



# **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

Mateus Lacerda Rolim

REAPROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAS PARA FINS NÃO POTÁVEIS:  
Viabilidade econômica para a implantação em uma residência unifamiliar em Palmas - TO.

Palmas - TO

2018

Mateus Lacerda Rolim

REAPROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAS PARA FINS NÃO POTÁVEIS:  
Viabilidade econômica para a implantação em uma residência unifamiliar em 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: Dr.Sc. José Geraldo Delvaux Silva

Palmas – TO

2018

Mateus Lacerda Rolim

REAPROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAS PARA FINS NÃO POTÁVEIS:  
Viabilidade econômica para a implantação em uma residência unifamiliar em 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: Drº José Geraldo Delvaux Silva

Aprovado em: 21 de Maio de 2018

BANCA EXAMINADORA

---

Dr.Sc. José Geraldo Delvaux Silva.

Orientador

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

---

Msc. Carlos Spartacus da Silva Oliveira

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

---

Drª.Sc. Michele Ribeiro Ramos

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Palmas - TO

2018

## **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 100 m<sup>2</sup> de área de telhado. Para isso, foram obtidos dados de precipitação junto a 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. Porém a viabilidade econômica foi afirmada após os valores orçados do modelo padrão serem comparados a investimentos da população como a Poupança, para que assim, se tenha um real favorecimento econômico.

**PALAVRAS-CHAVE:** Sustentável, reuso de águas pluviais

## **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 100 m<sup>2</sup> 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. However, the economic viability was affirmed after the budgeted values of the standard model were compared to the population's investments as the Savings, so that, if there is a real economic favor.

**KEYWORDS:** Sustainable, Reuse Rainwater

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar a Deus, pela vida, saúde e por todas as coisas e pessoas que tenho ao meu redor.

A minha família pelo apoio, incentivo, carinho e amor dedicados.

A minha namorada pela compreensão e encorajamento.

Ao professor Dr José Geraldo Delvaux, pela constante orientação, atenção, compreensão e paciência neste período de estudo.

Aos membros da Banca examinadora, por aceitarem o convite.

Aos professores e colegas do curso de graduação em Engenharia Civil e a todos aqueles que direta ou indiretamente colaboraram com o desenvolvimento deste trabalho e também com a minha formação.

A todos os companheiros de copo da Atlética Extrema que me proporcionou inúmeros momentos de descanso após inúmeros dias de estudo.

Enfim, agradeço a todos que de alguma forma contribuíram para meu crescimento acadêmico.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

### Lista de Figuras

Figura 01: Distribuição de águas no planeta.....	4
Figura 02: Reutilização de água para a irrigação de jardins.....	7
Figura 03: Reuso de água na indústria têxtil.....	8
Figura 04: Reciclagem da água da pia do banheiro ao usar o vaso sanitário .....	8
Figura 05: Precipitação em Palmas entre 1961 e 1990.....	13
Figura 06: Classificação das águas doces segundo seus usos preponderantes.....	16
Figura 07: Filtro AC-100.....	18
Figura 08: Fluxograma sistema de reaproveitamento de águas pluviais.....	19
Figura 09: índice pluviométrico (mm) 2008-2017.....	26
Figura 10: Sistema First Flush.....	27
Figura 11: Detalhe sistema First Flush.....	27
Figura 12: Calha Americana.....	30
Figura 13: Detalhes Calha Nº 33.....	30
Figura 14: bomba Anauger 650 5G .....	32
Figura 15: Curva de desempenho bomba Anauger 650 5G.....	33
Figura 16: Corte .....	34
Figura 17: Disposição dos pontos de utilização.....	35

### Lista de Quadros:

Quadro 01: Tarifas BRK Ambiental.....	21
Quadro 02: Consumo detalhado de águas.....	21
Quadro 03: Distribuição Pluviométrica.....	25
Quadro 04: Custo de implantação do sistema.....	36
Quadro 05: Economia Anual.....	37
Quadro 06: Retorno do Investimento.....	38
Quadro 07: Investimento na poupança.....	40

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1.	PROBLEMA DE PESQUISA.....	2
1.2.	HIPÓTESE.....	2
1.3.	OBJETIVOS.....	2
1.3.1.	OBJETIVO GERAL .....	2
1.3.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	2
1.4.	JUSTIFICATIVA.....	2
<b>2.</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>4</b>
2.1.	DISTRIBUIÇÃO MUNDIAL DA ÁGUA .....	4
2.2.	PROBLEMA DA POLUIÇÃO NAS ÁGUAS .....	5
2.3.	CONSUMO FUTURO DE ÁGUA .....	5
2.4.	REUSO DA ÁGUA .....	6
2.5.	APLICAÇÃO DO REUSO .....	7
2.6.	RESERVATÓRIOS DE ÁGUA DE CHUVA.....	9
2.7.	RISCOS DO REUSO .....	10
2.8.	DADOS PLUVIOMETRICOS .....	13
2.8.1.	PRECIPITAÇÃO NA REGIÃO DE PALMAS.....	13
2.8.2.	INTENSIDADE DE PRECIPITAÇÃO .....	14
2.8.3.	FREQUENCIA E PERIODO DE RECORRENCIA .....	14
2.9.	LEGISLAÇÃO BRASILEIRA .....	14
<b>3.</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>17</b>
3.1.	INDICES PLUVIOMETRICOS .....	17
3.2.	DESCARTE DAS PRIMEIRAS CHUVAS .....	17
3.3.	IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE CAPTAÇÃO E FILTRAGEM.....	17
3.4.	FLUXOGRAMA DE MODELO DE CAPTAÇÃO .....	18
3.5.	CALCULO DO VOLUME DE ÁGUA CAPTADO .....	19
3.6.	CALCULO DA TAXA DE ECONOMIA DE ÁGUA .....	20
3.7.	CALCULO DA TAXA DE ECONOMIA DE ESGOTO.....	22
3.8.	CALCULO DO RETORNO DE INVESTIMENTO .....	22
3.9.	CALCULO DO RESERVATORIO.....	23
3.10.	CALCULO DA BOMBA.....	23
3.11.	TUBULAÇÃO .....	24
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSOES .....</b>	<b>25</b>

4.1.	INDICES PLUVIOMETRICOS .....	25
4.2.	SISTEMA DE CAPTAÇÃO E FILTRAGEM.....	26
4.2.1.	DESCARTE DAS PRIMEIRAS CHUVAS .....	26
4.2.2.	FILTRAGEM .....	28
4.3.	CALCULO DO VOLUME CAPTADO E RESERVATORIOS .....	28
4.3.1.	VOLUME CAPTADO .....	28
4.3.2.	RESERVATORIOS .....	30
4.3.3.	CROQUI DE PROJETO .....	33
4.4.	CUSTO DE IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA .....	35
4.5.	ECONOMIA MENSAL E RETORNO DO INVESTIMENTO .....	36
4.5.1.	ECONOMIA ANUAL .....	37
4.5.2.	RETORNO DO INVESTIMENTO .....	38
4.5.3.	VIABILIDADE ECONOMICA.....	39
<b>5.</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>41</b>
<b>6.</b>	<b>REFENCIAIS .....</b>	<b>42</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso essencial para a manutenção e evolução da vida, sendo assim se torna de suma importância o estudo de tecnologias e novas alternativas para a utilização mais consciente e inteligente deste bem, pois mesmo que aproximadamente 3/4 da superfície terrestre é coberta por água, apenas 3% desta é potável e destes apenas 20% está disponível para uso imediato do homem, por conta dessa quantidade tão pouca disponível que o número de estudos para meios de reaproveitamento e utilização inteligente se tornam frequentes e numerosos ao redor do mundo.

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 explanações em questão, esta pesquisa poderá caracterizar o sistema economicamente viável de utilização de água pluvial na cidade de Palmas (Tocantins) e estudas a economia em esgoto e água potável.

### 1.1. 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.

### 1.2. HIPÓTESE

É viável economicamente e correto a utilização de águas pluviais para fins não potáveis em residência unifamiliar em virtude de o município apresentar dois períodos bastante definidos, uma vez que este município é envolto por um clima bem definido, aonde há épocas do ano aonde as chuvas são constantes, porém outra época não há precipitação.

### 1.3. OBJETIVOS

#### 1.3.1. 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.

#### 1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Prever o tempo de retorno do investimento para a implantação de um sistema de reaproveitamento de águas pluviais.
- Traçar um modelo viável economicamente, para a utilização desta tecnologia.
- Estimar a quantidade de água reutilizável para atender uma família de 5 pessoas.

### 1.4. JUSTIFICATIVA

A água é um bem essencial para a existência da vida em nosso planeta. Porém o volume de água potável disponível para o acesso direto ao consumo da humanidade cada dia se torna mais escasso, pois o crescimento populacional mundial promove o aumento descontrolado do consumo tanto para fins pessoais e também industriais, logo a utilização

de tecnologias que promovam a reutilização de águas se tornam indispensáveis para a manutenção da vida.

A população diante de tal cenário busca há cada dia a adequação do sustentável junto ao econômico, portanto, o desenvolvimento de estudos que possibilitem a explanação e debate sobre formas e valores de implantação deste procedimento de reaproveitamento.

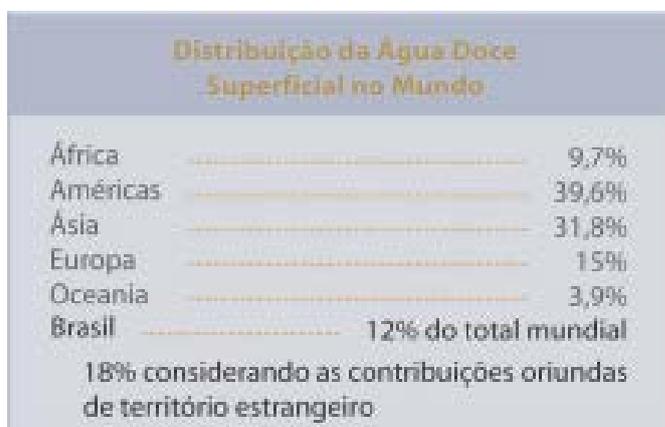
Logo, este estudo tem por justificativa orientar próximos empreendimentos ou adaptações do público em geral no que se refere à acomodação desta técnica junto aos métodos convencionais de utilização de águas, por meio de resultados que aprovelem a viabilidade econômica.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1. DISTRIBUIÇÃO MUNDIAL DA ÁGUA

Á água é um recurso crucial para a manutenção da vida, porém este recurso é limitado e cada dia mais escasso. Por mais que aproximadamente 75% do nosso planeta seja coberto por água, apenas 3% é de água doce e o fato mais crítico é que desta pouca disponibilidade 80% está congelada em geleiras e calotas polares ou estão armazenadas em lenções subterrâneos profundos que impossibilitam nosso acesso, logo, apenas 20% de toda a água doce disponível do planeta está disponível superficialmente para o consumo, porém há ainda uma distribuição desigual desta água em todo o globo, conforma a Figura 1 abaixo.

Figura 01: Distribuição de águas no planeta.



Fonte: Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2009 (ANA)

Portanto, a água doce é presente em todos os continentes do globo, porém no Brasil em volume mais elevado, percebe-se que o Brasil reserva um volume maior que África e Oceania, e quase o mesmo volume disponível na Europa, porém, isso não é motivo para que os estudos de reuso de água sejam ignorados, pois o mau uso e poluição dos lenções freáticos e dos rios são preocupantes.

## 2.2. PROBLEMA DA POLUIÇÃO NAS ÁGUAS

Segundo SABESP (2004), poluição é tudo aquilo que altera negativamente qualquer meio, criando condições adversas e prejudicando a saúde, a segurança e o bem-estar das pessoas. A poluição das águas e a falta de saneamento são as principais causas das Doenças de Veiculação Hídrica, que provocam milhares de mortes anualmente. Atualmente, 2,4 bilhões de pessoas, o que representa mais de um terço da população mundial, não têm acesso a serviços sanitários básicos e cerca de 1,1 bilhão de pessoas não têm acesso à água potável.

Outras 2,2 milhões morrem todo o ano de doenças ligadas à água, a maioria em países em desenvolvimento, incluindo uma média de seis mil crianças por dia. Para atingir o objetivo fixado pelas Nações Unidas durante a Cúpula de Johannesburgo, em 2002, 300 mil pessoas por dia teriam de ganhar acesso a fontes potáveis e completamente despoluídas até 2015.

Segundo a UNESCO, esta meta não conseguirá ser cumprida (PNUD BRASIL, 2004). Estima-se que cerca de 80% das doenças dos países em desenvolvimento (como o Brasil) são provenientes da água de qualidade ruim. As enfermidades mais comuns que podem ser transmitidas pela água são: febre tifoide, desinteira, cólera, diarreia, hepatite, leptospirose e giardíase (SABESP, 2004).

Ainda citando a SABESP (2004), água potável é aquela que é limpa e transparente, não contém micro-organismos nem substâncias que possam transmitir doenças ao ser humano. A fim de se alcançar estes objetivos, as empresas de saneamento procuram retirar a água de lugares limpos e utilizam diversos produtos e tecnologias que controlam a qualidade da água, garantindo a saúde da população. Os produtos mais utilizados são: cal, cloro e flúor.

## 2.3. CONSUMO FUTURO DE ÁGUA

Com o crescimento acelerado da população mundial, as suas atividades também se tornam cada dia mais diversificadas, conseqüentemente, necessitando de uma demanda de água maior, como já previsto por Thomas Malthus (1766-1834) quando foi estimado

que o crescimento populacional ultrapassaria o crescimento da oferta de água e alimento, o que causaria sérios problemas a humanidade podendo ser a causa de conflitos internacionais ou guerras. Observando que a ONU classificou a água como o tema do século 21, podemos concluir que esta linha de raciocínio está correta

Nos tempos contemporâneos já há vários estudos que comprovam esta preocupação como é o caso do estudo feito por Ghisi (2006) que estima a relação entre população e a disponibilidade de recursos hídricos até 2100 em várias regiões do Brasil. No estudo de Guisi (2006) apronta que regiões nordeste e sudeste terão disponibilidade hídrica inferior a 2.000m<sup>3</sup> per capita por ano a partir de 2050, porém o estudo explana que a partir de 2094 a região sudeste contará apenas com 1000m<sup>3</sup> de disponibilidade hídrica per capita por habitante enquanto a nordeste sofrerá a mesma consequência no ano de 2100. Já a região sul a partir do ano de 2075 contará apenas com 5000m<sup>3</sup> per capita por habitante. De acordo com a UNEP (2002) disponibilidades hídricas abaixo de 1000m<sup>3</sup> per capita por habitante é considerada catastróficamente baixa, enquanto entre 1000m<sup>3</sup> e 2000m<sup>3</sup> são consideradas muito baixas e já de 2000m<sup>3</sup> a 5000m<sup>3</sup> ainda é considerada baixa.

#### 2.4. REUSO DA ÁGUA

De acordo com Lorenzo (2005) o reuso ou reaproveitamento de água é o processo pelo qual a água seja ela tratada ou não, é reutilizada para o mesmo ou outro fim. E esta reutilização pode ser classificada como direto ou indireta, decorrentes de ações planejadas ou não. Nas definições de (MIELI, 2001) é possível entender de forma clara;

##### Reuso indireto não-planejado da água:

É aquele em que a água é utilizada por alguma atividade humana e após isso descarregada no meio ambiente e novamente utilizada a jusante, em sua forma diluída, de maneira não intencional e nem controlada

##### Reuso indireto planejado da água:

É aquele em que os afluentes são tratados e em seguida descarregados nos corpos de águas superficiais ou subterrâneas, para serem utilizadas a jusante, atendendo a alguma necessidade e de forma controlada. Este reuso também se preocupa com o controle sobre novas descargas de alguma efluente no caminho, garantindo assim um controle sobre o material tratado frente a quaisquer misturas com algum efluente não tratado, conseqüentemente, garantindo que atenda os pré-requisitos para o reuso destinado.

### Reuso direto e planejado das águas:

É aquele cujos efluentes, depois de tratados são armazenados ou encaminhados diretamente para o uso, tal uso que já é bastante utilizado em indústrias para resfriamento de equipamentos e no agronegócio para a irrigação.

### Reciclagem de Água:

Enquanto a reciclagem se dá no momento em que antes da descarga em um sistema geral de tratamento ou armazenagem a água seja reutilizada. Funcionando como um sistema complementar de abastecimento; como as águas de uma pia de banheiro sendo utilizadas imediatamente na descarga. Ou seja, é um caso reservado do reuso direto planejado.

## 2.5. APLICAÇÃO DO REUSO

O reuso ou reciclagem de águas possui várias aplicações sejam industriais, irrigação de lavouras, manutenção de parques e jardins, manutenção de campos de futebol, reserva para o uso em incêndios, lavagem de trens ou ônibus, lavagem de avenidas e ruas, entre outras atividades. A seguir através das Figuras 02, 03 e 04, é possível observar algumas aplicações.



Figura 02: Reutilização de água para a irrigação de jardins

Fonte: SANASA (2014)



Figura 03: Reuso de água na indústria têxtil

Souza (2013)

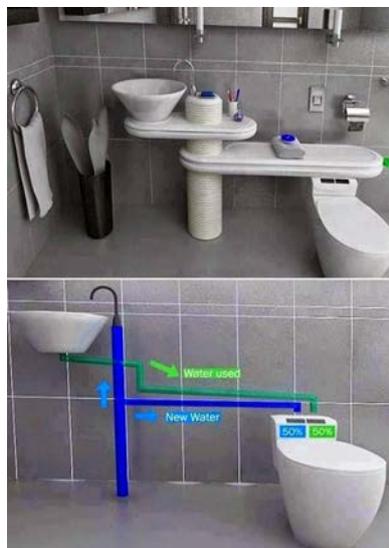


Figura 4: Reciclagem da água da pia do banheiro ao usar o vaso sanitário

Godoi (2014)

Reusar a água ou recicla-la traz benefícios importantes pois reduz a demanda de águas superficiais ou subterrâneas disponíveis. O uso desta água de maneira inteligente protege o meio ambiente, economiza energia, reduz investimentos em infraestrutura e conseqüentemente implementa melhorias nas indústrias. Ou seja, o uso consciente de água traz benefícios econômicos para os consumidores e melhorias consideráveis para toda a sociedade.

De acordo com Hespanhol (2000), uma das principais sustentações para o reuso de águas é o combate as perdas e desperdícios – no caso do Brasil a média de perdas nos sistemas de abastecimento segundo Martini (2009) é de 45%. Isto se dá por que o sensato seria em um sistema de abastecimento com água potável não deve ser utilizado como meio principal para a irrigação, abastecer descargas domesticas, lavagem de carros entre outras atividades menos nobres. Ainda Silveira (2008) afirma que todos estes usos podem ser perfeitamente cobertos pelo reuso ou reciclagem das águas.

Quando necessário utilizar o sistema de reuso é necessário se atentar a alguns fatores:

- Identificar a oportunidade de reuso
- Determinar a qualidade mínima da água necessária para o uso em que será aplicada
- Identificar fontes de água que satisfaçam as exigências frente a qualidade da água em questão
- Determinar como a água será transportada para o ponto de reuso.

Deve haver uma união entre sociedade e entidades governamentais para incentivar e desenvolver programas que mirem a eficiência e fomentar sistemas que demonstrem o reaproveitamento de águas; junto ao incentivo fiscal para melhorar os custos do serviço de implantação, em dissolver na sociedade meios de participação da sociedade em programas de conservação.

## 2.6. RESERVATÓRIOS DE ÁGUA DE CHUVA

A armazenagem da água de chuva deve ser feita em cisternas que garantam um padrão adequado de qualidade e evitem possíveis problemas de contaminação. Estes tanques de armazenagem podem ser construídos com os mais variados tipos de 38 materiais, dependendo do seu uso, capacidade volumétrica, custo e necessidades.

Atualmente, os materiais comumente utilizados são: concreto, aço, madeira, fibra de vidro e polietileno. Todavia, é necessário respeitar uma condição básica na escolha do material: estanqueidade. Stuart (2001) apud Marinoski et al. (2004) afirma que para volumes inferiores a 15.000 galões (56.700 litros), os tanques de polietileno e fibra de vidro apresentam melhor custo/benefício.

Acima deste volume os tanques de concreto e aço possuem menor custo efetivo podendo, até mesmo, ser incorporados à estrutura da edificação.

Já os tanques de aço, apesar de apresentarem um bom balanço entre custo e durabilidade, padecem com problemas de oxidação e deterioração no seu interior. Os reservatórios de concreto são duráveis, mas não podem ser removidos ou reutilizados em outros locais.

De todos os materiais disponíveis, os tanques de madeira são os que aparecem em desuso atualmente, principalmente por apresentarem problemas de estanqueidade e contaminação da estrutura.

Reservatórios de fibra de vidro e polietileno são leves e resistentes a raios ultravioletas. Apenas merecem cuidado na hora da compra para que se tenha certeza que não foram feitos com materiais tóxicos. Ainda possuem a vantagem de serem pré-fabricados e são encontrados facilmente nas lojas de material de construção.

A manutenção não apenas do reservatório, mas de todo o sistema, deverá ser efetuada conforme as orientações da NBR 5674 – Manutenção de Edificações, disponível pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

## 2.7. RISCOS DO REUSO

No que se refere a reutilização de águas pluviais é de suma importância atentar-se aos parâmetros que regem a qualidade da água, Nardocci et. al (2007) explana que os dois principais riscos da reutilização de águas que preocupam a sociedade são; a poluição dos recursos hídricos e as limitações das técnicas de tratamento de água que, apesar dos avanços obtidos nos últimos anos, não removem completamente todas as substâncias indesejadas da água, sendo assim se torna imprescindível algum tratamento superficial, porém, este tratamento pode se tornar economicamente inviável perante todas as tecnologias implantadas, pois é importante salientar que quanto mais nobre for o uso final da água, mais oneroso fica o tratamento.

Logo é necessário aplicar um gerenciamento de risco sob o procedimento a ser implantado, este conjunto de procedimentos, normas e regras, tem o objetivo controlar e minimizar riscos, sendo abrangente de todas as atividades técnicas, legais, decisórias, de escolhas sociais, políticas e culturais que se encontrem associadas, diretamente ou indiretamente, com as questões de risco em nossa sociedade (NARDOCCI, 2007).

Enquanto Blum (2007) determina que o contato humano com água de reuso pode ocorrer de diversas maneiras:

- Contato por ingestão direta de água
- Contato por ingestão de alimentos crus e verduras irrigadas e consumidas cruas;
- Contato por ingestão de alimentos processados (caso dos vegetais enlatados que foram irrigados com água de reuso)
- Contato na pele por banhos em lagos contendo água de reuso
- Contato por inalação de aerossóis formados, por exemplo, em sistemas de irrigação por aspersão ou em aeração superficial de lagoas
- Contato por meio de visão e o olfato, como no caso de descargas sanitárias.

BLUM (2007) ainda regra 5 critérios para a qualidade no planejamento de sistemas de reuso; O reuso não deve resultar a riscos sanitários à população; O reuso não deve causar nenhum tipo de objeção por parte dos usuários; O reuso não deve acarretar prejuízos ao meio ambiente; a fonte de água que será submetida a tratamento para posterior reuso deve ser quantitativa e qualitativamente segura; a qualidade da água deve atender as exigências relativas aos usos a que ela se destina. É possível encontrar que hoje em dia são vários os parâmetros necessários para serem estudados antes de qualquer projeto de implantação

Quando se pensa em reuso ou reciclagem de águas é necessário salientar qual a finalidade do uso, pois o tratamento ou dispensa deste tratamento é diretamente ligada à qual a finalidade deste recurso ou mesmo como foi feita a coleta deste material, este é uma das principais tomadas de decisão no que se refere a execução de um projeto de reaproveitamento de águas pluviais, uma vez que neste tipo de processo a engenharia procura sempre o balanceamento entre o custo/benefício dos empreendimentos, uma vez que, partimos das vertentes de que quanto mais nobre a finalidade da água, mais cara ficará seu tratamento, isso ligado diretamente à como esta água foi coletada, nas Tabelas 2.1 e 2.2 é possível entender e decidir quais os processos para tratamento necessários para a utilização da água perante a sua finalidade e colheita.

Tabela 2.1: Necessidade de tratamento de água exigido conforme o uso

<b>Uso da água da chuva</b>	<b>Tratamento de água</b>
Rega de jardins	Não é necessário
Irrigadores, combate a incêndio, ar condicionado	É necessário para manter os equipamentos em boas condições
Fontes e lagoas, banheiros, lavação de carros e roupas.	É necessário, pois a água entra em contato com o corpo humano de forma direta ou indireta
Piscina/Banho, beber ou para cozinhar	A desinfecção é necessária, pois a água é ingerida direta ou indireta.

Fonte: GROUP RAINDROPS (2002)

Tabela 2.2: Classificação e tipo de uso de acordo com o tipo da área de coleta

<b>Grau de purificação</b>	<b>Área de coleta da chuva</b>	<b>Uso da água da chuva</b>
A	Telhados (Lugares não ocupados por pessoas ou animais)	Lavar banheiros, regar as plantas, a água quando filtrada é potável
B	Telhados (Lugares frequentados por pessoas e animais)	Lavar banheiros, regas as plantas, a água não pode ser utilizada para beber
C	Terraços e terrenos impermeabilizado, áreas de estacionamento	Mesmo para os usos não potáveis necessita de tratamento
D	Estradas, vias férreas elevadas	Mesmo para os usos não potáveis necessita de tratamento

Fonte: GROUP RAINDROPS (2002)

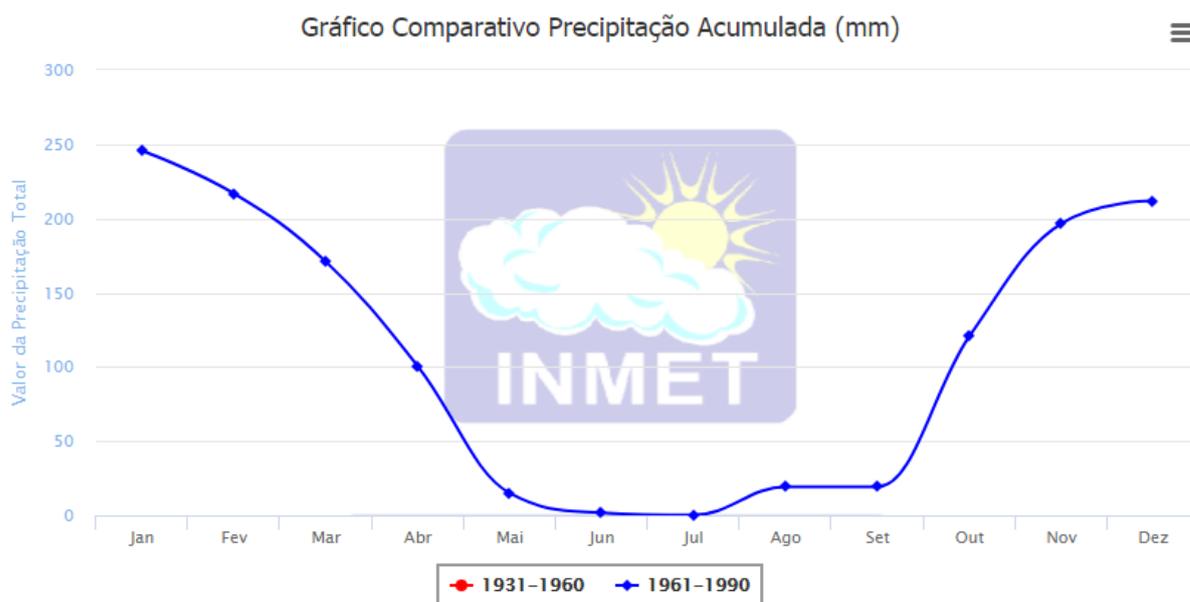
Sendo assim, é possível determinar que os tratamentos de águas pluviais podem variar muito dependendo da destinação que esta água terá. Mesmo que esta utilização seja para fins não potáveis, é necessário um tratamento simples, seja por sedimentação natural ou filtragem básica, por inúmeros motivos, entre eles garantir a diminuição de manutenção no sistema e prolongamento da vida útil de todos os equipamentos e sistemas de todo o projeto.

## 2.8. DADOS PLUVIOMETRICOS

### 2.8.1. PRECIPITAÇÃO NA REGIÃO DE PALMAS

Á quantidade de precipitação em uma determinada região é o um fator extremamente importante no potencial de captação do sistema de reaproveitamento, o índice de chuva do local onde se deseja executar o projeto é de suma importância. Este índice pluviométrico mede quanto milímetros chove por ano em um m<sup>2</sup>. Na figura 5 é possível observar a precipitação na cidade de Palmas - TO.

Figura 05: Precipitação em Palmas entre 1961 e 1990



FONTE: INMET – Instituto nacional de Meteorologia (2017).

### 2.8.2. INTENSIDADE DE PRECIPITAÇÃO

É a quantidade de água que cai numa área pré-determinada durante um determinado tempo. Sendo assim esta área é quantificada de forma que se transforma o volume para altura e segundo Brito (2014) a classificação ocorre da seguinte maneira:

- Região de baixa precipitação: <800 mm/ano
- Região de média precipitação: (800 a 1600) mm/ano
- Região de alta precipitação: >1600 mm/ano

### 2.8.3. FREQUENCIA E PERIODO DE RECORRENCIA

Segundo (PINTO, HOLTZ e MARTINS, 1973), frequência se dá como o número de ocorrências de precipitações no decorrer de intervalos de tempo determinados. É expressa em termos de tempo de recorrência ou em um período de retorno, já sobre período de recorrência o autor afirma que é uma análise de uma determinada precipitação, logo, determinando quanto tempo dura para ocorrer o mesmo volume de precipitação, porém estes valores não podem ser totalmente confiáveis pois o volume de precipitação neste quesito não depende apenas da grande precipitação, mas também das condições em que se encontram a bacia em relação ao escoamento superficial

## 2.9. LEGISLAÇÃO BRASILEIRA

Mesmo junto a parâmetros técnicos sobre o reaproveitamento de águas pluviais, é necessário um alinhamento junto ao embasamento jurídico. No caso do Brasil, segundo

(SENRA, 2008) a constituição federal, o Código de Águas, a Legislação Subsequente e correlata, a Secretaria de Recursos Hídricos e a Agência Nacional de Águas através dos poderes competidos aos órgãos promoveram a lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997, que é um instrumento essencial para a defesa dos recursos hídricos, embasada em tal lei foi instituída a Política Nacional de Recursos Hídricos e Criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. A Lei nº 9.433/1997 é conhecida como a Lei das Águas, e institui diretrizes claras de como se deve utilizar, e quais os parâmetros para regulamentação do uso da água.

Já no que se diz respeito a águas pluviais é importante citar o decreto nº 24.643 de 10 de julho de 1934, em seu capítulo V, artigo 103, estabelece que “As águas pluviais pertencem ao dono do prédio onde caírem diretamente, podendo o mesmo dispor delas à vontade, salvo existindo direito em sentido contrário”. Porém, a legislação também dispõe a proibição de dissipar estas águas em prejuízo de outros prédios que não necessitem, de modo que traga quaisquer prejuízos, passível então ao pagamento de indenização ao proprietário do prédio afetado, além disto, é necessário enfatizar a proibição também da execução de quaisquer desvios do curso natural destas águas, afetando conseqüentemente outros prédios junto aos seus proprietários.

Quanto ao reuso de água é necessário observar a resolução do CONAMA nº 357/2005 em que o uso é dividido em classes e discriminadas suas respectivas permissões para uso, no estudo em questão a classe de água utilizada de acordo com o órgão seria a Classe 2, conforme é observado na Figura 6.

Figura 06: Classificação das águas doces segundo seus usos preponderantes – Resolução CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005.

CLASSE	USOS PERMITIDOS
Especial	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção;</li> <li>• À preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas;</li> <li>• À preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.</li> </ul>
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado;</li> <li>• À proteção das comunidades aquáticas;</li> <li>• Há recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA no 274, de 2000;</li> <li>• À irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película;</li> <li>• À proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas</li> </ul>
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado;</li> <li>• À proteção das comunidades aquáticas;</li> <li>• Há recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA no 274, de 2000;</li> <li>• À irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película;</li> <li>• À proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas</li> </ul>
3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado;</li> <li>• À irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;</li> <li>• À pesca amadora;</li> <li>• Há recreação de contato secundário;</li> <li>• Há dessedentação de animais.</li> </ul>
4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• À navegação;</li> <li>• À harmonia paisagística.</li> </ul>

Fonte: Adaptado Resolução CONAMA nº 357/2005

### **3. METODOLOGIA**

#### **3.1. INDICES PLUVIOMETRICOS**

Índice pluviométrico é o valor medido em milímetros que resulta da somatória da quantidade da precipitação de água (chuva, neve, granizo) por um determinado período de tempo.

Os dados para a realização deste estudo foram obtidos juntos ao site da ANA através do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) por meio da sua plataforma on-line. 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**

Para a captação das águas provenientes da chuva se faz necessário um meio que colete as águas provenientes dos telhados da edificação, levando seqüentemente, para um reservatório, neste projeto de pesquisa será utilizado o sistema de calhas para esta captação, porém antes da instituição em um reservatório a água coletada passará por um filtro primário, que terá por função a retirada de folhas, resíduos granulares e vestígios plásticos ou papeis.

Atualmente no mercado a empresa AuxTrat é a que oferece maiores equipamentos para o reaproveitamento de águas pluviais em residências. Esta empresa possui no mercado o filtro AC-100, 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 100 m<sup>2</sup>. A Figura 7 a seguir demonstra um exemplar deste modelo e como o mesmo funciona.



Figura 07: Filtro AC-100

Fonte: AuxTrat

#### 3.4. FLUXOGRAMA DE MODELO DE CAPTAÇÃO

O método racional e planejado de reaproveitamento deve ser bem definido, sendo assim o fluxograma representado na Figura 8 a seguir defini bem qual é a ordem correta das etapas.

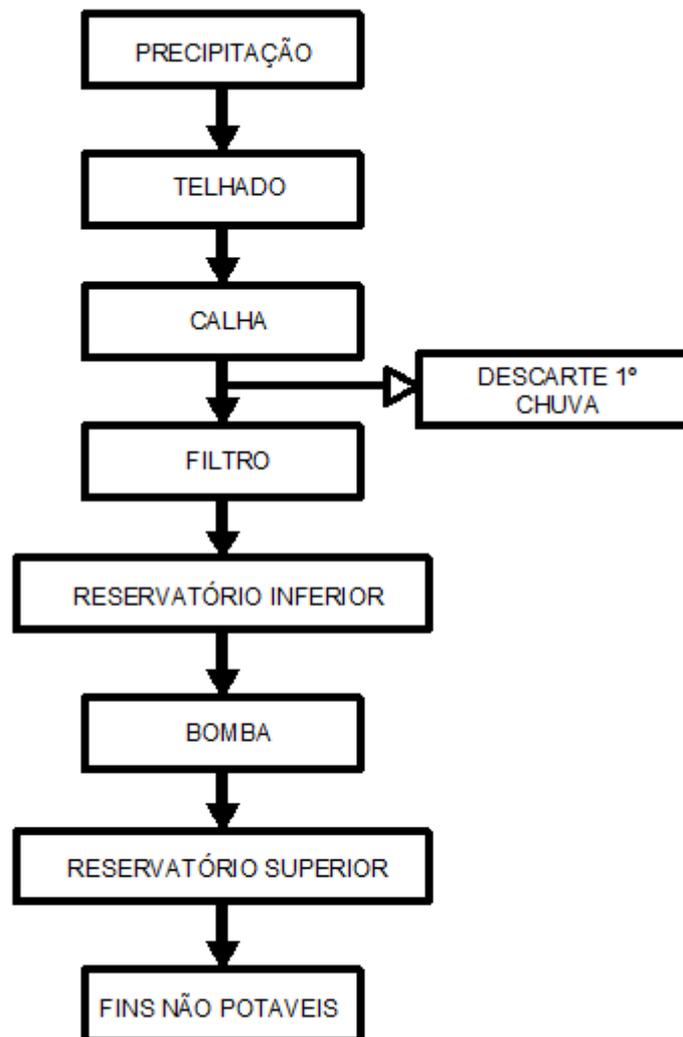


Figura 08: Fluxograma sistema de reaproveitamento de águas pluviais

Fonte: Autor (2018)

### 3.5. CALCULO DO VOLUME DE ÁGUA CAPTADO

É de suma importância ressaltar qual a área adotada neste projeto, que será de 100m<sup>2</sup>, a área de captação no caso de dimensionamento será utilizada a projeção horizontal da área.

Para este cálculo serão empregados modelos matemáticos simples, que basicamente é constituído como a área de captação do telhado pela precipitação pluviométrica anual, utilizando a seguinte equação 01:

(Equação 01)

$$Vc = A * Pa$$

Em que:

Vc= Volume Captado, em m<sup>3</sup>

A= Área de captação do telhado, em m<sup>2</sup>

Pa= Precipitação pluviométrica anual, em mm.

### 3.6. CALCULO 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 m<sup>3</sup> cobrado atualmente pela empresa de abastecimento (BRK Ambiental) multiplicando-o pelo volume captado obtido na equação 01.

(Equação 02)

$$Ea = Preço * Vc$$

Em que:

Ea = Taxa de economia de água, em R\$\*m<sup>3</sup>.

Preço = Preço cobrado pela empresa de fornecimento, em R\$ por m<sup>3</sup>.

Vc= Volume Captado, em m<sup>3</sup>.

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 <sup>3</sup> Intervalo	Volume por faixa	Alíquota (R\$/m <sup>3</sup> )	Fator de Dedução	Valor da Faixa	Valor Acumulado
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 (2018)

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 m<sup>3</sup> 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 m<sup>3</sup> em um mês não pagará todo esse volume de acordo com o valor de R\$10,03, mas apenas 3 m<sup>3</sup> 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 Roupa	12
Lavagem de louça	6	Vaso Sanitário	27
Beber e Cozinhar	4	Lavagem de Carros	2
Pequenos Trabalhos	9	Jardins	4
<b>Total</b>	<b>55</b>	<b>Total</b>	<b>45</b>

Fonte: Pereira (2010)

### 3.7. CALCULO 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 m<sup>3</sup> 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.

(Equação 03)

$$Ee = Preço * Vc * 0.80$$

Em que:

Ee = Taxa de economia de esgoto, em R\$\*m<sup>3</sup>.

Preço = Preço cobrado pela empresa de fornecimento, em R\$ por m<sup>3</sup>.

Vc= Volume Captado, em m<sup>3</sup>.

### 3.8. CALCULO DO RETORNO DE INVESTIMENTO

Será indispensável determinar o retorno do investimento em questão para que seja comprovado a eficiência econômica do sistema, sendo assim, através de um cálculo simples representado a partir da equação 04, será possível determinar qual o retorno.

(Equação 04)

$$Retorno = \frac{Valor\ investido}{Ee + Ea}$$

Em que:

Retorno= Valor de retorno do investimento em questão, em R\$.

Valor investido = Valor total investido para a execução do sistema.

Ee = Taxa de economia de esgoto, em R\$\*m<sup>3</sup>.

Ea = Taxa de economia de água, em R\$\*m<sup>3</sup>.

### 3.9. CALCULO 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)

$$V = 0.042 * Pma * Ac * T$$

Em que:

V= Volume de água do reservatório, em Litros.

Pma = Precipitação média anual, em mm.

Ac = Área de coleta em projeção, em m<sup>2</sup>.

T= Número de meses com chuva aproveitáveis.

### 3.10. CALCULO 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)

$$Pb = \frac{\gamma * Q * Hm}{75 * n}$$

Em que:

$\gamma$  = Densidade da água, em kgf/m<sup>3</sup>

Q = Vazão, em m<sup>3</sup>

Hm = Altura manométrica, em mca

N = Rendimento da bomba, em %

### 3.11. 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 DISCUSSOES

### 4.1. INDICES PLUVIOMETRICOS

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, 2008 a 2017.

Estes dados foram mensurados a partir da estação OMM: 83033, com uma altitude de 280 m que se encontra em situação operante no município de Palmas-TO.

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

Quadro 03: Distribuição Pluviométrica

INDICE PLUVIOMETRICO MENSAL (mm)											
ANO	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Média
Janeiro	292,7	160,1	436,9	354,2	378,8	289,1	291,4	152,6	429,6	424,1	320,95
Fevereiro	272,7	353,8	206,1	327,3	247,8	197,2	281,1	201,3	4,8	288,8	238,09
Março	294,7	168,7	462,5	352,4	121	369,4	363,6	145,3	161,7	207,4	264,67
Abril	238,2	130,4	82,8	218,8	92,8	105,3	179,8	308	80,5	163,9	160,05
Maio	34	285,1	25,6	9,8	63,3	24,9	52,3	103,7	2,6	17,8	61,91
Junho	0	40,1	0,2	0	8,8	24,2	0	0	18,2	0	9,15
Julho	0	0	0	2,2	0	0	0	0	0	0	0,22
Agosto	0	0,4	0	0	0	0,2	0	0	0	0	0,06
Setembro	12,1	80,7	18	0	0	10,5	82	97,9	100,1	0	40,13
Outubro	98,9	213,7	222,1	228,1	31,3	114,5	155,4	132,9	38	21,6	125,65
Novembro	298	172	189,4	210,5	326,2	281	191,1	102,6	180,9	197,1	214,88
Dezembro	169	316,3	162	302,4	227,9	433	247,2	149,4	254,1	343	260,43
Total anual	1710,3	1921,3	1805,6	2005,7	1497,9	1849,3	1843,9	1393,7	1270,5	1663,7	1413,49

Fonte: ANA (2018)

A partir dos dados apresentados no Quadro 03 é possível obter o volume mensal de chuva medido em milímetro do intervalo de tempo de 10 anos. Encontra-se na última linha o total anual de chuva, que é de 1413,49 mm/ano. De acordo com Brito (2014) a região recebe a classificação de média precipitação, o autor classifica esse índice para volumes no intervalo de 800 a 1600 mm/ano.

A partir dos dados obteve-se a média mensal desses últimos dez anos. Este gráfico é apresentado a partir da Figura 09 a seguir.

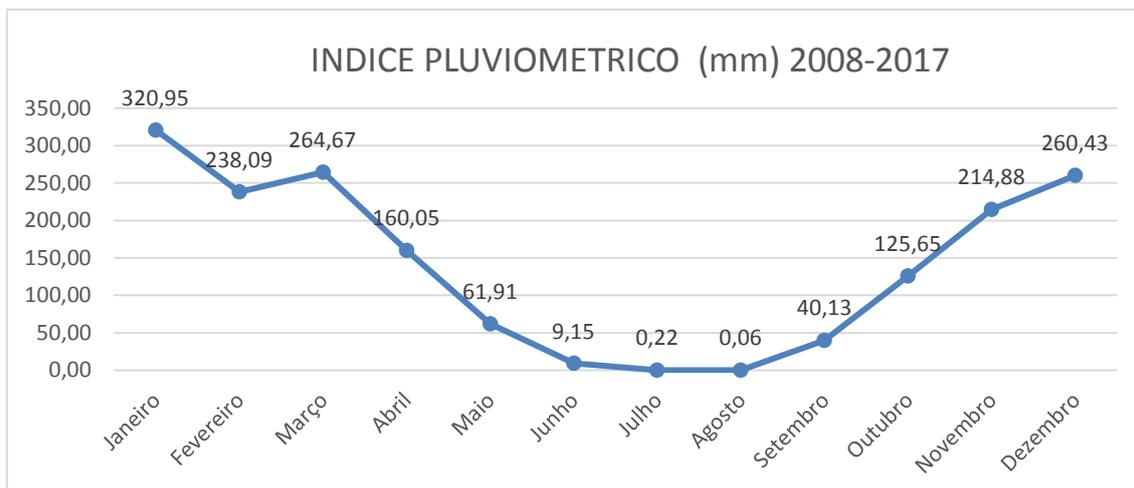


Figura 09: Índice pluviométrico (mm) 2008-2017

Fonte: Autor (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, setembro e outubro.

Com essa observação é possível afirmar que nestes 6 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.

Por outro lado, tendo em vista que o nosso projeto em questão contempla uma área de 100 m<sup>2</sup> de telhado, isso significa que, o mês de abril em média alcançará um volume de 160 litros de água em todo o mês, ou seja, provavelmente o mês de maio ainda contará com o restante do mês anterior isso somando com a quantidade relativamente baixa que precipitará no mês, pode-se dizer que este mês ainda será utilizável.

Seguindo o mesmo raciocínio podemos afirmar que apenas os meses de junho, julho, agosto, setembro e outubro o sistema será totalmente inutilizado, pois nestes meses o volume de chuva não será capaz nem mesmo de fazer uma limpeza do telhado.

## 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 10 a seguir podemos ver o item vendido no site da empresa. Já na Figura 11 é possível ver um Fluxograma de como a peça funciona.



Figura 10: Sistema First Flush

Fonte: Harvesting Brasil

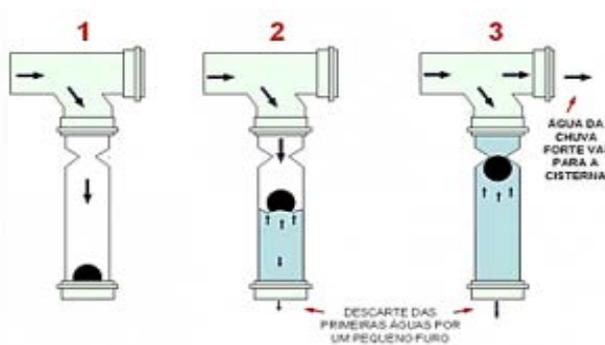


Figura 11: Detalhe sistema First Flush

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 AC-100 Residencial, conforme demonstrado na Figura 07 já apresentada.

O filtro AC-100 trata-se de um sistema utilizado para filtragem de água pluvial para edificações que tenham telhados de até 100 m<sup>2</sup>. 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. CALCULO DO VOLUME CAPTADO E RESERVATORIOS

#### 4.3.1. VOLUME CAPTADO

O cálculo de volume captado é relativamente simples, sendo apresentado anteriormente por meio da Equação 01

(Equação 01)

$$V_c = A * P_a$$

Em que:

$V_c$ = Volume Captado, em  $m^3$

$A$ = Área de captação do telhado, em  $m^2$

$P_a$ = Precipitação pluviométrica anual, em mm.

No que se refere a precipitação e importante levar em conta que o cálculo será por meio de uma média mensal, pois o volume captado será utilizado diariamente, e consequentemente reabastecido ao longo dos dias de chuva.

Sendo assim, o volume de precipitação pode ser obtido através de uma média dos meses com chuvas consideráveis (valores foram apresentados na Tabela 01 anteriormente),  $P_a$ = 141,35 mm/mês.

Substituindo os valores a Equação 01 fica:

$$V_c = 100 * 141,35 = 14.135 \frac{\text{Litros}}{\text{Mês}}$$

Podemos concluir que a média mensal de água precipitada em um telhado de  $100m^2$  será de 14.135,00 Litros.

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, nas Figuras 12 e 13 abaixo é possível analisar tal modelo.

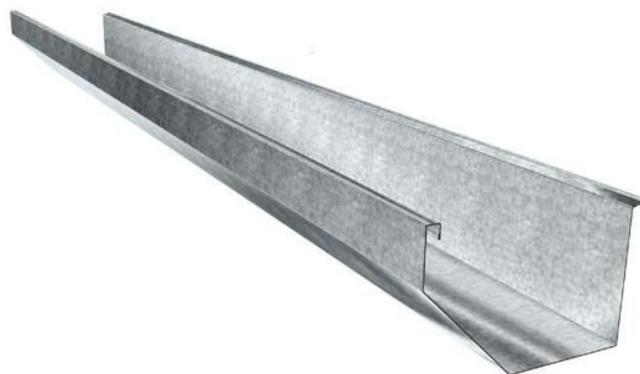


Figura 12: Calha Americana

Fonte: RISSO Madeiras

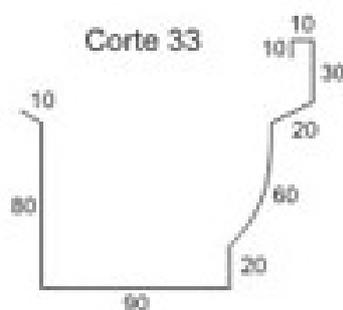


Figura 13: Detalhes Calha Nº 33

Fonte: RISSO Madeiras

Conforme especificado tanto na NBR 10844/89 quanto junto ao fabricante, este modelo de calha é perfeitamente útil ao sistema, tendo em vista que a mesma está classificada para suporte de telhados até 100 m<sup>2</sup>.

#### 4.3.2. RESERVATORIOS

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 m<sup>3</sup> que representa apenas 42,46 % 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 14,13 m<sup>3</sup> está distribuído no intervalo de 30 dias, sendo assim, em meses de chuva o sistema estará com sua utilização no máximo e com isso, garantindo uma reserva para os meses sem chuva.

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 14 abaixo vemos um exemplo desta bomba.



Figura 14: 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 15 a baixo disponibilizada pelo fabricante é possível constatar estes dados.

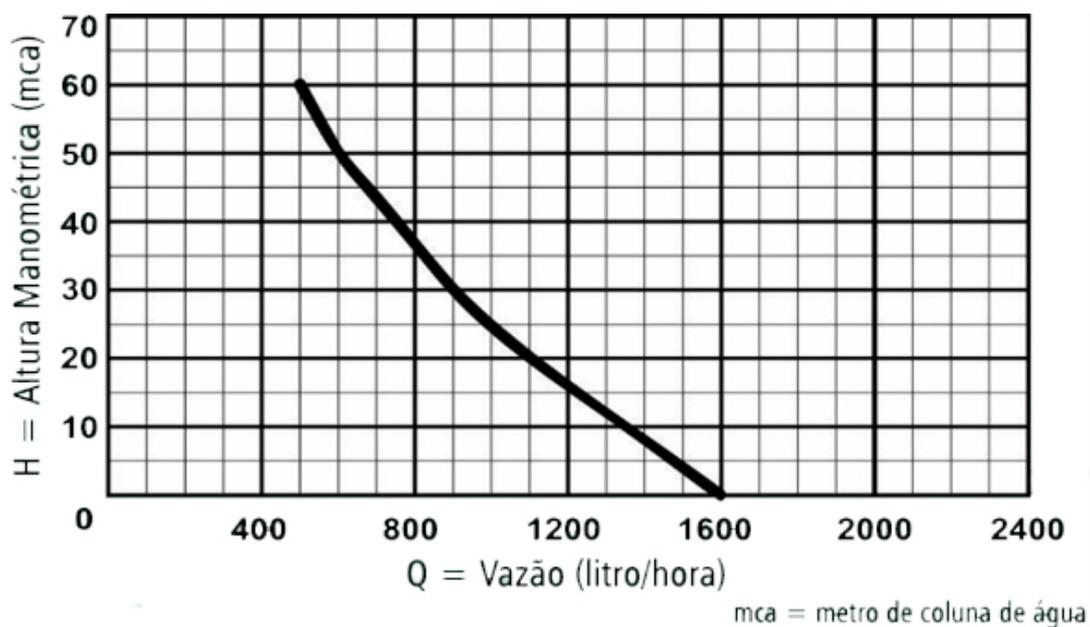


Figura 15: Curva de desempenho bomba Anauger 650 5G

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.

#### 4.3.3. 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. Nas Figuras, 16 e 17 a seguir é possível analisar como está o dimensionado o sistema.

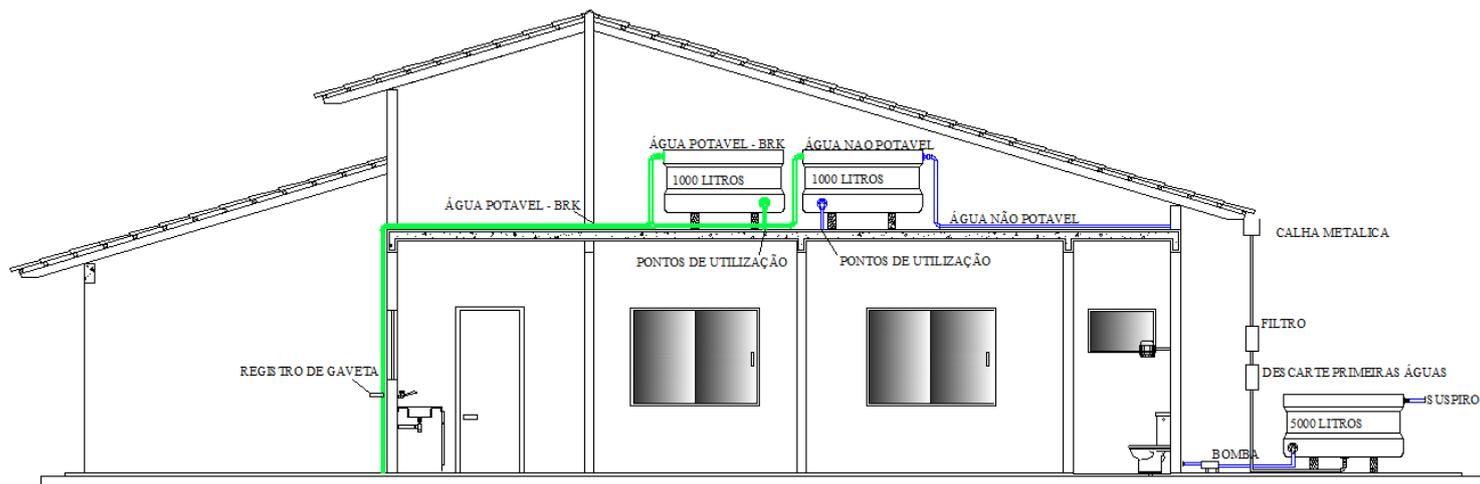


Figura 16: Corte

Fonte: Autor (2018)

A partir da Figura 16 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.

Já na Figura 17 é possível visualizar como os pontos de utilização foram dispostos no projeto base.

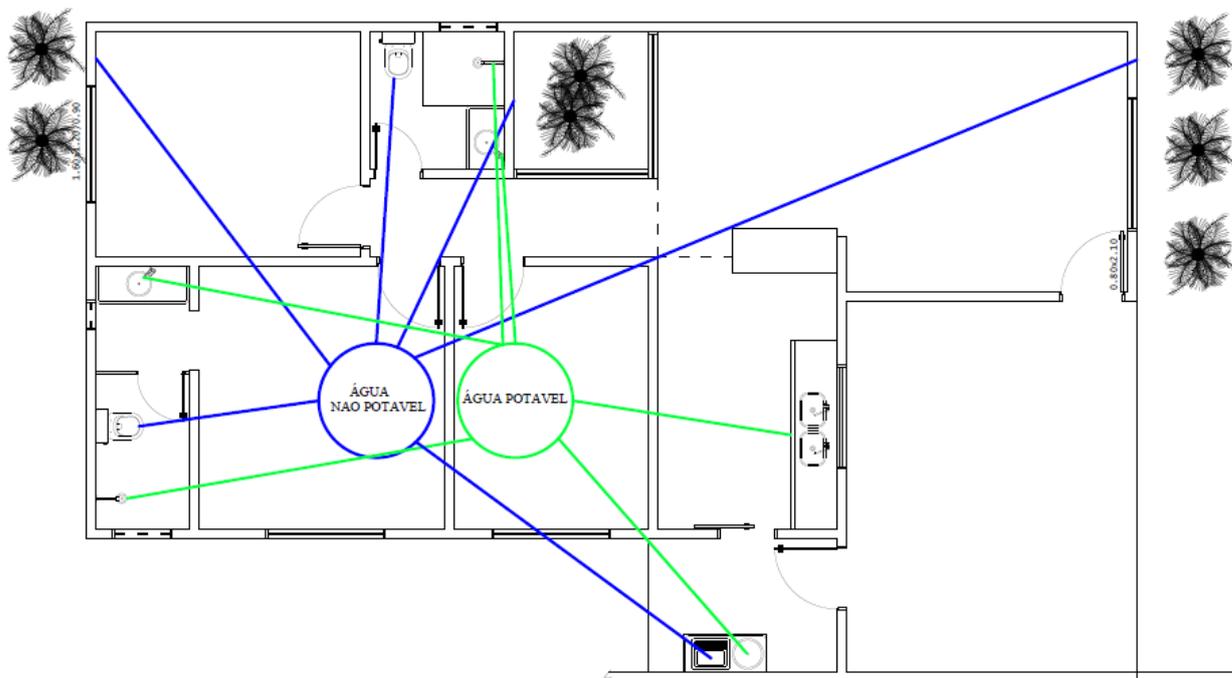


Figura 17: Disposição dos pontos de utilização.

Fonte: Autor (2018)

Já na Figura 17 acima é possível analisar os pontos de utilização tanto de água potável (representado pela cor verde), quando não potável (representado pela cor azul). É importante salientar algumas observações nessa imagem, primeiramente a exemplificação de como toda a área externa será abastecida com sistema de reuso, sendo que apenas chuveiros e pias.

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 04, que apresenta os valores de cada item.

Quadro 04: Custo de implantação do sistema

Item	Quantia.	Valor (R\$)
Caixa de Água 5000 L	1	1525,10
Caixa de Água 1000 L	1	243,50
Boia Elétrica	1	31,20
Boia Comum	1	17,25
Registro de Gaveta	1	43,25
Bomba Anauger	1	253,00
Disjuntor	1	14,25
Filtro AC-100	1	385,00
Tubulação	1*	150,00
Mão de Obra	1	480,00
Dispensador primeiras aguas**	1	43,53
<b>Total</b>		<b>3186,08</b>

Fonte: Autor (2018)

\*: Por conta de se tratar apenas da tubulação de instalação do sistema, varia bastante por conta de locação de caixa de água, tamanho linear da residência e distância entre os reservatórios. Por conta disso o valor adotado foi de R\$150,00.

\*\* : Por se tratar de um modelo residencial e com possibilidade de ser montado in-loco, esse valor foi obtido através de pesquisa e informações contidas no site [sempresustentavel.com.br](http://sempresustentavel.com.br).

No Quadro 04 constam os valores referentes à instalação apenas do sistema de reaproveitamento de água, ou seja, levando em conta que a residência já se encontra com os pontos de utilização de águas não potáveis e são inclusos no custo de construção da obra. 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 março de 2018.

#### 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.

Estes dados foram cruzados com a utilização média mensal da residência em questão, logo, como esse projeto visa a implantação do sistema de reaproveitamento para fins menos nobres, como jardins, vaso sanitário, lavagem de pisos, roupas e automóveis,

como afirmado por Martini (2009) e detalhado no Quadro 02 por Pereira (2010), este valor é de 45% se comparado ao volume total utilizado por uma residência.

Tendo em vista que, a residência em estudo é composta por 5 pessoas, ao relacionar com a informação que cada habitante consome 200 litros de água por dia, temos 1000 litros por dia sendo assim, ao longo de um mês com média de 30 dias, temos 30000 litros por mês.

#### 4.5.1. ECONOMIA ANUAL

Ao substituir os valores referentes à economia anual, e relacionar com os dados apresentados anteriormente no Quadro 01. No Quadro 05 é apresentada a quantidade que se economiza anualmente caso fosse substituído todo o volume captado por água advinda de reaproveitamento pluvial.

Quadro 05: Economia Anual

Economia Anual						
Tipo	Faixa M <sup>3</sup> Intervalo	Água (R\$/M <sup>3</sup> )	Esgoto (R\$/M <sup>3</sup> )	Eco. Água	Eco. Esgoto	Total (R\$/M <sup>3</sup> )
R,1	0 a 10	4,11	3,29	580,95	464,76	1045,70
R,2	11 a 15	5,64	4,51	797,21	637,77	1434,98
R,3	16 a 20	7,21	5,77	1019,13	815,30	1834,43
R,4	21 a 25	8,65	6,92	1222,67	978,14	2200,81
R,5	26 a 30	10,03	8,02	1417,73	1134,19	2551,92
R,6	31 a 35	10,81	8,65	1527,98	1222,39	2750,37
R,7	36 a 40	13,34	10,67	1885,60	1508,48	3394,08
R,8	41 a 50	14,65	11,72	2070,77	1656,61	3727,38
R,9	> 50	17,48	13,98	-----	-----	-----

Fonte: Autor (2018)

Como o projeto em questão tem função de aplicação para um volume de 30 m<sup>3</sup> após multiplicar o montante pelo fator de 45% de águas não potáveis, obtém-se o valor de 13,5 m<sup>3</sup> mensais utilizados apenas para fins não potáveis.

Conforme deliberado no item 4.1 durante os seis meses de estiagem o sistema não funcionará, sendo assim, o valor de 13,5 m<sup>3</sup> fora dividido por 2 (para eliminar os meses de pouca chuva).

O valor obtido de 6,75 m<sup>3</sup> é a média mensal de utilização de água para fins não potáveis, considerando o período de estiagem, o que acarretará um volume total de 81,00 m<sup>3</sup> reutilizado ao longo de um ano.

Conforme apresentado na Equação 02 e Equação 03, são obtidos os seguintes resultados;

$$\text{Economia Anual (Água)} = 81 * 10,03$$

$$\text{Economia Anual (Água)} = R\$ 812,43$$

$$\text{Economia Anual (Esgoto)} = 81 * 8,02$$

$$\text{Economia Anual (Esgoto)} = R\$ 649,62$$

Logo a economia anual de água e esgoto, chegamos ao seguinte resultado de R\$ 1462,05.

#### 4.5.2. RETORNO DO INVESTIMENTO

É de suma importância analisar o tempo de retorno para o investimento do proprietário do imóvel, sendo assim, a partir dos dados obtidos anteriormente no Quadro 5, ao dividir a quantidade total poupada em um mês e ao multiplicar pela quantidade de meses no ano chegamos a economia anual que o sistema trará, sendo assim, ao exemplificar esta operação fora obtida a Quadro 06 a seguir.

Quadro 06: Retorno do Investimento

Retorno do Investimento			
Tipo	Faixa M <sup>3</sup> Intervalo	Eco. Anual	Anos
R,1	0 a 10	1045,70	3,05
R,2	11 a 15	1434,98	2,22
R,3	16 a 20	1834,43	1,74
R,4	21 a 25	2200,81	1,45
R,5	26 a 30	2551,92	1,25
R,6	31 a 35	2750,37	1,16
R,7	36 a 40	3394,08	0,94
R,8	41 a 50	3727,38	0,85
R,9	> 50	-----	-----

Fonte; Autor (2018)

Os valores obtidos no Quadro 06 apontam os resultados quando os volumes totais utilizados pela residência são substituídos por águas pluviais, e ao analisar o estudo de

caso em questão de uma residência onde o consumo de 30,00 m<sup>3</sup> mensal, conforme apresentado no item 4.5.1, que nos trouxe uma economia anual de R\$ 1462,05.

Após dividir o valor anual de R\$ 1462,05 pela quantidade de meses em um ano, chegamos ao resultado de R\$ 121,84/mês, sendo assim, ao dividirmos o valor total investido, apresentado no Quadro 04, pelo retorno esperado em um ano é obtido a quantidade de anos em que o sistema será pago.

$$\text{Tempo de retorno} = 3186,08 / 1462,05$$

$$\text{Tempo de retorno} = 2,18 \text{ Anos.}$$

Com isso temos que o tempo de retorno do valor investido será em torno de dois anos e 2 anos e 3 meses de utilização do sistema.

#### 4.5.3. VIABILIDADE ECONOMICA

O viés econômico é um ponto de vista importante para ser levado em questão no estudo em questão, sendo assim, é de suma importância uma análise financeira deste investimento. Por conta disso foi levado em conta o investimento no sistema de captação apresentado comparado ao mesmo investimento, se aplicado a Poupança da Caixa Econômica Federal, que hoje no País é o modelo de investimento mais simples para a população em geral.

Nesta análise é importante levar em conta a afirmação do Banco Central do Brasil em que o ano de 2017 a Poupança trouxe uma rentabilidade anual de 6,93%.

Quanto o montante investido é de R\$ 3186,08 que é o valor total para a implantação do sistema, é multiplicado pelo fator de 6,93% ao ano, que é o rendimento anual da poupança, sabe-se quando o mesmo investimento iria render em um ano se optado por este modelo de aplicação, os valores são detalhados no Quadro 07 a seguir.

Quadro 07: Investimento na poupança

	Retorno anual (R\$)	Acumulado (R\$)	Retorno
2019	220,80	3406,88	0,07
2020	236,10	3642,97	0,14
2021	252,46	3895,43	0,22
2022	269,95	4165,38	0,31
2023	288,66	4454,04	0,40
2024	308,67	4762,71	0,49
2025	330,06	5092,77	0,60
2026	352,93	5445,69	0,71
2027	377,39	5823,08	0,83
2028	403,54	6226,62	0,95
2029	431,50	6658,12	1,09

Fonte: Autor (2018)

Conforme observado no Quadro 07 o tempo de retorno do mesmo investimento, quando aplicado na poupança é de aproximadamente 10 anos. Sendo assim, é claramente possível afirmar que o sistema de reaproveitamento possui um embasamento econômico viável.

## 5. CONCLUSÃO

Após todos os resultados apresentados anteriormente, pode-se afirmar primeiramente que é possível a utilização de águas pluviais para fins residenciais no município de Palmas-TO, pois conforme apresentado no Quadro 03 o município recebe um volume de chuva considerável mediano.

Existem meses em que o volume de chuva nesta capital é pequeno, em torno de 141,39 m<sup>3</sup> em média, contudo, é importante afirmar que uma residência com 5 pessoas no município de Palmas-TO tem o potencial reutilizável de 6,75 m<sup>3</sup> de água por mês, índice este que nos traz apenas a quantidade passível a reutilização por fins não potáveis.

Logo, após afirmar que o potencial reutilizável da residência em questão é de 6,75 m<sup>3</sup> as Figuras 16 e 17 nos trazem como esta água pode ser reutilizada em uma residência, em específica a Figura 16 pode se observar o detalhamento da implementação do sistema. Conforme o Quadro 04 o valor bruto médio de R\$ 3186,08 é investido para a implantação de um sistema de captação no município de Palmas.

A economia anual de uma residência de 100m<sup>2</sup> de telhado e com 5 habitantes, será de R\$ 1462,05 anualmente. Com a previsão de retorno de 2 anos e 3 meses.

E no que se diz ao fator econômico, este projeto se torna extremamente viável, pois o mesmo investimento se aplicado na poupança da Caixa Econômica Federal, conforme apresentado no Quadro 07, levará 10 anos para alcançar o valor total investido.

## 6. REFENCIAL

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15527: **aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis – requisitos.** Rio de Janeiro, 2007. 8p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5626: **Instalação predial de água fria** – Rio de Janeiro, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10844 - **Instalações prediais de águas pluviais** – Procedimento - Rio de Janeiro, 1989.

BLUM, J. R. C. Critérios e padrões de qualidade da água. NARDOCCI, A. C; FINK, D. R; GRULL, D; SANTOS, G. J; PADULA, H.F; BLUM, J. R. C; EIGER, S; PAGANINI, W.S; HESPANHOL, I; PHILIPPI, A. J; BREGA, D. F; MANCUSO. P. C. S. **Reuso de Água.** São Paulo. Ed. Manole: 2007. P. 125-173.

Brasil. DECRETO Nº 24.643 DE 10 DE JULHO DE 1934, cap. V, art. 103. **Águas, álveo e margens.** 1934

Brasil. LEI Nº 9.433, DE 8 DE JANEIRO DE 1997. **Política nacional de recursos hídricos.** 1997

CONAMA - Conselho Nacional Do Meio Ambiente. RESOLUÇÃO nº 357, DE 17 DE MARÇO DE 2005. **Classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento.** 2005

GHISI, E. **A Influência da Precipitação Pluviométrica, Área de Captação, Número de Moradores e Demandas de Água Potável e Pluvial no Dimensionamento de Reservatórios para Fins de Aproveitamento de Água Pluvial em Residências Unifamiliares.** Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina como parte dos requisitos para a participação no Concurso Público do Edital Nº 026/DDP/2006. Florianópolis, 2006.

GROUP RAINDROPS. **Aproveitamento da Água de Chuva**. Editora Organic Trading, 1ª Edição, Curitiba, 2002.

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

MIELI, João Carlos de Almeida. **Reuso da Água Domiciliar**. Niterói, abr.2001.

NARDOCCI, A. C. Avaliação de riscos em reuso de água. FINK, D. R; GRULL, D; SANTOS, G. J; PADULA, H.F; BLUM, J. R. C; EIGER, S; PAGANINI, W.S; HESPANHOL, I; PHILIPPI, A. J; BREGA, D. F; MANCUSO. P. C. S. **Reuso de Água**. São Paulo. Ed. Manole: 2007. P.403-430

PEREIRA, L.R. **viabilidade econômico/ambiental da implantação de um sistema de captação e aproveitamento de água pluvial em edificação de 100m<sup>2</sup> de cobertura**. Goiânia, 2010

PINTO, N.L.; HOLTZ, A.C.T.; MARTINS, J.A. **Hidrologia de superfície**. 2.ed. São Paulo. 1973

PNUD BRASIL – Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. Disponível em < <http://www.br.undp.org> > acessado em abril 2018.

SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. Disponível em < <http://site.sabesp.com.br> > acessado em abril 2018.

SENRA, J. B. **Cuidando das águas por um Brasil melhor**. Disponível em:< [http://www.cnrh.gov.br/index.php?option=com\\_docman&task=doc\\_details&gid=700&Itemid=>](http://www.cnrh.gov.br/index.php?option=com_docman&task=doc_details&gid=700&Itemid=>) Acesso em 17/10/2017.

STUART, D.; **On-Site Runoff Mitigation with Rooftop Rainwater Collection and Use**. King Country Department of Natural Resources, 2001.

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.