

MARINA LOPES RODRIGUES

Dimensionamento de um sistema de captação da água da chuva no
Centro de Energias Renováveis da Faculdade de Engenharia de
Guaratinguetá-Unesp

Guaratinguetá
2016

MARINA LOPES RODRIGUES

Dimensionamento de um sistema de captação da água da chuva
no Centro de Energias Renováveis da Faculdade de Engenharia
de Guaratinguetá-Unesp

Trabalho de Graduação apresentado ao
Conselho de Curso de Graduação em
Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia
do Campus de Guaratinguetá, Universidade
Estadual Paulista, como parte dos requisitos
para obtenção do diploma de Graduação em
Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Teófilo Miguel Souza

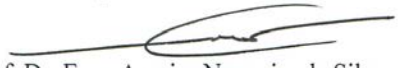
Guaratinguetá
2016

R696d	Rodrigues, Marina Lopes Dimensionamento de um sistema de captação da água da chuva no Centro de Energias Renováveis da Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá-Unesp / Marina Lopes Rodrigues– Guaratinguetá, 2016. 60 f. : il. Bibliografia : f. 55-58 Trabalho de Graduação em Engenharia Civil – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2016. Orientador: Prof. Dr. Teófilo Miguel Souza 1. Água - Captação 2. Água – Reutilização 3. Energia - Fontes alternativas I. Título CDU 628.112
-------	---

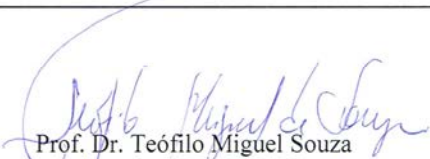
MARINA LOPES RODRIGUES

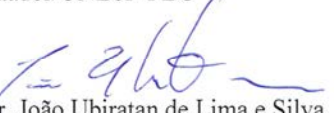
ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO
PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE
"GRADUADO EM ENGENHARIA CIVIL"

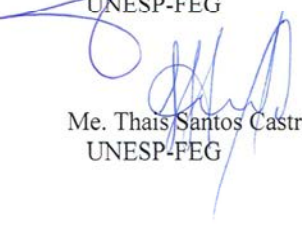
APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL


Prof. Dr. Enos Arneiro Nogueira da Silva
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:


Prof. Dr. Teófilo Miguel Souza
Orientador/UNESP-FEG


Prof. Dr. João Ubiratan de Lima e Silva
UNESP-FEG


Me. Thais Santos Castro
UNESP-FEG

Dezembro de 2016

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Humberto e Francisca, por todos os conselhos, apoio, carinho e compreensão que tiveram comigo, em todo o meu tempo de vida. Sou grata por tudo que fizeram por mim.

Aos meus irmãos, Bruno, Diego e Higor, que são pessoas que confio e sei que posso contar para qualquer coisa que precise, mesmo que não os encontre todos os dias.

Aos meus amigos, que cresceram junto comigo ao longo desses anos de estudo, passando pelas mesmas dificuldades e felicidades que a faculdade proporcionou.

Ao meu orientador Prof. Dr. Teófilo Miguel de Souza, pela ajuda na elaboração deste trabalho. E por ter proporcionado novos conhecimentos e experiências.

A UNESP-FEG, por ter dado a oportunidade de agregar conhecimentos durante o período do curso de Engenharia, e também por ter aberto a minha visão para o mundo.

RESUMO

A água é essencial para qualquer ser vivo, principalmente para o homem. Mesmo sendo tão importante, há muito desperdício e degradação das fontes renováveis. Tendo isso em mente foram criadas soluções para tentar administrar de forma mais eficiente a utilização desse bem fundamental à vida. Dentre outros métodos, destaca-se como sendo um recurso de fácil aplicação e cuidado, a captação da água pluvial. O aproveitamento da água pluvial se dá pelo recolhimento e armazenamento da mesma, proveniente de uma área de um telhado de uma residência ou até mesmo indústrias e empresas, com um sistema de captação. O presente trabalho tem a finalidade de apresentar os resultados da coleta de água da chuva, com um sistema de implantação numa construção simples, e não sendo para consumo próprio. O estudo é o dimensionamento e aplicação de um sistema de captação da água da chuva no Centro de Energias Renováveis da Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá-Unesp. Dimensionou-se o Sistema de Captação de Água da Chuva e fez-se um modelo do mesmo usando o software SketchUp. Com as precipitações de anos anteriores, pôde-se analisar a quantidade de volume de água que seria armazenada, e assim determinar o custo benefício da aplicação da técnica.

PALAVRAS-CHAVE: Água de Chuva. Captação. Reuso. Economia de água.

ABSTRACT

Water is essential for any living being, especially for the man. Even being so important, there is much waste and degradation the sources of this liquid. With this in mind solutions have been created to try to manage more efficiently the use of this fundamental right to life. Among other methods, it stands out as a resource without many difficulties of application and care, the capture of rainwater. The use of rainwater is through the collection and storage of the same, from an area of a roof of a house or even industries and companies, with a capture system. This study aims to present the results of rainwater collection, with a deployment system in a simple construction, and not being for personal use. The study is the design and implementation of a rainwater collection system in the Renewable Energy Centre of the Faculty of Engineering Guaratinguetá-Unesp. The rainwater harvesting system was dimensioned and a model was made using the SketchUp software. With the precipitations of previous years, it was possible to analyze the amount of water volume that would be stored, and thus determine the cost benefit of the application of the technique.

KEYWORDS: Rainwater. Collection. Recycle. Water saving.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Exemplo de utilização de um sistema de captação de água da chuva na cidade de São Paulo.....	15
Figura 2 - Exemplo de utilização de um sistema de captação de água da chuva na região do Nordeste.....	16
Figura 3 - Cisterna em Masada.....	17
Figura 4 - Pedra moabita.....	17
Figura 5 - Foto aérea do Centro de Energias Renováveis.....	18
Figura 6 - Prédio do Centro de Energias Renováveis.....	19
Figura 7 - Posto Pluviométrico - Região de Guaratinguetá-SP.....	20
Figura 8 - Exemplo de tubulação com canos de PVC.....	21
Figura 9 - Ábacos para definição do diâmetro dos condutores verticais.....	23
Figura 10 - Exemplo de intersecção de dados para obtenção do diâmetro da tubulação vertical.....	24
Figura 11 - Exemplo de um filtro simples.....	25
Figura 12 - Exemplo de uma cisterna.....	26
Figura 13 - Modelo do sistema de captação de água pluvial.....	29
Figura 14 - Dimensões.....	30
Figura 15 - Sistema de “ <i>First Flush</i> ”	31
Figura 16 - Sistema de captação de água da chuva visto de cima.....	32
Figura 17 - Vista lateral do Centro de Energias.....	33
Figura 18 - Continuação da tubulação horizontal.....	33
Figura 19 - Reservatório	34
Figura 20 - Pluviômetro digital.....	35
Figura 21 - Anemômetro digital.....	36
Figura 22 - Hidrômetro.....	36
Figura 23 - Termo-higrômetro.....	37
Figura 24 - Telhado com superfície inclinada.....	38
Figura 25 - Esquema de um telhado com duas águas.....	38
Figura 26 - Esquema do telhado do Centro de Energias Renováveis.....	38

Figura 27 - Média dos volumes entre os anos de 2010, 2011 e 2012 por mês.....	49
Figura 28 - Consumo em função do tempo.....	51
Figura 29 - Tempo de retorno do investimento em anos.....	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Posto Pluviométrico-Região de Guaratinguetá - SP.....	20
Tabela 2 - Dimensionamento dos condutores horizontais.....	25
Tabela 3 - Coeficiente de rugosidade.....	40
Tabela 4 - Custos dos materiais.....	43
Tabela 5 - Tarifas cobradas por m ³ de água pela SAEG (Sistema de Tratamento de Água e Esgoto de Guaratinguetá)	44
Tabela 6 - Volumes calculados para as precipitações em 2010.....	47
Tabela 7 - Volumes calculados para as precipitações em 2011.....	47
Tabela 8 - Volumes calculados para as precipitações em 2012.....	48
Tabela 9 - Volumes médios.....	49
Tabela 10 - Consumos diários com e sem economia pela captação de água da chuva.....	50
Tabela 11 - Valor economizado e valor calculado para o sistema ao longo dos anos.....	51

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
1.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	11
1.2 MOTIVAÇÃO.....	11
1.3 OBJETIVO.....	12
1.4 APROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA.....	12
1.5 IMPORTÂNCIA DO APROVEITAMENTO DA ÁGUA PLUVIAL.....	13
1.6 HISTÓRICO DO APROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA	16
1.7 LOCAL DE APLICAÇÃO.....	18
1.7.1 Condições de precipitação do local.....	19
1.7.1.1 Guaratinguetá.....	19
1.7.1.2 Índice Pluviométrico.....	19
1.8 SISTEMA DE CAPTAÇÃO DA ÁGUA DA CHUVA.....	20
1.8.1 Área de captação e calha.....	21
1.8.2 Tubulações.....	21
1.8.2.1 Condutores Verticais.....	22
1.8.2.2 Condutores Horizontais.....	24
1.8.3 Filtro.....	25
1.8.4 Dispositivo First Flush.....	26
1.8.5 Armazenamento da água pluvial	26
1.8.6 Exigências das instalações.....	27
1.9 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	27
2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	29
2.1 MONTAGEM DO EXPERIMENTO.....	29
2.2 ESPECIFICAÇÕES DOS INSTRUMENTOS DE MEDIÇÕES	34
2.2.1 Pluviômetro.....	34
2.2.2 Anenômetro.....	35
2.2.3 Hidrômetro.....	36
2.2.4 Relógio Termo-higrômetro.....	37
2.3 CÁLCULOS.....	37
2.3.1 Cálculo da área inclinada do telhado.....	37
2.3.1.1 Inclinação do telhado.....	39
2.3.2 Cálculo da vazão.....	39
2.3.3 Dimensionamento da calha.....	39
2.3.4 Dimensionamento dos condutores verticais.....	40
2.3.5 Dimensionamento dos condutores horizontais.....	41
2.3.6 Cálculo do consumo.....	41
2.3.7 Dimensionamento da caixa d'Água.....	42
2.3.7.1 Cálculo do volume esperado.....	42
2.3.7.2 Cálculo do volume da caixa d'Água.....	43
2.3.8 Cálculo do custo da implementação do sistema de captação de água pluvial.....	43
2.3.9 Cálculo do custo do volume de água.....	44
2.3.10 Cálculo do valor economizado por ano.....	45

2.3.11	Calculo da estimativa de retorno de investimento simples.....	47
3	RESULTADOS.....	47
3.1	VOLUMES DOS MESES DO ANO DE 2010.....	47
3.2	VOLUMES DOS MESES DO ANO DE 2011.....	47
3.3	VOLUMES DOS MESES DO ANO DE 2012.....	48
3.4	MÉDIA ENTRE OS VOLUMES DOS ANOS DE 2010, 2011 E 2012.....	48
3.5	CONSUMOS DIÁRIOS.....	50
3.6	TEMPO DE RETORNO DO INVESTIMENTO SIMPLES.....	51
3.7	ANÁLISE DOS RESULTADOS	52
4	CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	54
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	55
	BIBLIOGRAFIA CONSULTADA.....	57

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Este Trabalho de Conclusão de Curso tem a finalidade de apresentar os resultados da coleta de água da chuva. O caso estudado é a implementação de um sistema de captação da água da chuva no Centro de Energias Renováveis da Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá-Unesp.

Através dos aparelhos de medição obteve-se os valores do volume de água da chuva coletada com o sistema de captação de água pluvial. Abordou-se parâmetros como consumo de água, área, perímetro molhado, volume, índice pluviométrico, tempo de retorno e vazão.

Com a análise dos dados obtidos, realizou-se uma comparação entre os volumes coletados e os teóricos, retirados da bibliografia pesquisada, e definiu-se o custo-benefício da aplicação do reuso da água pluvial.

1.2 MOTIVAÇÃO

Desde os anos 1990, desafios relacionados com o meio ambiente têm sido amplamente discutidos. Dentre as preocupações mais eminentes destaca-se a escassez de água potável. A poluição hídrica, aumento demográfico e o desperdício são os principais fatores causadores da falta de água limpa e própria para consumo.

Com a intenção de atenuar a falta desse líquido primordial para a vida, algumas medidas têm sido aplicadas para aumentar a disponibilidade de água. Dentre elas, pode-se citar a utilização da água pluvial. O reuso da água da chuva, colabora para a economia dos recursos hídricos de qualidade superior e como consequência ajuda na prevenção da escassez de água potável no sistema de distribuição municipal (BEZERRA, 2010).

Segundo Hagemann (2009), outra razão para o destaque da utilização de sistemas para a coleta de água pluvial é o fato de sua aplicação ser relativamente barata e ter a possibilidade de constituir fonte para usos potáveis, desde que seja realizado o tratamento adequado.

Demonstrou-se que o estudo da aplicação de um sistema de captação da água da chuva tem grande importância, uma vez que a técnica, com baixo custo, possibilita a disponibilidade de água, tema deste trabalho.

1.3 OBJETIVO

O trabalho tem como objetivo dimensionar um sistema para captação da água da chuva, através da adequação do telhado e áreas devidas no Centro de energias renováveis na Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá-Unesp.

Outras metas são calcular o consumo de água necessário diariamente e mensalmente para o Centro de Energias Renováveis, verificar os volumes esperados nos meses, determinar quais os meses com mais captação de água da chuva, e também fazer uma análise do custo benefício com o cálculo do valor da implantação do sistema e do tempo de retorno do investimento simples.

1.4 APROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA

O ser humano, em seu cotidiano, utiliza-se da água potável, água própria para consumo de acordo OMS (Organização Mundial da Saúde), em atividades básicas, principalmente para higiene, e mais importante, a ingestão do líquido. Contudo, essa mesma água é utilizada em atividades menos nobres, como na descarga do vaso sanitário, irrigação de jardins e lavagens em geral.

Visto que a água potável é empregada em vários propósitos, a quantidade desse bem está tornando-se cada vez menor. Mesmo sendo considerada um recurso renovável, o aumento demográfico e algumas atividades do homem, como produção de bens materiais, criação de gado e irrigação de plantações, tem gerado uma demanda superior ao produzido.

De acordo com o manual “Conservação e reuso da água em edificações”, de autoria da ANA (Agência Nacional das Águas) entre outros, não se deve mais acreditar que a escassez de água é atribuída somente em regiões áridas e semiáridas. É fato que em lugares que possuem muitos recursos hídricos, por muitas vezes, acabam com dificuldades para atender as demandas, por serem excessivamente altas, assim também experimentam conflitos de usos e sofrem restrições de consumo que afetam o desenvolvimento econômico e a qualidade de vida.

Para evitar esses problemas pode-se gerenciar melhor o uso da água, colocando a água potável apenas para consumo próprio e para atividades que não necessitam de água limpa utilizar água proveniente de fontes secundárias, como no caso estudado, a água pluvial.

Água da chuva é definida como a água coletada durante períodos de precipitação pluviométrica em áreas de telhados inclinados ou planos onde não haja passagem de veículos ou de pessoas (TOMAZ, 2005).

A grande vantagem do aproveitamento da água pluvial é a economia de água potável, dessa forma pode-se aumentar a eficiência de seu uso, o que irá liberar os suprimentos de água potável para outras finalidades, tais como o crescimento da população, o estabelecimento de novas indústrias e melhora do meio ambiente. (TOMAZ, 2010).

A água de chuva tem acesso fácil por toda população, independente das condições econômicas e sociais, e pode ser considerada uma fonte de água doce que ainda não é passível de ser cobrada pelo seu uso (OLIVEIRA, 2005).

Diante desses argumentos, chega-se a conclusão de que uma das melhores formas de se economizar água potável é encontrando maneiras de reutilizá-la, sendo o aproveitamento de chuva, através de sua coleta, uma fonte viável e de fácil aplicação.

1.5 IMPORTÂNCIA DO APROVEITAMENTO DA ÁGUA PLUVIAL

Em termos de custo-benefício, o ato de reutilizar água proporciona uma redução do consumo da mesma em rede pública, conduz à autossuficiência e realiza uma ação contra os problemas ambientais, assim evitando o desperdício de um recurso natural escasso no mundo. (CASTELUCCI, 2010).

A economia de água limpa tem sido um objetivo tanto para áreas de períodos de seca, como para grandes cidades, sendo a implementação do sistema de captação de água da chuva com maior viabilidade em casos onde há áreas de precipitação elevada, escassez de abastecimento ou alto custo de extração de água subterrânea.

A água pluvial é de grande importância para locais áridos, como por exemplo, regiões do Nordeste do Brasil, pois ocorrem períodos de seca e torna-se primordial o estocamento da mesma, principalmente para questões básicas como higiene e cozimento de alimentos.

Nas cidades, a aplicação de captação de água da chuva, explica-se pela necessidade da economia de água potável, devido ao grande contingente populacional, que gera uma demanda elevada. Além disso, outro fator favorável ao uso desta técnica se demonstra pela melhoria na distribuição da quantidade de água de chuva que flui no sistema de drenagem urbano.

A água coletada pode ter as seguintes aplicações:

a) Moradias:

- Limpezas de carros, pisos, garagem e calçadas;
- Descargas de vasos sanitários;
- Irrigação de Jardins;
- Agricultura;
- Lavagem de vasos sanitários
- Sistemas de ar-condicionado
- Cozinhar e beber (Nas regiões rurais, sendo que nesses casos a água deve passar pelo devido tratamento).

b) Indústrias e estabelecimentos comerciais:

- Resfriamento de telhados e máquinas;
- Climatização interna;
- Lavanderia industrial;
- Lava jatos de caminhões, carros e ônibus;
- Limpeza industrial.

A figura 1 mostra um exemplo de sistema de captação de água da chuva, em São Paulo, onde:

- 1 - Tubulação horizontal, por onde a água desce vinda do telhado;
- 2 - Tubulação vertical e filtro simples;
- 3 - Reservatório de água.

Figura 1 - Exemplo de utilização de um sistema de captação de água da chuva cidade de São Paulo



Fonte: Gazeta do Povo

A figura 2 mostra um sistema de captação de água da chuva, na região do Nordeste, onde:

- 1 - Área de captação da água da chuva;
- 2 - Tubulação horizontal, por aonde a água vai até o reservatório;
- 3 - Reservatório de água.

Figura 2 - Exemplo de utilização de um sistema de captação de água da chuva na região do Nordeste



Fonte: Revista Fórum

1.6 HISTÓRICO DO APROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA

A captação de água da chuva não é uma técnica nova. Há provas de que em 2000 a.c o recolhimento de água da chuva já era feito no deserto de Nígev. Outra afirmação disso é o fato de que no México, as antigas civilizações astecas e maias armazenavam a água pluvial para consumo.

No Oriente Médio existe uma das inscrições mais antigas já conhecidas, tem por nome Pedra Moabita. A inscrição é uma ordem do rei Mesha dos Moabitas, que dá como sugestão que seja feita uma reservatório em cada casa para aproveitamento da água de chuva (TOMAZ, 2010).

No ano de 1885 em Monturque, descobriu-se que Roma, continha doze reservatórios subterrâneas com entrada superior. Medindo 3,08 m de largura, comprimento de 6,65 m e altura de 4,83 m que perfaziam $98,93 \text{ m}^3$, assim tendo um volume total de 1.187 m^3 , com a finalidade de abastecimento público (TOMAZ, 2010).

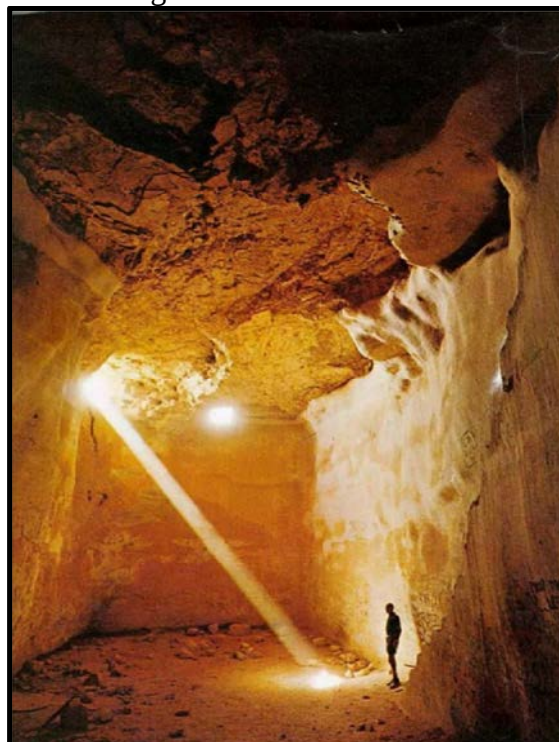
Nos anos 2000, alguns dos principais exemplos de aproveitamento de água da chuva encontram-se na Alemanha, nos Estados Unidos da América (principalmente no estado do Texas, no Havai, e nas Ilhas Virgens), Japão, Hong Kong, Malásia, Índia, Austrália e o Semi-Árido do Nordeste do Brasil (BERTOLO, 2006).

Figura 3 - Cisterna em Masada



Fonte: Tomaz, 2010

Figura 4 - Pedra moabita.



Fonte: Tomaz, 2010

1.7 LOCAL DE APLICAÇÃO

O sistema de captação de água da chuva será aplicado no Centro de Energias Renováveis situado no campus da Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá - Unesp, em Guaratinguetá - São Paulo.

A área estudada é de aproximadamente 100 m². Uma imagem aérea do local pode ser visualizada na Figura 5.

Figura 5 - Foto Aérea do Centro de Energias Renováveis.



Fonte: Google Earth. Acesso em: 04/08/2016 às 18h00

Na figura 6 pode-se ver o Centro de Energias Renováveis, local onde se aplicará o sistema de captação.

Figura 6 - Prédio do Centro de Energias Renováveis



Fonte: Autora.

1.7.1 Condições de precipitação do local

1.7.1.1 Guaratinguetá

A cidade de Guaratinguetá está situada na região do Vale do Paraíba, na parte oriental do Estado de São Paulo, sudeste do Brasil. Localizada entre São Paulo e Rio de Janeiro com as respectivas distâncias de 168 km e 230 km. Disposta entre os alinhamentos orográficos muito importantes do território brasileiro, as serras do Mar e da Mantiqueira, que são paralelas à linha da costa. A região fica próxima do Trópico de Capricórnio, situada entre os paralelos de 22 e 24 graus de latitude sul e os meridianos de 44 e 46 graus de longitude oeste. A Serra da Mantiqueira possui elevações entre 1200 m e 2000 m, e a Serra do Mar variam entre 800 a 1400 m. Já no Vale do Rio Paraíba do Sul a altitude média é de 550 m.

1.7.1.2 Índice Pluviométrico

A Região de Guaratinguetá é dotada de uma rede de postos pluviométricos bem distribuídos, porém não são todos os que funcionam, os dados foram retirados da Estação

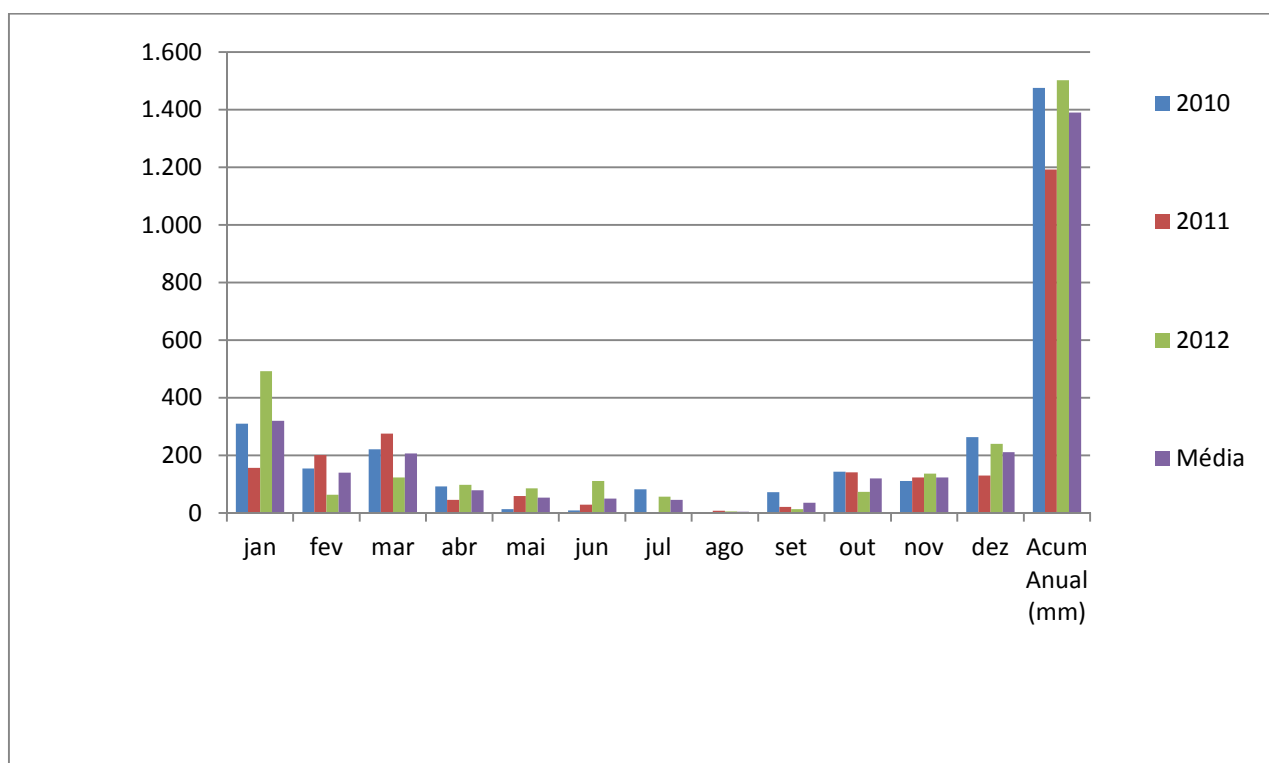
2245032 da ANA (Agencia Nacional de Águas) conforme Tabela 1 e Figura 7. Pode-se notar que os meses com as maiores precipitações foram janeiro, com média de 319,77 mm/ano, e dezembro, com média de 211,67 mm/ano. Os meses com as menores precipitações foram Agosto, com média de 4,80 mm/ano, e Julho, com média de 49,83 mm/ano.

Tabela 1- Posto Pluviométrico – Região de Guaratinguetá-SP

Ano/Mês	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Acum Anual (mm)
2010	310,20	154,70	221,20	92,50	13,90	9,20	82,40	0,00	72,20	143,90	111,60	263,80	1.475,60
2011	157,10	201,60	275,60	45,40	59,00	28,90	0,00	8,40	21,30	141,10	123,40	130,40	1.192,20
2012	492,00	63,60	123,80	97,80	86,20	111,40	56,40	6,00	14,10	74,10	136,80	240,80	1.503,00
Média	319,77	139,97	206,87	78,57	53,03	49,83	46,27	4,80	35,87	119,70	123,93	211,67	1.390,27

Fonte: ANA

Figura 7- Posto Pluviométrico – Região de Guaratinguetá-SP



Fonte: ANA

1.8 SISTEMA DE CAPTAÇÃO DA ÁGUA DA CHUVA

Um sistema de captação de água da chuva tem a função de recolher a água pluvial de uma determinada superfície e armazená-la para que, posteriormente, se possa utilizá-la. Sua

composição consiste de uma área de captação, como por exemplo, telhados de residências, de condutores, uma grade para reter folhas, cascalhos e outras sujeiras, um filtro para limpar as impurezas remanescentes na água e um recipiente de armazenamento chamado de cisterna ou caixa d'água. A estimativa da durabilidade de um sistema de captação de água pluvial fica em torno de 20 anos (TOMAZ, 2010).

1.8.1 Área de captação e calhas

Denomina-se área de captação como o local de onde será captada a água da chuva, normalmente são os telhados dos imóveis. O telhado pode estar inclinado, pouco inclinado ou até mesmo plano (TOMAZ, 2005).

1.8.2 Tubulações

As tubulações são os canos condutores que compõem o caminho por onde a água irá correr até chegar no reservatório. A tubulação deve começar na borda da calha e criar um caminho até o local de armazenamento. O material dos tubos podem ser PVC, fibra de vidro, alumínio ou aço inoxidável.

Figura 8 - Exemplo de tubulação com canos de PVC



Fonte: Sempre sustentável

1.8.2.1 Condutores Verticais

Os condutores verticais são os que ficam anexados paralelamente à parede do imóvel. Segundo a norma NBR 10844, deve-se respeitar algumas especificações:

- Quando houver necessidade de desvio, devem ser usadas curvas de 90°.
- O diâmetro interno mínimo dos condutores verticais de seção circular é 70 mm.
- O dimensionamento dos condutores verticais deve ser feito a partir dos seguintes dados:

Q = vazão de projeto, em L/min

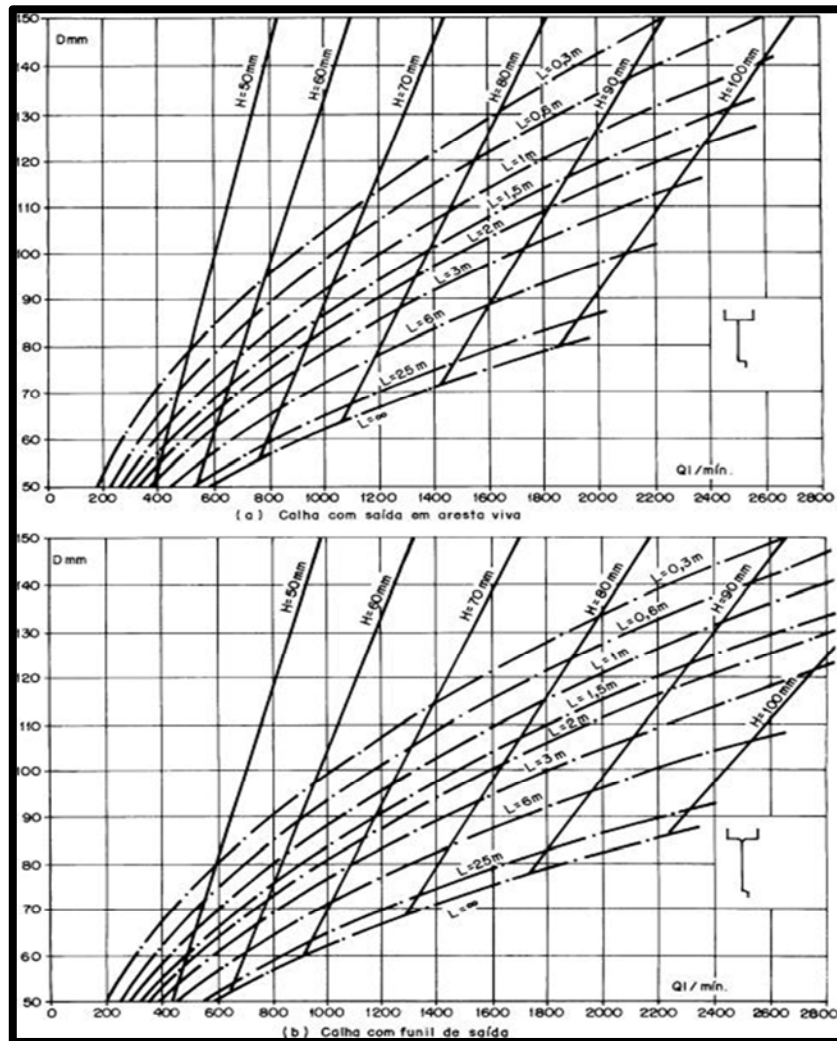
H = altura da lâmina de água na calha, em mm

L = comprimento do condutor vertical, em m

- Procedimento: levantar uma reta vertical com início na vazão (Q) até interceptar as curvas da altura de lâmina (H) e comprimento do condutor vertical (L) correspondentes. No caso de não haver curvas com os valores explícitos de H e L, interpolar entre as curvas existentes. Transportar a intersecção mais alta até o eixo D. Adotar o diâmetro nominal cujo diâmetro interno seja superior ou igual ao valor encontrado.

A figura 9 é um ábaco que relaciona a vazão (Q), a altura de lâmina (H) e comprimento do condutor vertical (L). No gráfico, com a intersecção dos dados obtém-se o diâmetro interno (D) do condutor vertical.

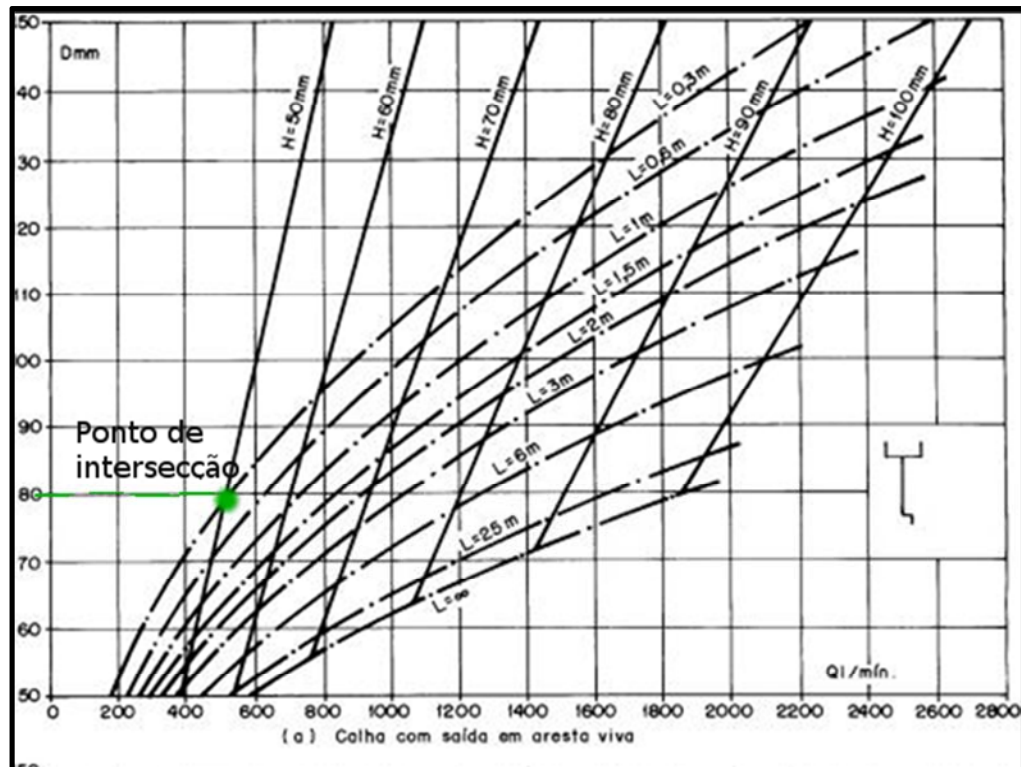
Figura 9 - Ábacos para definição do diâmetro dos condutores verticais



Fonte: NBR 10844/1989

Por exemplo, para uma calha com saída em aresta viva, uma altura da lâmina de 50 mm, uma vazão de 400 L/min e um condutor vertical de comprimento 0,3 m, têm-se um diâmetro de 80 mm para a tubulação vertical, conforme ilustrado na figura 10.

Figura 10 - Exemplo de intersecção de dados para obtenção do diâmetro da tubulação vertical



Fonte: NBR 10844/19899

1.8.2.2 Condutores Horizontais

Os condutores horizontais são os tubos que ficam paralelos ao chão. Segundo a norma NBR 10844, tem-se que respeitar algumas especificações:

- Os condutores horizontais devem ser projetados, sempre que possível, com declividade uniforme, com valor mínimo de 0,5%.
- O dimensionamento dos condutores horizontais de seção circular deve ser feito para escoamento com lâmina de altura igual a $2/3$ do diâmetro interno (D) do tubo.

Na Tabela 2 têm-se as relações entre a rugosidade (n), a declividade (%), a vazão (Q) e o diâmetro a ser aderido para os condutores horizontais.

Tabela 2 - Dimensionamento dos condutores horizontais

CAPACIDADE DOS CONDUTORES HORIZONTAIS DE SEÇÃO CIRCULAR (Q EM L/minutos)												
diâmetro interno	n = 0,011				n = 0,012				n = 0,013			
mm	0,5%	1%	2%	4%	0,5%	1%	2%	4%	0,5%	1%	2%	4%
50	32	45	64	90	29	41	59	83	27	38	54	76
63	59	84	118	168	55	77	108	154	50	71	100	142
75	95	133	188	267	87	122	172	245	80	113	159	226
100	204	287	405	575	187	264	372	527	173	243	343	486
125	370	521	735	1040	339	478	674	956	313	441	622	882
150	602	847	1190	1690	552	777	110	1550	509	717	1010	1430
200	1300	1820	2570	3650	1190	1670	2360	3350	1100	1540	2180	3040
250	2350	3310	4660	6620	2150	3030	4280	6070	1990	2800	3950	5600
300	3820	5380	7590	10800	3500	4930	6960	9870	3230	4550	6420	9110

Fonte: SPAP/NBR 10844

Por exemplo, para uma declividade de 1%, rugosidade de 0,011, e vazão de 84 L/minutos, utiliza-se o diâmetro de 63 mm para a tubulação horizontal.

1.8.3 Filtro

O filtro tem o objetivo de separar o sólido-líquido, principalmente para a remoção de impurezas (matéria orgânica) e partículas de sujeira que podem permanecer na água, conforme Figura 11.

Figura 11 - Exemplo de filtro simples



Fonte: Sempre sustentável

1.8.4 Dispositivo *First Flush*

O dispositivo “*First flush*” (em português, primeira descarga) tem como função descartar a primeira água da chuva coletada do telhado. Deve-se fazer esse procedimento devido às impurezas contidas nessa água, geralmente oriundas do acúmulo de poeira, quando não há precipitação, detritos e folhas.

De acordo com o uso que terá a água de chuva coletada, e também por decisão do projetista, pode-se dispensar a aplicação do *first flush*. Algumas pesquisas acabaram por constatar que a variação do volume da água descartada é de 0,4 L/m² de telhado a 8 L/m² de telhado conforme o local. Para locais com poucos dados sugere-se o uso do *first flush* no valor de 2 L/m² de área de telhado (TOMAZ, 2010).

1.8.5 Armazenamento da água pluvial

O armazenamento da água da chuva recolhida pode ser feito através de uma cisterna ou caixa d'água. Os materiais que as compõem podem ser lonas de PVC, fibra de vidro, alvenaria, ferro-cimento, concreto armado ou polietileno. Um exemplo de cisterna pode ser visto na figura 12.

Figura 12 - Exemplo de uma cisterna



Fonte: Sempre sustentável

Para a determinação da capacidade de armazenamento de uma cisterna ou caixa d'água utiliza-se de alguns parâmetros para ser efetuada. Forma-se uma função que relaciona a demanda ou consumo de água na residência, o volume de precipitação pluviométrica média na região, a área de captação e o tempo de estiagem. Deve-se mantê-las cobertas e devidamente cloradas para evitar impurezas e a proliferação de microrganismos.

1.8.6 Exigências das Instalações

Para o sistema de captação de águas pluviais funcione corretamente e dentro das normas estabelecidas:

- a) Recolher e conduzir a vazão de projeto até locais permitidos pelos dispositivos legais.
- b) Ser estanques;
- c) Permitir a limpeza e desobstrução de qualquer ponto no interior da instalação;
- d) Absorver os esforços provocados pelas variações térmicas a que estão submetidas;
- e) Quando passivas de choques mecânicos, for constituída de materiais resistentes a estes choques;
- f) Nos componentes expostos, utilizar materiais resistentes às intempéries;
- g) Nos componentes em contato com outros materiais de construção, utilizar materiais compatíveis;
- h) Não provocar ruídos excessivos;
- i) Resistir às pressões a que podem estar sujeitas;
- j) Ser fixadas de maneira a assegurar resistência e durabilidade.

1.9 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este Trabalho de Graduação em Engenharia Civil é apresentado em capítulos.

O primeiro capítulo teve como conteúdo a importância do reuso da água pluvial através de um Sistema de captação de água da chuva, fazendo uma breve colocação histórica. Outro item foi a apresentação do local onde foi aplicado o sistema, e o índice pluviométrico da cidade de Guaratinguetá. Também demonstrou os componentes básicos de um sistema de captação pluvial, bem como as exigências de instalação. Por último, ressaltou os objetivos traçados.

No segundo capítulo apresentou como foi criada a simulação do sistema de captação da água da chuva, os aparelhos de medição escolhidos, e o procedimento da realização do estudo. Além desses componentes, neste capítulo, colocou-se os cálculos necessários para o dimensionamento do sistema.

O terceiro capítulo abrangeu os valores adquiridos com os cálculos dos volumes de água, e concluiu os objetivos determinados anteriormente. Para uma melhor compreensão dos dados obtidos, indicou-se os resultados com gráficos e tabelas.

Como conteúdo do quarto capítulo colocou-se a conclusão, sendo um resumo de todo o material do estudo, desde a etapa inicial até o alcance dos objetivos almejados.

No quinto capítulo apresentou-se a bibliografia pesquisada para o trabalho.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

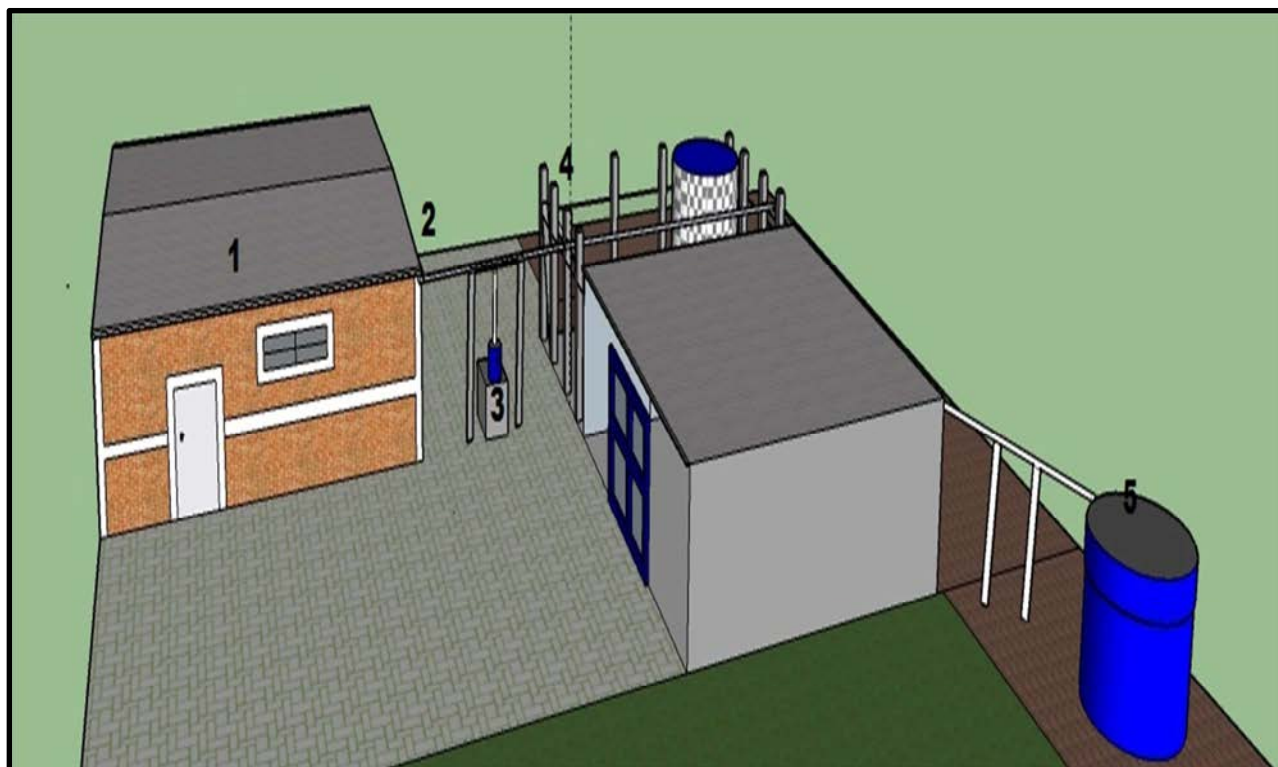
2.1 MONTAGEM DO EXPERIMENTO

Projetou-se o modelo do sistema de captação de água da chuva através do software para modelagem em 3D SketchUp, com uma licença para estudantes.

O modelo de sistema de captação de água da chuva, criado com o SketchUp, para o Centro de Energias Renováveis foi projetado da forma mais simples que se aplicasse às necessidades do local. A figura 13 ilustra como seria o esquema do sistema, onde:

- 1- Telhado do Centro de Energias, com 100 m^2 , que serve como área de captação da água da chuva;
- 2- Local de ligação das tubulações horizontais e onde se tem a aplicação de um filtro simples;
- 3- Saída da primeira água recolhida, sistema de “first flush”, com pequeno reservatório para descarte;
- 4- Continuação da tubulação horizontal;
- 5- Reservatório de fibra de vidro com capacidade de armazenamento de 10 m^3 de água.

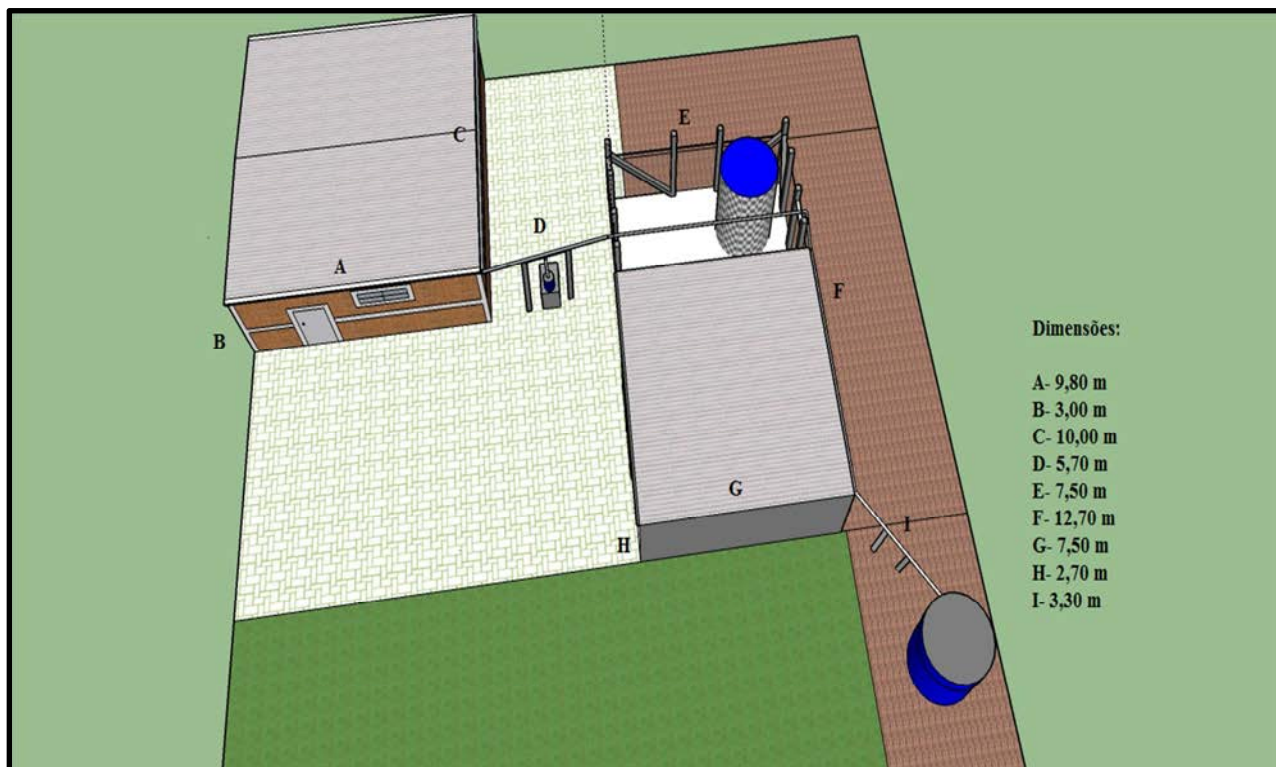
Figura 13 - Modelo do sistema de captação de água pluvial



Fonte: Autora

As dimensões do Centro de Energias Renováveis e dos principais componentes do sistema de captação de água pluvial podem ser vistas na figura 14.

Figura 14 - Dimensões

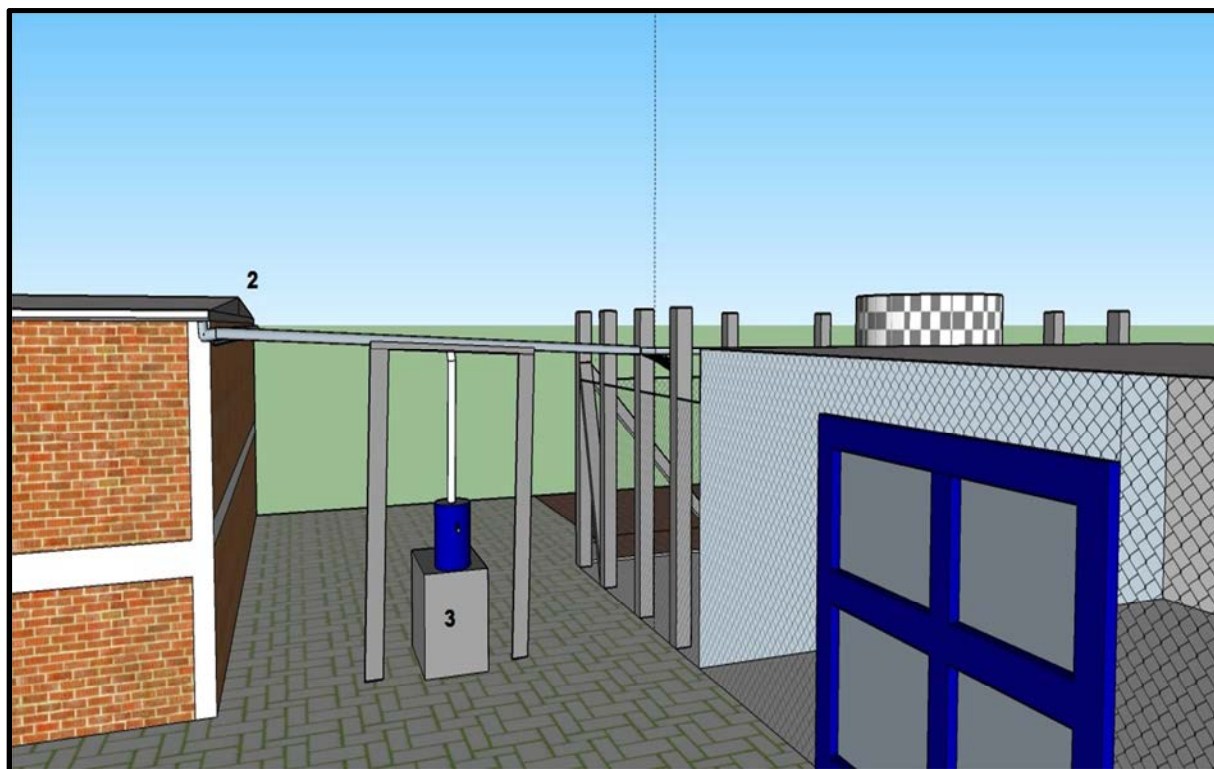


Fonte: Autora

O projeto foi pensado para que o fluxo de água corresse no sentido do telhado para o reservatório, primeiramente passando pelo filtro, depois pelo first flush, onde uma parte da água é descartada, e então continuaria pela tubulação horizontal até chegar à caixa d'água.

O sistema de *first flush* é composto por um cano disposto verticalmente conectado à tubulação horizontal e a um reservatório pequeno. Conforme ilustrado na figura 15.

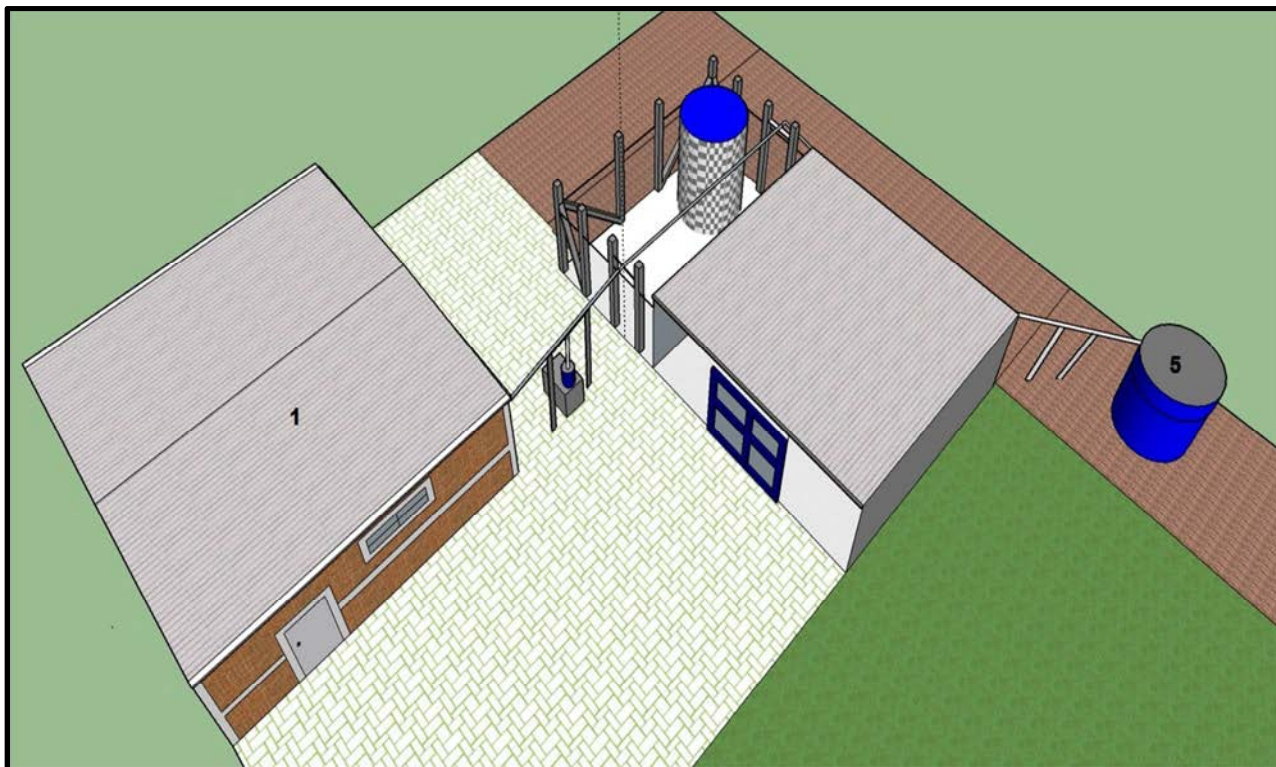
Figura 15 - Sistema de “first flush”



Fonte: Autora

A tubulação do sistema de captação de água da chuva, para a situação estudada, tem sua composição feita por condutores de PVC dispostos horizontalmente, que tem início no final da calha e término no reservatório de água. A figura 16 demonstra uma vista de cima do sistema, ilustrando a trajetória da tubulação horizontal. A água proveniente da chuva escorre pelo telhado caindo para calha, e através da mesma chega até a tubulação, por onde percorre o caminho até o reservatório.

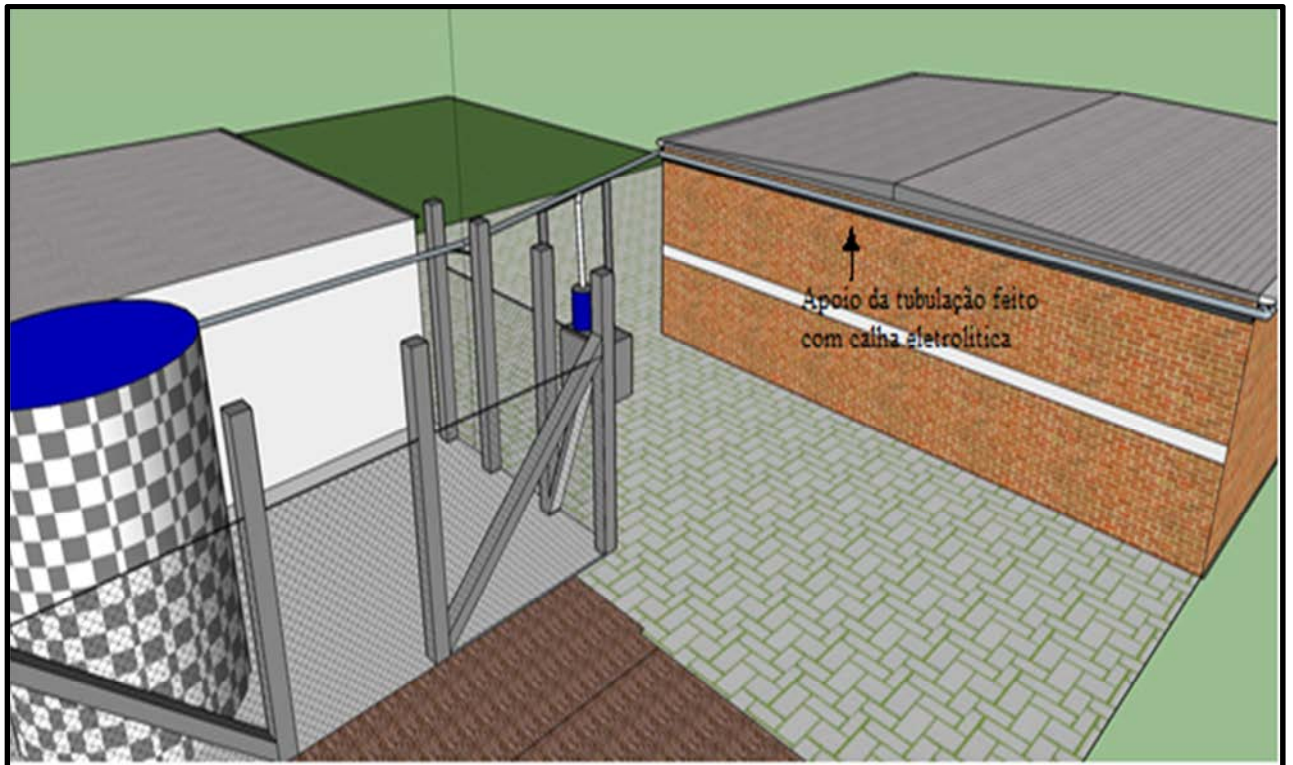
Figura 16 - Sistema de captação de água da chuva visto de cima



Fonte: Autora

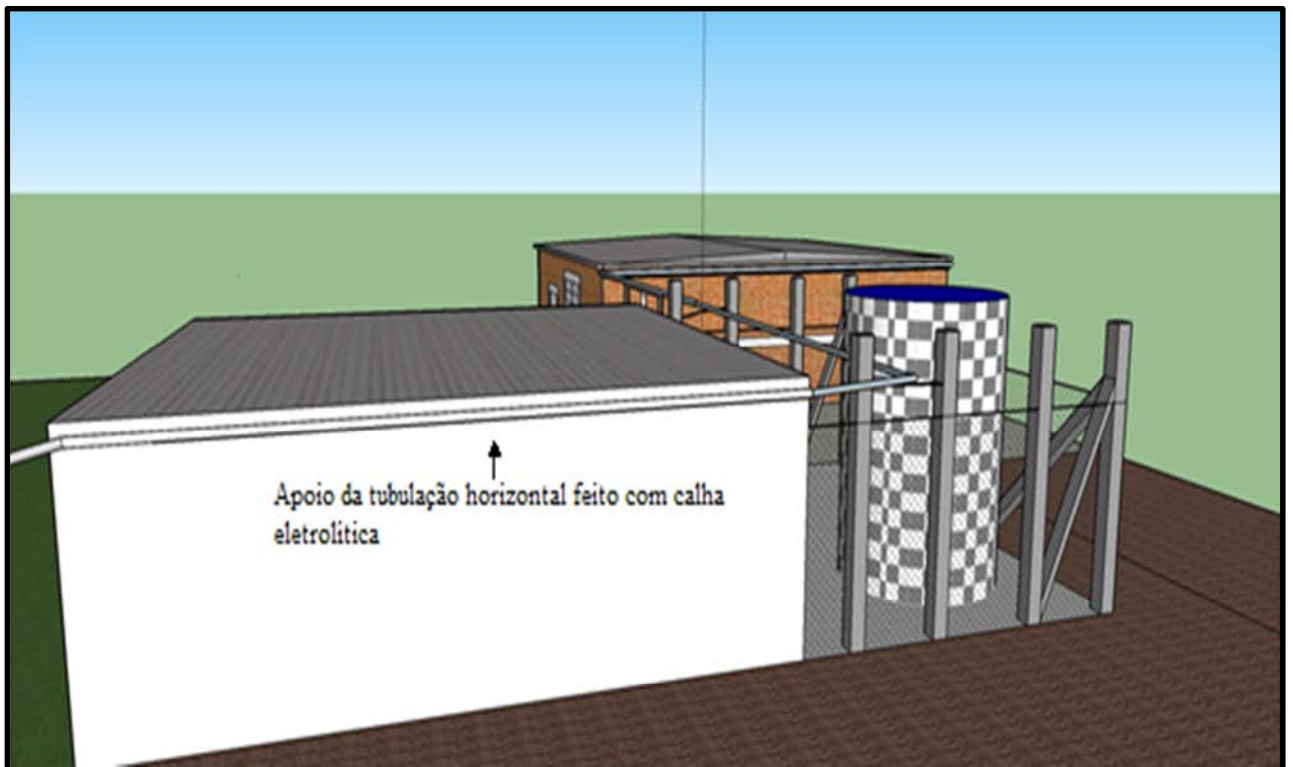
Como apoio para a tubulação horizontal utilizou-se calha eletrolítica, ilustrado nas figuras 17 e 18, onde se pode ver, respectivamente, a vista lateral do Centro de Energias Renováveis e a vista da continuação da tubulação até chegar ao reservatório.

Figura 17 - Vista lateral do Centro de Energias



Fonte: Autora

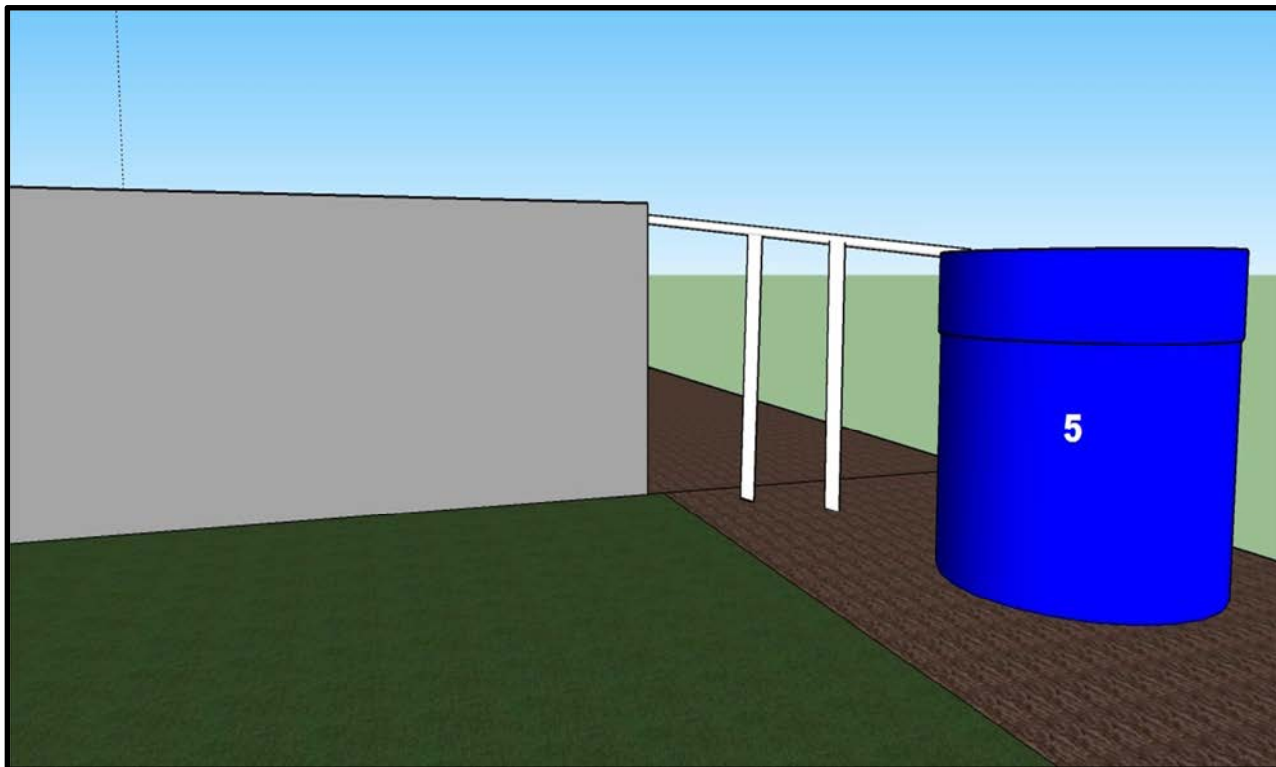
Figura 18 - Continuação da tubulação horizontal



Fonte: Autora

Após passar por toda a tubulação, a água tem como local final o reservatório, demonstrado na figura 19.

Figura19 - Reservatório



Fonte: Autora

2.2 ESPECIFICAÇÕES DOS INSTRUMENTOS DE MEDIÇÕES

2.2.1 Pluviômetro

O Pluviômetro é um instrumento para medir a quantidade de precipitação pluvial, em irrigação artificial coberta ou artificial ao ar livre, em milímetros (mm). O modelo utilizado foi o Pluviômetro Digital Sem Fio Incoterm 4760.

O modelo acima possui um controle da precipitação da água da chuva por um sensor que pode ficar até 30 metros de distância.

Suas características são uma transmissão sem fio da temperatura externa e quantidade de queda de chuva (433 MHz), distância até 30 m (campo livre), indicando a temperatura e tendência, um sensor de chuva que possui alarme, marcador da quantidade de queda de água, da última hora, das últimas 24 horas e da última chuva com hora e data de registro, gráfico de barra e histórico dos últimos 7 dias, semanas e meses, temperatura interna, máxima e mínima,

alarme de temperatura programável, relógio com data, unidade receptora para montagem na parede ou para permanecer sobre uma mesa, descartada água automático após ter feito a medição.

Adapta-se o pluviômetro no telhado do Centro de Energias Renováveis para obter a quantidade de chuva colhida num tempo de uma semana. Com o instrumento pode-se medir o volume em mm de precipitação ocorrida, e também registrar os gráficos e históricos do período escolhido.

Figura 20 - Pluviômetro digital



Fonte: Autora

2.2.2 Anemômetro

O anemômetro é um instrumento para medir a velocidade do vento (em m/s), sendo que alguns também podem determinar a direção (em graus). Utilizou-se um Anemômetro digital portátil, que tem capacidade de medir a velocidade do ar de 0,25 a 30 m/s, o volume de ar entre 0,002 até 3.000 m³/s e a temperatura.

O modelo citado tem uma cabeça de 4" (100 mm), indica automaticamente média de velocidade e volume, e seu espaço de armazenamento possibilita gravar mais de 12.700 leituras, possuindo uma exatidão < 1% e resolução de 1 fpm ou 0,01 m/s. Tem saída analógica de 0 a 1 V, com haste telescópica articulada de 36".

O anemômetro serve para verificar e registrar a velocidade do vento no dia da medição do volume de precipitação.

Figura 21 - Anemômetro digital



Fonte: Autora

2.2.3 Hidrômetro

O Hidrômetro é um instrumento para medir o volume de água que passa numa parte da rede de abastecimento de água. A leitura do hidrômetro é o registro do volume de água acumulado. Consegue-se verificar o volume de água gasto da seguinte maneira:

- No marcador do hidrômetro anota-se os algarismos na cor preta, que é a leitura do volume de água em metros cúbicos.
- Para saber o quanto de água se consumiu, em metros cúbicos, subtrai-se a leitura atual com a do período anterior.

O aparelho de medição deve ser adicionado no final dos condutores de PVC, no sistema de captação de água da chuva, antes da entrada para o reservatório. Assim pode-se verificar o volume de água captado, e comparar com a quantidade recolhida anteriormente.

Figura 22 - Hidrômetro



Fonte: Autora

2.2.4 Relógio Termo - higrômetro

O Relógio Termo - higrômetro é um instrumento que tem a função de monitorar a temperatura e umidade relativa de um ambiente. Adotou-se o modelo Minipa MT-230A, com sensor interno, relógio integrado, despertador, leitura máxima e mínima, precisão básica para temperatura de $\pm 1^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de $\pm 8\%$.

Utiliza-se o medidor para verificação da umidade relativa do ambiente e também a temperatura do mesmo no período da coleta dos dados do sistema de captação da água pluvial.

Figura 23 – Termo - higrômetro



Fonte: Autora

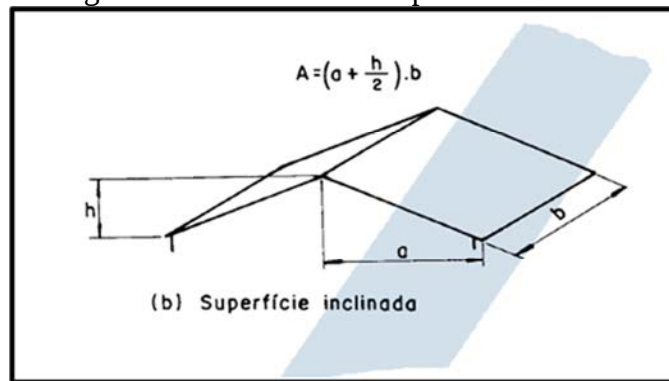
2.3 CÁLCULOS

2.3.1 Cálculo da área inclinada do telhado

O telhado do Centro de Energias Renováveis caracteriza-se por ser uma superfície inclinada de base com duas águas. A figura 24 mostra um telhado com superfície inclinada.

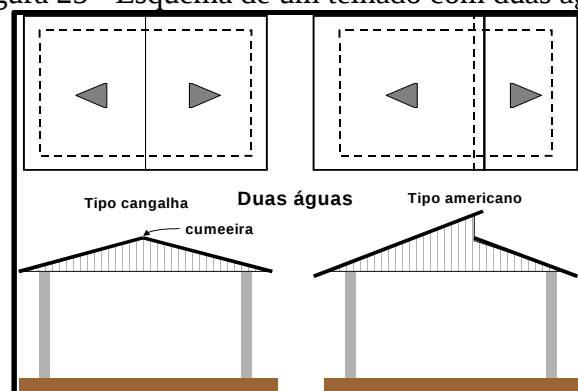
Um telhado de duas águas, segundo “Coberturas”, define-se como duas superfícies planas, com declividades iguais ou distintas, unidas por uma linha central denominada cumeeira ou distanciadas por uma elevação (tipo americano). O fechamento da frente e fundo é feita com oitões. Na figura 25 pode-se ver um exemplo de telhado composto por duas águas.

Figura 24 - Telhado com superfície inclinada



Fonte: NBR 10844

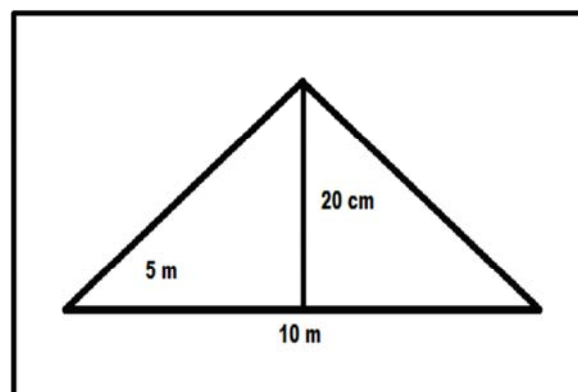
Figura 25 - Esquema de um telhado com duas águas



Fonte: Coberturas

Para o cálculo da inclinação do telhado do Centro de Energias Renováveis utilizou-se o esquema demonstrado na figura 26.

Figura 26 - Esquema do telhado do Centro de Energias Renováveis



Fonte: Autora

A área do telhado, de acordo com a norma NBR 10488, calcula-se com a equação (1):

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

(1)

Onde:

A= área da superfície inclinada

a= cateto do triângulo

h= altura do triângulo

b= largura do telhado

Assim, efetuando os cálculos para a situação estudada:

$$A=(5+0,20/2) \times (9,52) = 48,55 \text{ m}^2 \quad (1)$$

2.3.1.1 Inclinação do Telhado

A inclinação pode ser calculada pela divisão da altura (h) pelo cateto do triângulo (a), conforme equação (2):

$$i = h/a = 0,20/5 = 0,04 \quad (2)$$

2.3.2 Cálculo da vazão

Segundo a Norma NBR 10844/89 a vazão de projeto pode ser calculada pela equação (3):

$$Q = (I \times A) / 60 \quad (3)$$

Onde:

Q = vazão de projeto, em L/min

I = intensidade pluviométrica, em mm/h

A = área de contribuição, em m²

Observação: Nos casos que a área do telhado é igual ou menor que 100 m², pode-se considerar I = 150 mm (NBR 10844).

Assim, efetuando os cálculos para a situação estudada:

$$Q = (150) \times (48,55) / 60 = 121,40 \text{ L/min} \quad (3)$$

2.3.3 Dimensionamento da Calha

O dimensionamento da calha, segundo a norma NBR10844, deve ser realizado através da fórmula de Manning-Strickler, equação (4), ou de qualquer outra fórmula equivalente:

$$Q = K \times (S/n) \times R_h^{(2/3)} \times i^{0,5} \quad (4)$$

Onde:

Q = vazão de projeto, em L/min

S = área da seção molhada, em m²

n = coeficiente de rugosidade (Ver Tabela 3)

R = raio hidráulico, em m

P = perímetro molhado, em m

i = declividade da calha, em m/m

K = 60.000

Tabela 3 - Coeficiente de rugosidade

Material	<i>n</i>
Plástico, fibrocimento, aço, metais não ferrosos	0,011
Ferro fundido, concreto alisado, alvenaria revestida	0,012
Cerâmica, concreto não alisado	0,013
Alvenaria de tijolos não revestida	0,015

Fonte: NBR 10844

2.3.4 Dimensionamento dos Condutores Verticais

Com os dados calculados e estipulados para o projeto, verificou-se com o ábaco da figura 9, o seguinte valor para o diâmetro da tubulação vertical:

Dados do projeto:

Q = 121 L/min

H = 9 cm = 90 mm

L = 6-12m

Diâmetro obtido através do ábaco da figura 9:

- Diâmetro da tubulação = 50 mm

A norma NBR 10844 exige um diâmetro mínimo para os condutores verticais de 75 mm, utilizou-se essa dimensão para o diâmetro da tubulação verificada.

2.3.5 Dimensionamento dos Condutores Horizontais

De acordo com a tabela 2, retirada da norma NBR 10844, o diâmetro varia de acordo com a inclinação utilizada.

Para a inclinação de 1%, adotada para o projeto aqui estudado, têm-se na tabela 2:

- Diâmetro da tubulação horizontal = 75 mm

2.3.6 Cálculo do Consumo

Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU), a quantidade média de água que uma pessoa precisa é aproximadamente de 3,3 m³/mês (110 litros/dia). No entanto, quase ninguém utiliza a quantidade correta de água, com o desperdício o consumo passa a ser entorno de 200 litros/dia.

Esses 200 litros/dia são divididos em:

54 Litros (27%) - para cozinhar e beber

50 Litros (25%) - para tomar banho e escovar os dentes

66 Litros (33%) - em descarga de banheiro

24 Litros (12%) - para lavagem de roupa

6 Litros (3%) - para outras tarefas (lavagem de carro, etc).

[Sabesp]

Os cálculos do consumo médio diário e do consumo médio mensal podem ser feitos considerando os dados acima e as equações (5) e (6) conforme o livro Habitação autossuficiente: interligação e integração de sistemas alternativos:

$$Cd = n \times Ch \quad (5)$$

Onde:

Cd = consumo médio diário

n = pessoas por residência

Ch = consumo por habitante

$$Cm = N \times Cd \quad (6)$$

Onde:

C_m = consumo médio mensal

N = número de dias no mês

C_d = consumo médio diário

Calculando as equações:

$$C_d = 4 \times 200 \text{ l/dia} = 800 \text{ l/dia} = 0,80 \text{ m}^3/\text{dia} \quad (5)$$

$$C_m = 31 \text{ dias} \times 800 \text{ l/dia} = 24.800 \text{ l/mês}$$

$$C_m = 24,80 \text{ m}^3/\text{mês} \quad (6)$$

A substituição de consumo de água potável por água coletada da chuva é viável nos casos abaixo: tem-se uma economia na ordem de 36% conforme equação (7):

- 66 litros para descarga de banheiro (33%)
- 6 litros para outras tarefas (3%)

$$C_{me} = 24,80 \text{ m}^3/\text{mês} - 36\% \text{ de economia}$$

$$C_{me} = 24,80 \text{ m}^3/\text{mês} - 8,93 \text{ m}^3/\text{mês}$$

$$C_{me} = 15,87 \text{ m}^3/\text{mês} \quad (7)$$

O volume de água que será utilizado, com o uso de água da chuva será de 15,87 m³/mês (economia de 8,93 m³/mês).

2.3.7 Dimensionamento da Caixa D'água

2.3.7.1 Cálculo do Volume esperado

De acordo com os dados coletados da cidade de Guaratinguetá, tem-se uma precipitação média anual de 1.390 mm. Pode-se calcular o volume médio a ser captado por ano, com a equação (8), conforme o livro Habitação autossuficiente: interligação e integração de sistemas alternativos:

$$V_{ch} = I_{anual} \times 0,95 \times A_c \quad (8)$$

Onde:

V_{ch} = volume médio de chuva coletada

I_{anual} = precipitação média anual

0,95 = eficiência do filtro

A_c = área de captação

Efetuada os cálculos:

$$V_{ch} = 1.390 \times 0,95 \times 100,00$$

$$V_{ch} = 132,050 \text{ m}^3/\text{ano} (11,00 \text{ m}^3/\text{mês} - 0,35 \text{ m}^3/\text{dia}) \quad (8)$$

2.3.7.2 Cálculo do volume da Caixa D'água

Após a determinação do volume médio de chuva coletada, deve-se definir o volume (m^3) da cisterna a ser utilizada para armazenamento da água proveniente ao reaproveitamento da chuva através da equação (9), obtida no livro Habitação autossuficiente: interligação e integração de sistemas alternativos:

$$V_c = (V_{chd} \times 20 \text{ sch}) + 10\% \text{ Evapotranspiração} \quad (9)$$

Onde:

V_c = Volume da Cisterna

V_{chd} = Volume médio de chuva diário

20 sch = 20 dias sem chuva

Calculando a equação:

$$V_c = (0,35 \times 20) + 10\% = 7,7 \text{ m}^3, \text{ assim adota-se uma cisterna de } 10,0 \text{ m}^3. \quad (9)$$

2.3.8 Cálculos do custo da implementação do sistema de captação de água Pluvial

Para a simulação do valor do sistema de captação da água da chuva, os preços foram pesquisados na internet. Para os canos, o preço detalhado é para o comprimento de 6 m, e para a calha para o comprimento de 3 m. Os valores obtidos podem ser vistos na Tabela 4.

Tabela 4 - Custos dos materiais

Material	Quantidade	Custo unitário	Custo Total
Cano PVC de 75mm de diâmetro (Tigre)	30 metros	R\$ 56,67	R\$ 283,35
Calha eletrolítica	30 metros	R\$ 30,71	R\$ 307,10
Conexão "T" PVC de 75 mm de diâmetro (Tigre)	1	R\$ 18,29	R\$ 18,29
Conexão luva PVC de 75 mm de diâmetro (Tigre)	2	R\$ 6,10	R\$ 12,20

Conexão joelho 90° PVC de 75 mm de diâmetro (Tigre)	2	R\$ 6,10	R\$ 12,20
Reservatório de Fibra de vidro de 10 m³	1	R\$ 2.500	R\$ 2.500
		Valor	3133,14

Fonte: Autora

2.3.9 Cálculo do custo do volume de água

As tarifas cobradas por m³ de água são diferentes para cada cidade. A cidade de Guaratinguetá tem por tarifas os valores especificados na Tabela 5.

Tabela 5 - Tarifas cobradas por m³ de água pela SAEG (Sistema de Tratamento de Água e Esgoto de Guaratinguetá)

I - CATEGORIA SOCIAL OU POPULAR		
<i>*Residencia social, Instituto Assistencial, Entidade Religiosa, Ponto de carroça e Ponto de Taxi</i>		
Consumo	Água	Esgoto
00 a 10 m³	7,538	6,03
11 a 20 m³	1,033	0,826
21 a 50 m³	1,735	1,388
51 a 500 m³	2,831	2,264
II - CATEGORIA RESIDENCIAL		
Consumo	Água	Esgoto
00 a 10 m³	15,077	12,062
11 a 20 m³	2,067	1,654
21 a 50 m³	3,467	2,773
51 a 500 m³	5,673	4,539
Acima de 501 m³	Grande Consumidor	
III - CATEGORIA COMERCIAL E PÚBLICA		
Consumo	Água	Esgoto
00 a 10 m³	30,281	24,224
11 a 20 m³	3,467	2,773
21 a 50 m³	5,668	4,453
51 a 500 m³	9,473	7,578
Acima de 501 m³	Grande Consumidor	
IV - CATEGORIA INDUSTRIAL		
Consumo	Água	Esgoto

00 a 10 m ³	34,318	27,455
11 a 20 m ³	4,235	3,387
21 a 50 m ³	7,784	6,227
51 a 500 m ³	11,99	9,593
Acima de 501 m ³	Grande Consumidor	

Fonte: SAEF

O cálculo da conta de água foi realizado através das especificações do DMAE (Departamento de Água e Esgoto de Uberlândia), sendo utilizada a divisão por faixas. No caso estudado, o consumo sem a captação de água pluvial seria de 24,80 m³/mês e com a captação de água pluvial, com economia de 8,93 m³/mês, seria de 15,87 m³/mês. A categoria de tarifa escolhida foi a III, pois se trata de um local público.

a) Valor para o consumo de 24,80 m³/mês:

1ª Faixa com 10 m³ com valor fixo de R\$ 30,281

2ª Faixa com 10 m³ multiplica pela segunda tarifa de 3,467 reais/m³, valor parcial obtido R\$ 34,67

3ª Faixa com 4,80 m³ multiplica pela terceira tarifa de 5,668 reais/m³, valor parcial obtido R\$ 27,21

Assim, o valor total será:

Valor total= R\$ 30,281 + R\$ 34,67 + R\$ 27,21 = R\$ 92,16.

b) Valor para o consumo de 15,87 m³/mês:

1ª Faixa com 10 m³ com valor fixo de R\$ 30,281

2ª Faixa com 5,87 m³ multiplica pela segunda tarifa de 3,467 reais/m³, valor parcial obtido R\$ 20,35.

Assim, o valor total será:

Valor total= R\$ 30,281 + R\$ 20,35= R\$ 50,63.

2.3.10 Cálculo do valor economizado por ano

Valor por ano = Valor total x 12 = R\$ 1105,92 (sem captação da água pluvial)

Valor por ano = Valor total x 12 = R\$ 607,56 (com captação da água pluvial)

$$\text{Economia} = \text{R\$ } 1105,92 - \text{R\$ } 607,56 = \text{R\$ } 498,36/\text{ano} \quad (10)$$

2.3.11 Cálculo da estimativa de retorno de investimento simples

A estimativa de retorno de investimento simples é o tempo que levará para se obter de volta o dinheiro que foi gasto no empreendimento.

$$\text{Retorno} = \text{Valor do sistema}/\text{valor economizado} = 3133,14/498,36 = 6,28 \text{ anos} \quad (11)$$

O tempo de retorno é de aproximadamente seis anos.

3 RESULTADOS

3.1 VOLUMES DOS MESES DO ANO DE 2010

Os volumes dispostos na tabela 6 foram calculados com a equação (8), utilizando valores para a precipitação (I) referentes ao ano de 2010, coeficiente de escoamento (Coef.) e área de captação (Ac) propostos no caso estudado.

Tabela 6 - Volumes calculados para as precipitações em 2010

Mês	I (mm)	Coef.	Ac (m²)	Volume (m³/mes)
Janeiro	310,2	0,95	100	29,47
Fevereiro	154,7	0,95	100	14,70
Março	221,2	0,95	100	21,01
Abril	92,5	0,95	100	8,79
Maio	13,9	0,95	100	1,32
Junho	9,2	0,95	100	0,87
Julho	82,4	0,95	100	7,83
Agosto	0	0,95	100	0
Setembro	72,2	0,95	100	6,86
Outubro	143,9	0,95	100	13,67
Novembro	111,6	0,95	100	10,60
Dezembro	263,8	0,95	100	25,061

Fonte: Autora

3.2 VOLUMES DOS MESES DO ANO DE 2011

Os volumes dispostos na tabela 7 foram calculados com a equação (8), utilizando valores para a precipitação (I) referentes ao ano de 2011, coeficiente de escoamento (Coef.) e área de captação (Ac) propostos no caso estudado.

Tabela 7 - Volumes calculados para as precipitações em 2011

Mês	I (mm)	Coef.	Ac (m²)	Volume (m³/mes)
Janeiro	157,1	0,95	100	14,9245
Fevereiro	201,6	0,95	100	19,152
Março	275,6	0,95	100	26,182
Abril	45,4	0,95	100	4,313
Maio	59	0,95	100	5,605
Junho	28,9	0,95	100	2,7455
Julho	0	0,95	100	0

Agosto	8,4	0,95	100	0,798
Setembro	21,3	0,95	100	2,0235
Outubro	141,1	0,95	100	13,4045
Novembro	123,4	0,95	100	11,723
Dezembro	130,4	0,95	100	12,388

Fonte: Autora

3.3 VOLUMES DOS MESES DO ANO DE 2012

Os volumes dispostos na tabela 8 foram calculados com a equação (8), utilizando valores para a precipitação (I) referentes ao ano de 2012, coeficiente de escoamento (Coef.) e área de captação (Ac) propostos no caso estudado.

Tabela 8 - Volumes calculados para as precipitações em 2012

Mês	I (mm)	Coef.	Ac (m²)	Volume(m³/mes)
Janeiro	492	0,95	100	46,74
Fevereiro	63,6	0,95	100	6,042
Março	123,8	0,95	100	11,761
Abril	97,8	0,95	100	9,291
Maio	86,2	0,95	100	8,189
Junho	111,4	0,95	100	10,583
Julho	56,4	0,95	100	5,358
Agosto	6	0,95	100	0,57
Setembro	14,1	0,95	100	1,3395
Outubro	74,1	0,95	100	7,0395
Novembro	136,8	0,95	100	12,996
Dezembro	240,8	0,95	100	22,876

Fonte: Autora

3.4 MÉDIA ENTRE OS VOLUMES DOS ANOS DE 2010, 2011 E 2012

Com os volumes determinados nas tabelas 6, 7 e 8, pôde-se calcular o volume médio usado como referência para determinação do volume do reservatório a ser utilizado, e também definir a quantidade de água que pode ser economizada com a aplicação do sistema de captação de água pluvial no Centro de Energias Renováveis.

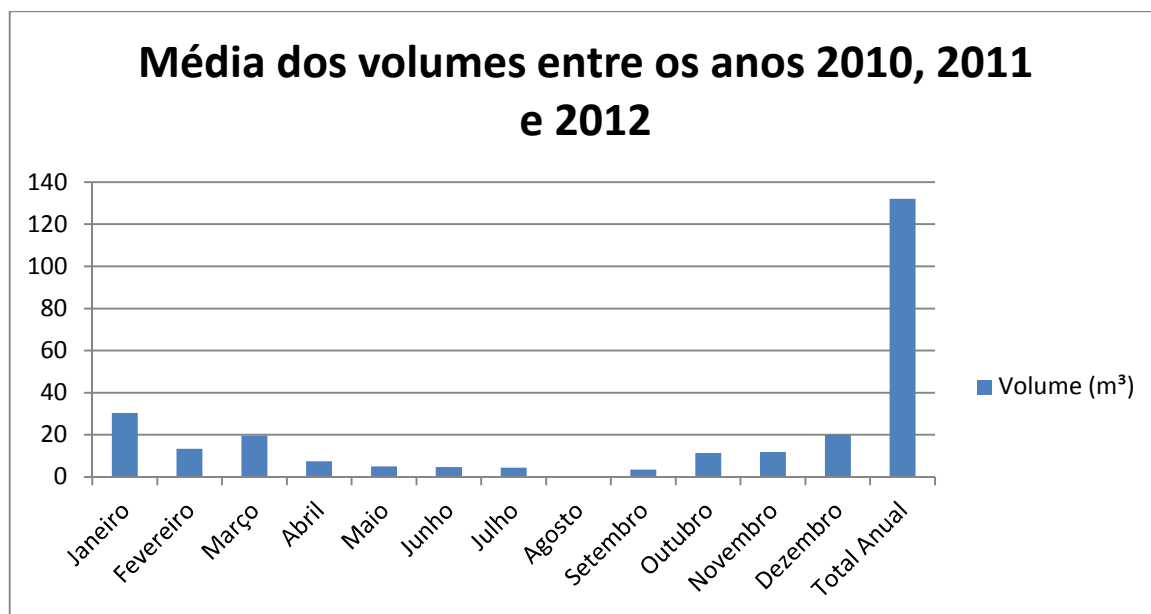
Tabela 9 - Volumes médios

Mês	Volume (m³)
Janeiro	30,38
Fevereiro	13,30
Março	19,65
Abril	7,46
Maió	5,04
Junho	4,73
Julho	4,40
Agosto	0,46
Setembro	3,41
Outubro	11,37
Novembro	11,77
Dezembro	20,11
Total Anual	132,08

Fonte: Autora

A figura 27 mostra um histograma com as médias das precipitações por mês entre os anos 2010, 2011 e 2012, sendo também demonstrada a média total anual de chuva. Os meses de Janeiro e Dezembro têm a maior média de volume de água captado, respectivamente 30,38 m³ e 20,11 m³, os de Julho e Agosto o menor volume de água recolhido, respectivamente 4,40 m³ e 0,46 m³.

Figura 27 - Média dos volumes entre os anos de 2010, 2011 e 2012 por mês



Fonte: Autora

3.5 CONSUMOS DIÁRIOS

Com a equação (6) calculou-se o consumo previsto para um mês, contabilizando trinta e um dias. A partir disso pôde-se estipular o consumo diário, com um valor de $0,8 \text{ m}^3$. Com a porcentagem de economia, pôde-se definir o volume a ser economizado por mês, dividindo esse consumo por trinta e um dias obteve-se o volume economizado por dia, igual a $0,3 \text{ m}^3$.

Obtidos esses dados, fez-se uma coluna de valores acumulados, tanto para consumo diário sem economia de água e com economia de água através do uso de água pluvial, ilustrado na tabela 10.

Tabela 10 - Consumos diários com e sem economia pela captação de água da chuva

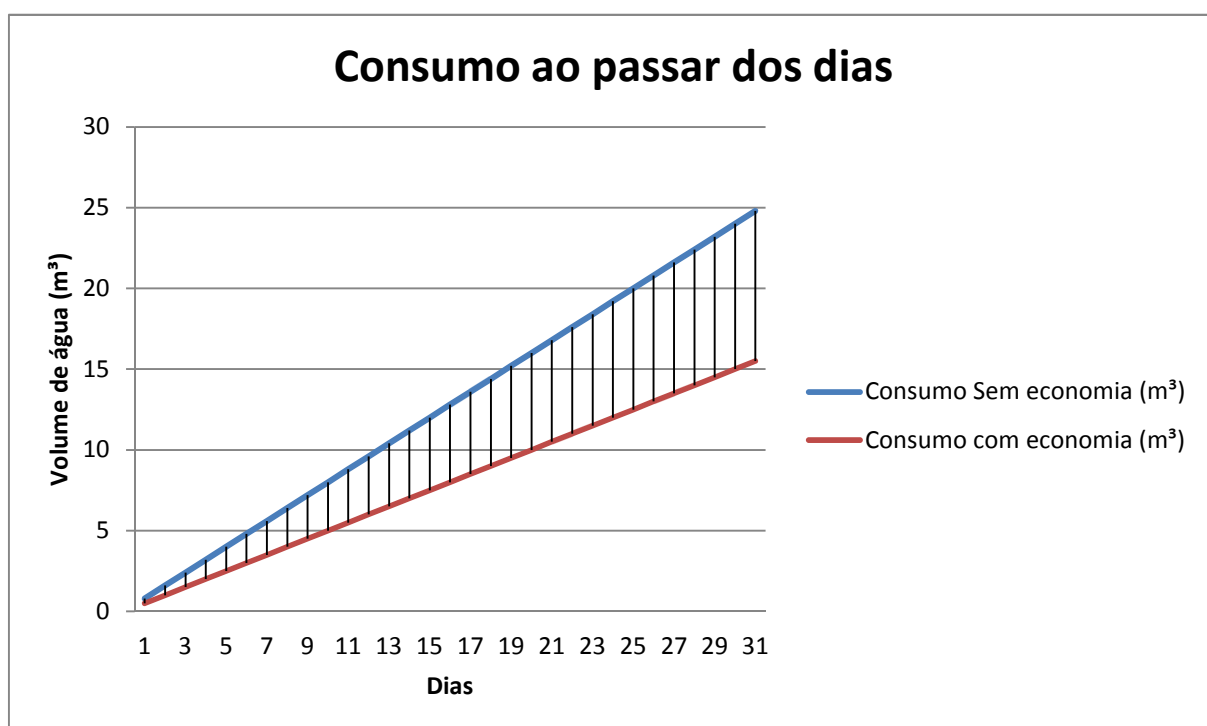
Dias	Consumo diário Sem economia (m^3)	Consumo Sem economia (m^3)	Consumo diário com Economia (m^3)	Consumo com economia (m^3)
1	0,8	0,8	0,3	0,5
2	0,8	1,6	0,3	1,0
3	0,8	2,4	0,3	1,5
4	0,8	3,2	0,3	2,0
5	0,8	4	0,3	2,5
6	0,8	4,8	0,3	3,0
7	0,8	5,6	0,3	3,5
8	0,8	6,4	0,3	4,0
9	0,8	7,2	0,3	4,5
10	0,8	8	0,3	5,0
11	0,8	8,8	0,3	5,5
12	0,8	9,6	0,3	6,0
13	0,8	10,4	0,3	6,5
14	0,8	11,2	0,3	7
15	0,8	12	0,3	7,5
16	0,8	12,8	0,3	8,0
17	0,8	13,6	0,3	8,5
18	0,8	14,4	0,3	9,0
19	0,8	15,2	0,3	9,5
20	0,8	16	0,3	10,0
21	0,8	16,8	0,3	10,5
22	0,8	17,6	0,3	11,0
23	0,8	18,4	0,3	11,5
24	0,8	19,2	0,3	12,0
25	0,8	20	0,3	12,5
26	0,8	20,8	0,3	13,0
27	0,8	21,6	0,3	13,5
28	0,8	22,4	0,3	14

29	0,8	23,2	0,3	14,5
30	0,8	24	0,3	15
31	0,8	24,8	0,3	15,5

Fonte: Autora

A figura 28 mostra o gráfico com os consumos, demonstrados por volume de água, em função do tempo, definido por dias. A reta azul é composta pelos valores de consumo diário sem a utilização da água da chuva, e a reta vermelha pelo consumo por dia com a utilização da água da chuva. O espaço hachurado representa o volume de água economizado por dia.

Figura 28 - Consumo em função do tempo



Fonte: Autora

3.6 TEMPO DE RETORNO SIMPLES DO INVESTIMENTO

Com a equação (9) calculou-se o valor economizado por ano, em reais. Com esse valor e o custo do sistema de captação pôde-se calcular o tempo de retorno do investimento, através da equação (10). Os dados obtidos foram dispostos na Tabela 11.

Tabela 11 - Valor economizado e valor calculado para o Sistema ao longo dos anos

Tempo em Anos	Valor economizado por ano (em reais)	Valor Economizado (em reais)	Valor calculado para o sistema (em reais)
1	498,36	498,36	3133,14
2	498,36	996,72	3133,14

3	498,36	1495,08	3133,14
4	498,36	1993,44	3133,14
5	498,36	2491,8	3133,14
6	498,36	2990,16	3133,14
7	498,36	3488,52	3133,14
8	498,36	3986,88	3133,14
9	498,36	4485,24	3133,14
10	498,36	4983,6	3133,14
11	498,36	5481,96	3133,14
12	498,36	5980,32	3133,14

Fonte: Autora

Fez-se uma simulação de quanto tempo demoraria para o valor investido ser recuperado, demonstrada através do gráfico na figura 29. A reta azul representa a variação do capital economizado, com a captação de água pluvial, ao longo dos anos. A reta vermelha a variação do custo do sistema de captação de água da chuva ao longo dos anos. A área hachurada é a diferença entre o valor gasto no sistema e o valor economizado com a aplicação do mesmo.

Figura 29 - Tempo de Retorno do Investimento em anos



Fonte: Autora

3.7 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Analisando os valores obtidos para os volumes de água da chuva para os anos de 2010, 2011 e 2012, com as tabelas 6, 7 e 8 e o gráfico da figura 27, pode-se afirmar que os meses de maior fornecimento de água pluvial seriam os de dezembro, janeiro, fevereiro e março, justamente os meses da estação do verão, onde o tempo proporciona melhores condições para

precipitações. Já os meses que tiveram menos fornecimento de quantidade de água da chuva foram os meses de junho, julho, agosto e setembro, que fazem parte da estação do inverno, que tem predominância de baixas temperaturas e umidades, o que causa menos precipitações.

Através do gráfico Consumo em função do tempo, nota-se que o consumo de água potável com a aplicação do Sistema de captação é menor que o consumo sem a implementação do mesmo, o que acarreta numa economia de água tratada.

Com a análise do gráfico do Tempo de retorno do investimento, nota-se que o tempo para que se tenha o retorno do capital é de aproximadamente seis anos, o que se confirma com o encontro das retas do custo do sistema de captação e valor economizado durante os anos.

4 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Com os resultados encontrados, conclui-se que a aplicação de um sistema de captação de água pluvial no Centro de Energias Renováveis tem viabilidade e implicará num menor consumo de água potável. O consumo seria inicialmente de 24,80m³/mês passando a ser 15,87 m³/mês com a captação da água da chuva, assim resultando uma diminuição no volume de água tratada utilizado e, portanto numa economia na conta de água.

A área de captação, de 100 m², permite recolhimento de um volume alto, em torno de 132,05 m³ por ano de água da chuva, sendo assim, mesmo nos dias de pouca ou nenhuma precipitação, ainda poderá ser utilizada a água armazenada no reservatório, oriunda dos meses com maior precipitação.

Notou-se, que no local estudado há um alto índice de chuvas, principalmente nos meses que fazem parte da estação do verão, janeiro e dezembro, sendo mais um fator positivo para a implementação de um sistema de captação de água pluvial no local escolhido para o estudo.

Apesar do alto custo inicial, o valor investido será recuperado em um tempo relativamente curto, de seis anos, se comparado com o tempo de durabilidade estimado de vinte anos para o projeto de um sistema de captação de água da chuva.

Para trabalhos futuros sugere-se a execução da aplicação do sistema de captação da água da chuva, no Centro de Energias Renováveis, com os dados calculados no presente trabalho, com o intuito de confirmar o que apresentou-se na teoria.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10844**: instalações prediais de água pluvial. Rio de Janeiro, 1989.

ANA – Agência Nacional de Águas. **HidroWeb**: sistemas de informações hidrológicas: series históricas. Disponível em: <<http://www.hidroweb.ana.gov.br>>. Acesso em: 05 jul. 2016.

BERTOLO, Elisabete de Jesus Peres. **Aproveitamento da água da chuva em edificações**. 174f. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente) - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2006.

BEZERRA, Stella Maris da Cruz. **Dimensionamento de reservatório para aproveitamento de água de chuva: comparação entre métodos da ABNT NBR15527: 2007 e Decreto Municipal 293/2006 de Curitiba, PR**-Artigo (Associação Nacional de Tecnologia do ambiente construído), Curitiba-PR, Dezembro de 2010.

DMAE- Departamento de Água e Esgoto de Uberlândia. **Cálculo da conta de água**. Disponível em: <<http://www.dmae.mg.gov.br/>>. Acesso em: 10 nov. 2016.

CASTELUCCI, SILVANA DE OLIVEIRA. **Captação e Utilização de águas pluviais para fins não potáveis**. Projeto de pesquisa apresentado à Empresa Lanxess como exigência parcial para participação do concurso Ciclo verde. Porto Feliz-São Paulo, 2010.

FERREIRA, ANTÔNIO DOMINGOS DIAS. **Habitação Autossuficiente, interligação e integração de sistemas alternativos**. Brasil – Rio de Janeiro: Interciência, 2014.

GAZETA DO POVO. **Curso on-line ensina a construir sistema de captação da água da chuva**. Disponível em: <<http://www.gazetadopovo.com.br/>>. Acesso em: 5 ago. 2016.

HAGEMANN, SABRINA ELICKER. **Avaliação da Qualidade de água da chuva e da viabilidade da sua captação de uso**. 2009. 140f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

REVISTA FÓRUM. **O que o nordeste pode ensinar a São Paulo sobre a seca**. Disponível em: <<http://www.revistaforum.com.br/>>. Acesso em: 5 ago. 2016.

SAEG - Sistema de tratamento de água e esgoto de Guaratinguetá. **Tarifas**. Disponível em: <<http://www.saeg.net.br/atendimento/tarifas>>. Acesso em: 10 nov. 2016.

SEMPRE SUSTENTÁVEL. **Curso básico de aproveitamento de água da chuva e montagem de uma minicisterna**. Disponível em: <<http://www.sempresustentavel.com.br/>>. Acesso em: 5 jun. 2016.

TOMAZ, P. **Água Pague menos**. 2010. Disponível em: <<http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/>>. Acesso em: 5 ago.2016.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva**: aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis. 2 ed. São Paulo: Navegar, 2005. 180 p.

UEPG - Universidade estadual de Ponta Grossa. **Coberturas:** os diversos tipos e suas características. Disponível em: <<http://wwwo.metalica.com.br/coberturas-os-diversos-tipos-e-suas-caracteristicas>>. Acesso em: 10 ago.2016.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

AMORIM, SIMAR VIEIRA DE. **Estudo comparativo dos métodos de dimensionamento para reservatórios utilizados em aproveitamento de água pluvial**. Porto Alegre: Associação Nacional de Tecnologia do ambiente construído, 2008.

ANA - Agencia Nacional de Águas. **Conservação e Reuso de Água em Edificações**. 2. ed. São Paulo: ANA; FIESP; SINDUSCON-SP, 2006. 152 p.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626: instalações prediais de água fria**. Rio de Janeiro, Setembro 1998.

CAMPOS, M. A. S. **Aproveitamento de água pluvial em edifícios residenciais multifamiliares na cidade de São Carlos**. 2004. 145f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2004.

COHIM, E; GARCIA, A. P. A; KIPERSTOK, A.(2007). Captação direta de água de chuva no meio urbano para usos não potáveis. In: CONGRESSO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 24.2007, Belo Horizonte. **Anais...** Rio de Janeiro: ABES, 2007.

FENDRICH, R. **Aplicabilidade do armazenamento, utilização e infiltração das águas pluviais e drenagem urbana**. Tese (doutorado do programa de pós-graduação em geologia) - UFPR. 2000.

GOULD, JONH; NISSEN-PETERSEN; ERIK. **Rainwater catchment systems for domestic supply: design, construction and implementation**. Londres: ITDG Publishing 1999.

IPT - Instituto de Pesquisa Tecnológicas. **Manual para captação emergencial e uso doméstico de água de chuva**. 2015.Disponível em: <<http://www.ipt.br>>. Acesso em: 25 jul.2016.

MANAUS AMBIENTAL. **Como usar seu hidrômetro**. Disponível em: <<http://www.manausambiental.com.br/como-usar-o-seu-hidrometrocom.br/>>. Acesso em: 15 ago. 2016.

MAY, S. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações**. 2004. 189 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

MINIPA. Disponível em <<http://www.minipa.com.br/>>. Acesso em 15 Agosto. 2016.
NBR 10844.**Instalações prediais de água pluvial**. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, Dezembro 1989.

PÊGO, Carlos Sulzer. Junior, Milton Erthal. **Dimensionamento e viabilidade econômica da coleta e uso de águas pluviais no município de campos dos Goytacazes**. Rio de Janeiro: Perspectivas online – Ciências exatas e Engenharia, 2012.

SANTOS, Daniel Costa dos. Os sistemas prediais e a promoção da sustentabilidade ambiental. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v.2, n. 4. out./dez. 2002 p. 7-18.

SILVA, Viviane Nascimento da. Captação e Manejo de água de chuva. **Saúde & Ambiente em revista**, Duque de Caxias – UNIGRANRIO, jun. 2007.

SIQUEIRA, Meire Regina de Almeida. Estimativa do escoamento superficial em área residencial. **Ambiente & Água**, 2013.

SOLUÇÕES INDUSTRIAIS. **Conexões**. Disponível em <<http://www.solucoesindustriais>>. Acesso em: 15 ago.2016.