



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

Victor Martins Mendonça Barros

APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL PARA FINS NÃO POTÁVEIS EM RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR NO MUNICÍPIO DE PALMAS-TO

Palmas – TO

2019

Victor Martins Mendonça Barros

**APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL PARA FINS NÃO POTÁVEIS EM
RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR NO MUNICÍPIO 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).

Orientador: Prof. Dra. Michele Ribeiro Ramos

Palmas – TO

2019

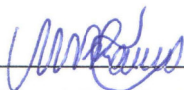
Victor Martins Mendonça Barros
APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL PARA FINS NÃO POTÁVEIS EM
RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR NO MUNICÍPIO DE PALMAS-TO

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).

Orientador: Prof. Dra. Michele Ribeiro Ramos

Aprovado em: 12 / 11 / 2019

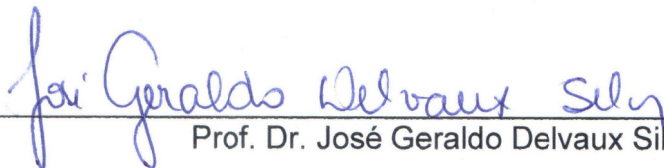
BANCA EXAMINADORA



Profª. Dra. Michele Ribeiro Ramos
Centro Universitário Luterano de Palmas



Prof. Msc. Hider cordeiro de Moraes
Centro Universitário Luterano de Palmas



Prof. Dr. José Geraldo Delvaux Silva
Examinador externo

RESUMO

O presente trabalho analisa a possibilidade do reaproveitamento de águas pluviais em Palmas-TO, tendo em vista que, é importante estudar o viés econômico desta aplicação, uma vez que o município possui duas épocas bem distintas do ano, no qual é uma composta por um longo período de seca, enquanto a outra por um período de chuvas fortes e rápidas. Sendo assim os objetivos são os estudos referentes a viabilidade econômica da aplicação deste sistema, elaborar um modelo viável economicamente desta tecnologia, determinar o tempo de retorno do investimento e determinar a quantidade passível a reutilização para uma residência unifamiliar de 5 habitantes e 114 m² de área de telhado. Para isso, foram obtidos dados de precipitação junto à ANA (Agência Nacional de Águas) para quantificar o índice pluviométrico desta capital. A revisão de conceitos e diretrizes explanados nas NBR 15.527/2006, NBR 5.626/1998 e NBR 10.844/1989. Já a quantificação de volume passível a reutilização da residência modelo em questão foram conduzidos por modelos matemáticos conhecidos.

Palavras-chave: Sustentável, reuso de águas pluviais, aproveitamento.

ABSTRACT

The present work discusses the reuse of rainwater in Palmas-TO, considering that it is important to study the economic bias of this application, since the municipality has two very different periods of the year, in which it is composed by a long period of drought, while the other by a period of strong and rapid rains. Thus, the objectives are the economic feasibility studies of the application of this system, economically feasible model of this technology, determine the time of return of the investment and determine the amount reusable for a single residence of 5 inhabitants and 114 m² of area roof. For this, precipitation data was obtained from ANA (National Water Agency) to quantify the rainfall index of this capital. The revision of concepts and guidelines explained in NBR NBR 15.527/2006, NBR 5.626/1998 and NBR 10.844/1989 were of paramount importance as these concepts guided the elaboration of the viable model of use. On the other hand, the quantification of the reusable volume of the model residence in question was carried out by known mathematical models.

Keywords: Sustainable, Reuse Rainwater, harnessing.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
1.1 OBJETIVOS.....	12
1.1.1 OBJETIVO GERAL.....	12
1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
1.2 PROBLEMA DE PESQUISA	13
1.3 JUSTIFICATIVA	13
2. REFERENCIAL TEORICO.....	14
2.1 RECURSOS HÍDRICOS NO PLANETA.....	14
2.2 RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL.....	16
2.3 HISTÓRICO DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA NO MUNDO	18
2.4 APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA NO BRASIL.....	19
2.5 APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA NO TOCANTINS	20
2.6 APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA EM PALMAS.....	22
2.7 DESPERDÍCIO DE ÁGUA POTÁVEL	23
2.8 VANTAGENS E DESVANTAGENS DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO	24
2.8.1 VANTAGENS.....	24
2.8.2 DESVANTAGENS	25
2.9 ESPECIFICAÇÃO DOS COMPONENTES DO SISTEMA	26
2.9.1 Área de captação.....	26
2.9.2 Calhas e Tubulações	26
2.9.3 Tratamentos	26
2.9.4 Bombas e sistemas pressurizados.....	27
2.9.5 Reservatórios.....	27
2.10 DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIOS.....	28
2.10.1 Método de Rippl	29
2.10.2 Método de simulação	29
2.10.3 Método de Azevedo Neto.....	30
2.10.4 Método prático alemão.....	30
2.10.5 Método prático inglês	31

2.10.6 Método prático australiano.....	31
2.10.7 Programa Computacional Netuno	32
3. METODOLOGIA	33
3.1 OBTENÇÃO DOS DADOS PLUVIOMÉTRICOS.....	34
3.2 DESCARTE DAS PRIMEIRAS CHUVAS.....	34
3.3 IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE CAPTAÇÃO E FILTRAGEM.....	34
3.3 FLUXOGRAMA DE MODELO DE CAPTAÇÃO.....	35
3.4 CÁLCULO DO VOLUME DE ÁGUA CAPTADO.....	36
3.5 CÁLCULO DA TAXA DE ECONOMIA DE ÁGUA.....	36
3.6 CÁLCULO DA TAXA DE ECONOMIA DE ESGOTO	38
3.7 CÁLCULO DO RETORNO DE INVESTIMENTO	39
3.8 CÁLCULO DO RESERVATORIO	39
3.9 CÁLCULO DA BOMBA.....	40
3.10 TUBULAÇÃO	40
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	41
4.1 ÍNDICE PLUVIOMÉTRICO	41
4.2 SISTEMA DE CAPTAÇÃO E FILTRAGEM.....	43
4.2.1 DESCARTE DAS PRIMEIRAS CHUVAS.....	43
4.2.2 FILTRAGEM	44
4.3 CÁLCULO DO VOLUME CAPTADO E RESERVATORIOS.....	45
4.3.1 CONSUNO ANUAL MEDIO DE ÁGUA POTÁVEL	45
4.3.2 VOLUME CAPTADO	46
4.3.3 RESERVATORIOS	47
4.3.4 CROQUI DE PROJETO	49
4.4 CUSTO DE IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA.....	51
4.5 ECONOMIA MENSAL E RETORNO DO INVESTIMENTO	52
4.5.1 ECONOMIA ANUAL	54
4.5.2 RETORNO DO INVESTIMENTO	55
5. CONCLUSÃO	57
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	58
5 APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA NO TOCANTINS	20
2.6 APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA EM PALMAS.....	22
2.7 DESPERDÍCIO DE ÁGUA POTÁVEL	23

2.8 VANTAGENS E DESVANTAGENS DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO	24
2.8.1 VANTAGENS.....	24
2.8.2 DESVANTAGENS	25
2.9 ESPECIFICAÇÃO DOS COMPONENTES DO SISTEMA.....	26
2.9.1 Área de captação.....	26
2.9.2 Calhas e Tubulações	26
2.9.3 Tratamentos	26
2.9.4 Bombas e sistemas pressurizados.....	27
2.9.5 Reservatórios.....	27
2.10 DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIOS.....	28
2.10.1 Método de Rippl	29
2.10.2 Método de simulação	29
2.10.3 Método de Azevedo Neto.....	30
2.10.4 Método prático alemão.....	30
2.10.5 Método prático inglês	31
2.10.6 Método prático australiano.....	31
2.10.7 Programa Computacional Netuno	32
3. METODOLOGIA	33
3.1 OBTENÇÃO DOS DADOS PLUVIOMÉTRICOS.....	34
3.2 DESCARTE DAS PRIMEIRAS CHUVAS.....	34
3.3 IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE CAPTAÇÃO E FILTRAGEM.....	34
3.3 FLUXOGRAMA DE MODELO DE CAPTAÇÃO.....	35
3.4 CÁLCULO DO VOLUME DE ÁGUA CAPTADO.....	36
3.5 CÁLCULO DA TAXA DE ECONOMIA DE ÁGUA.....	36
3.6 CÁLCULO DA TAXA DE ECONOMIA DE ESGOTO	38
3.7 CÁLCULO DO RETORNO DE INVESTIMENTO	39
3.8 CÁLCULO DO RESERVATORIO	39
3.9 CÁLCULO DA BOMBA.....	40
3.10 TUBULAÇÃO	40
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	41
4.1 ÍNDICE PLUVIOMÉTRICO	41
4.2 SISTEMA DE CAPTAÇÃO E FILTRAGEM.....	43
4.2.1 DESCARTE DAS PRIMEIRAS CHUVAS.....	43
4.2.2 FILTRAGEM	44

4.3 CÁLCULO DO VOLUME CAPTADO E RESERVATORIOS	45
4.3.1 CONSUNO ANUAL MEDIO DE ÁGUA POTÁVEL	45
4.3.2 VOLUME CAPTADO	46
4.3.3 RESERVATORIOS	47
4.3.4 CROQUI DE PROJETO	49
4.4 CUSTO DE IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA	51
4.5 ECONOMIA MENSAL E RETORNO DO INVESTIMENTO	52
4.5.1 ECONOMIA ANUAL	54
4.5.2 RETORNO DO INVESTIMENTO	55
5. CONCLUSÃO	57
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Estados físicos da água.....	12
Figura 2: Cisterna do povo Maya..	17
Figura 3: Bacia Araguaia	19
Figura 4: Localização da Edificação em Estudo	31
Figura 5: Filtro VF1 Aqua save.....	33
Figura 6: Fluxograma do sistema.....	33
Figura 7: Índice pluviométrico.....	40
Figura 8: Detalhe sistema.....	41
Figura 9: Calha Americana.....	44
Figura 10: Bomba Anauger 650 5G.....	45
Figura 11: Curva de desempenho	46
Figura 12: Corte.....	47

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Tarifas BRK Ambiental	35
Quadro 2: Consumo detalhado de águas.....	36
Quadro 3: Índice pluviométrico de águas	39
Quadro 4: Consumo anual medio de água potavel.	43
Quadro 5: Cálculo do volume maximo anual de água potavel	44
Quadro 6: Custo com implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial	49
Quadro 7: Consumo atual de água fornecida pela BRK.....	50
Quadro 8: Consumo de água pelo sistema de aproveitamento de água pluvial.....	51
Quadro 9: Taxa de esgoto atual fornecida pela BRK	51
Quadro 10: Taxa de esgoto pelo sistema de aproveitamento de água pluvial	52
Quadro 11: Economia anual de água tratada.....	52
Quadro 12: Economia com a taxa de esgoto.	52
Quadro 13: Tempo de retorno do investimento	54

1. INTRODUÇÃO

No presente, há uma grande preocupação da sociedade em relação à conservação dos recursos naturais. Dentre estes, a água é o mais precioso recurso, ela é indispensável para a vida no nosso planeta.

Além de ser um recurso vital insubstituível, a água é um importante fator de produção para diversas atividades, sendo essencial para que haja desenvolvimento econômico e tecnológico.

Cerca de 2/3 do planeta Terra são dominados pelos oceanos. O volume total de água na Terra é estimado em torno de 1,35 milhões de quilômetros cúbicos, sendo que 97,5% deste volume é de água salgada, encontrada em mares e oceanos. Já 2,5% é de água doce, porém localizada em regiões de difícil acesso, como aquíferos (águas subterrâneas) e geleiras. Apenas 0,007% da água doce encontra-se em locais de fácil acesso para o consumo humano, como lagos, rios e na atmosfera (UNIÁGUA, 2019).

Vivendo a atual crise hídrica, vemos o quanto é importante a racionalização de água potável que em grande parte é desperdiçada (40%), seja por mau uso ou vazamentos de adutoras e ramais adjacentes que fazem distribuição para as comunidades e ainda com sistemas sanitários e áreas externas, sendo apenas os outros 60% utilizados para o consumo humano (RIBEIRO, 2013).

Sem sombra de dúvidas uma alternativa para a diminuição do uso de água potável é a captação das águas das chuvas, esta opção se torna importantíssima pois além de aliviar o consumo direto de águas nas residências, também alivia o sistema de drenagem pois águas que iriam escorrer para as vias e sequentemente para o sistema serão utilizadas nas residências, diminuindo o pico de chuva da região.

Algumas aplicações deste reuso são nos usos em vasos sanitários, lavagem de carros, lavagem de calçada e jardinagem, logo são inúmeras as atividades empregadas, Segundo Martini (2009) estas perdas são de 45%, sendo assim este estudo destrinchará opções para a utilização de águas não potáveis nestas atividades.

A chuva é uma fonte de água que pode ser considerada abundante e renovável, e pode ser utilizada por todas as pessoas do planeta, desde que possua parâmetros de qualidade aceitáveis aos usos destinados, além de ser coletada e

armazenada de forma correta. Sendo assim, O foco do combate a falta de água no Brasil e no mundo se caracteriza principalmente pela captação de águas pluviais, pois assim a utilização de água potável utilizada poderá ser diminuída. Conforme todas as explicações em questão, esta pesquisa poderá caracterizar o sistema economicamente viável de utilização de água pluvial na cidade de Palmas (Tocantins) e estudar a economia em esgoto e água potável.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o potencial econômico da instalação de um sistema de reaproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis em uma residência unifamiliar no município de Palmas - TO.

1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Obter a precipitação média na região urbana de Palmas – TO;
- Traçar um modelo viável economicamente, para a utilização desta tecnologia;
- Prever o tempo de retorno do investimento para a implantação de um sistema de reaproveitamento de águas pluviais.
- Estimar a quantidade de água reutilizável para atender uma residência unifamiliar.

1.2 PROBLEMA DE PESQUISA

É viável economicamente a implantação de um sistema de reaproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis em uma residência unifamiliar em Palmas - TO.

1.3 JUSTIFICATIVA

A água é o bem mais precioso que possuímos. O estudo tem uma importância significativa para o meio ambiente, e conseqüentemente gera um impacto muito positivo na sociedade, pois busca métodos de preservação, minimizando a poluição dos rios e lagos, e disponibiliza formas de aproveitamento da mesma em diversos tipos de utilizações.

O aproveitamento está relacionado diretamente com a sustentabilidade, porque em nossa região, a água é abundante em determinada estação do ano, entretanto não é aproveitada e escoada pelas ruas, carregando os resíduos das vias até os bueiros que são destinadas a rios, além de obstruí-las e provocar enchentes.

A sociedade, se conscientizando que a coleta de água da chuva ajuda a preservar os recursos hídricos, que estão cada vez mais poluídos, será uma iniciativa demasiada, pois é viável, ecologicamente e financeiramente, não desperdiçar um recurso natural escasso em qualquer cidade e disponível em abundância nos telhados no momento da chuva.

Os pesquisadores estão sempre em busca de maneiras, materiais e recursos que de uma certa forma estão ligados com a sustentabilidade do planeta, que é uma forma de otimizar a preservação. Não somente na engenharia, o objetivo é disponibilizar métodos práticos de mostrar aos acadêmicos e a sociedade o quanto é importante para o meio ambiente utilizar sistemas de aproveitamento de água pluvial, proporcionando baixo impacto ambiental, água com qualidade para fins domésticos, fácil manutenção e custo de operação baixo, dentre muitas outras vantagens.

2. REFERENCIAL TEORICO

2.1 RECURSOS HÍDRICOS NO PLANETA

A água é um recurso natural indispensável para os seres vivos que habitam o planeta terra, ela trabalha no organismo humano com várias funções, como um sistema de transporte para troca de substâncias e para equilibrar a temperatura corporal, ela esta presente em 70% da nossa massa corporal. É um elemento que pode ser encontrada nos três estados físicos: gasoso, solido e líquido conforme apresentado na (figura 1) sendo o liquido encontrado em maior quantidade que os demais.

Figura 1: Estados físicos da água



Fonte: Professor Biriba – (2016)

A água é insubstituível, todo tipo de alimento depende diretamente da água para a sua geração, para lavar roupas, higiene pessoal e para a limpeza de nossas residências. Ela também é usada para geração de energia, limpeza das cidades, construção civil, irrigação de jardins e muitos outros (CONSUMO SUSTENTÁVEL, 2005).

Estudos indicam que a água potável está se esgotando, mas existe uma disponibilidade de água imensa no planeta, mas a água potável superficial é acessível dependendo da localidade, com baixo custo, diferente das demais, que são subterrâneas e salgadas, para o consumo é necessário um custo muito alto, ainda desnecessário na maioria das regiões, a água do planeta é composta por 97,5% salgada, que se encontram nos oceanos, 2,5% doce, sendo que 2% estão em

geleiras e apenas 0,5% acessível nos rios e lagos, onde a maior parte está no subsolo, representada por 95% (DEVES, 2008).

Em boa parte do mundo, especialmente nas áreas rurais e cidades de pequeno porte, a poluição e contaminação da atmosfera são irrisórias, e não tem a capacidade para contaminar a qualidade da água das chuvas, que costuma ser disponível como a água de melhor qualidade (ANDRADE NETO, 2004).

A ONU – Organização das Nações Unidas – procura deixar alguns alertas com relação a fatos que vem ocorrendo em países desenvolvidos, um citado pela mesma é o Brasil, pois afirma que 90% da água consumida são retornadas à natureza sem tratamento algum, o que afeta negativamente os rios, lagos e lençóis subterrâneos. Ela não admite ter chegado a este ponto no planeta, com aproximadamente 70% do planeta coberto em água, é considerado uma preocupação enorme em relação a nossos recursos hídricos disponíveis.

Segundo Deves (2008), no começo do século passado, tinha pouco menos de dois bilhões de habitantes, este numero já teve um aumento significativo em relação há alguns anos, em 2008 já passava dos seus seis bilhões.

Em 2013 é registrado cerca de sete bilhões de habitantes no planeta azul, a maior preocupação é que a população vem aumentando em um nível acelerado, e a água do mundo permanece a mesma, ou seja, a tendência é se economizar água para suprir as necessidades de todos, mas não é isso que vem ocorrendo, cada vez que aumenta a população, o consumo de água aumenta cada vez mais.

A ONU deixa claro que para a sobrevivência e exercícios das atividades humanas, sociais e econômicas é necessário um volume útil por habitante, onde é considerado em média cerca de 2.500 metros cúbicos de água/habitante/ano. Só que nem todas as regiões do mundo tem este volume significativo de água por habitante, pois varia de região para região, uma disponibilidade de água/habitante/ano abaixo de 1.500 metros cúbicos é considerada uma região crítica. (REDE DAS ÁGUAS, 2013).

O consumo diário varia muito no planeta, pois está relacionado com o nível de desenvolvimento do país e com o nível de renda das pessoas. É necessário de pelo menos 40 litros de água por dia para atender as necessidades básicas de uma pessoa, como, tomar banho, escovar os dentes, lavar as mãos, cozinhar etc. Dados da ONU, porém, apontam que um europeu, que tem em seu território 8% da água

doce no mundo, consome em média 150 litros de água por dia. Já um indiano, consome 25 litros por dia (CONSUMO SUSTENTÁVEL, 2005).

Existem países mais industrializados como o Japão e a Alemanha que estão procurando desenvolver pesquisas de sistemas de aproveitamento de água para fins não potáveis (MAY, 2004).

Diante destas situações abordadas, aumenta a preocupação com a necessidade de desenvolver métodos e sistemas de preservação da água potável, soluções onde buscam preservar e conservar a água, sendo necessário ter adaptações e orientações do uso da água em residências, tendo como objetivo a diminuição do consumo e conservação (ANNECCHINI, 2005).

2.2 RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL

Pela sua dimensão continental e localização tropical e equatorial, 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).

Diversos países são abundantes em recursos hídricos, assim como o Brasil eles não estão livres de uma ameaça de uma crise por água, a disponibilidade do recurso é imensa no território e mal distribuída, pois ocorre uma variação enorme no volume de uma região para outra. As reservas de água potável estão ficando cada vez mais escassas, devido à problemas que são frequentes na população mundial, como o crescente aumento do consumo, o desperdício e a poluição das águas superficiais e subterrâneas por esgotos domésticos e resíduos tóxicos provenientes da indústria e da agricultura principalmente (CONSUMO SUSTENTÁVEL, 2005).

Segundo Daraya (2012), o Brasil está em 4º lugar no ranking de países que possuem um alto consumo de água para a produção agrícola e consumo próprio, sendo que as demais colocações estão compostas pela China, Índia e Estados Unidos.

O Brasil sempre foi um país com abundância em água, tanto superficiais quanto subterrâneas, calcula-se que 12% do recurso hídrico superficial estejam

localizados no país. Mas assim como demais países passam por problemas de escassez de água nas regiões semiáridas, o Brasil possui cerca de 18% do território com insuficiência no índice pluviométrico da região, que é o Nordeste do Brasil, onde possui apenas 5% dos recursos hídricos do país, e sempre está sujeito a secas severas (PEREIRA JUNIOR, 2004).

Apesar de o Brasil possuir grande disponibilidade hídrica, não possui uma uniformidade de distribuição territorial deste recurso, pois possui uma desigualdade entre oferta de água e demanda em algumas regiões do país.

De acordo com May (2004), 80% da área geográfica do semiárido brasileiro apresenta uma formação cristalina, ou seja, sem lençol freático, sendo mais viável a implantação de sistemas de coleta de água de chuva.

O Brasil tem um registro de desperdício de água bastante significativo, pois ao longo do abastecimento perde cerca de 20% a 60% da água tratada, isso leva muito em conta as condições de conservação das redes de distribuição, muita das perdas são registradas depois dos medidores, que são frequentes no tempo para tomarmos banho, a utilização do vaso sanitário, a lavagem de louças, lavagem de carro e lavagem de calçadas.

Nem sempre as chuvas são suficientes para atender as necessidades de uma lavoura, como a umidade necessária para a produção, com isso os produtores vão a buscas de técnicas de irrigações, que na maioria das vezes é água de recursos hídricos superficiais, onde as lavouras consomem mais de dois terços da água doce do planeta, a lavoura além deste grande consumo de água gera outro ponto negativo como a poluição dos recursos hídricos e do solo, por agrotóxicos e fertilizantes.

Para Anecchini (2005), com a grande expansão das áreas impermeáveis ocorreu uma diminuição na infiltração e armazenamento de água de chuva nas camadas subterrâneas, com isto ocorre um aumento significativo no escoamento superficial, ocasionando enchentes e sérios problemas á população.

2.3 HISTÓRICO DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA NO MUNDO

A coleta de água de chuva é feita há bastantes anos, tem indícios que o primeiro registro desta coleta, foi feita na Pedra Mohabita, por volta de 830 a.C, que foi encontrada na região de Moab, próximo as localidades de Israel. Neste registro trazia determinações do rei Mesa, de Moab, para a cidade de Qarhoh, dos quais de destacou a seguinte frase "...para que cada um de vós faça uma cisterna para si mesmo, na sua casa" (TOMAZ, 2009).

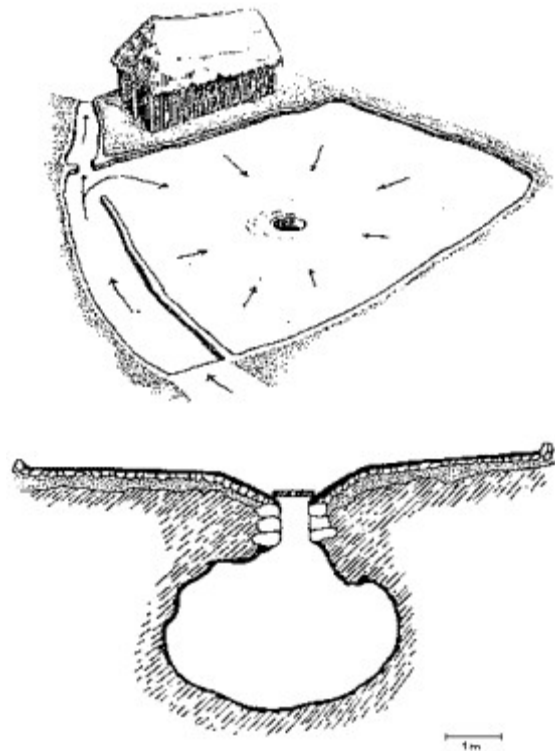
De acordo com Gnadlinger (2000) a coleta de água de chuva vem sendo uma técnica comum em muitas partes do mundo, principalmente nas regiões áridas e semiáridas, que é predominante em cerca de 30% do território mundial. A coleta da água da chuva foi sendo criada em diversas partes do mundo, e diversos tipos, conforme a necessidade para o uso da mesma tem registro de milhares de anos onde já se utilizavam a captação para irrigar as lavouras, surgiu nas regiões de clima semiárido, pois a intensidade pluviométrica acontecia em poucos meses do ano e diferentes locais.

Antigamente era comum a coleta de água de chuva para irrigações das lavouras, existiam diversos métodos para esta captação, variava muito de região e de povos, pois possuíam formas diferentes de trabalho, eram observados localização da lavoura, o tipo de captação, tudo isso era influenciado na hora de saber o qual sistema a ser escolhido naquela época.

Há 2.000 anos existiu um sistema integrado de manejo de água de chuva e agricultura de escoamento de água de chuva no deserto de Negev, hoje território de Israel e Jordânia. O México como um todo é rico em antigas e tradicionais tecnologias de colheita de água de chuva, datadas da época dos Aztecas e Mayas.

Ao sul da cidade de Oxkutzcab ao pé do Monte Puuc ainda hoje podemos ver as realizações dos Mayas. No século X existia ali uma agricultura baseada na colheita de água de chuva. As pessoas viviam nas encostas e sua água potável era fornecida por cisternas com capacidade de 20.000 a 45.000 litros, chamadas Chultuns (GNADLINGER, 2000). Na Figura 1 abaixo, é apresentada a cisterna do povo Maya, chamada Chultun.

Figura 2: Cisterna do povo Maya, chamada Chultun



Com o passar dos anos esta coleta foi perdendo a força na sociedade, devido à implantação de tecnologias mais modernas, como técnicas para irrigação encanada, desenvolvimento de técnicas para aproveitamento de águas subterrâneas e construções de grandes barragens (ANNECCHINI, 2005).

Alguns países estão buscando por tecnologias e pesquisas que facilitem e garantam o uso desta fonte alternativa de água, como o Japão, a China, a Austrália, os Estados Unidos e países da África e a Índia, estão seriamente empenhados e comprometidos em buscar técnicas para o aproveitamento da água de chuva (ANNECCHINI, 2005).

2.4 APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA NO BRASIL

Com a evolução dos sistemas de captação e a descoberta de novos materiais e tecnologias têm permitido uma nova abordagem na construção de tanques e armazenamento e áreas de captação. No Brasil, em algumas partes da região semiárida assistimos ao renascimento de “caxios” que são cisternas cavadas manualmente na rocha, trata-se de uma maneira tradicional de captar a água de. Sua água é geralmente usada para os animais (DEVES, 2008).

O uso racional da água pode liberar os suprimentos de água para outros usos, tais como estabelecimento de novas indústrias, crescimento populacional e melhora do meio ambiente. A conscientização e sensibilização dos usuários visando à conservação da água, juntamente com a adoção de tecnologias economizadoras, podem se constituir em ações impactantes do consumo final de água. Além disso, questão do uso racional da água envolve também melhorias nos projetos de arquitetura, bem como nos sistemas prediais (MARINOSKI, 2007).

2.5 APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA NO TOCANTINS

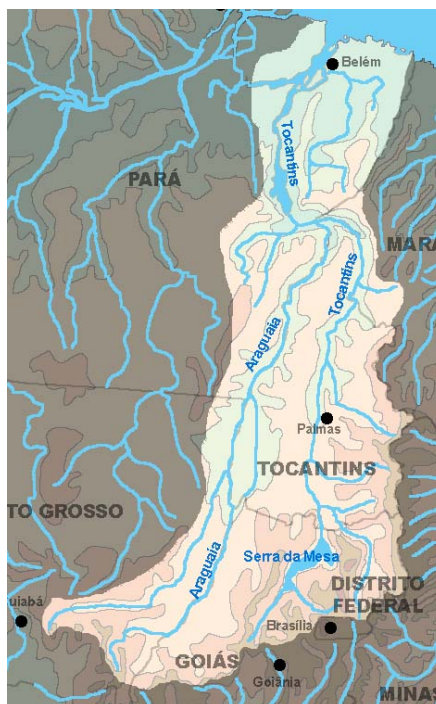
A nascente do rio Tocantins localiza-se no estado de Goiás, ao norte de Brasília. Os formadores do Tocantins são os rios Paranã e Maranhão. O Tocantins compõe a paisagem do Planalto Central do Brasil. A vegetação de cerrado recobre 76% da sub-bacia. A área correspondente ao curso inferior do Tocantins, assim como a bacia do Itacaiunas, é coberta pela floresta amazônica. O rio Tocantins nasce no Escudo Brasileiro e flui na direção norte por cerca de 2.500 km até desaguar junto ao Delta do Amazonas, na baía de Marajó, nas proximidades de Belém (Marcuzzo, F., & Goularte, E. 2013).

As características climatológicas predominantes da região são:

- Precipitação média anual se situa em cerca de 1.600 mm;
- Período chuvoso é de outubro a abril, com maio sendo o mês de

transição para o período seco que vai de junho a setembro. Na Figura 2, apresentada a seguir, tem-se a bacia Tocantins Araguaia.

Figura 3: apresenta a Bacia Araguaia – Tocantins.



Fonte: (Pesquisa Escolar, 2013)

Embora o Brasil possua cerca de 13% de toda a água doce do planeta e do Estado do Tocantins possui uma boa disponibilidade de água, estando situado entre duas das maiores bacias hidrográficas do país, a bacia Araguaia-Tocantins.

A existência dessas duas estações bem definidas e a incidência de veranicos na estação chuvosa, associados à baixa fertilidade natural dos solos, são as principais dificuldades enfrentadas para o aproveitamento agrícola intensivo da região, sugerindo, portanto a prática da irrigação como tecnologia adequada para possibilitar produção na entressafra (CULTIVAR, 2013).

A Administração Pública Estadual incentiva e apoia a criação e o acesso a linhas de créditos especiais para as ME (Micro Empresa), EPP (Empresa de Pequeno Porte), MEI (Micro Empreendedor Individual), os Empreendimentos da Agricultura Familiar e as Cooperativas de Produção de Pequeno Porte com atuação no Estado (DOETO, 2013).

Os incentivos são destinados às ME, EPP, MEI, aos Empreendimentos da Agricultura Familiar e às Cooperativas de Produção de Pequeno Porte que pretendam implementar sistema de tratamento de águas residuais, aproveitamento de águas pluviais e racionalização do uso da água (DOETO, 2013)

2.6 APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA EM PALMAS

No Tocantins, através da Lei 3261 de 02/08/2017, vem a estabelecer a Política Estadual de Captação, Armazenamento e Aproveitamento de Águas Pluviais e definir normas gerais para sua promoção em consonância com as leis federais e estaduais já vigente.

A Lei tem como objetivo incentivar e padronizar o reuso direto planejado das águas pluviais servidas, tendo como principais pontos:

- A conservação e uso racional da água;
- A sustentabilidade no uso dos recursos hídricos, assegurando à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água;
- O manejo adequado e crescente do volume das águas pluviais servidas;
- Incentivos econômicos para captação, armazenamento e aproveitamento das águas pluviais;

Em Palmas – TO, através do decreto 747 de 24 de Março de 2014, considerando o que dispõe a alínea "d", do inciso I, do art. 3º, da Lei Federal 11.445, de 5 de janeiro de 2007, estabelecendo que as instalações de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas se destinam ao transporte, detenção ou retenção para amortecimento de vazões de cheias, bem como para tratamento e disposição final de águas pluviais drenadas nas áreas urbanas, vem incentivar e também aplicar o reuso de águas pluviais com os principais e seguintes objetivo:

- Vetar o lançamento de águas pluviais na rede de esgoto;
- Vetar o despejo de águas residuais como de piscinas em ruas públicas;
- Formalizar os padrões de uso e despejo das águas pluviais que vinham degradando a malha viária do município

Ainda no município está dentro do Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB), no tópico do Programa de Educação ambiental, item “d” com prazo de até o fim do ano corrente, o incentivo e regulamentação de critérios de construção para reutilização de águas pluviais e cinzas, que são provenientes de chuveiro, banheira, lavatório e máquina de lavar roupas, para uso menos nobres, tais como: irrigação dos jardins; lavagem dos pisos e dos veículos automotivos; na descarga dos vasos sanitários; na manutenção paisagística dos lagos e canais com água;

2.7 DESPERDÍCIO DE ÁGUA POTÁVEL

Segundo Marinoski (2007), dentre os recursos naturais, a água doce, fundamental para vida no planeta, hoje é o mais ameaçado recurso, tanto devido a escassez como também a qualidade. As grandes e progressivas agressões ao meio ambiente vêm implicando cada vez mais a qualidade e quantidade dos recursos hídricos existentes. Ao mesmo tempo, os recursos hídricos vêm sendo perdidos de diferentes formas em todo o mundo, especialmente nos grandes centros urbanos. Este quadro é uma crescente preocupação mundial, considerando que a água potável é um recurso natural finito, cada vez mais caro e escasso.

Segundo Deves (2008), as águas das chuvas são consideradas pela legislação brasileira como esgoto, pois ela usualmente vai dos telhados, e dos pisos para as bocas de lobo, onde carrega impurezas dissolvidas ou arrastadas para um rio que pode ser o local de captação e água para tratamento e posterior consumo.

A água potável é utilizada para atividades distintas nas edificações, tais como: preparação de alimentos e bebidas, limpeza pessoal e ambiental, entre outros. Dentre estes diversos usos da água, uma parcela significativa está destinada a fins não potáveis, como descargas de vasos sanitários, rega de jardins, lavagem de automóveis e calçadas, onde poderia perfeitamente ser utilizada água de chuva (MARINOSKI, 2007).

Os vazamentos podem ser classificados em visíveis e não visíveis, sendo os visíveis aqueles detectados a olho nu e ocultos os que precisam de testes para ser identificados. Os vazamentos visíveis ocorrem nas torneiras de jardim, tanque, pia de cozinha, boia da caixa d'água, duchas e chuveiros. Já os vazamentos não visíveis ocorrem encravados em pisos e paredes, em tubulações enterradas ou também em reservatórios enterrados (GONÇALVES et. al, 2000).

O desconhecimento, a falta de explicação e percepção das pessoas quanto à quantidade de água que é perdida pelo mau uso de equipamentos e aparelhos hidráulicos, tais como vazamentos de instalações, é um dos fatores responsáveis pelo desperdício de água, especialmente quanto ao desperdício em suas próprias residências (MARINOSKI, 2007).

2.8 VANTAGENS E DESVANTAGENS DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO

2.8.1 VANTAGENS

A utilização de água de chuva traz várias vantagens (AQUASTOCK, 2005, apud, SILVEIRA, 2008):

- Redução do consumo de água da rede pública e do custo de fornecimento da mesma;
- Evita a utilização de água potável onde esta não é necessária, como por exemplo, na descarga de vasos sanitários, irrigação de jardins, lavagem de pisos, etc;
- Os investimentos de tempo, atenção e dinheiro são mínimos para adotar a captação de água pluvial na grande maioria dos telhados, e o retorno do investimento ocorre a partir de dois anos e meio;
- Faz sentido ecológico e financeiramente não desperdiçar um recurso natural escasso em toda a cidade, e disponível em abundância em todos os telhados;
- Ajuda a conter as enchentes, represando parte da água que teria de ser drenada para galerias e rios;
- Encoraja a conservação de água, a autossuficiência e uma postura ativa perante os problemas ambientais da cidade.

São citadas outras vantagens do aproveitamento de água de chuva (SIMIONI, 2004, apud LIMA e MACHADO, 2008):

- Utilização de estruturas existentes na edificação (telhados, lajes e rampas);
- Baixo impacto ambiental;
- Água com qualidade aceitável para vários fins com pouco ou nenhum tratamento;
- Complementa o sistema convencional;

- Reserva de água para situações de emergência ou interrupção do abastecimento público.
- Conveniência (o suprimento ocorre no ponto de consumo).
- Fácil manutenção.
- Baixos custos de operação e manutenção.
- Qualidade relativamente boa (principalmente quando a captação é feita em telhado).
- As tecnologias disponíveis são flexíveis.

2.8.2 DESVANTAGENS

São citadas algumas desvantagens do aproveitamento de água de chuva (SIMIONI, 2004, apud LIMA e MACHADO, 2008):

- Custo mais alto quando comparada com outras fontes.
- Suprimento é limitado (depende da quantidade de precipitação e da área de telhado).
- Não atrativo a políticas públicas.
- Custo inicial médio.
- Qualidade da água vulnerável.
- Possível rejeição cultural.

2.9 ESPECIFICAÇÃO DOS COMPONENTES DO SISTEMA

Os sistemas residenciais de aproveitamento de água de chuva variam conforme o grau de complexidade. Entre os extremos dessa complexidade, temos o sistema típico formado basicamente pelos componentes da coleta superficial: área de captação (telhado); calhas e condutores; reservatório de acumulação. Além desses componentes há equipamentos periféricos que podem ser adicionados como a válvula de desviador horizontal da SafeRain é projetada principalmente para ser instalada nas tubulações aéreas que alimentam um tanque de água ou o tanque da cisterna. Já a válvula do desviador vertical é projetada para ser instalada na parte de baixo da tubulação onde é alimentando o tanque (SAFERAIN, 2007).

2.9.1 Área de captação

Geralmente é o telhado da residência ou edifício. De acordo com o uso final da água de chuva e de seu posterior tratamento, as áreas de captação podem ser superfícies impermeabilizadas tais como: pátios, calçadas e estacionamentos (MAY, 2004).

2.9.2 Calhas e Tubulações

As calhas coletam as águas de chuva que caem sobre o telhado e as conduzem aos condutores verticais que irão transportá-las até a parte inferior das edificações (FRANCESCHINI, 2009).

São usadas para transportar a chuva coletada, encontrados em vários tipos de materiais, porém os mais usados são em PVC e metálicos (alumínio e aço galvanizado). A tubulação que fizer parte desse sistema deve ser de cor diferente, evitando, assim, conexões cruzadas com a rede de água potável (COHIM et. al, 2007).

2.9.3 Tratamentos

O método de tratamento da água pluvial dependerá do tipo de uso que será definido pelo tipo de destino final da água. As concentrações de galhos e resíduos e outras impurezas nas águas pluviais são maiores nas primeiras chuvas, assim recomenda-se a não utilização destes. (COHIM et. al, 2007).

A água de chuva ao passar pela atmosfera e pela superfície de captação (coberturas ou superfícies de solo) faz uma lavagem das mesmas, se tornando assim uma água mais poluída (USO RACIONAL DA ÁGUA EM EDIFICAÇÕES, 2006, apud FRANCESCHINI, 2009).

2.9.4 Bombas e sistemas pressurizados

As bombas são utilizadas quando os pontos de utilização estão em cotas maiores à do nível de água no reservatório principal. Porém devemos ressaltar que durante a idealização do sistema deve-se buscar a utilização de reservatórios elevados e o encaminhamento da água coletada diretamente para este, quando possível evitando o bombeamento e aumentando a eficiência energética do sistema (COHIM et. al, 2007).

2.9.5 Reservatórios

Obviamente, o componente mais importante deste sistema é o reservatório, e o cálculo de seu dimensionamento, o mais complexo e cauteloso de todos. A cisterna deve ter um volume ideal – ótimo – que leva em consideração os períodos de chuvas e estiagem da região em que se encontra a residência. Esta deve ser a variável que demanda maior cautela no momento do dimensionamento, pois um período de seca ou de chuvas abundantes pode resultar no transbordamento ou total falta de água na cisterna, prejudicando todo o sistema e inviabilizando-o tanto economicamente quanto ambientalmente (BUENO et. al, 2012).

Estes podem ser fabricados com diversos tipos de materiais e podem ser enterrados, apoiados ou elevados, sendo, portanto, necessário avaliar em cada caso aspectos como: estrutura, capacidade, viabilidade técnica, custo, disponibilidade do local (COHIM et. al, 2007).

2.10 DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIOS

Existem vários tipos de métodos de dimensionamento de reservatório que por sua vez resultam em volumes distintos. Desses métodos, alguns são apresentados na norma NBR 15527/2007 - água de chuva - aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – requisitos.

A escolha desse método é de fundamental importância para viabilidade de implantação do conjunto de aproveitamento de água pluvial, já que, como já informado acima, esse é o componente mais importante do sistema.

No dimensionamento de reservatórios, tem-se por objetivo definir a capacidade volumétrica que atenda ao máximo possível à demanda exercida e com um menor custo para se implantar. Vale frisar que, nem sempre haverá chuva suficiente para atender toda essa demanda e nem tampouco será possível armazenar toda a chuva fornecida.

A NBR 15527:2007 especifica métodos para o dimensionamento de reservatórios, que são:

- Método de Rippl;
- Método da simulação;
- Método de Azevedo Neto;
- Método prático alemão;
- Método prático inglês;
- Método prático australiano.

Mais um método pode ser considerado no dimensionamento de reservatórios, citado por (BUENO et. al, 2012):

- Programa computacional Netuno.

2.10.1 Método de Rippl

Para Plínio Tomaz (2011), o método de *Rippl* é o geralmente usado em reutilização de água pluvial devido a sua simplicidade e facilidade de aplicação.

Neste método, o volume de água que escoa pela superfície de captação é subtraído da demanda de água pluvial em um mesmo intervalo de tempo. A máxima diferença acumulada positiva é o volume do reservatório para 100% de confiança (SCHILLER, LATHAN, 1982).

De acordo com Ghisi (2013), o método de *Rippl*, é um método de cálculo de volume de armazenamento necessário para garantir uma vazão controlada constante durante o período de maior seca registrado.

$$V_{rippl} = \sum_{i=1}^d S \text{ Equação 1:}$$

Em que:

V_{Rippl} = Vol. do reservatório obtido pelo método de Rippl (litros);

D = número de dias do período analisado (igualmente ao número de dias da série de precipitações utilizada);

S = diferença entre a demanda diária de água pluvial e o volume de água que escoa diariamente pela superfície de captação (litros).

2.10.2 Método de 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).

2.10.3 Método de Azevedo Neto

O método de Azevedo Neto é o primeiro método empírico apresentado na NBR 15527/2007.

Esse método utiliza uma serie 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).

$$V_{an} = 0,0042 \times P_a \times A \times T \quad \text{Equação 2:}$$

Em que:

V_{an} = Vol. Reservatório (litros);

P_a = precipitação pluviométrica média anual (mm/ano = litros/m² por ano);

A = área de captação (m²);

T = quantidade de meses de menor chuva ou seca (adimensional).

2.10.4 Método prático alemão

Neste método, o volume de reservatório de água da chuva será basicamente o menor valor registrado entre 6% do volume de água pluvial anual e 6% da demanda anual de água não potável. O coeficiente de 0,06, é usado para que a água da chuva coletada, não fique retida mais de 22 dias (ANQUIP, 2009).

$$V_{adotado} = \text{Mínimo entre } (V \text{ e } D) \times 0,06(6\%) \quad \text{Equação 3:}$$

Em que:

V = volume anual de precipitação aproveitável (L);

D = demanda anual de água não potável (L).

2.10.5 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).

Esse método garante que a água da chuva coletada fique retida até 18 dias no reservatório e ele é considerado um dos métodos mais simples de se aplicar, uma vez que abrange apenas a precipitação anual.

$$V = 0,05 \times P \times A \quad \text{Equação 4:}$$

Em que:

P= precipitação média anual (mm);

A= área de coleta em projeção (m²);

V= volume de água aproveitável e o volume de água da cisterna (L).

2.10.6 Método prático australiano

No último método sugerido pela NBR 15527/2007, inicialmente deve-se calcular o volume de água da chuva por meio da seguinte equação.

$$Q = \frac{(A \times C \times (P - I))}{1000} \quad \text{Equação 5:}$$

Em que:

C= coeficiente de escoamento superficial, geralmente 0,8;

P= precipitação média mensal (mm);

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

O cálculo do volume do reservatório é realizado por tentativas através da equação citada abaixo, onde no mês 1, considera-se o reservatório vazio), até que seja alcançado um valor dentro de um intervalo de confiança de 90% a 99%.

$$V_t = V_{t-1} + Q_t - D_t \quad \text{Equação 6:}$$

Em que:

Q_t = volume mensal produzido pela chuva no mês t (m^3);

V_t = volume de água que está no tanque no fim do mês t (m^3);

V_{t-1} = volume de água que está no tanque no início do mês t (m^3);

D_r = demanda mensal (m^3).

2.10.7 Programa Computacional Netuno

Possui à 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

Este projeto foi desenvolvido em uma residência, na quadra 108 norte, Alameda 12, lote 32, situado no município de Palmas - TO. Conforme a figura a baixo.



Figura 4 : Localização da residência

Fonte: Google maps

3.1 OBTENÇÃO DOS DADOS PLUVIOMÉTRICOS

Para a realização desse estudo, foi necessário acessar informações de precipitação do município de Palmas -TO mensalmente ao longo de série hidrológica de dez anos, obtidos pelo BDMEP – Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (INMET).

Os dados foram organizados a modo que se obtenha uma média mensal ao longo de uma série histórica, conseqüentemente, estes servem de embasamento da viabilidade econômica de implantação de um projeto de viabilidade econômica de um projeto de reaproveitamento de águas pluviais na cidade de Palmas-TO.

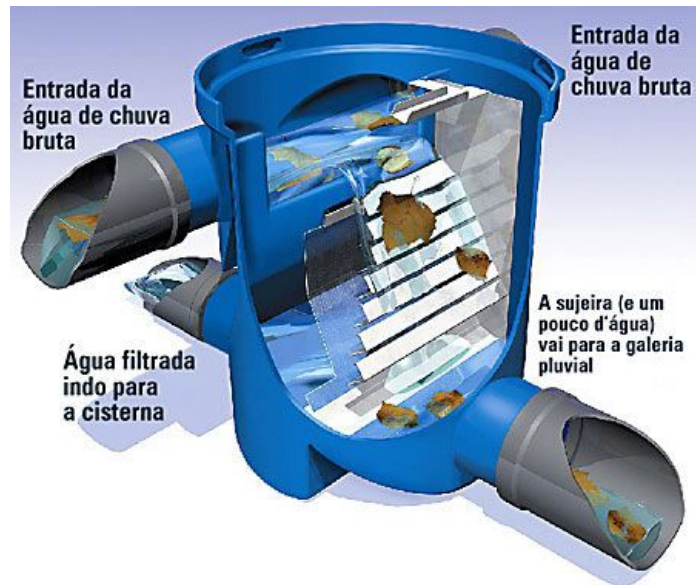
3.2 DESCARTE DAS PRIMEIRAS CHUVAS

Junto ao estudo do sistema de reaproveitamento de águas, foi proposto um sistema que sirva para descartar as primeiras chuvas antes das mesmas chegarem ao reservatório, esta medida deve ser adotada para facilitar o funcionamento e minimizar manutenções do sistema. Segundo Tordo (2004), a primeira chuva contém impurezas originárias das deposições no telhado de matéria orgânica originária de pássaros e/ou trazida pelas forças dos ventos, tal como folhas e pequenos insetos. Além disto Tomaz (2003) destaca também a limpeza da atmosfera que os primeiros volumes de água contêm. Conseqüentemente, com a remoção desta parcela de água da chuva, a qualidade da água captada será superior.

3.3 IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE CAPTAÇÃO E FILTRAGEM

Atualmente no mercado a empresa Aqua save é a que oferece maiores equipamentos para o reaproveitamento de águas pluviais em residências. Esta empresa possui no mercado o “Filtro VF1 AcquaSave / 3P Technik” (Fig. nº 5), que é um sistema simples e prático para a utilização no sistema de filtragem da água de chuva, o sistema garante um grau de eficiência de até 98% de retenção de resíduos sólidos, este equipamento tem indicação para áreas de telhado até 200 m². A Figura 7 a seguir demonstra um exemplar deste modelo e como o mesmo funciona.

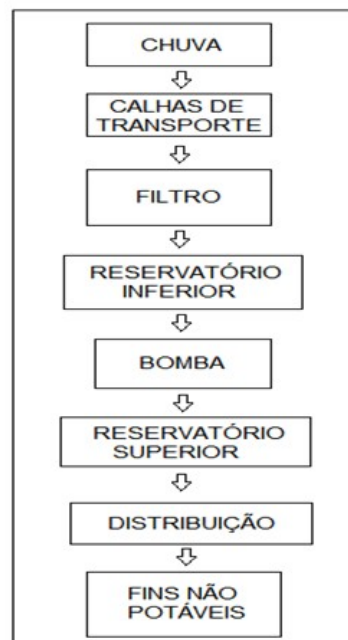
Figura 5 – Filtro VF1 AcquaSave / 3P Technik



3.3 FLUXOGRAMA DE MODELO DE CAPTAÇÃO

O método racional e planejado de reaproveitamento deve ser bem definido, sendo assim o fluxograma representado na Figura 6 a seguir defini bem qual é a ordem correta das etapas.

Figura 6 – Fluxograma do sistema



3.4 CÁLCULO DO VOLUME DE ÁGUA CAPTADO

É de suma importância ressaltar qual a área adotada neste projeto, que será de 114m², a área de captação no caso de dimensionamento será utilizada a projeção horizontal da área.

O passo seguinte (Eq. nº1) é o cálculo do volume de água captado, que vem a ser resultado de uma simples equação:

$$V_c = A \times P_a$$

(Equação 1)

Em que:

V_c = Volume captado, em m³;

A = Área de captação do telhado, em m²;

P_a = Precipitação pluviométrica anual, em mm;

Da precipitação média deve ser descontado um total de 2,0mm do qual entende-se que é a taxa de perdas e evaporação (NBR 15527, 2007), multiplicando pela quantidade de meses pelo qual a precipitação total foi dividida para chegar a média.

3.5 CÁLCULO DA TAXA DE ECONOMIA DE ÁGUA

Um dos objetivos desta pesquisa é a viabilidade econômica da implantação deste sistema, sendo assim, o cálculo de taxa de economia se torna de suma importância. Para este cálculo será levado em conta o preço do m³ cobrado atualmente pela empresa de abastecimento (BRK Ambiental) multiplicando-o pelo volume captado obtido na equação 01.

$$E_a = P \times V_c$$

(Equação 2)

Em que:

E_a = Taxa de economia de água, em R\$*m³.

P = Preço cobrado pela empresa de fornecimento, em R\$ por m³.

Vc= Volume Captado, em m³.

Junto ao site da BRK Ambiental na página que se direciona a estrutura tarifária da empresa fora encontrado os seguintes valores, representados no Quadro 01.

Quadro 01: Tarifas BRK Ambiental

Residencial						
Tipo	Faixa m ³ Intervalo	Volume por faixa	Alíquota (R\$/m ³)	Fator de Dedução	Valor da Faixa	Valor Acumula do
R,1	0 a 10	10	4,11	0,00	41,10	41,10
R,2	11 a 15	5	5,64	15,31	28,21	69,31
R,3	16 a 20	5	7,21	38,90	36,07	105,37
R,4	21 a 25	5	8,65	67,70	43,27	148,64
R,5	26 a 30	5	10,03	102,05	50,14	198,78
R,6	31 a 35	5	10,81	125,43	54,04	252,82
R,7	36 a 40	5	13,34	214,22	66,72	319,54
R,8	41 a 50	10	14,65	266,53	146,52	466,05
R,9	> 50	-----	17,48	407,90	-----	-----

Fonte: BRK Ambiental (2019)

No Quadro 01 acima demonstra os valores cobrados pela empresa BRK ambiental referentes tanto a distribuição de água quanto ao recolhimento de esgoto. Sendo que na coluna alíquota é possível analisar o valor do m³ cobrado pela utilização de acordo com a faixa de demanda da residência no mês.

Já o fator de dedução indica o que é cobrado apenas na faixa final de utilização, ou seja, uma residência que utilizar 28 m³ em um mês não pagará todo esse volume de acordo com o valor de R\$10,03, mas apenas 3 m³ utilizando essa tarifa. O restante será cobrado de acordo com os preços das faixas anteriores.

Outro fator interessante que deve ser observado é a quantidade de água a ser aproveitada é o volume de águas não potáveis utilizadas em uma residência, Martini (2009) afirma que esse percentual é de 45%, contudo Pereira et al (2010) detalham esse valor, conforme o Quadro 02 a seguir.

Quadro 02: Consumo detalhado de águas

Consumo Potável		Consumo não potável	
Equipamento	%	Equipamento	%
Chuveiro	36	Lavagem de Roupas	12
Lavagem de louça	6	Vaso Sanitário	27
Beber e Cozinhar	4	Lavagem de Carros	2
Pequenos Trabalhos	9	Jardins	4
Total	55	Total	45

Fonte: Pereira (2010)

3.6 CÁLCULO DA TAXA DE ECONOMIA DE ESGOTO

Uma vez que grande parte do município de Palmas-TO recebe a coleta de esgoto doméstico, com o reaproveitamento de águas pluviais, conseqüentemente na compra de menos m³ de água da fornecedora, o valor de esgoto também será diminuído. Sendo assim, fez-se necessário o cálculo da economia prevista com a execução deste empreendimento. Para isso utilizou –se a seguinte equação, em que é necessário multiplicar pelo fator de minoração de 0.80, pois de acordo com as diretrizes da companhia de abastecimento, 80% da água adquirida da empresa retorna como esgoto.

$$Ee = \text{Preço} \times Vc \times 0.80$$

(Equação 3)

Em que:

Ee = Taxa de economia de esgoto, em R\$*m³.Preço = Preço cobrado pela empresa de fornecimento, em R\$ por m³.Vc= Volume Captado, em m³.

3.7 CÁLCULO DO RETORNO DE 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:

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

Onde:

F_c = Economia anual;

TMA = Inflação estimada do IPCA;

I_i = Investimento inicial.

3.8 CÁLCULO DO RESERVATORIO

No projeto em questão, após a determinação da demanda necessária para atender a residência, e após os cálculos de volumes captados, será necessário o cálculo do reservatório a ser utilizado no sistema. O cálculo deste reservatório é recebido através do método prático Brasileiro, conhecido por Método Azevedo Neto de acordo com a NBR 15.527 (ABNT, 2007), neste trabalho tratada como Equação 05.

(Equação 05)

$$V = 0.042 * P_{ma} * A_c * T$$

Em que:

V= Volume de água do reservatório, em Litros.

P_{ma} = Precipitação média anual, em mm.

A_c = Área de coleta em projeção, em m².

T= Número de meses de pouca chuva ou seco.

3.9 CÁLCULO DA BOMBA

Neste projeto serão necessárias duas caixas de água, uma inferior para o recebimento e filtragem das águas proveniente das calhas, e outra superior que abastecerá os pontos de consumo, portanto, para o abastecimento da caixa de água superior será necessário um sistema de bombeamento, já na primeira não, pois a mesma será abastecida por gravidade.

Para calcular o sistema de bombeamento será utilizado o método apresentado por Netto (1998), como expresso na Equação 06.

(Equação 06)

$$Pot = \frac{\gamma \times Q \times Hm}{75 \times n} \text{ (cv)}$$

Em que:

γ = Densidade da água, em kgf/m³

Q = Vazão, em m³

Hm = Altura manométrica, em mca

N = Rendimento da bomba, em %

3.10 TUBULAÇÃO

O transporte de água das calhas ao reservatório inferior, e do reservatório inferior ao superior será dado por meio de tubos de PVC, no qual todo o seu dimensionamento seguirá a NBR 5626/98.

Além disso, deve ser feita toda a compatibilização da tubulação com o sistema de filtragem e descarte da primeira chuva, afim de garantir que os equipamentos utilizados nestas etapas sejam totalmente compatíveis com a tubulação.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 ÍNDICE PLUVIOMÉTRICO

Por meio do site da ANA foi possível ter acesso a plataforma do INMET que proporcionou o acesso aos dados pluviométricos brutos de uma série histórica qualquer, sendo assim, fora escolhida a série dos últimos 10 anos completos, 2009 a 2018.

Os dados brutos foram tratados com o uso da ferramenta computacional Excel para gerar os seguintes dados apresentados no Quadro 03 a seguir

ÍNDICE PLUVIOMÉTRICO MENSAL (mm)											
Mês	ANO										MÉD IA
	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
TOT	1.921,	1.805,	2.005,	1.497,	1.849,	1.843,	1.393,	1.270,	1.663,	1.920,	1.717,
AL	30	60	70	90	30	90	70	50	70	90	25

Quadro 3: Índice pluviométrico mensal (INMET, 2019)

A partir dos dados apresentados no quadro 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.

A partir dos dados obteve-se a média mensal desses últimos dez anos. Este gráfico é apresentado a partir da Figura 07 a seguir.

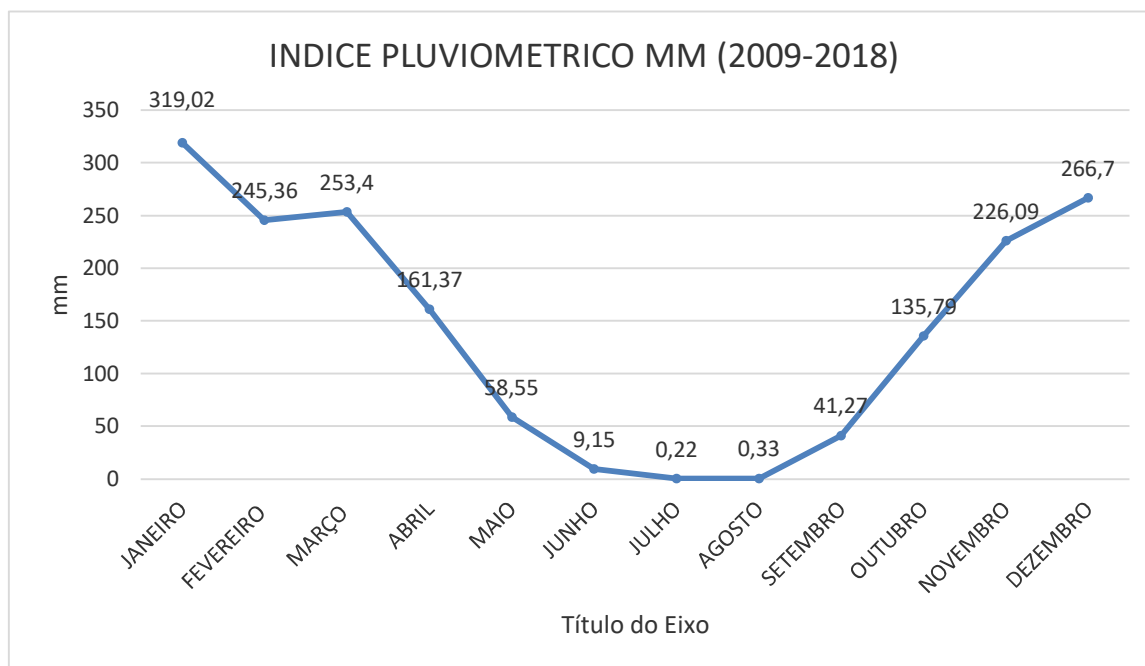


Figura 07: Índice pluviométrico (mm) 2009-2018

Com este gráfico é possível analisar os valores representativos de todos os meses no intervalo de tempo citado. Um item importante a ser observado é o baixo índice apresentado nos meses de maio, junho, julho, agosto e setembro.

Com essa observação é possível afirmar que nestes 5 meses no qual o índice pluviométrico se encontrou abaixo ou próximo de 100 mm, o sistema estará quase que em total desuso. Devido ao baixo nível pluviométrico possivelmente as chuvas serão em intervalos longos e com isso o telhado da residência estará com uma camada de impurezas que desqualificam a água a uso, mesmo que não potável.

4.2 SISTEMA DE CAPTAÇÃO E FILTRAGEM

4.2.1 DESCARTE DAS PRIMEIRAS CHUVAS

Os primeiros milímetros de chuva são responsáveis pela limpeza da atmosfera e da superfície de captação através do arraste de substâncias como poeira, folhas, galhos e fezes de animais. Por este motivo é necessário o uso dos dispositivos de descarte nos sistemas de aproveitamento de água de chuva.

Diversas técnicas são empregadas para o descarte desta primeira água de chuva, com funcionamento baseado no peso da água, no volume e em boias.

No projeto em questão foi utilizado o modelo fabricado e vendido pela empresa Harvesting Brasil, porém, este modelo pode facilmente ser encontrado por outras empresas ou sua fácil fabricação também permite a construção em obra deste item. Na Figura 08 é possível ver um Fluxograma de como a peça funciona.

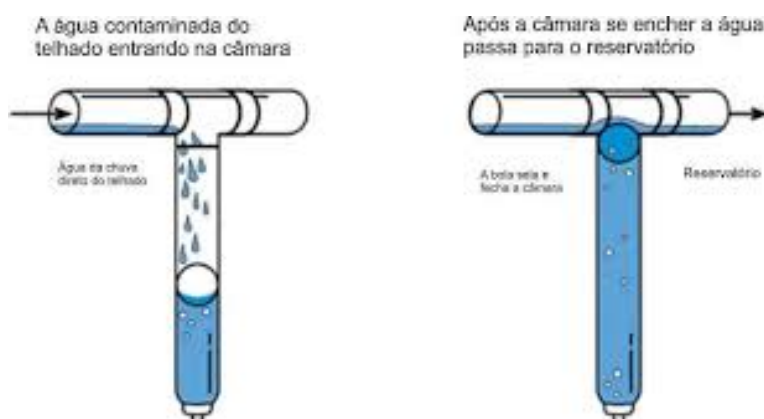


Figura 08: Detalhe sistema First Flush

Fonte: EJEQ: UFPR

O dispositivo para desvio das primeiras águas das chuvas apresentados no desenho esquemático é automático, muito simples, eficaz e de baixo custo.

Depois da chuva, e antes que se acumule sujeira na superfície de captação, o tanque de desvio deve ser esvaziado, através de uma tubulação de descarga, que novamente fechada deixa o dispositivo pronto para o desvio automático das primeiras águas da próxima chuva. O tanque de desvio é pequeno e, portanto,

perde-se muito pouco da água, que pode ser empregada em usos menos exigentes, mas ganha-se muito em qualidade.

4.2.2 FILTRAGEM

Após análise detalhada dos equipamentos disponíveis no mercado, chegou-se à conclusão, que um filtro que abriga as necessidades técnicas para o projeto e não causa desequilíbrio orçamentário é o filtro VF1 AcquaSave / 3P Technik, conforme demonstrado na Figura 07 já apresentada.

O filtro VF1 trata-se de um sistema utilizado para filtragem de água pluvial para edificações que tenham telhados de até 200 m². Sua eficiência varia em torno de 98% de retenção mecânica de sólidos, isso variando de acordo com a intensidade da precipitação pluviométrica.

A água é conduzida das calhas até o filtro, onde é freada na bacia de retenção superior e direcionada a descer nas cascatas do miolo filtrante, que funciona em dois estágios, primeiro por cascatas que elimina os sólidos maiores, em seguida por uma malha em aço inox e por gravidade cai no fundo do filtro sendo por fim direcionada para a saída que leva ao reservatório. Por ser auto limpante os sólidos retidos pelo miolo são descartados do filtro juntamente com um pouco de água.

4.3 CÁLCULO DO VOLUME CAPTADO E RESERVATORIOS

4.3.1 CONSUNO ANUAL MEDIO 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 no quadro 04 abaixo com a quantidade de 05 moradores.

CONSUMO MENSAL DE ÁGUA POTÁVEL			
Mês	Consumo Água (m³)	Usuários	Consumo Per Capita (m³)
10/2018	29	05	5,8
11/2018	29	05	5,8
12/2018	28	05	5,6
01/2019	28	05	5,6
02/2019	28	05	5,6
03/2019	28	05	5,6
04/2019	28	05	5,6
05/2019	29	05	5,8
06/2019	30	05	06
07/2019	30	05	06
08/2019	30	05	06
09/2019	30	05	06
MÈDIA/ANO	30	05	6

Quadro 04: Consumo anual médio de água potável (Autor, 2019)

Através dos dados obtidos acima, foi possível determinar o consumo médio anual de água per capita de 6 m³.

O projeto em questão tem função de aplicação para um volume de 30 m³ conforme a média de consumo no quadro 03.

4.3.2 VOLUME 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 114 m².

O quadro 05 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	114	319,02	0,80	29,09
FEV	114	245,36	0,80	22,37
MAR	114	253,40	0,80	23,11
ABR	114	161,37	0,80	14,71
MAI	114	58,55	0,80	5,33
JUN	114	9,15	0,80	0,83
JUL	114	0,22	0,80	0,02
AGO	114	0,33	0,80	0,03
SET	114	41,27	0,80	3,76
OUT	114	135,79	0,80	12,38
NOV	114	226,09	0,80	20,61
DEZ	114	250,70	0,80	22,86
TOTAL/ANO				155,10

Quadro 05: Cálculo do volume máximo anual de água pluvial captada (Autor, 2019).

Este volume será captado pelo telhado e transportado via calhas metálicas para os reservatórios, após estudo de mercado e medidas tiradas a partir da NBR 10844/89 (Instalações prediais de águas pluviais - Procedimento.), foi tomada a decisão de escolha de uma calha tipo americana, com corte N° 33, na Figuras 09.



Figura 09: Calha Americana

Fonte: RISSO Madeiras

As calhas utilizadas já se encontram presentes na edificação, elas foram confeccionadas em aço galvanizado, conforme preconiza a norma 10844/89, são do tipo americana e localizadas na parte central da cobertura.

4.3.3 RESERVATÓRIOS

No quesito armazenamento é importante balancear o custo benefício, onde não se pode instalar um reservatório muito grande por conta do custo e risco de dimensionar para um volume que provavelmente não será completo. Devido a esse fator, o armazenamento será constituído de dois reservatórios, sendo um com capacidade de armazenamento para 5000 litros, situadas na área inferior próximo à calha, e outro localizado na parte superior da residência (caixa d'água) com capacidade de 1000 litros, no qual fornecerá o destino do reuso da água pluvial para as áreas de interesse. Os reservatórios serão acompanhados ainda por respiros, para que haja a variação interna de pressão por conta do fluxo de entrada e saída de água, além é claro de um vertedouro para que o volume excedente possa ser descartado para a tubulação de descarte.

O volume de apenas 6,0 m³ que representa apenas 20,68% do total esperado diante para o mês significa que o sistema se encontra em rotatividade contínua, essa decisão foi tomada por conta de que o volume médio mensal de 22,37 m³ está distribuído no intervalo de 30 dias, sendo assim, em meses de chuva o sistema estará com sua utilização no máximo.

A residência possuirá obrigatoriamente 2 caixas d'água para atender a demanda da casa, sendo que uma delas será abastecida somente pela empresa responsável pelo fornecimento de água (BRK Ambiental) e terá como finalidade atender os usos em que é necessária melhor qualidade da água. E outra caixa que será abastecida pelo reservatório inferior através de uma bomba Anauger 650 5G que capta a água pluvial e possuirá 2 boias de nível, sendo que uma elétrica para o reservatório da água pluvial e uma boia comum para a água fornecida pela BRK Ambiental como forma alternativa para os períodos de seca em que a precipitação é limitada. Na Figura 10 abaixo vemos um exemplo desta bomba.



Figura 10: bomba Anauger 650 5G

Fonte: ANAUGER (2017)

Esta bomba foi escolhida para o sistema devido ao seu custo benefício, tendo em vista que, o sistema em questão é relativamente simples e está e uma das mais adequadas encontradas no mercado, por se contar do modelo de entrada da linha Anauger concebida para a utilização residencial, sendo essa, uma bomba submersa vibratória com potência 340 Watts, garantindo uma elevação máxima de 60 metros e

vazão máxima de 1.600 Litros/hora. Na Figura 11 a baixo disponibilizada pelo fabricante é possível constatar estes dados.

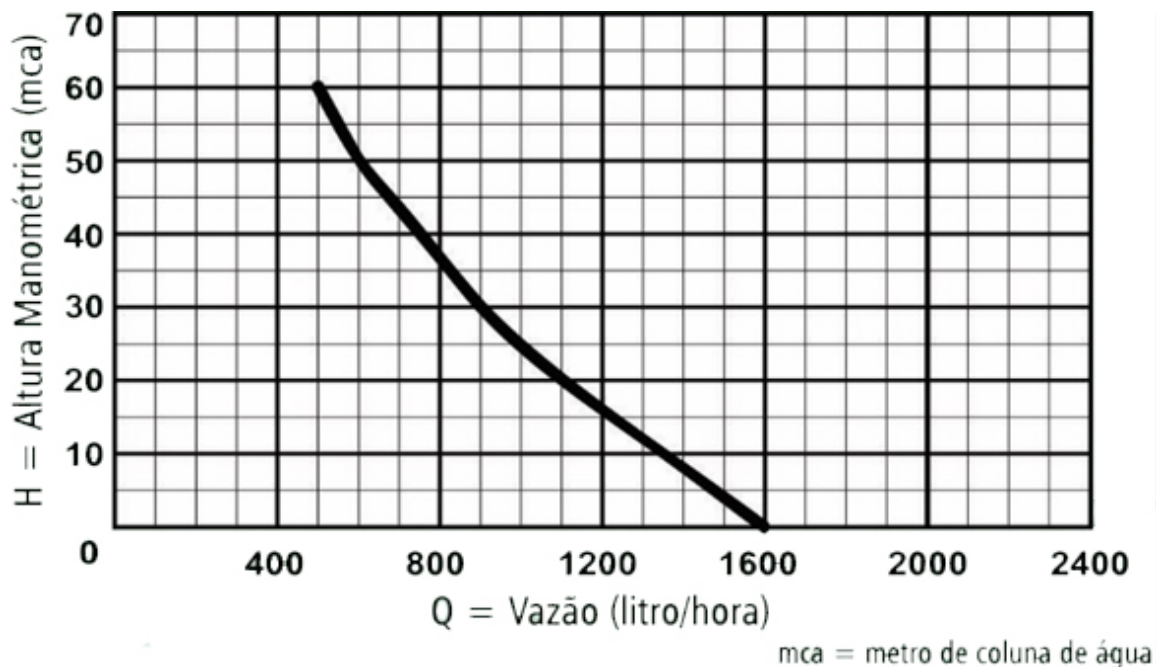


Figura 11: Curva de desempenho bomba Anauger 650 5G

Fonte: ANAUGER (2017)

Tendo em vista que por se tratar de uma residência térrea onde a perda de carga do sistema não será muito alta, onde o reservatório superior está abaixo de 5 metros em relação à bomba, podemos afirmar que, a bomba poderá provavelmente oferecer valores de vazão próximo a máxima.

4.3.4 CROQUI DE PROJETO

Visando uma melhor compreensão do projeto em questão, é necessário a elaboração de croquis de planta baixa e corte, exemplificando como é a montagem do sistema de reaproveitamento. Na Figura, 12 a seguir é possível analisar como está o dimensionado o sistema.

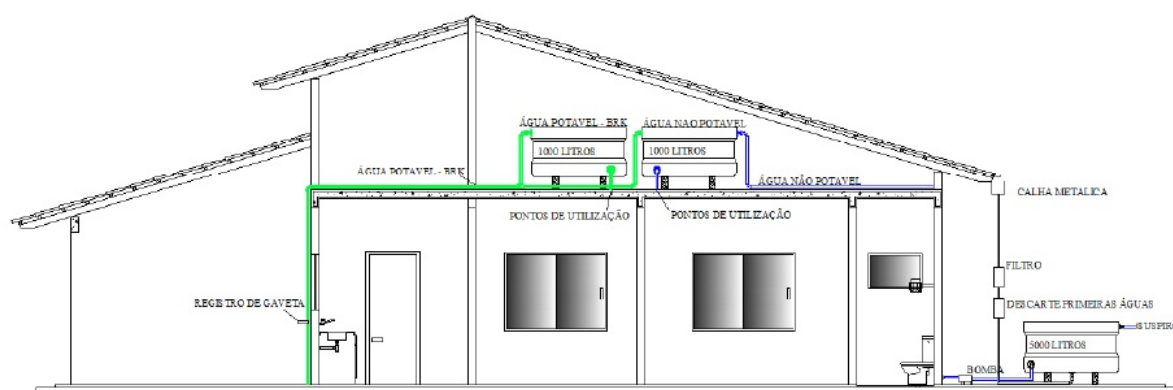


Figura 12: Corte

Fonte: Autor (2019)

A partir da Figura 12 acima, é possível entender como está disposto todo o sistema, sendo que, com essas informações se faz possível entender como estão dispostas as peças que compõem o sistema. Duas vertentes são; em primeiro lugar o registro de gaveta individual que garantirá o abastecimento do reservatório superior do sistema em meses de estiagem, garantindo assim, que os pontos de utilização que não necessitam de água potável não fiquem sem abastecimento durante períodos de estiagem. A outra vertente é a colocação em ordem correta do filtro frente ao sistema de descarte das primeiras águas, com isso é possível garantir que não haja dejetos grosseiros no sistema.

Deve observar que o reservatório inferior quando executado durante a concepção do projeto pode ser instalado na forma de reservatório enterrado, a fim de um aproveitamento de área, porém, esta escolha acarretará no aumento dos valores do projeto.

Ressaltando que no ambiente de serviço foi optado por utilizar dois pontos, sendo um de cada reservatório. Essa escolha tem por objetivo proporcionar uma melhor economia e bem-estar durante a utilização, pois no ambiente pode ser necessário o uso de água, tanto para a lavagem de roupas delicadas como infantis onde é importante uma água de qualidade, como também, a utilização para a lavagem de pisos ou limpezas rudes.

4.4 CUSTO DE IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA

Já o custo para a implantação do sistema em uma residência em Palmas foi obtido uma pesquisa no comércio local e virtual, essa pesquisa resultou no seguinte Quadro 06, que apresenta os valores de cada item.

Quadro 06: Custo de implantação do sistema

CUSTO COM IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA				
ITEM	UND	QTD	VALOR UNIT. (R\$)	VALOR TOTAL (R\$)
Caixa D'água 5 m ³ - Inferior	Und.	1	1.470,00	1.470,00
Caixa D'água 1 m ³ - Superior	Und.	1	300,00	300,00
Bomba Anauger 340 W Recalque e Descarte	Und.	1	260,00	260,00
Boia Elétrica	Und.	1	32,00	32,00
Disjuntor 16A	Und.	1	7,80	7,80
Tubulação 25 mm	Mt.	10	1,80	18,00
Conexões 25 mm	Und.	1	15,00	15,00
Cola p/ cano 75g	Und.	1	6,00	6,00
Cabo flexível 2,5 mm	Mt	50	0,90	45,00
VF1 AcquaSave /3P	Und.	1	385,00	385,00
Dispensador primeiras águas	Und.	1	43,53	43,53
Fita Isolante 50 m	Und.	1	7,00	7,00
Custo com Energia/ano	kWh	120	0,85	102,00
Mão de Obra	Sv.	1	1.250,00	1.250,00
TOTAL				3.941,38

No Quadro 06 constam os valores referentes à instalação apenas do sistema de reaproveitamento de água, ou seja, levando em conta que a residência está passando por uma reforma e já se encontra com os pontos de utilização de águas não potáveis e são inclusos no custo de construção da obra e os condutores verticais e horizontais com diâmetro de 100mm.

Outro fator relevante são os valores de mão de obra e materiais, pois se o sistema fosse implantado durante a concepção do projeto sem dúvidas poderá haver mudanças de valores referentes a implantação do sistema.

Todos os valores aqui apresentados foram orçados no município de Palmas-TO e via internet no mês de outubro de 2019.

4.5 ECONOMIA MENSAL E RETORNO DO INVESTIMENTO

Para que o sistema seja considerável viável faz-se necessário uma análise do fator econômico, sendo assim, foram obtidos valores juntos à empresa de saneamento do município. Estes valores foram apresentados anteriormente por meio da Quadro 01.

Para realizar o cálculo de determinação da economia da taxa de água tratada foi considerado que 45% da média anual de água fornecida pela BRK nos últimos 12 meses sejam utilizadas para fins não potáveis, totalizando 13,5 m³.

A quadro 07 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	10,03	29	290,87
Nov/18	10,03	29	290,87
Dez/18	10,03	28	280,84
Jan/19	10,03	28	280,84
Fev/19	10,03	28	280,84
Mar/19	10,03	28	280,84
Abr/19	10,03	28	280,84
Mai/19	10,03	29	290,87
Jun/19	10,03	30	300,90
Jul/19	10,03	30	300,90
Ago/19	10,03	30	300,90
Set/19	10,03	30	300,90
TOTAL			3.480,41

Quadro 7: Consumo atual de água fornecida pela BRK (Autor, 2019).

O Consumo de água pelo sistema de aproveitamento pluvial é representada pela Quadro 08 a seguir.

CONSUMO DE ÁGUA PELO SISTEMA DE APROVEITAMENTO				
Mês	Valor m³ BRK (R\$)	Consumo BRK (m³)	Consumo Sistema (m³)	TOTAL (R\$)
Out/18	10,03	23,00	6,00	230,69
Nov/18	10,03	23,00	6,00	230,69
Dez/18	10,03	22,00	6,00	220,66
Jan/19	10,03	22,00	6,00	220,66
Fev/19	10,03	22,67	5,33	227,38
Mar/19	10,03	27,17	0,83	272,51
Abr/19	10,03	27,98	0,02	280,63
Mai/19	10,03	28,97	0,03	290,56
Jun/19	10,03	26,24	3,76	263,18
Jul/19	10,03	24,00	6,00	240,72
Ago/19	10,03	24,00	6,00	240,72
Set/19	10,03	24,00	6,00	240,72
TOTAL				2.959,12

Quadro 08: Consumo de água pelo sistema de aproveitamento de água pluvial (Autor, 2019).

O cálculo utilizado para determinar a economia da taxa de esgoto foi realizado conforme os dados obtidos no item anterior, conforme Tabelas 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	10,03	29	80	232,69
Nov/18	10,03	29	80	232,69
Dez/18	10,03	28	80	224,67
Jan/19	10,03	28	80	224,67
Fev/19	10,03	28	80	224,67
Mar/19	10,03	28	80	224,67
Abr/19	10,03	28	80	224,67
Mai/19	10,03	29	80	232,69
Jun/19	10,03	30	80	240,72
Jul/19	10,03	30	80	240,72
Ago/19	10,03	30	80	240,72
Set/19	10,03	30	80	240,72
TOTAL				2.784,30

Quadro 09: 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	10,03	23,00	80	184,00
Nov/18	10,03	23,00	80	184,00
Dez/18	10,03	22,00	80	176,52
Jan/19	10,03	22,00	80	176,52
Fev/19	10,03	22,67	80	181,90
Mar/19	10,03	27,17	80	218,00
Abr/19	10,03	27,98	80	224,50
Mai/19	10,03	28,97	80	232,44
Jun/19	10,03	26,24	80	210,54
Jul/19	10,03	24,00	80	192,57
Ago/19	10,03	24,00	80	192,57
Set/19	10,03	24,00	80	192,57
TOTAL				2.366,13

Quadro 10: Taxa de esgoto pelo sistema de aproveitamento de água pluvial

(Autor, 2019).

4.5.1 ECONOMIA ANUAL

A economia anual de água tratada e esgoto 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	3.480,41
Consumo de Água do Sistema de Aproveitamento	- 2.959,12
Saldo	521,29

Quadro 11: Economia anual de água tratada (Autor, 2019).

ECONOMIA ANUAL DA TAXA DE ESGOTO	
Taxa de Esgoto atual BRK Últimos 12 meses	2.784,30
Sistema de Aproveitamento	- 2.366,13
Saldo	418,17

Quadro 12: Economia com a Taxa de Esgoto (Autor, 2019).

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

$$\textit{Economia Anual} = \textit{Economia \u00c1gua Tratada} + \textit{Economia Esgoto}$$

$$\textit{Economia Anual} = \text{R}\$521,29 + \text{R}\$ 418,17$$

$$\textit{Economia Anual} = \text{R}\$ 939,46$$

4.5.2 RETORNO DO INVESTIMENTO

O c\u00e1lculo para a determina\u00e7\u00e3o do tempo de retorno do valor investido foi realizado atrav\u00e9s das f\u00f3rmulas e resultado dispon\u00edvel na Tabela 14 abaixo.

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

Onde:

VPL = Valor Presente L\u00edquido;

F_{cj} = Fluxo de caixa (R\$ 939,46);

TMA = Infla\u00e7\u00e3o estimada do IPCA (3,3% = 0,033);

l_i = Investimento inicial (3.941,38);

i = n\u00famero de per\u00edodos;

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

Onde:

TIR = Taxa Interna de Retorno;

F_{cj} = Fluxo de caixa (R\$ 939,46);

T = Per\u00edodo total de tempo do projeto;

t = cada parte pelo per\u00edodo de tempo escolhido;

i = Taxa de desconto.

ANO	FLUXO DE CAIXA
0	-3.941,38
1	939,46
2	939,46
3	939,46
4	939,46
5	939,46
TMA	3,30%
VPL	R\$ 251,81
TIR	5,52%

Quadro 13: Tempo de retorno do investimento (Autor, 2019).

Após analisar os dados obtidos acima, foi possível identificar que o sistema foi pago com 5 anos e o sistema de aproveitamento pluvial obteve-se um saldo positivo de R\$ 251,81.

5. CONCLUSÃO

Após todos os resultados apresentados anteriormente, pode-se afirmar primeiramente que a precipitação média anual de Palmas-TO é de 1.717,25 mm/ ano, sendo possível a utilização de águas pluviais para fins residenciais no município de Palmas-TO, pois conforme apresentado o município recebe um volume de chuva considerável mediano.

Através do Método prático brasileiro, utilizado para o dimensionamento dos reservatórios, resultou em um valor de armazenagem da água pluvial de 06 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\$ 3.941,38.

A economia anual de água tratada e a taxa de esgoto oriundas da utilização do sistema resultaram em um total de R\$ 939,46.

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 5 anos o sistema foi totalmente pago, demonstrando assim uma ótima viabilidade econômica.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

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.

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.

CONSUMO SUSTENTÁVEL: **Manual de educação**. Brasília: Consumers International/ MMA/ MEC/ IDEC. 2005. 160p. Brasília, DF.

Cidade Sustentável: **Uso e ocupação do solo e seus impactos ambientais**. Ministério Público do Estado do Tocantins. Coordenação, Arlete Silva Ribeiro. 2011. 46p. Palmas, TO.

CULTIVAR. **Uso racional de água e resíduos sanitários no TO**. Disponível em: <<http://www.grupocultivar.com.br/site/content/artigos/artigos.php?id=446/>>. Acessado em Março de 2019.

COHIM, E., GARCIA, A., KIPERSTOK, A. **Captação e aproveitamento de água de chuva: dimensionamento de reservatórios**. In: IX Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. 2010.

DEVES, O. D. **Utilização da água: um estudo do potencial de captação de água das chuvas e a importância das políticas públicas e da educação ambiental.** In: IV Encontro Nacional da Anppas. 2008. 18p. Brasília, DF.

DARAYA, V. **O Brasil é o 4º maior consumidor de água do mundo.** 2012. INFO Online. Disponível em: <<http://info.abril.com.br/noticias/tecnologias-verdes/brasil-e-o-quarto-maior-consumidor-de-agua-do-mundo-16022012-30.shl/>>. Acessado em Março de 2019.

DOETO. Diário Oficial do Estado do Tocantins de 15/04/2013. 52p. Palmas, TO. GONÇALVES, O., M. PRADO, R., T., A. ILHA, M., S., O. AMORIM, S., OLIVEIRA, L., H. PETRUCCI, A., L., MARTINS, G., A., PULICI, C. **Execução e Manutenção de Sistemas Hidráulicos Prediais.** Editora PINI. São Paulo, 2000.

GENZ, F. **Parâmetros Para Previsão e Controle de Cheias Urbanas.** Porto Alegre, 1994. 162 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1994.

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.

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/>. Acessado em 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://www.irpaa.org/colheita/indexb.htm/>>. Acessado em Março de 2019.

LIMA, R. P., MACHADO, T. G., **Aproveitamento de água pluvial: análise do custo de implantação do sistema em edificações**. 2008. 45p. Trabalho de conclusão de curso, Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos, UNIFEB, Barretos, SP.

MARTINI, F. **Potencial de economia de água potável por meio do uso de água de chuva em São Miguel do Oeste – SC**. UFSC. 2009

MAY, S. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para o consumo não potável em edificações**. 2004. 159p. Mestrado, (Departamento de Engenharia de Construção Civil) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP.

MARINOSKI, A.K. **Aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em instituição de ensino: Estudo de caso em Florianópolis – SC**. 2007. 117p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, Florianópolis, SC.

Pesquisa Escolar. **Os rios que compõem a Bacia do Tocantins-Araguaia: Bacias Hidrográficas**. 2013. Disponível em: <http://educacao.uol.com.br/disciplinas/geografia/osrios-que-compoem-a-bacia-do-tocantins-araguaia-bacias-hidrograficas.htm/>. Acessado em Março de 2019.

PEREIRA JUNIOR, J. de. S. **Recursos hídricos – conceituação, disponibilidade e usos**. 2004. 24p. Brasília, DF.

PEREIRA, L.R. **viabilidade econômico/ambiental da implantação de um sistema de captação e aproveitamento de água pluvial em edificação de 100m² de cobertura**. Goiânia, 2010

REDE DAS ÁGUAS. **A água doce no mundo**. Disponível em: <http://www.rededasaguas.org.br/questao-agua/porque-ha-conflitos-e-disputa-pelaagua/>. Acessado em Março de 2019.

SILVEIRA, B. Q. **Reuso da água pluvial em edificações residenciais**. 2008. 44p. Monografia, (Especialização em Construção Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, UFMG, Belo Horizonte, MG

SANTOS, C. A. G., MAGNO, K., PALMEIRA, M., DANTAS, R., BRAGA, I. Y. L. G., **Aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis**. 2007. 8p. Projeto de extensão – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PB.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva de cobertura em área urbana para fins não potáveis**. 2009. 13p. São Paulo, SP.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva: para áreas urbanas e fins não potáveis**. 2. ed. São Paulo: Navegar Editora, 2003.

TORDO, O. C. **Caracterização e avaliação de águas de chuva para fins potáveis**. Centro de Ciências Tecnológicas, Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2004.

UNIÁGUA. Universidade da água. Água no Planeta. Disponível em: <http://www.uniagua.org.br>. Acessado em Março de 2019.

RIBEIRO, Renata. **“Quase 40% da água tratada no Brasil é desperdiçada”**; São Paulo, SP: 2013. Disponível em: < <http://g1.globo.com/bom-dia-brasil/noticia/2013/03/quase-40-da-agua-tratada-no-brasil-e-desperdicada-aponta-estudo.html>>. Acesso em Março de 2019.

