA FERRAMENTAS CASA E JARDIM EPS INCÊNDIO PEÇAS PROMOÇÕES

Início → Motobomba Schneider 1CV - 220V Monofásica - 1 pol BC-91S (87189774-00)

Motobomba Schneider 1CV - 220V Monofásica - 1 pol BC-91S (87109774-00)   
☆☆☆☆☆☆ Escrever uma avaliação

**R\$ 928,06** já com 10.00% de desconto no boleto ou depósito.   
ou **R\$ 103,12** no cartão sem juros.

Comprar Qtd. 1

Dúvidas sobre este produto ?

Figura 44: Cotação da Motobomba Schneider 1CV-220V Monofásica - 1 pol BC-91S.  
Fonte: Site Canal Agrícola.

madeiramadeira Busque aqui tudo para sua casa... Chat Online Olá, entre, ou cadastre-se

Departamentos Por Ambiente Móveis Kits & Conjuntos Frete Grátis SP Outlet Veja mais

MadeiraMadeira / Materiais Hidráulicos / Caixas De Água / 1635315

Vendido e entregue por Efizi **Tanque Fortlev-10000L**

de: 3.664,44 por **3.664,11** à vista no cartão ou **3.664,11** em até 12x de 305,33 sem juros

Ver detalhes deste produto Qtd. 1 Comprar

Figura 45: Cotação de tanque Fortlev 10.000L.  
Fonte: Site madeiramadeira.

Apêndice 11 - Imagens do IFES campus Cachoeiro de Itapemirim/ES

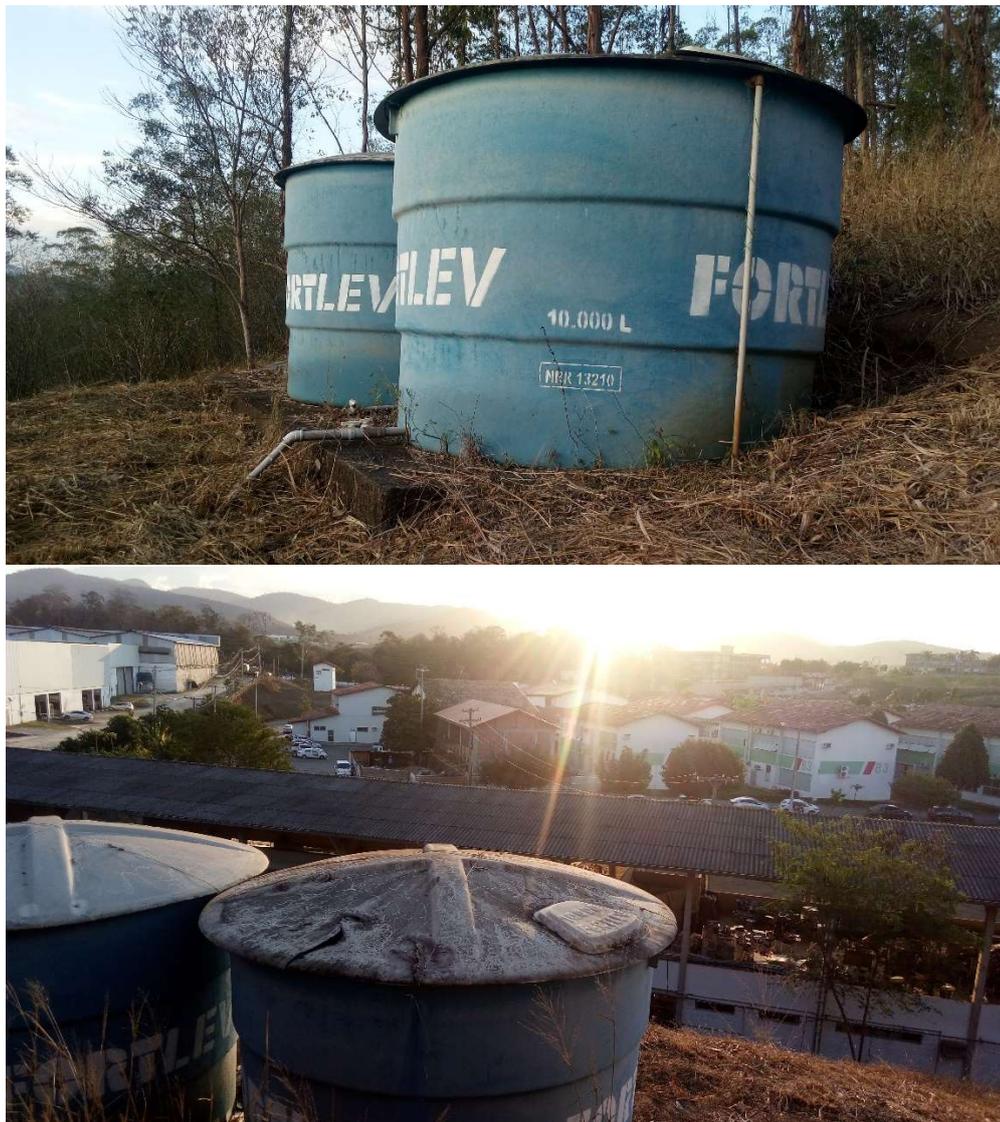


Figura 46: Posição proposta para a instalação do reservatório superior.  
Fonte: Elaborado pelo autor.



Figura 47: Calhas e Condutores Verticais instalados no IFES.  
Fonte: Elaborado pelo autor.