



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 1.162, de 13/10/16, D.O.U nº 198, de 14/10/2016
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL

Murilo Correa Estrela

APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL EM UM POSTO DE COMBUSTÍVEL NA CIDADE DE PALMAS-TO

Palmas – TO
2019

Murilo Correa Estrela

**APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL EM UM POSTO DE COMBUSTÍVEL NA
CIDADE DE PALMAS-TO**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II elaborado e apresentado como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientadora: Prof^a Dra. Michele Ribeiro Ramos.

Palmas – TO

2019

Murilo Correa Estrela

**APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL EM UM POSTO DE COMBUSTÍVEL NA
CIDADE DE PALMAS-TO**

Trabalho de Conclusão de Curso
(TCC) II elaborado e apresentado como
requisito parcial para obtenção do título
de bacharel em Engenharia Civil pelo
Centro Universitário Luterano de Palmas
(CEULP/ULBRA).

Orientadora: Profª Dra. Michele Ri-
beiro Ramos.

Aprovado em: 12/11/2019

BANCA EXAMINADORA



Profª. Dra. Michele Ribeiro Ramos.

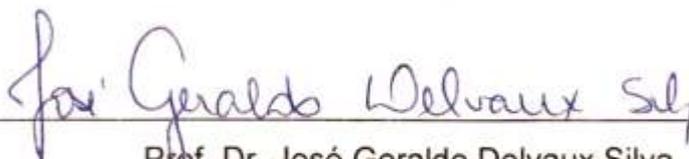
Orientadora

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP



Prof. Msc. Hider Cordeiro de Moraes

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP



Prof. Dr. José Geraldo Delvaux Silva

Examinador Externo

RESUMO

Tendo em vista que a água doce disponível no mundo é um recurso natural limitado, o seu uso consciente tornou-se assunto de debate na nossa sociedade, sendo motivo de estudo e aprimoramento das técnicas de aproveitamento da água, uma alternativa bastante utilizada é o aproveitamento da água pluvial, que é uma técnica sustentável do ponto de vista ambiental. O presente trabalho tem por objetivo analisar o processo de implantação de um Sistema de Aproveitamento de Água Pluvial para usos não potáveis em um Posto de Combustíveis, localizado na cidade de Palmas-TO. A água pluvial captada será utilizada para limpeza de pista de abastecimento, limpeza de banheiros e jardinagem. Primeiramente, foi definido o local para o desenvolvimento desse estudo, posteriormente, foi realizada a coleta dos dados do índice pluviométrico mensal do município de Palmas-TO da série histórica dos últimos 10 anos que resultou na precipitação média de 1.717,25 mm/ano, em seguida o dimensionamento da rede pluvial, através do Método da Simulação foi possível determinar o volume do reservatório, adotou-se o valor de 21 m³, em seguida foi realizado o cálculo dos materiais e equipamentos necessários e assim foi realizado o levantamento de custo financeiro para implantação do sistema, chegando ao valor de R\$ 11.653,00, logo após calculou-se a economia anual referente às taxas de água tratada e esgoto resultando em R\$ 3.542,73, em seguida foi realizado o cálculo do tempo de retorno do investimento com a implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial, onde foi constatado que em 4 anos o sistema estava pago.

Palavras-chave: Sistema de captação, Aproveitamento, Água Pluvial.

ABSTRACT

Given that freshwater available in the world is a limited natural resource, its conscious use has become a subject of debate in our society, being a reason for study and improvement of water use techniques, a widely used alternative is the use of water. rainwater, which is an environmentally sustainable technique. This paper aims to analyze the process of implementing a Rainwater Use System for non-potable uses in a Gas Station, located in the city of Palmas-TO. The collected rainwater will be used for cleaning runway, toilet cleaning and gardening. Firstly, the place for the development of this study was defined, later, the data of the monthly rainfall index of the city of Palmas-TO of the historical series of the last 10 years was collected, which resulted in an average precipitation of 1,717.25 mm / year. Then, the dimensioning of the rainwater network, through the Simulation Method, it was possible to determine the volume of the reservoir, the value of 21 m³ was adopted, then the necessary materials and equipment were calculated and thus performed. the financial cost increase for the implementation of the system, reaching the amount of R\$ 11,653.00, soon after it was calculated the annual savings related to the treated water and sewage rates resulting in R\$ 3,542.73, after The return on investment time was calculated with the implementation of the rainwater harvesting system, where it was found that in 4 years the system was paid.

Keyword: System of captation, Harnessing, Rainwater.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	IX
LISTA DE TABELAS.....	X
1 INTRODUÇÃO	6
1.1 OBJETIVOS.....	6
1.1.1 Objetivo Geral	7
1.1.2 Objetivos Específicos.....	7
1.2 JUSTIFICATIVA.....	8
2 REFERENCIAL TEÓRICO	9
2.1 DISPONIBILIDADES DE RECURSOS HÍDRICOS NO MUNDO.....	9
2.2 RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL.....	10
2.3 APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL NO MUNDO.....	11
2.4 APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL NO TOCANTINS.....	11
2.5 LEGISLAÇÃO MUNICIPAL SOBRE O APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL EM PALMAS-TO.....	13
2.6 DESPERDÍCIO DE ÁGUA POTÁVEL.....	13
2.7 VANTAGENS E DESVANTAGENS DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS.....	14
2.7.1 Vantagens.....	14
2.7.2 Desvantagens.....	15

2.8 COMPONENTES DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS.....	15
2.8.1 Captação.....	15
2.8.2 Transporte.....	16
2.8.3 Filtros.....	16
2.8.4 Reservatório.....	16
2.8.5 Bombas de Recalque.....	16
2.8.6 Distribuição.....	16
2.8.7 Utilização para fins não potáveis.....	16
2.9 DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIOS.....	17
2.9.1 Método de Rippl.....	18
2.9.2 Método Prático Alemão.....	18
2.9.3 Método Prático Australiano.....	18
2.9.4 Método Prático Inglês.....	18
2.9.5 Método Prático Brasileiro (Azevedo Neto).....	18
2.9.6 Método da Simulação.....	19
2.9.7 Programa Computacional Netuno.....	19
3 METODOLOGIA.....	20
3.1 ÁREA EXPERIMENTAL.....	20
3.2 OBTENÇÃO DOS DADOS PLUVIOMÉTRICOS.....	21
3.3 DIMENSIONAMENTO DA REDE PLUVIAL.....	21

3.3.1 Volume de Água Captado	21
3.3.2 Dimensionamento das Calhas	22
3.3.3 Dimensionamento dos Condutores Verticais.....	22
3.3.4 Dimensionamento dos Condutores Horizontais	23
3.4 CONJUNTO MOTOBOMBA	23
3.4.1 Cálculo da Potência da Bomba.....	23
3.5 CUSTO COM IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA	24
3.6 CÁLCULO DE ECONOMIA DA TAXA DE ÁGUA TRATADA	24
3.7 CÁLCULO DE ECONOMIA DA TAXA DE ESGOTO.....	24
3.9 TEMPO DE RETORNO DO INVESTIMENTO	25
3.10 FLUXOGRAMA DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL	25
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	27
5 CONCLUSÃO.....	42
6 REFERÊNCIAS	43

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Disponibilidade de Água no Mundo.....	9
Figura 2: Bacia Araguaia – Tocantins	12
Figura 3: Esquema do funcionamento do sistema de aproveitamento de água pluvial em residências.....	17
Figura 4: Localização do posto de combustível.....	20
Figura 5: Fluxograma do sistema de aproveitamento de água pluvial.....	26
Figura 6: Projeção da calha.....	30
Figura 7: Bombas submersas de recalque e descarte.	32
Figura 8: Corte da edificação.	32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Proporção de área territorial, de população para as regiões e disponibilidade de água do Brasil.....	10
Tabela 2: Índice pluviométrico mensal.....	27
Tabela 3: Consumo mensal de água potável.....	28
Tabela 4: Cálculo do volume mensal de água pluvial captada.	29
Tabela 5: Cálculo do volume do reservatório de água captada 21 m ³	33
Tabela 6: Cálculo do volume do reservatório de água captada 51 m ³	34
Tabela 7: Custo com implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial .	36
Tabela 8: Consumo atual de água fornecida pela BRK.....	37
Tabela 9: Consumo de água pelo sistema de aproveitamento de água pluvial	38
Tabela 10: Economia de água tratada.....	38
Tabela 11: Taxa de esgoto atual fornecida pela BRK.....	39
Tabela 12: Taxa de esgoto pelo sistema de aproveitamento de água pluvial	39
Tabela 13: Economia com a taxa de esgoto.....	40
Tabela 14: Tempo de retorno do investimento	41

1 INTRODUÇÃO

É de conhecimento geral que a água é imprescindível para toda e qualquer tipo de vida existente e para as atividades econômicas e sociais no planeta terra. Há uma grande preocupação da sociedade nos tempos atuais quanto à conservação dos recursos naturais disponíveis no mundo (MARINOSKI, 2007).

Segundo TOMAZ (2011) aproximadamente 3/4 de toda a superfície terrestre é composta por água, somente 97,5% da água existente na terra é de água salgada, presente nos mares e oceanos e apenas 2,5% é de água doce, considerando a água presente em geleiras, aquíferos e água disponível para consumo em rios, lagos e represas. A gravidade em relação à água potável aumenta quanto há má distribuição da água doce no planeta e o aumento da contaminação dos recursos hídricos disponíveis.

Com o crescimento da população e conseqüentemente o aumento do consumo de água potável, vem ocorrendo à diminuição de água potável e também uma redução na qualidade da água disponível (MARINOSKI, 2007).

Com a recente crise hídrica que vivemos, temos a real noção da importância do uso racional de água potável, no país quase 40% da água é desperdiçada, isso ocorre com uso inadequado, vazamentos nas tubulações, fraudes e roubo e, ainda nos aparelhos sanitários das edificações (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2016). Uma forma de evitar desperdícios é através de Sistemas de Aproveitamento de Água Pluvial, como utilizados alguns países, como Alemanha, Japão e Estados Unidos, esses países continuam desenvolvendo nossos métodos e sistemas, que aperfeiçoem a captação, fornecendo água de boa qualidade a um custo menor (ANNECCHINI, 2005).

Segundo a ONU, a reutilização de forma planejada da água está presente no Programa de Estratégia Global para a Administração da Qualidade da Água para o Meio Ambiente e pela Organização Mundial da Saúde (OMS, 2005). Ela prevê o alcance simultâneo de três importantes elementos que são a proteção da saúde pública, a manutenção da integridade dos ecossistemas e o uso sustentável da água.

Com base nisso, este trabalho visa compreender o aproveitamento de água pluvial, o sistema poderá atender as necessidades do usuário, em serviços que não necessitam o uso de água potável, gerando uma economia financeira e a contribuição com o meio ambiente.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Analisar o processo de implantação de um Sistema de Aproveitamento de Água Pluvial para usos não potáveis em um Posto de Combustíveis, localizado na cidade de Palmas-TO.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Fazer o levantamento da precipitação pluviométrica de Palmas-TO;
- Quantificar o consumo de água do empreendimento;
- Realizar o dimensionamento do Sistema de Aproveitamento de Água Pluvial;
- Calcular o custo de implantação, a economia com água e esgoto e tempo de retorno do investimento com o sistema de aproveitamento de água pluvial.

1.2 JUSTIFICATIVA

O tema escolhido sobre o aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis é de grande interesse por estar diretamente relacionado a problemas que ocorrem todos os anos em várias cidades do Estado, que é a escassez de água durante no período de maio a setembro.

Postos de combustíveis apresentam grande fluxo de pessoas e consequentemente, demanda grande utilização de água não potável, seja para limpeza de banheiros e pátio, ou mesmo para lavagem de veículos. Contudo esse estudo não se destina exclusivamente a este segmento, podendo ser adotado em qualquer área, seja em residências unifamiliar, multifamiliar, comercial ou industrial, desde que seja economicamente viável.

Diante disso, vale ressaltar a importância do aproveitamento da água pluvial para diversos fins não potáveis, contribuindo com a economia de água, diminuindo os impactos causados pelo uso da água potável para fins não potáveis.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 DISPONIBILIDADES DE RECURSOS HÍDRICOS NO MUNDO

Os recursos hídricos disponíveis no mundo compreendem todos os tipos de água, seja ela superficial ou subterrânea em uma determinada região ou bacia hidrográfica, para qualquer uso.

O planeta terra é composto por aproximadamente 3/4 de água, no entanto, 97,5% de água são salgadas, localizada nos oceanos e mares, sendo imprópria para o consumo humano, os 2,5% restantes são de água doce, porém quase 69% dessa água encontram-se nas geleiras, 30% presentes nos aquíferos restando apenas 1% do total de água doce, que se encontra nos rios, lagos e reservatórios. Logo o uso desse recurso deve ser utilizado de forma racional, para que não prejudique nenhuma das finalidades que ela tem para a vida humana (TOMAZ, 2010).

A qualidade da água da chuva em algumas regiões do planeta, principalmente nas pequenas cidades e zonas rurais, é considerada boa, pois existe pouca contaminação e poluição da atmosfera. (ANDRADE NETO, 2004).

De acordo com a ONU, alertas são emitidos a países em desenvolvimento, no sentido de que aproximadamente 90% da água consumida retorna aos mananciais após a sua utilização sem nenhum tipo de tratamento, contaminando assim, rios, lagos, reservatórios e aquíferos. Conforme Figura 1 abaixo, contendo a representação da disponibilidade de água no mundo.

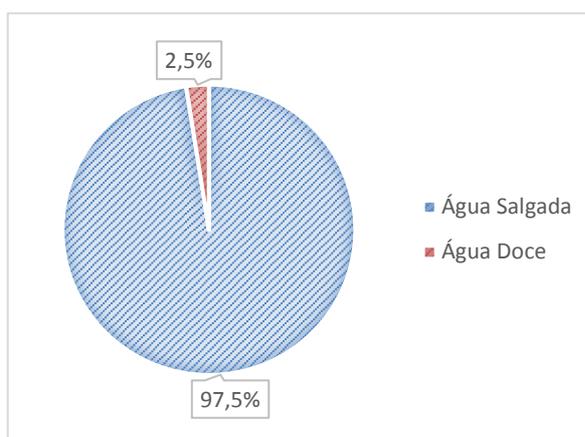


Figura 1: Disponibilidade de Água no Mundo. Fonte: (TOMAZ, 2011).

2.2 RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL

O Brasil é o país que dispõe de maior quantidade de recursos hídricos endógenos - gerados por precipitações atmosféricas sobre seu território - de superfície e subterrâneos. Tem, aproximadamente, 80% mais disponibilidade de água do que o Canadá e a China e o dobro da Indonésia e dos Estados Unidos da América (PEREIRA JUNIOR, 2004).

As principais bacias hidrográficas do Brasil são do Rio Amazonas, do Tocantins, Araguaia, do São Francisco, do Atlântico Norte Nordeste, do Uruguai, do Atlântico Leste, do Atlântico Sul e Sudeste, dos Rios Paraná e Paraguai (ANEEL, 2019).

A maior bacia hidrográfica mundial está localizada no Brasil, que é a Bacia Amazônica, com uma área de aproximadamente 6.112.000 Km², ela ocupa cerca de 42% da superfície do território brasileiro, se estendendo além da fronteira da Venezuela à Bolívia (ANEEL, 2019).

Um dos maiores reservatórios de água subterrânea do mundo é o Aquífero Guarani, com área de quase 1,2 milhões de km², e está localizado nos territórios do Brasil, Paraguai, Uruguai e Argentina. Constitui-se como a principal reserva de água subterrânea da América do Sul, com um volume estimado em 46 mil km³, sendo 71% localizado em território brasileiro (AQUÍFERO GUARANI, 2019).

O Brasil possui uma quantidade de água doce que está entre as maiores do mundo, aproximadamente 12%. Porém tem uma distribuição que apresenta maiores concentrações em determinadas regiões do país do que em outras, conforme Tabela 1 abaixo, que mostra a proporção de área territorial, disponibilidade de água e população para as regiões do Brasil.

Região	Área Territorial (%)	Concentração da População (%)	Distribuição dos Recursos Hídricos (%)
Norte	45,00	8,00	68,50
Centro-Oeste	19,00	7,00	15,70
Sul	7,00	15,00	6,50
Sudeste	11,00	43,00	6,00
Nordeste	18,00	28,00	3,30

Tabela 1: Proporção de área territorial, de população para as regiões e disponibilidade de água do Brasil (GHISL, 2013).

2.3 APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL NO MUNDO

Registros históricos indicam que os Gregos foram os primeiros a fazer uso do aproveitamento de água da chuva, no início da civilização, a aproximadamente 3.000a.C, onde a mesma era utilizada no consumo humano (TOMAZ, 2003).

Segundo Gnadlinger (2000), no início as plantações eram irrigadas através da captação da água da chuva existiam variados métodos, tinha a influência da região, do clima, baseado nisso a população foi criando e aperfeiçoando os sistemas de aproveitamento de água pluvial, devido atividade pluviométrica acontecer em poucos meses do ano e em locais variados, técnica bastante utilizada nas regiões áridas e semiáridas.

Nos tempos atuais, alguns países estão buscando melhorias tecnológicas, que auxiliem o uso deste recurso natural que é disponibilizado gratuitamente, países como Estados Unidos, Japão, China, Austrália, entre outros (ANNECCHINI, 2005).

2.4 APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL NO TOCANTINS

Foi sancionada pelo governo do estado a lei N° 3261/2017, que estabelece as políticas estaduais de captação, armazenamento e aproveitamento de águas pluviais e define normas gerais para sua promoção. Os objetivos principais da lei são:

- Conservação e uso racional da água;
- Sustentabilidade no uso dos recursos hídricos;
- Manejo adequado e crescente do volume das águas pluviais servidas;
- Incentivos econômicos para captação, armazenamento e aproveitamento das águas pluviais.

Durante a Feira Tecnológica Agropecuária do Tocantins (Agrotins) em 2016, os técnicos da Secretária Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SE-MARH) apresentaram um sistema de aproveitamento de água pluvial (SEAGRO, 2019).

Segundo a Secretária Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do estado do Tocantins (2019), os dados pluviométricos do estado são os seguintes:

- Precipitação média anual: 1.200 ≈ 2.200 (mm);
- Período chuvoso: outubro – abril

- Período de estiagem: maio – setembro

De acordo com a Agência Nacional de Águas (ANA), o Rio Tocantins tem cerca de 2.400 km de extensão, sendo o segundo maior rio 100% brasileiro, perdendo apenas para o Rio São Francisco, que tem aproximadamente 2.800 km. Sua nascente está localizada no estado de Goiás, entre as cidades goianas de Ouro Verde de Goiás e Petrolina de Goiás. Atravessando os estados de Goiás, Tocantins, Maranhão até sua foz no Pará.

O Rio Araguaia está localizado na região centro-norte do território brasileiro. Sua nascente fica na Serra do Caiapó, cidade de Mineiros (estado de Goiás). Ele corre em direção norte, desaguando no rio Tocantins. Ele passa pelo território de quatro estados: Goiás, Mato Grosso, Tocantins e Pará. Ele é o segundo rio mais importante da Bacia Hidrográfica do Araguaia-Tocantins. Sua extensão é de 2.115 km, uma curiosidade sobre o Rio Araguaia, nele está localizada a maior ilha fluvial do mundo, a Ilha do Bananal (SCHIAVETTI & CAMARGO, 2002), conforme a Figura 2 abaixo, ilustrando a Bacia Araguaia – Tocantins.



Figura 2: Bacia Araguaia – Tocantins (ANA, 2019)

2.5 LEGISLAÇÃO MUNICIPAL SOBRE O APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL EM PALMAS-TO.

Foi sancionado Prefeitura de Palmas (2014), o Decreto 747, que regulamenta os procedimentos que devem ser adotados sobre o despejo de águas pluviais e residuais. Através do decreto, ficou estabelecido que:

- Fica vedado o lançamento de águas pluviais na rede de esgoto sanitário, devendo ser lançada no sistema de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas;
- Vedado o lançamento de águas residuais, como uso em piscinas, no sistema de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas, deve ser destinado à rede de esgoto sanitário.

Caso o usuário descumpra de qualquer um dos pontos do decreto, estará sujeito a penalidades financeiras, com valor variando de R\$ 50,00 à R\$ 14.000,00.

2.6 DESPERDÍCIO DE ÁGUA POTÁVEL

Conforme Marinoski (2007), entre todos os recursos naturais disponíveis no mundo, a água doce hoje é o mais ameaçado, seja pela qualidade ou pela escassez. As intensas degradações que o meio ambiente vem sofrendo, afeta cada vez mais a disponibilidade dos recursos hídricos em quantidade e qualidade aceitável. Porém não é só isso, outro fator que tem chamado bastante a atenção, é o desperdício dos recursos hídricos, isso vem acontecendo de formas variadas em todo o mundo, principalmente nas grandes cidades. Isso gera uma preocupação muito grande, pois é de conhecimento de todos que, a água potável é um recurso natural finito, e que hoje está cada vez mais escasso.

Para Deves (2008), a legislação brasileira considera as águas das chuvas como esgoto, por não haver um aproveitamento da água pluvial, geralmente ela é lançada dos telhados e pisos das edificações diretamente para as bocas de lobo, com isso, acaba levando impurezas para um manancial, local onde pode ocorrer a captação de água para consumo.

A água potável é usada nas edificações para atividades distintas, como: manuseio e preparo de alimentos, higiene pessoal e ambiental, entre outros.

Contudo uma parcela é utilizada em fins não potáveis, como limpeza de banheiros, vasos sanitários, jardins, limpeza de veículos e calçadas, é aí que deveria ser utilizada água de chuva (MARINOSKI, 2007).

A falta de conscientização a respeito da importância da água ainda é muito grande, segundo o Ministério das Cidades (2019), de toda a água tratada no país, 38,8% é desperdiçada, causado por vazamentos nas tubulações, erros de leitura nos hidrômetros, roubos e fraudes, isso não leva em conta o desperdício dentro das residências.

2.7 VANTAGENS E DESVANTAGENS DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS

Existem algumas vantagens e desvantagens no sistema de aproveitamento de águas pluviais.

2.7.1 Vantagens:

Segundo MAY (2004) os pontos positivos são:

- Redução e conseqüentemente o custo da água potável, que é fornecida pela concessionária responsável pelo abastecimento;
- A não utilização de água potável onde não tem necessidade, como vasos sanitários e jardins;
- Diminuição dos riscos de enchentes e um dos pontos mais importantes, que é a preservação do meio ambiente.

Podemos apresentar outros pontos positivos do aproveitamento de água pluvial (SIMIONI et al., 2004):

- Aproveitamento das estruturas existentes na edificação (telhado, lajes e rampas);
- Impacto ambiental reduzido;
- Cria uma reserva para emergência, quando ocorrer algum tipo de interrupção no fornecimento de água pela companhia;
- Complementa o sistema tradicional.

2.7.2 Desvantagens:

Segundo MAY (2004) os pontos negativos são:

- Depende da quantidade de chuva;
- Qualidade da água vulnerável.

Todavia para o projeto de aproveitamento de água pluvial ser viável, dependerá exclusivamente de: precipitação na cidade em questão, a área em que será realizada a captação de água da chuva e por fim, se a demanda de água será suficiente.

A água de chuva pode ser utilizada em várias atividades com fins não potáveis no setor residencial, comercial, industrial e agrícola. Na área residencial, pode-se utilizar água pluvial nos vasos sanitários, lavagem de roupas, limpeza de pisos e em jardins. Já no setor comercial, ela pode ser usada para limpeza de pátio, descargas de vasos sanitários, limpeza de banheiro, entre outros. Na área industrial, pode ser utilizado para climatização interna, resfriamento evaporativo, limpeza de máquinas e escritórios, lavagem de pátio. Na agricultura, seu uso se dá na irrigação de plantações (MAY & PRADO, 2004).

2.8 COMPONENTES DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS

Segundo MAY (2004), o sistema de aproveitamento de água pluvial, é composto por seis componentes básicos: captação, transporte, filtros, armazenamento, distribuição e utilização.

2.8.1 Captação

O telhado é utilizado para captação de água pluvial na maior parte dos casos, pois a água captada é de melhor qualidade, porém existem outros locais onde a água pode ser coletada, como: lajes, pátios, rampas, calçadas e estacionamentos (MAY, 2004).

2.8.2 Transporte

A água captada pelas calhas é transportada até a parte inferior da edificação pelos condutores verticais (FRANCESCHINI, 2009).

Os materiais mais utilizados em calhas são PVC e Metálicos.

2.8.3 Filtros

Os dispositivos de filtração são colocados antes dos reservatórios de armazenamento, constituído por filtro normal e vários filtros menores, que removem as impurezas, antes da água ser armazenada (MAY, 2004).

2.8.4 Reservatório

Segundo MAY (2004), o reservatório para armazenamento é o componente mais caro de todo o sistema, o tamanho do tanque dependerá de vários fatores, como a precipitação do local, área para captação da água, quantidade consumida e orçamento disponível do projeto. Será utilizado reservatório inferior para receber a água da chuva e outro reservatório superior, para distribuição.

2.8.5 Bombas de Recalque

As bombas são responsáveis por enviar a água do reservatório inferior enterrado, para o reservatório superior, será dimensionada conforme dados do sistema (MAY, 2004).

2.8.6 Distribuição

A tubulação do sistema de distribuição de aproveitamento de água da chuva deve possuir avisos e coloração diferenciada da tubulação de água potável (COHIM et. al, 2007).

2.8.7 Utilização para fins não potáveis

Por fim, temos a utilização da água pluvial para fins não potáveis.

A Figura 3 representa o esquema do funcionamento do sistema de aproveitamento de água pluvial em residências.



Figura 3: Esquema do funcionamento do sistema de aproveitamento de água pluvial em residências. Fonte: (Porte Jr, 2019).

2.9 DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIOS

A NBR 15527/2007, estabelece alguns métodos para dimensionamento do reservatório de água pluvial, é preciso ter cuidado com o método adotado, pois conforme citado anteriormente, o reservatório é o componente mais caro do sistema.

Deve-se levar em consideração que o dimensionamento do reservatório tem por finalidade estabelecer a capacidade em m³ de água que atenda ao máximo sem onerar muito o valor do projeto.

Abaixo alguns dos métodos de dimensionamento de reservatório estabelecidos na NBR 15527/2007:

- Método de Rippl;
- Método prático alemão;
- Método prático australiano;
- Método prático inglês;
- Método prático brasileiro (Azevedo Neto);
- Método da simulação;
- Programa computacional Netuno.

2.9.1 Método de Rippl

De acordo com Tomaz (2010), o método de Rippl é o mais fácil e simples de ser empregado no aproveitamento de água pluvial.

Segundo Ghisi (2013), utiliza o método de cálculo do volume de armazenamento necessário para garantir uma vazão regularizada constante durante o período mais crítico de estiagem observado.

2.9.2 Método Prático Alemão

Este método obtém o volume armazenado de água através de uma forma empírica e também muito simples. O mesmo pode ser aplicado em 24 séries, porém de forma anualizada. Assim ele toma como volume do reservatório o menor valor entre 6 % do volume anual de consumo ou 6% do volume anual de precipitação aproveitável (FONTANELA, 2010).

2.9.3 Método Prático Australiano

Tratar de uma metodologia empírica, o mesmo não se preocupa com a eficiência do sistema, em termos de análise de aproveitamento da chuva e o consumo, sendo o volume obtido aumentado linearmente conforme a área que se tem disponível para a coleta da chuva (FONTANELA, 2010).

2.9.4 Método Prático Inglês

De acordo com o método prático inglês, o reservatório é calculado através da multiplicação da média dos totais anuais de precipitação pela área da superfície de captação e pelo coeficiente de 0,05 (ABNT, 2007), desta forma, nesse método haverá variação apenas entre as áreas de captação das edificações (FONTANELA, 2010).

2.9.5 Método Prático Brasileiro (Azevedo Neto)

O método de Azevedo Neto é o primeiro método empírico apresentado na NBR 15527/2007. Esse método utiliza uma série de precipitação de forma anual relacionado com a quantidade de meses com pouca chuva ou seca. Sendo que, é estabelecido como volume ideal do reservatório, 4,2% do produto entre o volume de

chuva coletada pela área de captação e o período de meses com pouca chuva ou seca (FONTANELA, 2010).

2.9.6 Método da Simulação

É realizado um balanço de massa pela contabilização de entradas e saídas do reservatório. Sem levar a evaporação da água da chuva em conta, aplica-se a equação da continuidade a um reservatório finito, em um determinado mês (FONTANELA, 2010).

2.9.7 Programa Computacional Netuno

Possui a precisão e à natureza dos dados por ele apresentados. O software gera dados sobre o volume ideal para o reservatório, a estimativa da potencial economia de água potável por meio do aproveitamento de água pluvial, a estimativa de dias em que a demanda de água pluvial será atendida, a possível economia em contas de água, o tempo de retorno do investimento, entre outros (BUENO et. al, 2012).

3 METODOLOGIA

3.1 ÁREA EXPERIMENTAL

O posto de combustível onde foi desenvolvido o estudo está localizado na Quadra 712 Sul, na cidade de Palmas-TO, conforme Figura 4 abaixo.

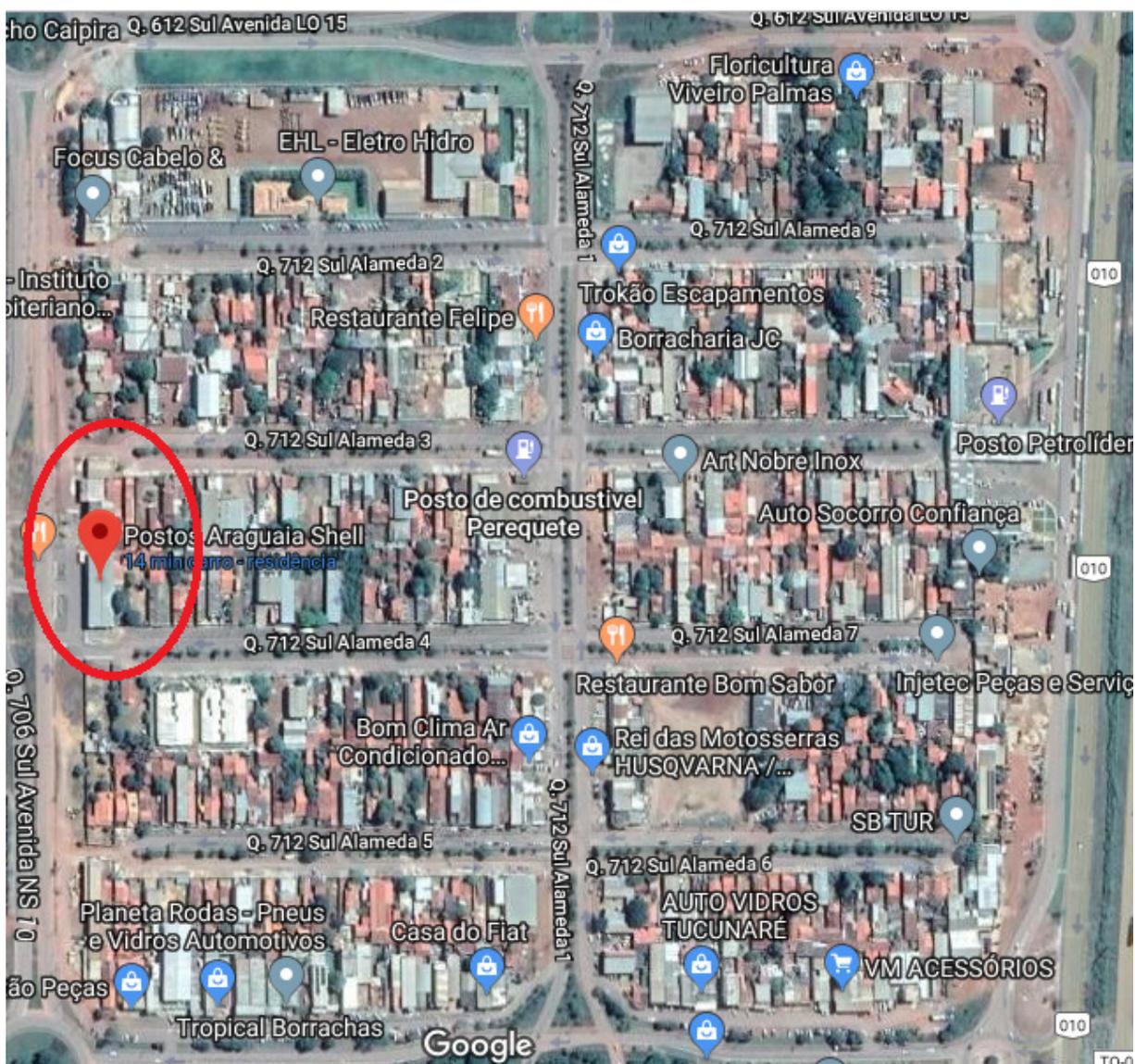


Figura 4: Localização do posto de combustível.
Fonte: (Google Maps, 2019).

3.2 OBTENÇÃO DOS DADOS PLUVIOMÉTRICOS

Foi realizada a análise do Volume de Água Pluvial na cidade de Palmas-TO, através da precipitação acumulada por mês, numa série hidrológica de 10 anos, esses dados pluviométricos podem ser obtidos pelo BDMEP – Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (INMET).

O consumo diário foi quantificado através de levantamento de dados, caracterizando os tipos de uso e demandas de consumo, conforme os pontos de água em estudo.

Já o consumo de água potável durante o ano, foi obtido através da consulta aos dados junto à concessionária de água responsável, referente ao período dos últimos 12 meses.

3.3 DIMENSIONAMENTO DA REDE PLUVIAL

Com os dados necessários obtidos, realizou-se o dimensionamento da rede pluvial do empreendimento. A mesma foi dimensionada de acordo com a NBR 10844/89 – Instalações Prediais de Águas Pluviais.

3.3.1 Volume de Água Captado

Iniciado o dimensionamento, e em posse dos dados, calculou-se o volume de água captado no telhado, através da fórmula abaixo.

$$Vol = At \times P \times C$$

Onde:

Vol = volume (m³);

At = área do telhado (m²);

P = precipitação média (mm)

C+ coeficiente 80%

3.3.2 Cálculo da Vazão

Com os dados pluviométricos obtidos da região onde está localizado o posto de combustível, realizou-se o cálculo da vazão coletada pelas calhas do sistema.

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

Onde:

Q = vazão (l/min);

I = Intensidade pluviométrica (mm/h);

A = Área de contribuição do telhado (m²).

3.3.2 Dimensionamento das Calhas

O terceiro passo realizado foi o dimensionamento das calhas, conforme determinação da NBR a inclinação mínima de 0,5%, posteriormente definiu-se o material da calha, os mais usuais são: Chapas metálicas e PVC.

Para o dimensionamento das calhas, utilizou-se a fórmula de Manning Stricklere a equação da continuidade a seguir:

$$Q = \frac{K \times S \times \left(\sqrt[3]{Rh^2}\right) \times (\sqrt{I})}{n} \quad \text{Equação}$$

$$Rh = \frac{\text{Área molhada}}{\text{Perímetro molado}} \quad \text{Equação}$$

Onde:

Q = vazão da calha (l/min);

K = 60.000 - coeficiente de transformação (m³/s ou l/min);

S = área molhada (m²);

Rh = Raio hidráulico (m);

I = declividade da calha (m/m);

n = coeficiente de rugosidade (tabela)

3.3.3 Dimensionamento dos Condutores Verticais

A quarta etapa tratou do dimensionamento dos condutos verticais de água pluviais, para isso utilizou-se preciso dos seguintes dados: vazão coletada pelas calhas, altura do conduto e altura da água na calha, de posse desses valores, devemos analisar juntamente com o gráfico de dimensionamento de condutos verticais.

Porém a NBR afirma que o diâmetro mínimo é de 75 mm, porém a recomendação é de que se utilizem condutores verticais com diâmetro de 100 mm.

3.3.4 Dimensionamento dos Condutores Horizontais

O quinto e último passo baseou-se no dimensionamento dos condutores horizontais, a NBR 10844/89, estabelece uma inclinação mínima de 0,5%, igual à utilizada nas calhas, determina também a utilização de caixa de inspeção quando: houver conexões com outras tubulações, alteração de declividade, mudança de direção ou a cada 20 metros.

A norma afirma também que para a determinação da capacidade de condutores horizontais, realize-se a confrontação do coeficiente de Manning com a inclinação e o diâmetro da tubulação na tabela de capacidade fornecida pela NBR 10844/89.

3.4 CONJUNTO MOTOBOMBA

Calculada a capacidade dos reservatórios, realizou-se o dimensionamento da potência do conjunto motobomba, equipamento responsável pelo transporte da água coletada para os reservatórios. Para a realização do cálculo foi utilizado o peso específico da água, a vazão de bombeamento e a altura manométrica total, que é a soma da Altura de Sucção, com Altura de Recalque, Perda de Carga Localizada e a Perda de Carga Distribuída.

3.4.1 Cálculo da Potência da Bomba

Fórmula utilizada para obtenção do cálculo da potência da bomba:

$$\text{Pot} = \frac{\gamma \times H_{\text{man}} \times Q}{75 \times n}$$

Onde:

Pot = potência da bomba (cv);

γ = peso específico da água (1.000 kgf/m³);

H_{man} = altura manométrica total (perdas de carga local e distribuída em m);

Q = vazão (m³/s);

n = rendimento do conjunto (entre 50% a 80%);

75 = coeficiente fixo.

3.5 CUSTO COM IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA

Para o custo de implantação, foi considerada a necessidade de implantar reservatórios inferiores, onde a água da chuva é depositada e os reservatórios superiores destinados exclusivamente à água da chuva. Fez-se necessária também a construção de rede de alimentação de água pluvial, construída paralelamente à rede de alimentação de água potável, atendendo os pontos de utilização demarcados no projeto.

3.6 CÁLCULO DE ECONOMIA DA TAXA DE ÁGUA TRATADA

Após a coleta dos dados de consumo de água dos últimos 12 meses, eles foram processados e o realizado o cálculo de economia da taxa de água tratada da seguinte maneira:

Economia Taxa de Água Tratada:

Economia Taxa de Água: $\left(\sum \text{consumo de água fornecido pela BRK últimos 12 meses} \right)$ Equação 1

Economia Taxa de Água: $\left(\sum \text{consumo de água pelo sistema de aproveitamento} \right)$ Equação 2

Economia Taxa de Água: Equação 1 – Equação 2

3.7 CÁLCULO DE ECONOMIA DA TAXA DE ESGOTO

Como a água coletada pelo sistema de aproveitamento de água pluvial não será registrada pelo hidrômetro, devemos levar em consideração que não será cobrada a taxa de esgoto pela utilização da água pluvial, a taxa de tratamento de esgoto cobrada pela companhia de água da cidade de Palmas-TO, é de 80%, acrescida com base no consumo de água tratada, portanto deve-se utilizar a seguinte equação para determinar a economia com a taxa de esgoto:

Economia Taxa de Esgoto:

Economia Taxa de Esgoto: $\left(\sum \text{Taxa de esgoto fornecido pela BRK últimos 12 meses} \right)$ Equação 1

Economia Taxa de Esgoto: $(\sum \text{taxa de esgoto pelo sistema de aproveitamento})$ Equação 2

Economia Taxa de Esgoto: Equação 1 – Equação 2

3.8 CÁLCULO DE ECONOMIA ANUAL

O próximo passo é o cálculo da economia de água e esgoto durante um ano, conforme fórmula a seguir:

- Economia de água tratada: $\sum Ta$;
- Economia da taxa de esgoto: $\sum Te$.

Economia anual: $\sum Ta + \sum Te$

3.9 TEMPO DE RETORNO DO INVESTIMENTO

O cálculo realizado para saber quantos anos será o tempo de retorno do investimento no sistema de aproveitamento de água pluvial é feito da seguinte maneira:

$$VPL = \sum_{i=1}^{\infty} \frac{Fc_j}{(1 + TMA)^i} - I_i$$

Onde:

Fc = Economia anual;

TMA = Inflação estimada do IPCA;

I_i = Investimento inicial.

3.10 FLUXOGRAMA DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL

Com base nos resultados obtidos, sendo o sistema de aproveitamento de água pluvial ambientalmente, financeiramente e socialmente viável, ele deverá seguir a Figura 5 do fluxograma abaixo:

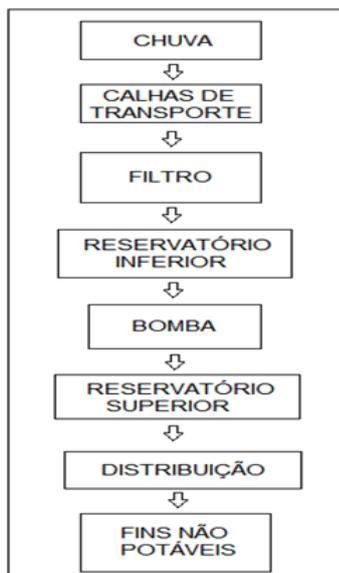


Figura 5: Fluxograma do sistema de aproveitamento de água pluvial (Autor, 2019).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 ÍNDICE PLUVIOMÉTRICO

A análise dos índices pluviométricos foi realizada através da coleta dos dados da série histórica dos últimos 10 anos, no Bando de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (INMET, 2019), conforme Tabela 2 abaixo:

ÍNDICE PLUVIOMÉTRICO MENSAL (mm)											
Mês	ANO										MÉDIA
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	
Jan	160,10	436,90	354,20	378,80	289,10	291,40	152,60	429,60	424,10	273,40	319,02
Fev	353,80	206,10	327,30	247,80	197,20	281,10	201,30	4,80	288,80	345,40	245,36
Mar	168,70	462,50	352,40	121,00	369,40	363,60	145,30	161,70	207,40	182,00	253,40
Abr	130,40	82,80	218,80	92,80	105,30	179,80	308,00	80,50	163,90	251,40	161,37
Mai	285,10	25,60	9,80	63,30	24,90	52,30	103,70	2,60	17,80	0,40	58,55
Jun	40,10	0,20	0,00	8,80	24,20	0,00	0,00	18,20	0,00	0,00	9,15
Jul	0,00	0,00	2,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,22
Ago	0,40	0,00	0,00	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	2,70	0,33
Set	80,70	18,00	0,00	0,00	10,50	82,00	97,90	100,10	0,00	23,50	41,27
Out	213,70	222,10	228,10	31,30	114,50	155,40	132,90	38,00	21,60	200,30	135,79
Nov	172,00	189,40	210,50	326,20	281,00	191,10	102,60	180,90	197,10	410,10	226,09
Dez	316,30	162,00	302,40	227,90	433,00	247,20	149,40	254,10	343,00	231,70	266,70
TOTAL	1.921,30	1.805,60	2.005,70	1.497,90	1.849,30	1.843,90	1.393,70	1.270,50	1.663,70	1.920,90	1.717,25

Tabela 2: Índice pluviométrico mensal (INMET, 2019)

A partir dos dados apresentados na Tabela 2 acima, foi possível obter a precipitação média dos últimos 10 anos, 1.717,25 mm/ano, valor esse que foi utilizado nos cálculos a seguir.

4.2 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL

4.2.1 Consumo anual médio de água potável

Através de análise das faturas dos últimos 12 meses, foi possível quantificar o consumo anual médio de água per capita fornecida pela concessionária BRK, conforme demonstrado na Tabela 3 abaixo foi considerado o total de 15 funcionários.

CONSUMO MENSAL DE ÁGUA POTÁVEL			
Mês	Consumo Água (m³)	Usuários	Consumo Per Capita (m³)
10/2018	28	15	1,87
11/2018	27	15	1,80
12/2018	27	15	1,80
01/2019	21	15	1,40
02/2019	28	15	1,87
03/2019	29	15	1,93
04/2019	25	15	1,67
05/2019	22	15	1,47
06/2019	25	15	1,67
07/2019	32	15	2,13
08/2019	27	15	1,80
09/2019	32	15	2,13
MÉDIA/ANO	27	15	1,80

Tabela 3: Consumo anual médio de água potável (Autor, 2019)

Através dos dados obtidos na Tabela 3 acima, foi possível determinar o consumo médio anual de água per capita de 1,80 m³.

4.2.2 Volume de água pluvial captado

O volume de água pluvial captado no imóvel foi realizado através das áreas de contribuição da edificação, obtidas no projeto de cobertura do imóvel, de acordo com a norma NBR 10844/1989, a área total de captação é de 847,32 m².

Não foram levadas em consideração as áreas impermeabilizadas, como calçadas e área de pista de abastecimento, pois como se trata de um posto de combustível, existe a possibilidade de a água presentes nestes locais estar contaminadas por combustível. A Tabela 4 a seguir, apresenta o volume máximo mensal de água pluvial captada pelo telhado:

VOLUME MÁXIMO ANUAL DE ÁGUA PLUVIAL CAPTADA				
(Área captação X Precipitação mensal X C)				
Mês	Área Captação (m²)	Precipitação Média Mensal (mm)	C (80%)	Volume Máximo Captado (m³)
JAN	847,32	319,02	0,80	216,25
FEV	847,32	245,36	0,80	166,32
MAR	847,32	253,40	0,80	171,77
ABR	847,32	161,37	0,80	109,39
MAI	847,32	58,55	0,80	39,69
JUN	847,32	9,15	0,80	6,20
JUL	847,32	0,22	0,80	0,15
AGO	847,32	0,33	0,80	0,22
SET	847,32	41,27	0,80	27,98
OUT	847,32	135,79	0,80	92,05
NOV	847,32	226,09	0,80	153,26
DEZ	847,32	250,70	0,80	180,78
TOTAL/ANO				1.164,05

Tabela 4: Cálculo do volume máximo anual de água pluvial captada (Autor, 2019).

4.2.3 Cálculo da vazão

O cálculo da vazão foi realizado através da fórmula abaixo, onde se utilizou os dados da intensidade pluviométrica.

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

$$Q = \frac{0,1960 \times 847,32}{60}$$

$$Q \approx 2,77 \text{ l/min}$$

Onde:

Q = vazão (l/min);

I = Intensidade pluviométrica ((1.717,25 mm/ano / 8760 h/ano) = 0,1960 mm/h);

A = Área de contribuição do telhado (847,32 m²).

4.2.4 Dimensionamento das calhas

As calhas utilizadas já se encontram presentes na edificação, elas foram confeccionadas em aço galvanizado, conforme preconiza a norma 10844/89, são do tipo quadradas e localizadas na parte central da cobertura, de acordo com Figura 6 ilustrativa abaixo:

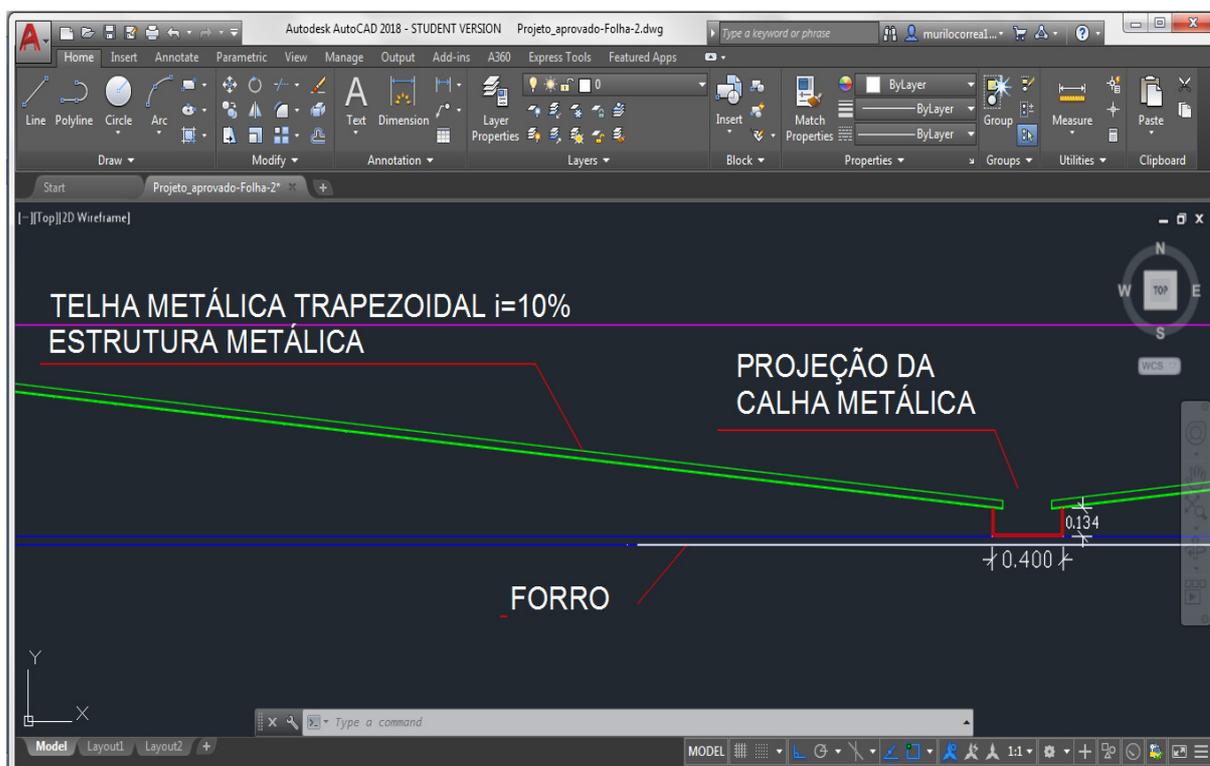


Figura 6: Projeção da calha (Autor, 2019).

4.2.5 Dimensionamento dos Condutores Verticais

Os condutores verticais utilizados foram os que já se encontravam na edificação, com diâmetro de 100 mm.

4.2.6 Dimensionamento dos Condutores Horizontais

Os condutores horizontais utilizados foram os que já se encontravam na edificação, com diâmetro de 100 mm.

4.2.7 Conjunto Motobomba

Com base no projeto do posto de combustível, foi possível identificar a diferença de nível da edificação até o ponto de instalação dos reservatórios, totalizando 7,40 m, foram consideradas também as perdas de cargas localizadas e distribuídas, chegando à altura manométrica total de 9 m.

4.2.7.1 Cálculo da Potência da Bomba

Fórmula utilizada para obtenção do cálculo da potência da bomba:

$$\text{Pot} = \frac{\gamma \times H_{\text{man}} \times Q}{75 \times n} \rightarrow \text{Pot} = \frac{1000 \times 9 \times 0,00277}{75 \times 0,75}$$

$$\text{Pot} = 0,443 \text{ cv} \approx 1/2 \text{ cv} \approx 370 \text{ watts}$$

Onde:

Pot = potência da bomba (cv);

γ = peso específico da água (1.000 kgf/m³);

H_{man} = altura manométrica total (m);

Q = vazão (m³/s);

n = rendimento do conjunto (entre 50% a 80%);

75 = coeficiente fixo.

Dados da Bomba Submersa:

Tipo: Recalque
Potência: 380W (0,52 cv);
Tensão: 220V monofásica;
Vazão Máx.: 2.6 m³/h;
Vazão Min.: 0.5 m³/h;
Altura Máx.: 70 mca;
Altura Min.: 10 mca

**Dados da Bomba Submersa:**

Tipo: Descarte (Ladrão)
Potência: 380W (0,52 cv);
Tensão: 220V monofásica;
Vazão Máx.: 2.6 m³/h;
Vazão Min.: 0.5 m³/h;
Altura Máx.: 70 mca;
Altura Min.: 10 mca



Figura 7: Bombas submersas de recalque e descarte (Autor, 2019).

4.2.8 Dimensionamento do Reservatório

Para o dimensionamento do reservatório, foi utilizado o Método da Simulação, pois é baseado no fator pluviométrico, ideal para regiões com meses em que há déficit de chuva, o método consiste na simulação de volumes predefinidos, foram utilizados volumes diferentes para o reservatório afim de comparação, sendo os seguintes valores: 21 m³ e 51 m³, conforme demonstrado nas Tabelas 5 e 6 abaixo:

Coef. Runoff: 0,8

Volume Reserv. (m³): 21

Mês	Chuva Méd. Mês (mm)	Demanda Mês (m ³)	Área Captação (m ²)	Vol. Chuva Mês (m ³)	Vol. Reserv. Fixo (m ³)	Vol. Res. no tempo (t-1) (m ³)	Vol. Res. no tempo (m ³)	Overflow (m ³)	Suprim. Externo (m ³)
Col. 1	Col. 2	Col. 3	Col. 4	Col. 5	Col. 6	Col. 7	Col. 8	Col. 9	Col. 10
Jan	319,02	19	847,32	216,25	21	0	21	176	0
Fev	245,36	19	847,32	166,32	21	21	21	147	0
Mar	253,40	19	847,32	171,77	21	21	21	153	0
Abr	161,37	19	847,32	109,39	21	21	21	90	0
Mai	58,55	19	847,32	39,69	21	21	21	21	0
Jun	9,15	19	847,32	6,20	21	21	8	0	0
Jul	0,22	19	847,32	0,15	21	8	-11	0	11
Ago	0,33	19	847,32	0,22	21	0	-19	0	19
Set	41,27	19	847,32	27,98	21	0	9	0	0
Out	135,79	19	847,32	92,05	21	9	9	61	0
Nov	226,09	19	847,32	153,26	21	9	9	134	0
Dez	266,70	19	847,32	180,78	21	9	9	162	0
TOTAL	1.717,25	228	-	1.164,05	-	-	-	944	30

Tabela 5: Cálculo do volume do reservatório de água captada 21 m³ (Autor, 2019).

Coef. Runoff: 0,8

Volume Reserv. (m³): 51

Mês	Chuva Méd. Mês (mm)	Demanda Mês (m ³)	Área Captação (m ²)	Vol. Chuva Mês (m ³)	Vol. Reserv. Fixo (m ³)	Vol. Res. no tempo (t-1) (m ³)	Vol. Res. no tempo (m ³)	Overflow (m ³)	Suprim. Externo (m ³)
Col. 1	Col. 2	Col. 3	Col. 4	Col. 5	Col. 6	Col. 7	Col. 8	Col. 9	Col. 10
Jan	319,02	19	847,32	216,25	51	0	51	146	0
Fev	245,36	19	847,32	166,32	51	51	51	147	0
Mar	253,40	19	847,32	171,77	51	51	51	153	0
Abr	161,37	19	847,32	109,39	51	51	51	90	0
Mai	58,55	19	847,32	39,69	51	51	51	21	0
Jun	9,15	19	847,32	6,20	51	51	38	0	0
Jul	0,22	19	847,32	0,15	51	38	19	0	0
Ago	0,33	19	847,32	0,22	51	19	0	0	0
Set	41,27	19	847,32	27,98	51	0	9	0	0
Out	135,79	19	847,32	92,05	51	9	51	31	0
Nov	226,09	19	847,32	153,26	51	51	51	134	0
Dez	266,70	19	847,32	180,78	51	51	51	162	0
TOTAL	1.717,25	228		1.164,05	-	-	-	884	0

Tabela 6: Cálculo do volume do reservatório de água captada 51 m³ (Autor, 2019).

Após realização do dimensionamento do reservatório, foi feita a análise de comparação dos resultados obtidos e a capacidade de armazenagem escolhida para os reservatórios foi de 21 m³, para não aumentar muito custo com os equipamentos e materiais. Então foi definido a utilização de 4 (quatro) caixas d'água de 5 m³ como reservatório inferior e 1 (uma) caixa d'água de 1 m³ como reservatório superior, onde a mesma será acomodada na laje da edificação, dispensando assim a construção de uma plataforma metálica para acomodação do reservatório. Foi dimensionado um conjunto motobomba para ser utilizado como descarte de água (ladrão), quando houver situações de muita chuva e os reservatórios estejam em sua capacidade máxima, fazendo o descarte da água sobressalente na rede pluvial existente.

4.2.9 Custo com Implantação do Sistema

O custo para a implantação do sistema, que foi obtido após o dimensionamento da rede pluvial, onde foi realizado cotação dos materiais e equipamentos necessários através de pesquisa média de preço em lojas de materiais de construção em Palmas-TO e da mão de obra necessária para instalação.

Foi realizado também o cálculo do consumo de energia elétrica do conjunto motobomba de recalque, o custo de energia fornecido pela Energisa é de R\$ 0,85/kWh, o tempo de funcionamento para abastecer o reservatório superior de 1 m³ será de 1h/dia, para fins de cálculo, foi considerado 30 dias no mês. Para a motobomba de descarte, será descartado 904 m³ do volume total de água pluvial captada, já considerando a água utilizada pelo sistema com base no consumo mensal, portanto a bomba de descarte funcionará 20 min/dia. O tempo de utilização do conjunto motobomba será de 1,33/dia, durante 7 meses, que são os meses de chuva no ano. Portanto as horas utilizadas no ano serão: 1,333h/dia x 210 dias ≈ 280h/ano.

Com base na Figura 8 onde está representado o corte de edificação, foi possível realizar orçamento do custo com a mão de obra, serão necessários 5 dias para execução do serviço, com jornada de 8h/dia, o valor é de R\$ 250,00/hora, incluso um encanador/eletricista e um ajudante, conforme indicado na Tabela 7 abaixo:

CUSTO COM IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA				
ITEM	UND	QTD	VALOR UNIT. (R\$)	VALOR TOTAL (R\$)
Caixa D'água 5 m ³ - Inferior	Und.	4	2.246,50	8.986,00
Caixa D'água 1 m ³ - Superior	Und.	1	300,00	300,00
Bomba Submersa 380 W Recalque e Descarte	Und.	2	260,00	520,00
Boia Elétrica	Und.	3	32,00	96,00
Disjuntor 16A	Und.	2	7,80	15,60
Tubulação 25 mm	Mt.	18	1,80	32,40
Conexões 25 mm	Und.	1	150,00	150,00
Cola p/ cano 75g	Und.	1	6,00	6,00
Cabo flexível 2,5 mm	Mt	50	0,90	45,00
Fita Isolante 50 m	Und.	2	7,00	14,00
Custo com Energia/ano	kWh	280	0,85	238,00
Mão de Obra*	Sv.	1	1.250,00	1.250,00
TOTAL				11.653,00

Tabela 7: Custo com implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial (Autor, 2019).

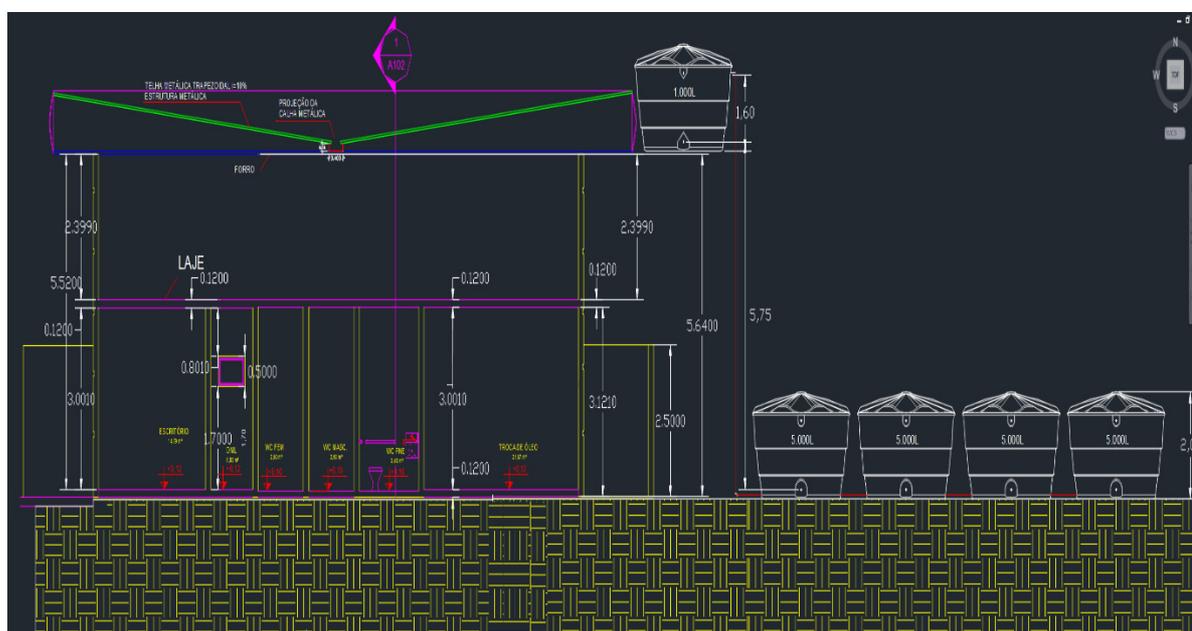


Figura 8: Corte da edificação (Autor, 2019).

4.2.10 Cálculo de Economia da Taxa de Água Tratada

Para realizar o cálculo de determinação da economia da taxa de água tratada foi considerado que 70% da média anual de água fornecida pela BRK nos últimos 12 meses sejam utilizadas para fins não potáveis, totalizando 19 m³.

Através de consulta realizada no site da BRK, foi obtido o valor do m³ de água para fins comerciais, conforme representação a seguir:

A Tabela 8 abaixo representa o consumo atual de água fornecida pela concessionária BRK nos últimos 12 meses.

CONSUMO ATUAL DE ÁGUA FORNECIDA PELA BRK			
Mês	Valor m³ BRK (R\$)	Qtde Consumida (m³)	TOTAL (R\$)
Out/18	13,88	28	388,64
Nov/18	13,88	27	374,76
Dez/18	13,88	27	374,76
Jan/19	13,88	21	291,48
Fev/19	13,88	28	388,64
Mar/19	13,88	29	402,52
Abr/19	13,88	25	347,00
Mai/19	13,88	22	305,36
Jun/19	13,88	25	347,00
Jul/19	13,88	32	444,16
Ago/19	13,88	27	374,76
Set/19	13,88	32	444,16
TOTAL			4.483,24

Tabela 8: Consumo atual de água fornecida pela BRK (Autor, 2019).

O Consumo de água pelo sistema de aproveitamento pluvial é representada pela Tabela 9 a seguir.

CONSUMO DE ÁGUA PELO SISTEMA DE APROVEITAMENTO				
Mês	Valor m³ BRK (R\$)	Consumo BRK (m³)	Consumo Sistema (m³)	TOTAL (R\$)
Out/18	13,88	10,00	18,00	138,80
Nov/18	13,88	10,00	17,00	138,80
Dez/18	13,88	10,00	17,00	138,80
Jan/19	13,88	10,00	11,00	138,80
Fev/19	13,88	10,00	18,00	138,80
Mar/19	13,88	10,00	19,00	138,80
Abr/19	13,88	10,00	15,00	138,80
Mai/19	13,88	10,00	12,00	138,80
Jun/19	13,88	24,30	0,07	337,28
Jul/19	13,88	32,00	0,00	444,16
Ago/19	13,88	27,00	0,00	374,76
Set/19	13,88	17,90	14,10	248,45
TOTAL				2.515,06

Tabela 9: Consumo de água pelo sistema de aproveitamento de água pluvial (Autor, 2019).

A economia anual de água tratada com o sistema aproveitamento de água pluvial é representada na Tabela 10 abaixo.

ECONOMIA ANUAL DE ÁGUA TRATADA	
Fornecimento de Água atual BRK Últimos 12 meses	4.483,24
Consumo de Água do Sistema de Aproveitamento	- 2.515,06
Saldo	1.968,18

Tabela 10: Economia anual de água tratada (Autor, 2019).

4.2.11 Cálculo de Economia da Taxa de Esgoto

O cálculo utilizado para determinar a economia da taxa de esgoto foi realizado conforme os dados obtidos no item anterior 4.2.10., conforme Tabelas 11, 12 e 13, representadas a seguir.

TAXA DE ESGOTO ATUAL FORNECIDA PELA BRK				
Mês	Valor m³ Água BRK (R\$)	Consumo Água BRK (m³)	Taxa de Esgoto (%)	TOTAL (R\$)
Out/18	13,88	28	80	310,91
Nov/18	13,88	27	80	299,81
Dez/18	13,88	27	80	299,81
Jan/19	13,88	21	80	233,18
Fev/19	13,88	28	80	310,91
Mar/19	13,88	29	80	322,02
Abr/19	13,88	25	80	277,60
Mai/19	13,88	22	80	244,29
Jun/19	13,88	25	80	277,60
Jul/19	13,88	32	80	355,33
Ago/19	13,88	27	80	299,81
Set/19	13,88	32	80	355,33
TOTAL				3.586,59

Tabela 11: Taxa de Esgoto atual fornecida pela BRK (Autor, 2019).

TAXA DE ESGOTO PELO SISTEMA DE APROVEITAMENTO				
Mês	Valor m³ Água BRK (R\$)	Consumo Água BRK (m³)	Taxa de Esgoto (%)	TOTAL (R\$)
Out/18	13,88	10,00	80	111,04
Nov/18	13,88	10,00	80	111,04
Dez/18	13,88	10,00	80	111,04
Jan/19	13,88	10,00	80	111,04
Fev/19	13,88	10,00	80	111,04
Mar/19	13,88	10,00	80	111,04
Abr/19	13,88	10,00	80	111,04
Mai/19	13,88	10,00	80	111,04
Jun/19	13,88	24,30	80	269,83
Jul/19	13,88	32,00	80	355,33
Ago/19	13,88	27,00	80	299,81
Set/19	13,88	17,90	80	198,76
TOTAL				2.012,04

Tabela 12: Taxa de esgoto pelo sistema de aproveitamento de água pluvial (Autor, 2019).

ECONOMIA ANUAL DA TAXA DE ESGOTO	
Taxa de Esgoto atual BRK Últimos 12 meses	3.586,59
Sistema de Aproveitamento	- 2.012,04
Saldo	1.574,55

Tabela 13: Economia com a Taxa de Esgoto (Autor, 2019).

4.2.12 Cálculo de Economia Anual

O cálculo foi realizado com a somatória dos resultados obtidos na economia de água tratada e de esgoto.

$$Economia\ Anual = Economia\ Água\ Tratada + Economia\ Esgoto$$

$$Economia\ Anual = R\$ 1.968,18 + R\$ 1.574,55$$

$$Economia\ Anual = R\$ 3.542,73$$

4.2.13 Tempo de retorno do investimento

O cálculo para a determinação do tempo de retorno do valor investido foi realizado através das fórmulas e resultado disponível na Tabela 14 abaixo.

$$VPL = \sum_{i=1}^n \frac{F_{cj}}{(1 + TMA)^i} - li$$

Onde:

VPL = Valor Presente Líquido;

F_{cj} = Fluxo de caixa (R\$ 3.542,73);

TMA = Inflação estimada do IPCA (3,3% = 0,033);

li = Investimento inicial (12.688,50);

i = número de períodos;

$$TIR \Rightarrow VPL = \sum_{t=0}^T \frac{F_{cj}}{(1 + t)^i}$$

Onde:

TIR = Taxa Interna de Retorno;

F_{cj} = Fluxo de caixa (R\$ 3.542,73);

T = Período total de tempo do projeto;

t = cada parte pelo período de tempo escolhido;

i = Taxa de desconto

ANO	FLUXO DE CAIXA
0	-11.653,00
1	3.542,73
2	3.542,73
3	3.542,73
4	3.542,73
TMA	3,30%
VPL	R\$ 1.421,75
TIR	8,31%

Tabela 14: Tempo de retorno do investimento (Autor, 2019).

Após analisar os dados obtidos acima, foi possível identificar que o sistema foi totalmente pago no 4º ano, e que no fim desse prazo, obteve-se um saldo positivo de R\$ 1.421,75.

5 CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos no presente trabalho de conclusão de curso, é possível afirmar que a realização do Aproveitamento de Água Pluvial em um Posto de Combustível apresentou vantagens ambientais e econômicas.

A intensidade pluviométrica do município de obtida com a série hidrológica dos últimos 10 anos foi satisfatória para atender a demanda do sistema, chegando à média de 1.717,25 mm/ano.

Através do Método da Simulação, utilizado para o dimensionamento dos reservatórios, resultou em um valor de armazenagem da água pluvial de 21 m³, volume esse que atende as necessidades do empreendimento.

Posteriormente, foi realizado o levantamento do custo de implantação do sistema, com valor total de R\$ 11.653,00.

A economia anual de água tratada e a taxa de esgoto oriundas da utilização do sistema resultaram em um total de R\$ 3.542,73.

E por fim foi calculou-se o tempo de retorno do investimento, através da fórmula do VPL, com o resultado obtido, foi possível identificar que em 4 anos o sistema foi totalmente pago, demonstrando assim uma ótima viabilidade econômica.

6 REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15527 - **Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis**. 2017.

ANA, Agência Nacional de Águas. Disponível em: <<http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/panorama-das-aguas/quantidade-da-aqua>> Acesso em: 10 de março de 2019.

ANA, Agência Nacional de Águas. Disponível em: <<http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/sala-de-situacao/tocantins/saiba-mais-tocantins>> Acesso em: 12 de março de 2019.

ANA, Agência Nacional de Águas. Disponível em: <<http://www2.ana.gov.br/Paginas/portais/bacias/TocantinsAraguaia.aspx>> Acesso em: 12 de março de 2019.

ANDRADE NETO, C. O. de. **Proteção sanitária das cisternas rurais**. In: XI-SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. 2004. Natal, RN.

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br>> Acesso em: 11 de março de 2019.

ANNECCHINI, K. P. V. **Aproveitamento da Água da Chuva Para Fins Não Potáveis na Cidade de Vitória (ES)**. 2005. 150p. Mestrado, (Centro Tecnológico Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental), Universidade Federal de Vitória, UFV, Vitória-ES.

AQUIFERO GUARANI. Disponível em: <<http://www.oaquiferguarani.com.br>> Acesso em: 10 de março de 2019.

BUENO, C., PENNA, N., PERISSINOTTO, N., PINHEIRO, P., MITSUHARA, T. **Trabalho de monografia da disciplina de saneamento e meio ambiente para Arquitetura**. 2012. 26p. Universidade de São Paulo, USP, São Carlos, SP.

COHIM, E., GARCIA, A., KIPERSTOK, A. **Captação e aproveitamento de água de chuva: dimensionamento de reservatórios**. In: IX Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. 2007.

DEVES, O. D. **Utilização da água: um estudo do potencial de captação de água das chuvas e a importância de políticas públicas e da educação ambiental**. In: IV Encontro Nacional das Anppas. 2018. 18p. Brasília, DF.

FONTANELA, F. **Avaliação de metodologias para dimensionamento de reservatórios para aproveitamento de água pluvial**. 2010. 67p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC, Criciúma, SC.

FRANCESCHINI, A. T. L. **Sistema Residencial de Aproveitamento da Água de Chuva Para Fins Não Potáveis em Votorantim: Avaliação de Parâmetros de Qualidade e Eficiência**. 2009. 38p. Especialização em Saneamento Ambiental (Universidade de Sorocaba). Sorocaba, SP.

GHISI, E. **Métodos de dimensionamento de reservatórios de água pluvial em edificações**. Apresentação em PDF. Disponível em: <http://www.leb.esalq.usp.br/disciplinas/Fernando/leb1440/Aula_6/Metodos%20de%20dimensionamento%20de%20reservatorios%20de%20agua%20pluvial%20em%20edificacoes.pdf/> Acesso em: 13 de março de 2019.

GNADLINGER, J. **Coleta de água de chuva em áreas rurais**. In Anais eletrônicos do 2º Fórum Mundial da Água, Holanda. 2000. Disponível em: <<http://irpaa.org/colheita/indexb.htm/>> Acesso em: 13 de março de 2019.

Google Maps Imagem de satélite. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps>> Acesso em: 17 de abril de 2019.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/>> Acesso em 03 de outubro de 2019.

MARINOSKY, A. K. **Aproveitamento de Água Pluvial Para Fins Não Potáveis em Instituição de Ensino: Estudo de caso**. SC. 2007. 117p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, Florianópolis, SC.

MAY, S. **Estudo da Viabilidade do Aproveitamento de Água de Chuva para Consumo Não Potável em Edificações**. Mestrado. Curso de Pós-Graduação em Engenharia da Construção Civil, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2004.

MAY S.; PRADO R. T. A. **Estudo da Qualidade da Água de Chuva para Consumo Não Potável em Edificações**. CLACS' 04 – I Conferencia Latino-Americana de Construção Sustentável e ENTAC 04, - 10º Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, São Paulo, SP, **Anais** ... CD Rom, 2004.

Ministério das Cidades. Disponível em: <<http://www.capacidades.gov.br/>> Acesso em 11 de março de 2019.

ONU, Organização das Nações Unidas. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/ate-2030-planeta-pode-enfrentar-deficit-de-agua-de-ate-40-alerta-relatorio-da-onu/>> Acesso em: 10 de março de 2019.

PEREIRA JUNIOR, J. de. S. **Recursos hídricos – Conceituação, Disponibilidade e Usos**. 2004. 24p. Brasília, DF.

Porte Junior. Disponível em: <<https://portejr.com.br/captacao-de-aguas-pluviais>> Acesso em: 12 de março de 2019.

Prefeitura de Palmas. Disponível em: <https://legislativo.palmas.to.gov.br/media/leis/DECRETO%20N%C2%BA%20747-2014%20de%2024-03-2014%2015-4-51.pdf>> Acesso em: 13 de março de 2019.

Schiavetti, A; Camargo, A. **Conceitos de Bacias Hidrográficas – Teorias e Aplicações**. 2002. 281p. Ilhéus,BA.

SEAGRO, Secretária Estadual da Agricultura, Pecuária e Aquicultura. Disponível em: <<https://seagro.to.gov.br/noticia/2016/5/7/agrotins-apresenta-alternativas-de-aproveitamento-de-agua-da-chuva>> Acesso em: 12 de março de 2019.

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

TOMAZ, P. **Aproveitamento de Água de Chuva – Para Áreas Urbanas e Fins Não Potáveis**. Navegar Editora, São Paulo, 2003.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de Água de Chuva de Cobertura Áreas Urbanas e Fins Não Potáveis**. 2010. 530p. São Paulo, SP.

VPL e TIR. Disponível em:<<https://blog.egestor.com.br/vpl-valor-presente-liquido/>> Acesso em: 10 de novembro de 2019.

