



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

THIAGO NEGRO VALOES

**REUTILIZAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS EM UMA RESIDENCIA DE PALMAS NO
ESTADO DO TOCANTINS**

Palmas – TO
2016

THIAGO NEGRO VALOES

**REUTILIZAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS EM UMA RESIDENCIA DE PALMAS NO
ESTADO DO TOCANTINS**

Projeto de Pesquisa elaborado e apresentado como requisito para aprovação na disciplina Trabalho de conclusão de Curso II em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. Mestre José Geraldo Delvaux Silva

Palmas – TO
2016

THIAGO NEGRO VALOES

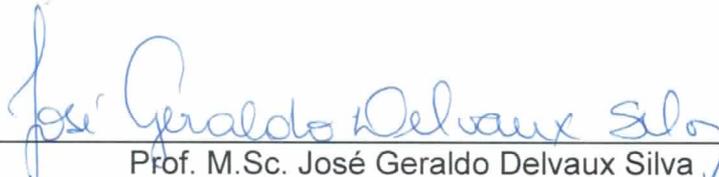
**REUTILIZAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS EM UMA RESIDENCIA DE PALMAS NO
ESTADO DO TOCANTINS**

Projeto de Pesquisa elaborado e apresentado como requisito para aprovação na disciplina Trabalho de Conclusão II de Curso em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. Mestre José Geraldo Delvaux Silva

Aprovada em 21 de 2016.

BANCA EXAMINADORA



Prof. M.Sc. José Geraldo Delvaux Silva
Centro Universitário Luterano de Palmas



Prof. Esp. Denis Cardoso Parente
Centro Universitário Luterano de Palmas



Prof. M.Sc. Carlos Spartacus da Silva Oliveira
Centro Universitário Luterano de Palmas

DEDICATÓRIA

Dedico esse estudo à Deus, por ter me abençoado com a família maravilhosa que tenho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais por sempre me apoiarem a lutar e conquistar meus sonhos, por sempre me mostrarem que Deus nunca fecha uma porta sem abrir outra.

Agradeço aos meus amigos que me acompanharam nesse caminho de aprendizado.

Aos mestres por me cederem os conhecimentos adquiridos.

Agradeço à minha namorada por ter sido paciente e nunca me negar ajuda nesses últimos dias.

RESUMO

VALOES, Thiago Negro. Trabalho de conclusão de curso. 2016. **Reutilização de Águas Pluviais Em Uma Residência de Palmas No Estado Do Tocantins**. Curso de Engenharia Civil. Centro Universitário Luterano de Palmas. Palmas – TO. Orientador Prof. M.Sc. José Geraldo Delvaux Silva.

O presente estudo teve como finalidade apresentar um sistema de captação e armazenamento de águas pluviais, instalado em uma residência unifamiliar na cidade de Palmas – Tocantins, visando demonstrar a viabilidade financeira e socioambiental do aparato empregado, através da economia de água potável e consequentemente da redução na geração de efluentes. O modelo a ser estudado encontra-se em pleno uso numa planta residencial com área útil de 183,84m², que se enquadra no conceito de casa de médio porte, que se faz morada de uma família com 5 membros. A busca por meios preservacionistas e formas de economia no orçamento doméstico tornou a adoção dessa medida um elemento essencial e eficaz na busca por estes objetivos. Em partes, o poder público pode ter influência na conscientização e aplicação de atividades junto a população, com o objetivo da preservação do meio ambiente em conjunto com o desenvolvimento econômico. A pesquisa na residência baseou-se na análise do sistema de reutilização das águas pluviais para emprego no sistema de máquina de lavar roupa e reservatório para limpeza da residência e calçadas e outras finalidades que necessitem de água não potável. O sistema apresentou um rendimento em economia na ordem de R\$ 2.174,04, garantindo o retorno do investimento em 2 anos, 9 meses e 25 dias.

Palavras Chave: Água de chuva, Aproveitamento pluvial, Consumo Humano.

ABSTRACT

VALOES, Thiago Negro. Completion of course work. 2016. **Rainwater Utilization in a single-family residence in Palmas - TO.** Civil Engineering course. Centro Universitário Luterano de Palmas. Palmas - TO. Advisor *M.Sc.* José Geraldo Delvaux Silva.

The present study had as purpose to introduce a system of capture and storage of rainwater, installed in a single-family residence in the city of Palmas-Tocantins, aiming to demonstrate the financial and socio-environmental feasibility of the apparatus employed, through the economics of drinking water and as a consequence of the reduction in waste generation. The model to be studied is in full use in a residential area of plant 183,84 m², who are eligible for the midsize concept, which is home to a family with 5 members. The search for conservationists and media forms of savings in household budget made the adoption of this measure an essential and effective in the pursuit of these goals. In parts, the public authorities can have influence on the awareness and implementation of activities with the population, with the goal of preserving the environment in conjunction with economic development. Research in residency is based on the system analysis of utilization of rainwater for use in the washing machine system and reservoir for cleaning of the residence and pavements and other purposes requiring non-potable water. The system guarantee a payoff for economist in use R\$ 2.174,04, with back of return in 2 years and 9 mouths and 25 days.

Key Words: Water. Harnessing. Rain. Human Consumption.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Sistema de captação de água de chuva	22
Figura 2 – Reservatórios superiores	26
Figura 3 – Vista do reservatório inferior de 10 m ³	26
Figura 4 – Abastecimento de máquina lavadora	27
Figura 5 - Abastecimento do tanque	27
Figura 6 – Torneira de irrigação do jardim	28
Figura 7 – Calhas de direcionamento da água captada	29
Figura 8 – Vista do sistema de calhas.....	29
Figura 9 – Vista parcial da area de captação (telhado)	30
Figura 10 – Planta baixa com áreas de contribuição (telhado).....	32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Parâmetros de dimensionamento.....	33
Tabela 2 – Precipitação mensal média	33
Tabela 3 – Cálculo do volume de água pluvial captada pela área do telhado mensal	34
Tabela 4 – Consumo padrão de água potável na unidade familiar	34
Tabela 5 - Consumo não potável de água da unidade familiar	35
Tabela 6 – Volume de Armazenamento mensal.....	35
Tabela 7 - Tarifa de fornecimento de água e coleta de esgoto	36
Tabela 8 – Custo tarifário da água fornecida em m ³	36
Tabela 9 – Valores tarifários consumido de água antes do sistema implantado	37
Tabela 10 - Valores tarifários de água após à implantação do sistema	38
Tabela 11 - Cálculo da média do volume diário captado e sua relação com a economia (%) de água da rede.	38
Tabela 12 - Orçamento do sistema de reutilização de águas pluviais.....	42

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ANA – Agência Nacional de Águas

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

CPATSA - Centro de Pesquisas Agropecuária do Trópico Semi-Árido

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia

MMA - Ministério do Meio Ambiente

NBR – Norma Regulamentada

OMS - Organização Mundial de Saúde

ONU - Organização das Nações Unidas

UHE Luís Eduardo Magalhães – Usina Hidrelétrica Luís Eduardo Magalhães

UNESCO - Organização das Nações Unidas para a educação, a ciência e a cultura.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	5
1.1 Problema de Pesquisa	7
1.2 Objetivos	8
1.2.1 Objetivo Geral.....	8
1.2.2 Objetivos Específicos	8
1.3 Justificativa.....	9
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	10
2.1 Reutilização da Água da Chuva	10
2.2 A questão do uso coerente da água	15
2.3 Utilização da água da Chuva no Brasil.....	17
2.4 Previsão de População	17
2.5 Projeção Demográfica no Estado do Tocantins	18
2.6 Vantagens do aproveitamento de Águas pluviais	19
2.7 Dados Pluviométricos.....	19
2.8 Riscos de Reuso	20
2.9 Sistemas de aproveitamento da Água da chuva	20
2.10 Tratamento da água coletada.....	23
2.11 Dimensionamento do Sistema de Utilização da Água da Chuva	23
3 METODOLOGIA	24
3.1 Área de estudo	24
3.2 Listagem de dados.....	24
3.3 Procedimentos metodológicos	24
3.4 Índice pluviométrico	25
3.5 Implantação do sistema de captação e armazenamento da água coletada	25
3.6 Distribuição dos reservatórios.....	25
3.7 Pontos de emprego	27
3.8 Sistema de calhas	28
3.9 Área de captação.....	30
3.10 Determinação do volume de água captado.....	31
3.11 Determinação da economia na taxa de água	31
3.12 Determinação da economia na taxa de esgoto.....	31
3.13 Determinação do retorno do investimento	31

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	32
4.1 Objeto de Estudo.....	32
4.2 Índice pluviométrico	33
4.3 Cálculo do volume da água captada.....	33
4.4 Consumo de água da unidade familiar.....	34
4.5 Determinação do volume do reservatório.....	35
4.6 Cálculo da economia na taxa de água e esgoto	36
4.7 Dimensionamento do reservatório superior	41
4.8 Orçamento	42
4.9 Cálculo do retorno do investimento	43
5 CONCLUSÃO	44
REFERÊNCIAS	46

1 INTRODUÇÃO

A coleta das águas pluviais para utilização doméstica, na irrigação, na criação de animais e em outras finalidades é uma perspectiva antiga que vem crescente e sendo colocada em prática em várias localidades do mundo. O crescimento da população mundial em conjunto com os usos impróprios da água propiciou o cenário de degradação desse recurso e, nas palavras de May (2004), a propagação de notícias sobre os riscos de escassez de água tem elevado a conscientização da população. Dessa forma, sistemas que proporcionam o uso racional da água está cada vez mais utilizados, como por os sistemas de uso de águas pluviais, “água da chuva”.

A água é a único elemento que é encontrado, em conjunturas normais, nos três estados da matéria (sólido, líquido e gasoso) na natureza. A existência simultânea destes três estados, provoca transferências de água de um estado para outro (MARINOSKI; GHISI, 2008).

O Planeta Terra visto pelo espaço parece se composto basicamente de água, isso corresponde 2/3 de sua superfície, que são os oceanos. Os estudiosos calculam que o volume total de água no planeta seja de 1,35 milhões de quilômetros cúbicos, porém 97,5% deste volume é de água salgada, localizada em mares e oceanos, não potável para o ser humano. Desse volume, somente 2,5% é de água doce, e são encontradas em locais de difícil acesso, como aquíferos (águas subterrâneas) e geleiras. Desses 2,5% de água doce, somente 0,007% localiza-se em regiões de fácil acesso para o consumo humano, como lagos, rios e na atmosfera (SAMAE MOGI GUACU, 2016).

Ainda podemos encontrar no Brasil água em abundância, e em outros locais do planeta, mais em certas regiões os recursos hídricos estão escassos. Prover a demanda de água está sendo cada vez mais dispendioso devido ao crescimento populacional, principalmente urbano e ao desperdício desses recursos. E este cenário ainda vai piorar, pois a Organização das Nações Unidas, estima que em 2050 a população mundial será de 9 bilhões em 2050 (ONU, 2016), piorando uma situação que já está crítica.

Por causa desse grande aumento da população mundial e, o respectivo aumento do consumo de água potável, está ocasionando uma diminuição da qualidade e disponibilidade dos recursos hídricos.

Existe também uma característica importante a ser observada, não diria ser uma má distribuição populacional em função das reservas hídricas, mas sim resultados das explorações desenfreadas e da urbanização acelerada que aconteceu nos grandes centros urbanos que ocasionaram o fim de nascente e escassez de água potável. De acordo com Ghisi (2006), os locais mais populosos são aqueles que possuem pouca água, nos lugares com muita água o índice populacional é baixo.

Em um estudo elaborado por Ghisi et al. (2007), que objetivou analisar a economia da água potável da região Sudeste, procurando encontrar o tamanho de reservatório mais adequado para a reserva da água de chuva. Neste estudo, em uma das deliberações, concluiu que o tamanho do reservatório tem que ser determinado de acordo com o caso concreto, pois são voláteis os valores de tamanho do reservatório a ser utilizado de acordo com as características de cada cidade.

Para o funcionamento adequado do sistema de reuso de água de chuva é necessário a capacitação da quantidade certa de água para a demanda da clientela, levando em consideração as características pluviométricas do local, da área impermeável de captação e do volume do reservatório de armazenamento. A demanda a ser atendida é essencial e deve ser mensurada de forma adequada para possibilitar menor gasto com a implantação do sistema e melhor reaproveitamento da água que será captada e armazenada (RESENDE; PIZZO, 2007).

Dentro deste contexto essa pesquisa teve o intuito de caracterizar o sistema de reutilização de água pluvial em uma residência da cidade de Palmas (Tocantins) de forma que o estudo pudesse servir de base para elaboração de um plano de ações voltadas para a utilização desse sistema em larga escala na área urbana do município, como fonte de abastecimento de água de uso não potável, a fim de diminuir o consumo de recursos hídricos disponíveis em nosso planeta.

1.1 Problema de Pesquisa

Águas pluviais recolhidas podem ser usadas em jardins, lavagem de calçadas, de roupas e de automóveis. Com a utilização do sistema de coleta da água da chuva é viável a redução do consumo de água “limpas”, minimizando alagamentos, enchentes, racionamentos de água, ocasionando a redução da escassez dos recursos hídricos (COSTA, 2007).

Visando evitar crises de abastecimento, o custo do sistema de reutilização de águas pluviais proporcionaria uma diferença significativa no dia-a-dia dos seus usuários?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Analisar a viabilidade de um sistema de reutilização de águas pluviais implantado em uma residência unifamiliar no município de Palmas - TO considerando os aspectos econômicos, ambientais e sociais, para efeito de exemplo urbano.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Analisar os usos finais das águas sendo elas potáveis ou não, com base em levantamentos de dados históricos e de concessionárias, realizadas em residências;
- Estimar o volume ideal do reservatório para aproveitamento de água de chuva em residências;
- Aferir a viabilidade econômica de implantação de um sistema de reutilização da água pluvial, com base no estudo do caso apresentado.

1.3 Justificativa

Com o aumento da população mundial a utilização de água limpa “potável” vem crescendo cada vez mais. Ainda existe a relação entre o poder econômico e o consumo maior de água, pois quanto maior o poder aquisitivo da sociedade, maior será a quantidade de água utilizada, com o uso de equipamentos (máquinas de lavar louça, máquinas de lavar louças) ou em lavagem de carro ou piscina, entre outros.

A água tratada em um consumo consciente deveria ser utilizada somente para o consumo alimentício, já as águas pluviais seria utilizada para coisas do dia-a-dia, como a lavagem de calçadas, molhar o jardim, em uso para vasos sanitários, para lavar roupa, para a piscina, entre outros. Assim, a água potável ficaria somente para beber, cozinhar e tomar banho (AGUA, 2016).

O uso racional da água potável, a preservação e conservação dos recursos existentes de água pelo emprego de fontes alternativas, como águas das chuvas e águas cinzas (águas provenientes do tanque, da máquina de lavar roupa, do chuveiro e do lavatório) para uso não potáveis, são algumas das alternativas de grande importância não só para o nosso país, mas para todo o planeta, já que a poluição urbana e rural está alterando a água em um bem com data para acabar, que poderá acontecer em poucos anos.

Entre as alternativas já propostas pelos estudiosos, a mais promissora está sendo o reutilização de águas de chuva para fins onde descarta o uso de água potável em conjunto com o uso de equipamentos de baixo consumo, o reuso de águas cinzas e principalmente, a mudança de hábitos da população (HAFNER, 2007).

Dessa forma, justifica-se este trabalho por tratar de um tema muito relevante e de grande impacto para a sociedade brasileira, sendo ela economia financeira e de auxílio na preservação dos nossos recursos hídricos, estimulando a comunidade a adotar esses sistemas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Reutilização da Água da Chuva

A utilização das águas das chuvas, de maneira histórica sempre foi representada por galerias, canais e áreas de retenção, nos últimos anos, está sendo acrescida ao redor do mundo por novas possibilidades tais como a captação direta dos telhados, retenção temporária, aproveitamento e reinjeção no subsolo da chuva (KITAMURA, 2004).

Conforme MAY (2004), essas técnicas são alicerçadas em práticas antigas e tradicionais, com o implemento de materiais modernos ou novas tecnologias, são denominados de “técnicas de gestão de águas de chuva”, as mais significativas são:

- Redução da evaporação;
- Coleta de água da chuva;
- Coleta de água de escoamento superficial
- Recarga artificial de aquíferos subterrâneos;
- Conservação da umidade em solos;
- Previsão de água de chuva para a agricultura;

A captação e a reutilização de água de chuva devem ser realizadas almejando dois objetivos diversos:

- Contenção de excesso de água e escoamento superficial;
- Suprimento da quantidade de água para diferentes fins.

À urbanização provocou transformações no ciclo hidrológico nas áreas urbanas. O crescimento dos locais impermeabilizados fez com que as áreas urbanas diminuíssem as funcionalidades de infiltração e de armazenagem da água da chuva.

O reaproveitamento da água da chuva é estimada como uma alternativa viável e econômica para a falta de água, tendo sua eficiência no controle do escoamento rasteiro e na recomposição do ciclo hidrológico dentro das cidades (ZAIZEN et al, 1999).

Para Fendrich e Oliynik (2002), além da economia gerada e da preservação dos rios de água potável, o reaproveitamento da água da chuva auxilia na redução das enchentes, sua infiltração no solo ocasiona melhorias ambientais, possibilitando o suprimento de água no lençol freático e conservando as vazões adequadas nos rios em períodos de seca, cooperando para a redução da poluição hídrica e aumentando seu poder de autodepuração.

Essa água reaproveitada da chuva, após ser recolhida e estocada em local apropriado, pode ser usada para diversos fins, como, por exemplo: irrigação, uso em vasos sanitários, na limpeza de pátios e automóveis, ornamentação de jardins, usos industriais, entre outros.

A reutilização da água da chuva, em grande ou pouca quantidade, auxilia na diminuição significativa no consumo de água rios e lenções freáticos para agricultura. Conforme Brunet (2001), cerca de 40 por cento da água consumidas nas cidades são utilizadas para este fim.

Devido ao baixo valor cobrado pela água nas áreas urbanas, dificulta o reaproveitamento sustentável e econômico da água de chuva para o consumo. Por outro lado, as indústrias, que pagam mais caro pelo consumo de água, se torna benéfico o seu reaproveitamento (NOGUEIRA, 2007). A água da chuva pelas indústrias e estabelecimentos comerciais, pode ser aplicada no resfriamento de telhados e máquinas, climatização interna, lavanderia industrial e limpeza industrial.

Essa aplicabilidade é preferivelmente apontada para o uso rural, chácaras, condomínios e indústrias. Sistemas completos de reaproveitamento de água da chuva, competente para suprir o quantitativo necessário de água para uso doméstico, são instalados principalmente em zonas rurais, devido ao seu tamanho e da área necessária para a construção dos reservatórios (BRUNET, 2001).

Conforme Baú (1991) *apud* May (2004), a reutilização da água da chuva mostra-se desejável em alguns casos: locais com quedas elevadas, áreas com insuficiência de abastecimento, áreas com elevado valor de extração de água subterrânea, áreas com poucas chuvas, com grandes períodos de seca.

As grandes vantagens da captação de água de chuva são: economia de água oriunda dos sistemas de tratamento e distribuição direcionadas para usos não potáveis ou menos exigentes, manejo do escoamento superficial, prevenção de enchentes, conservação da água, disponibilização da água para usos diversos em regiões com estiagem.

As finalidades, conhecimentos e tecnologias dos métodos de reaproveitamento da água da chuva diferem de acordo com o país. Não somente os meios operacionais que impedem o funcionamento das técnicas, a maior dificuldade é a falta de gerenciamento eficiente da água.

De acordo com a OAS (1997 apud MAY; 2004), na América do Sul e no Caribe as grandes dificuldades encontradas para aplicação dos métodos de gestão das águas da chuva são: dificuldade da publicação do conhecimento sobre os métodos implantados com sucesso, carência de divulgação da realidade e relevância dessas técnicas nos diversos níveis de participação pública e tomada de decisões, limitações econômicas, falta de coordenação interinstitucional e multidisciplinar, carência de legislação específica, dificuldade em avaliar de forma correta o impacto da implantação de tecnologias diversificadas nas situações que já existem.

Para Palmier (2003), *apud* Vieira e Coiado (2005), as técnicas de coleta da água da chuva infelizmente não estão sendo colocadas em prática, de forma eficiente no Brasil, e elencam os seguintes erros que dificultam a sua implementação:

- Inexistência de uma legislação específica, para a utilização de técnicas de coleta da água da chuva;
- Incongruência das técnicas de coleta da água da chuva com métodos tradicionais de produção de alimento. Certas tecnologias, por causa das especificações regionais, podem não ser aplicadas. Em certos casos tais projetos necessitam de mão-de-obra intensiva para construção e manutenção e precisam do uso de máquinas pesadas, normalmente não disponíveis em etapas posteriores do projeto;
- A falta de capacitação de mão-de-obra rural em ações vinculadas ao projeto, construção e manutenção tornam os usuários submissos aos técnicos e deficientes para compreender os parâmetros técnicos dos projetos - por exemplo, intensidade de chuvas, coeficientes de escoamento superficial, etc.

Contudo, por mais que existam dificuldades, já estão sendo implantadas no Brasil alguns projetos de reutilização da água da chuva, principalmente no Nordeste, com clima predominante de seca.

Um desses estados é o Pernambuco, onde foi desenvolvida uma tecnologia por uma instituição religiosa que coleta água da chuva que escorre pelo solo e a transporta até uma cisterna tipo “calçadão”, onde é feito o tratamento, e será consumida nos meses de estiagem. Essa atitude simples está melhorando e apurando a coleta de água para a demanda de famílias mais pobres, que não possuem em suas casas de telhado de acordo tamanho necessário para satisfazer as demandas básicas de uma família (DIACONIA, 2015).

O objetivo principal é fornecer as famílias de baixa renda das áreas rurais a garantia de que irão ter água para beber, cozinhar e fazer a higiene do corpo (com exceção do banho), durante o verão e os períodos de estiagem. O Ministério do Desenvolvimento Agrário construiu essas cisternas em 13 municípios do sertão pernambucano. O custo de cada uma é de R\$ 1.400 (VIEIRA e COIADO, 2005).

A ASA, (Articulação no Semiárido Brasileiro,) que é um grupo de discussão formado pelas organizações da sociedade civil, onde estão presente mais de 700 entidades dos mais variados segmentos, como igrejas católicas e evangélicas, ONG`s de desenvolvimento e ambientalistas, associações de trabalhadores rurais e urbanos, associações comunitárias, sindicatos e federações de trabalhadores rurais. No ano de 2003, precisamente em julho, foi iniciado o Programa de Formação e Mobilização Social para a Convivência com o Semiárido: um Milhão de Cisternas Rurais - P1MC. O objetivo do P1MC é favorecer cerca de 5 milhões de pessoas em toda região semiárida, disponibilizando água potável para beber e cozinhar, com o uso das cisternas de placas (VIEIRA, 2010).

Cada reservatório tem a possibilidade de armazenamento de 16 mil litros de água. Essa água é coletada das chuvas, utilizando as calhas instaladas nos telhados. As cisternas são elaboradas por pedreiros das próprias comunidades, formados e capacitados pelo P1MC, e pelas próprias famílias, que fazem os serviços gerais de escavação, aquisição e fornecimento da areia e da água. Os pedreiros são pagos e a contribuição das famílias nos trabalhos de elaboração se caracteriza como a contrapartida no processo. Se a água da cisterna for usada para fins potáveis, cozinhar e escovar os dentes, dura, cerca de oito meses. Até abril de 2007, foram construídas 190.300 cisternas e 1.018 municípios foram atendidos pelo programa (ASA, 2016).

Outro país em desenvolvimento que serve como exemplo de sucesso no reuso da água da chuva é a Tailândia. De acordo com Fendrich e Oliynik (2002),

nesse país não existe nenhum rio, na parte nordeste, com grandes extensões para irrigação agrícola. Há pouco tempo, uma ONG, a Associação de Desenvolvimento da População (ADP), auxiliou no desenvolvimento da parte nordeste, através da construção de cisternas para captação de água das chuvas. As atividades da ADP, que são bancadas pela Alemanha e pela Austrália, possibilitaram a instalação de 12 milhões de reservatórios de águas das chuvas na Tailândia.

No Quênia, a falta de fontes de água potável obriga que, em certas localidades, os habitantes necessitem buscar água em locais longínquos. O Plano de Auxílio, que é um auxílio internacional das OGN's, disponibiliza recursos financeiros às famílias para a construção de reservatórios de águas da chuva, com o intuito de diminuir o problema do transporte de água (FENDRICH e OLIYNIK, 2002).

Em países considerados desenvolvidos, as técnicas de reaproveitamento da água da chuva são mais divulgadas, principalmente por causa das condições econômicas. Alta demanda de água potável, altos custos com tratamento e captação, problemas decorrentes da alta taxa de urbanização e impermeabilização do solo permitem que as técnicas de coleta e reuso da água da chuva sejam alternativas de gestão de recursos hídricos usuais em vários países, tais como Estados Unidos, Alemanha e Japão.

A EPA (Serviço de Proteção Ambiental), indica, que nos Estados Unidos, exista um pouco mais de 200 mil sistemas de coleta para a reutilização da água oriunda da chuva. Por exemplo, na Califórnia, são disponibilizados financiamentos para a instalação dos reservatórios para captação da água da chuva (TOMAZ, 2003).

Em algumas cidades da Alemanha, lençóis escondidos são recursos hídricos usados para fornecimento de água. Neste país, o reaproveitamento da água da chuva teve seu início em meados da década 80, como alternativa para a preservação das águas subterrâneas e para assegurar o abastecimento de água (FENDRICH e OLIYNIK, 2002). Para Herrmann e Schimida (1999), o mercado de produtos direcionados ao uso de água de chuva vem aumentando em tamanho e importância econômica nos últimos anos no país. Por volta dos anos 90, foram colocados em prática mais de 100 mil modelos de reservatórios comerciais para o reuso da água da chuva.

Em Hamburgo é disponibilizado para a população sem nenhum ônus, a quantia de 1.500 a 2.000 dólares para quem reaproveitar água de chuva, já que esta

atitude ajuda na prevenção de grandes volumes das enchentes (TOMAZ, 2003). No Japão, desde 1985 é feita a coleta da água da chuva de domos dos estádios, com a finalidade de reaproveitamento e de prevenção de grande volume de água superficial (ZAIZEN et al; 1999).

Com o intuito de prevenir enchentes, a legislação da cidade de Tokyo exige, a partir de 1993, a instalação de reservatórios de captação (grandes piscinas) em locais que meçam mais que 10 mil m², ou quando o edifício tenha mais que 3 mil m² de área construída (TOMAZ, 2003).

A China, por exemplo, existe o Programa Tecnológico de Pesquisa e Desenvolvimento (1986), no qual fazem parte o uso e coleta da água da chuva para diminuir a falta da água e desenvolver as áreas semiáridas do país. Assim, foi instituída o programa intitulado “1-2-1”, que buscava a reutilização de água de chuva para fins potáveis e para irrigação de propriedades rurais. Até o final de 2004, mais de dois milhões de tanques para armazenar água de chuva foram construídos (GNADLINGER, 2004).

De acordo com Pnuma (2001), apud May (2004), na Holanda a água da chuva é captada para prevenção do transbordamento dos canais que circundam o país, que está abaixo do nível do mar. A água armazenada é usada na irrigação de lavouras e abastecimento de fontes ornamentais.

2.2 A questão do uso coerente da água

Os problemas ambientais, tanto brasileiros como no âmbito mundial, são frutos decorrentes da má orientação quanto ao uso dos recursos naturais. Diante disto, fez-se necessário a substituição das práticas convencionais pela cultura de reuso dos recursos naturais (TUCCI *et al.*, 2001 *apud* MANO, 2004).

Como se não bastassem os altos índices de poluição, há também uma perceptível diminuição significativa da disponibilidade de água doce no mundo. Entre os fatores que justificam este fato estão: aumento populacional, desperdício e uso intenso da água em processos agrícolas e industriais (UNESCO-WWAP, 2003 citado por MANO, 2004). No nordeste, o processo de irrigação consome 30 vezes mais água que o israelense, e quanto ao abastecimento pelas redes, há uma média de perda de água de 40% na distribuição (MMA, 2003).

A Organização das Nações Unidas (ONU) aponta que nos próximos 25 anos, 2,7 bilhões de pessoas poderão viver em regiões de seca crônica. Quanto a

atualidade, o Banco Mundial afirma que cerca de 1 bilhão de pessoas não possuem acesso à água potável e cerca de 1,7 bilhões convivem com estruturas de saneamento básico inadequadas (MMA, 2003).

Sabe-se que o Brasil possui a maior reserva hídrica do planeta, possuindo 13% dos Recursos Hídricos de todo o mundo (5.732,4 km³/ano) (MMA, 2003).

Quanto à utilização de água em residências, esta já foi bastante estudada em relação aos seus aspectos quantitativos de consumo por processo utilizado.

O aumento no consumo de água em virtude do conjunto das atividades humanas, cada vez mais diversificado, além do crescimento demográfico, tem exigido uma maior atenção às necessidades de uso de água para as mais diversas finalidades. Dadas as limitações hídricas de boa qualidade para o ser humano como rios, lagos, mananciais, lençóis freáticos e etc., torna-se essencial fazer o uso racional, evitar desperdícios e desenvolver maneiras que minimizem a degradação dos recursos hídricos. Surge como uma das alternativas para o enfrentamento do problema, o aproveitamento das águas pluviais, importante instrumento de gestão ambiental do recurso água.

Estudos de hidrólogos e demógrafos apontam que o consumo de água doce duplica-se a cada 25 anos. Para a Organização Mundial de Saúde (OMS, 1999), o consumo mundial de água aumentou mais de seis vezes em menos de um século, mais de que o dobro das taxas de crescimento da população, e continua a crescer, embora o racionamento de água seja realidade em alguns lugares, existem locais onde se conserva a ilusão de que a água é infinita.

Nesse contexto, as práticas do uso eficiente e do aproveitamento das águas pluviais, constituem uma maneira inteligente de se poder ampliar o número de usuários de um sistema de abastecimento, sem a necessidade de grandes investimentos em ampliações ou a instalação de novos sistemas de abastecimento. (SAUTCHÚK *et al.*, 2007).

Segundo Mancuso *et al* (2007) a aceitação pública é o fator preponderante na determinação do sucesso ou do insucesso de um programa de reúso de água. A experiência internacional tem mostrado que projetos dessa natureza podem ser tecnicamente viáveis, as águas produzidas comprovadamente seguras, atestadas pelos melhores procedimentos científicos disponíveis, podem ser aceitos pelas agências oficiais de meio ambiente e de saúde pública e, ainda assim, não ser aceitos pelo público.

2.3 Utilização da água da Chuva no Brasil

Ghanayem (2001), cita que o primeiro sistema de reuso de águas pluviais a funcionar em território brasileiro foi no território ultramarino de Fernando de Noronha, instalado no ano de 1943 pelo exército dos Estados Unidos, que captava a água da chuva e direcionava para reservatórios que era posteriormente empregada no consumo humano e demais atividades. O sistema continua sendo utilizado para o abastecimento da população da ilha.

No Brasil, uma forma muito utilizada para o aproveitamento da água da chuva é a construção de cisternas, principalmente, no Nordeste. Programas foram criados pelo governo visando melhorar a qualidade de vida da população do semi-árido brasileiro, dentre eles a criação do Centro de Pesquisas Agropecuárias do Trópico Semi-Árido (CPATSA) em 1975, com o objetivo de coleta da água da chuva e de construção de cisternas para armazenamento de água para consumo, dentre outros.

Em regiões como o Nordeste brasileiro, devido à dificuldade de conseguir água, seja para o uso doméstico ou para o consumo humano, a população acaba consumindo água de qualidade duvidosa, o que vem associado a uma série de doenças.

Segundo Soares (2004), uma alternativa para esse conflito é a captação de água de chuva, algo relativamente fácil de se fazer e que com um tratamento adequado pode ser utilizada inclusive para o consumo humano. Em algumas metrópoles brasileiras, como São Paulo e Rio de Janeiro, a coleta da água da chuva tornou-se obrigatória para alguns empreendimentos, visando a redução das enchentes. Existem também empresas especializadas que fabricam e fornecem soluções para o utilização da água da chuva. Além de residências, já existem estabelecimentos comerciais em São Paulo que há 30 anos captam, filtram e utilizam a água da chuva em seu processo de lavagem (SICKERMANN, 2003).

2.4 Previsão de População

Projetar uma população é estimar a sua evolução futura, o que constituía base de avaliação da capacidade produtiva e das necessidades de uma região.

Conforme CODEPLAN (1997), os conhecimentos das características demográficas de uma sociedade e a previsão de seu comportamento futuro são, portanto, fundamentais para a definição de políticas públicas e para o planejamento econômico e social de uma região na medida em que o tamanho e a estrutura da população têm papel essencial na determinação da mão de obra e na definição do mercado consumidor de bens e serviços.

A associação dos resultados das projeções demográficas com outras informações, tais como: renda, escolaridade, qualificação de mão de obra, etc.; permitirão ao planejador, público ou privado, simulações prospectivas que indicarão formulação de objetivos mais coerentes com as reais necessidades da sociedade (CODEPLAN, 1997).

Deve-se ter em conta, entretanto, que nenhuma projeção é definitiva, pois ela é baseada em hipóteses de comportamento futuro que poderão ou não se concretizar na medida em que dependem de um conjunto complexo de fatores sociais, econômicos e culturais da população em estudo.

É importante, portanto, que se adotem mecanismos de ajuste sempre que novos levantamentos amplos e profundos da área estudada indiquem alterações nas tendências de conduta dos componentes demográficos.

2.5 Projeção Demográfica no Estado do Tocantins

No Tocantins assim como em todo território brasileiro, a dinâmica populacional vem passando por transformações, especialmente as relacionadas com as contínuas quedas da fecundidade e da mortalidade, o que tem causado alterações significativas na composição etária da população. Os fluxos migratórios também contribuem de modo relevante na variação quantitativa e qualitativa da população mantendo elevadas as taxas de crescimento mesmo com fecundidade em declínio (CODEPLAN, 1997).

A transição demográfica que ora vem se processando no Tocantins, estado de formação recente e volume populacional reduzido, norteou a elaboração de hipóteses do comportamento futuro das variáveis demográficas as quais, interferindo no volume e ritmo de crescimento da população, poderão orientar a definição de

publicas e a oferta de infraestrutura econômica e social no sentido de melhor atender às reais necessidades da sociedade.

2.6 Vantagens do aproveitamento de Águas pluviais

O aproveitamento das águas pluviais é o processo pelo qual a mesma é utilizada após captação e direcionamento para reservatórios, e pode ocorrer de forma direta ou indiretamente por meio de ações planejadas ou não. O aproveitamento de águas pluviais a demanda sobre os mananciais de água substituindo a utilização da água potável em atividades que não necessitem de tal, por uma de qualidade inferior. Pode-se citar algumas vantagens tais como:

- Diminuição do consumo de água da rede pública, reduzindo o custo tarifário da água fornecida pela concessionária;
- Minimização da utilização de água potável onde esta não é necessária;
- Os investimentos de tempo, atenção e dinheiro são mínimos para adotar a captação de água pluvial dos telhados, e o retorno do investimento é sempre positivo;
- É um projeto sustentável, ecológico e financeiramente viável, não desperdiça um recurso natural escasso em todo o país, e disponível em abundância nos telhados durante o período chuvoso;
- Ajuda a conter as enchentes, represando parte da água que teria de ser drenada para galerias e destinada aos rios.

2.7 Dados Pluviométricos

A chuva é considerada o tipo de precipitação mais importante para hidrologia, devido a sua capacidade de produzir escoamento em suas diversas condições.

Para Villela e Mattos (1975), a água precipitada sobre a superfície da terra, em estado líquido, vapor ou sólido, como chuva, neve, granizo, nevoeiro, sereno ou geada, origina-se do vapor atmosférico proveniente do ciclo hidrológico. Sendo

assim podemos classificar a formação dessas precipitações em ciclônico, orográfico e conectivo.

2.8 Riscos de Reuso

Conforme Nardocci et. al (2007) o reuso da água pluvial apresenta alguns riscos que deixam a sociedade com medo, dentre eles, os dois motivos principais são: a poluição dos recursos hídricos e as limitações das técnicas de tratamento de água que, por mais que tenhamos tido avanços nos últimos anos, eles não eliminam completamente todas as substâncias indesejadas da água. Por causa desses fatores é importante equilibrar as relações risco/benefício e custo/eficácia das tecnologias de tratamento, pois dependendo da finalidade do reuso, o custo se torna mais elevado para tratá-la.

2.9 Sistemas de aproveitamento da Água da chuva

Segundo Tomaz (2003) citado por Menezes (2006), os componentes principais deste sistema são: a superfície de coleta, calhas e condutores, peneira, reservatório e extravasor.

Os telhados da edificação são as áreas mais comumente utilizadas como superfície de captação das águas pluviais. As calhas e condutores têm como objetivo a condução da água captada até o reservatório de limpeza. A peneira serve para reter os materiais em suspensão. O reservatório pode ser de vários tipos de materiais, sendo ele apoiado ou enterrado. Além disso, nele deve conter um extravasor com dispositivo para evitar a entrada de pequenos animais. Devido à água do reservatório estar em constante processo de sedimentação, sugere-se que sempre use água da parte superior do reservatório (MENEZES, 2006).

Menezes (2006) afirma que a capacidade do sistema e a demanda necessária definirão o uso da água pluvial coletada. O limitador do sistema será o volume fornecido de água, a superfície de captação e o índice pluviométrico da região.

Deve-se salientar que a utilização deste sistema para descarga de vasos sanitários, irrigação do jardim e lavagem de áreas da casa e veículos, segundo

Menezes (2006), geralmente é mais rentável em residências unifamiliares. E dependendo da região da edificação, como por exemplo onde não há problemas de poluição e/ou chuva ácida, a água pluvial captada poderá ser utilizada em todos os pontos de consumo de água da edificação.

Diante de tais informações, Bohara (1999) citado por Mona (2004) pôde destacar algumas vantagens da utilização da água das chuvas:

- Não necessita de maiores esforços para se obter a qualidade exigida da água;
- Sistema de captação independente;
- Construção e manutenção simples.

O sistema de aproveitamento da água da chuva é considerado um sistema descentralizado de suprimento de água, com objetivo de conservar os recursos hídricos, e com isso reduzindo o consumo de água potável (KOENIG, 2003).

As técnicas mais comuns para a coleta de águas pluviais são através da superfície dos telhados, sendo considerado o mais simples e o melhor na qualidade da coleta da água, comparando-o com outros sistemas como os que coletam águas pluviais nas superfícies do solo.

A Figura 3 mostra o aproveitamento de águas pluviais através de telhados, com reservatório enterrado em uma residência. Cada dispositivo é representado da seguinte forma:

- 1 – Filtro bruto: retém as partículas maiores.
- 2 – Reservatório
- 3 – Bomba
- 4 – Filtro fino: retém as impurezas menores
- 5 – Caixa d'água para armazenamento de água pluvial
- 6 – Caixa d'água para armazenamento da água da concessionária.

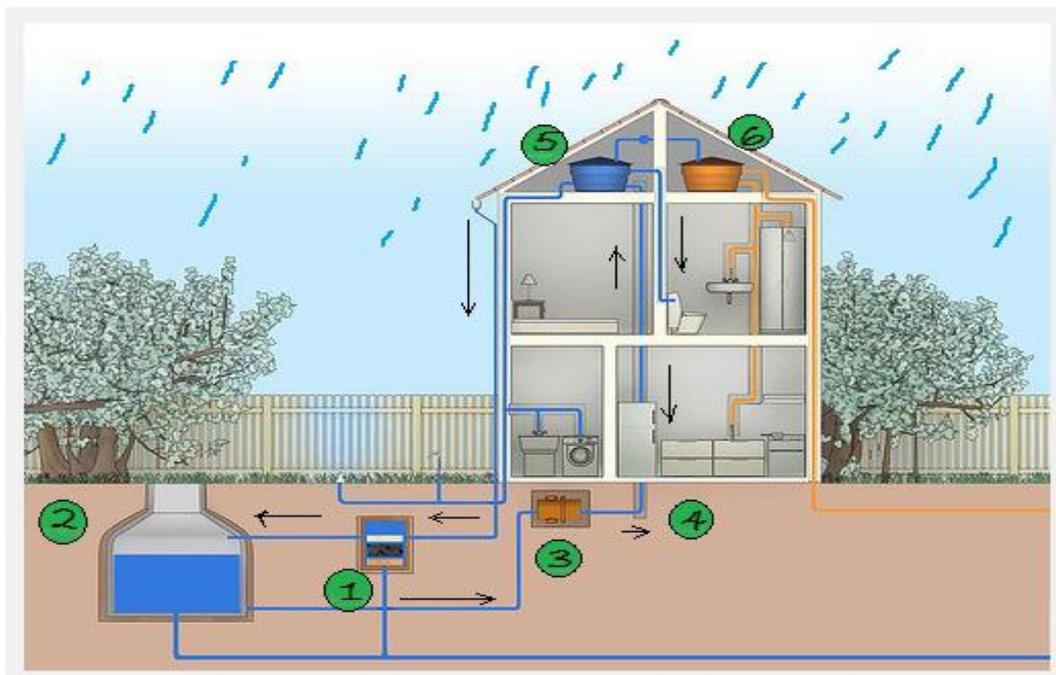


Figura 1 – Sistema de captação de água de chuva

Fonte: Sempre sustentável

Herrmann e Schmida (1999), destacam três métodos mais usuais na construção de sistema de aproveitamento de água da chuva, sendo elas:

1. Sistema de fluxo total – Onde toda a chuva coletada pela superfície de captação é direcionada ao reservatório de armazenamento, passando antes por um filtro ou por uma tela. A chuva que extravasa do reservatório é direcionada ao sistema de drenagem
2. Sistema com derivação – Neste sistema, uma derivação é instalada na tubulação vertical de descida da água da chuva, com o objetivo de descartar a primeira chuva, direcionando-a ao sistema de drenagem. Este sistema é também denominado de sistema autolimpante. Em alguns casos, instala-se um filtro ou uma tela na derivação. Assim como no sistema descrito anteriormente, a chuva que extravasa do reservatório é direcionada ao sistema de drenagem.
3. Sistema com volume adicional de retenção – No qual, constrói-se um reservatório maior, capaz de armazenar o volume de chuva necessário para o suprimento da demanda e capaz de armazenar um volume adicional com o objetivo de evitar inundações. Neste sistema, uma válvula regula a saída de água correspondente ao volume adicional de retenção para o sistema de drenagem.

2.10 Tratamento da água coletada

Apesar de a água armazenada ter uma aparência limpa, ela pode conter impurezas absorvidas da poluição atmosférica, não sendo aconselhável a ingestão humana sem tratamento da mesma. Quando pensamos em reutilização de água da chuva, o tratamento a ser aplicado deve ser conforme seu uso. Segundo Kammers, (2004), não precisamos de tratamentos avançados para fins menos nobres.

Um procedimento simples de limpeza da água da chuva muito utilizado é a remoção dos primeiros milímetros de chuva, através de um componente importante do sistema de aproveitamento que é o reservatório de eliminação da primeira chuva. Este procedimento é também denominado de auto-limpeza da água da chuva (TOMAZ, 2003).

Este reservatório tem a finalidade de receber a chuva inicial, retendo-a ou descartando-a de forma que a mesma não entre em contato com a chuva seguinte, menos poluída, que será direcionada ao reservatório de armazenamento final. A chuva direcionada ao reservatório final, que tenha passado apenas por este tratamento simplificado, deve ter seu uso voltado apenas para os fins não potáveis.

2.11 Dimensionamento do Sistema de Utilização da Água da Chuva

Para dimensionar um sistema de utilização de águas pluviais em uma residência, são necessários alguns dados específicos do local como: precipitação diária, dados de consumo diário de água por habitante, número de habitantes na residência (HANSEN , 1996).

O sistema de reuso de água da chuva compreende as seguintes etapas: determinação da área de contribuição do telhado, dimensionamento dos reservatórios, sistema de filtração.

3 METODOLOGIA

3.1 Área de estudo

A cidade de Palmas, capital do estado do Tocantins, é a capital do vigésimo quarto estado mais populoso do Brasil, possui extensão territorial de 2.218.934 km², localizada próximo ao paralelo 10° 11' 04" sul e do meridiano 48° 20' 01" oeste. Com altitude de 260m. A população estimada em 2015 é de 272.726 (IBGE, 2016).

3.2 Listagem de dados

Para realizar a análise da viabilidade técnica e financeira da utilização de um sistema para reuso de águas pluviais em Palmas - TO foi necessário realizar um levantamento de dados para estudo comparativo entre o valor tarifário pago com o fornecimento total de água por parte da companhia de abastecimento e com fornecimento parcial e uso da água captada e armazenada nos reservatórios. Foram considerados o índice pluviométrico, área de captação, custo de implantação do sistema e taxa de retorno.

3.3 Procedimentos metodológicos

Este projeto visou uma análise financeira referente à implantação de um sistema de reutilização de águas pluviais para uma residência baseada nos custos da cidade de Palmas, com o intuito de inferir a viabilidade de utilização dessa tecnologia na redução da tarifa de água dos sistema público de abastecimento, como também meio de sustentabilidade e redução do consumo de água potável.

Para alcançar esse objetivo foi feita a listagem dos materiais e serviços inerentes para a instalação do sistema e conseqüentemente o levantamento de preços em três estabelecimentos comerciais da cidade.

E por fim, para análise da viabilidade financeira foi feito os cálculos de volume de captação de água pluvial, do volume de armazenamento, de gasto mensal e anual de água potável, de economia da taxa de água e de retorno de investimento.

3.4 Índice pluviométrico

O índice pluviométrico está relacionado à quantidade de chuva por metro quadrado em certa região, a medida é feita em milímetros, utilizando certo um período de tempo.

Para esta pesquisa foi realizado um levantamento através da Secretaria de Recursos Hídricos do Estado do Tocantins e sites relacionados, do volume médio em cada mês do ano, assim como o volume médio que será usado no cálculo da viabilidade econômica do projeto na cidade de Palmas.

3.5 Implantação do sistema de captação e armazenamento da água coletada

O sistema para captação e reuso de águas pluviais, compreende um dispositivo de coleta de água pluvial, que é capaz de coletar a água que chega em telhados de edificações, no estudo foi captado por uma calha no telhado seguindo para uma filtração primária, onde serão removidas folhas, papéis e outros resíduos granulados maiores.

3.6 Distribuição dos reservatórios

Os reservatórios encontram-se dispostos da seguinte forma:

02 reservatórios superiores com capacidade de armazenagem de até 2 m³ cada, instalados sobre a laje da residência. São interligados entre si e ao sistema, com controle individual de entrada e saída de água por meio de registro manual de abertura e fechamento.

A Figura 2 demonstra a disposição dos reservatórios superiores



Fonte: Do próprio autor (2016)

Figura 2 – Reservatórios superiores

O reservatório inferior encontra-se implantado na parte frontal do lote, estando aterrado sob o calçamento, com tampa de acesso e monitoramento na parte lateral. Uma bomba de 0.5 cv foi instalada visando o bombeamento para os reservatórios superiores e posterior aplicação nas atividades em que não seja necessário o uso de água potável. Na Figura 3, abaixo tem-se a vista da tampa de acesso do reservatório inferior.

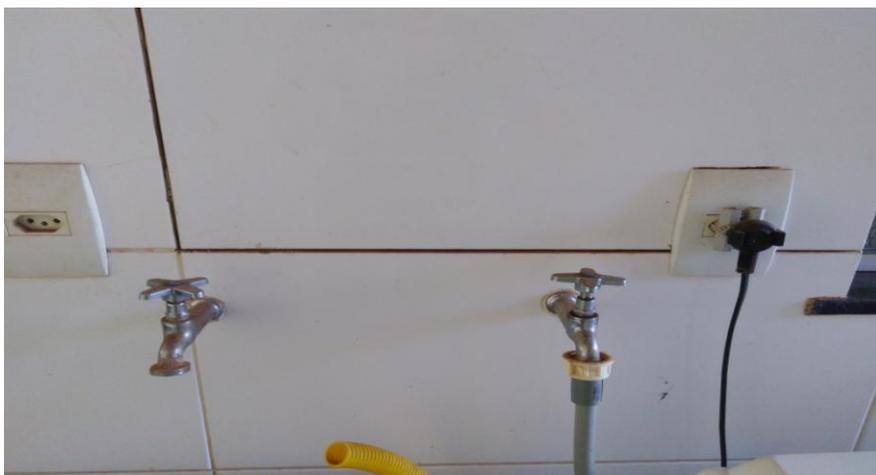


Fonte: Do próprio autor (2016)

Figura 3 – Vista do reservatório inferior de 10 m³

3.7 Pontos de emprego

A Figura 4 apresenta um dos locais e os equipamentos que fazem uso da água captada da chuva e os pontos de serventia do sistema alimentado pelos reservatórios.



Fonte: Do próprio autor (2016)

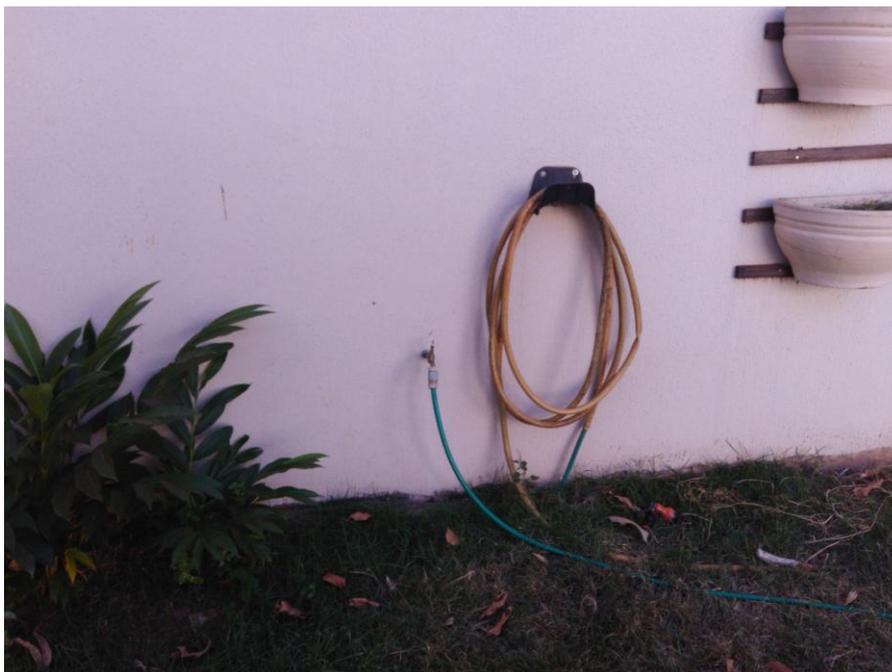
Figura 4 – Abastecimento de máquina lavadora

A Figura 5 demonstra um tanque localizado na área de serviços em que são vistas duas torneiras. A torneira da esquerda é alimentada pela água que vem do reservatório de água pluvial e a torneira da direita é servida pela água de abastecimento público.



Fonte: Do próprio autor (2016)

Figura 5 - Abastecimento do tanque



Fonte: Do próprio autor (2016)

Figura 6 – Torneira de irrigação do jardim

O sistema de abastecimento com água captada da chuva dispõe de um ramal implantado ao longo da área de jardim e calçada, com a finalidade de facilitar o acesso a água para irrigação das plantas e limpeza do piso, havendo torneira interligada ao sistema.

3.8 Sistema de calhas

Para eficiência no sistema de captação e transporte da água ao reservatório foi necessário instalação de calhas respeitando o ângulo de desnível necessário de forma que a água vinda do telhado tenha seu escoamento facilitado, além de praticidade no acesso com vistas à limpeza e manutenção da mesma.

Nas Figuras 7 e 8 podem ser vistas as calhas instaladas ao longo do telhado e nas extremidades da figura 7 tem-se a peneira com extravasores, necessários para retenção de sólidos em suspensão bem como para a prevenção de acesso de pequenos animais e insetos ao reservatório.



Fonte: Do próprio autor (2016)

Figura 7 – Calhas de direcionamento da água captada



Fonte: Do próprio autor (2016)

Figura 8 – Vista do sistema de calhas

3.9 Área de captação

Nas residências, a função de captação da água pluvial é realizada, preferencialmente, pela superfície dos telhados, por apresentar menor índice de impurezas, e cuja inclinação variável não influenciará na eficiência do sistema (TOMAZ, 2003).

Para fins de projeto os primeiros milímetros de água serão descartados, os mesmos servem para limpeza do telhado. Após essa limpeza a água precipitada captada pela superfície do telhado, que é direcionada para as calhas e conduzida aos reservatórios.

A Figura 9 a seguir, apresenta parte da área do detalhado empregada como superfície de captação.



Fonte: Do próprio autor (2016)

Figura 9 – Vista parcial da área de captação (telhado)

3.10 Determinação do volume de água captado

No cálculo do volume de água captado, foi necessário à multiplicação da área do telhado pela precipitação pluviométrica média anual, foi usada a seguinte equação:

$$\text{Volume captado} = \text{Área telhado} \times \text{Precipitação média (Equação 1)}.$$

Em que: área do telhado em m²; precipitação média correspondente à precipitação anual, em mm; vol. Captado volume de água em litros

3.11 Determinação da economia na taxa de água

No cálculo da economia da taxa de água, a multiplicação foi o valor cobrado por m³ do responsável pelo fornecimento de água na cidade, pelo volume captado, e tem-se o valor economizado por ano na taxa de água, utilizando a formula abaixo.

$$\text{Economia taxa água} = \text{Valor m}^3 \times \text{Vcaptado (Equação 2)}.$$

Valor do m³ em reais.

Vcaptado: volume captado em m³.

3.12 Determinação da economia na taxa de esgoto

No cálculo da economia referente ao esgoto foi multiplicado o valor do m³ pelo volume captado e por 0,80 uma vez que se tem por medida 20% de perda, ou seja, a cada 1 litro de água que chega na residência é cobrado 0,8 litro para o tratamento do esgoto, conforme equação 3.

$$\text{Economia taxa água} = \text{Valor m}^3 \times \text{Vcaptado} \times 0,80 \text{ (Equação 3)}.$$

3.13 Determinação do retorno do investimento

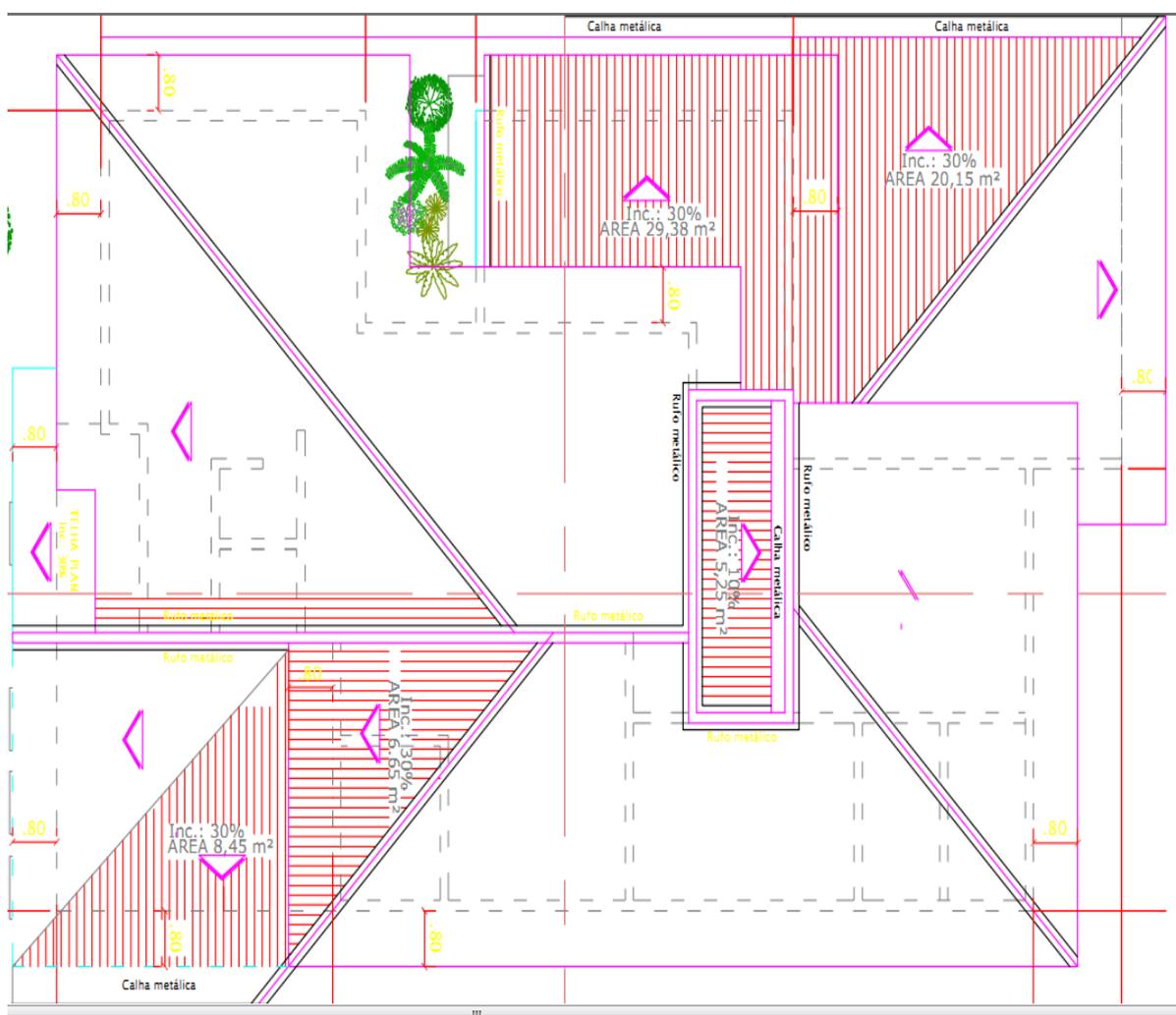
No cálculo do retorno do investimento foi dividido o valor investido pela economia anual com a implantação do sistema de captação e reaproveitamento da água pluvial, conforme a equação abaixo.

$$\text{Retorno do Investimento} = \text{Valor Investido} / \text{Economia Anual (Equação 4)}.$$

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Objeto de Estudo

O estudo foi realizado baseando-se em uma residência uni familiar de um pavimento em qualquer localidade de Palmas, cujas características estão apresentadas, na figura 10 a seguir:



Fonte: Do próprio autor (2016)

Figura 10 – Planta baixa com áreas de contribuição (telhado)

Tabela 1 - Parâmetros de dimensionamento

CARACTERÍSTICA DA RESIDÊNCIA		
Numero de moradores	Area de contribuição (m²)	Características
5,00	69,88	Telhado referente a cozinha, varanda e garagem

4.2 Índice pluviométrico

Através de dados obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, os índices pluviométricos de Palmas TO de 2005 a 2015, estão representados na Tabela 2 a seguir:

Tabela 2 – Precipitação mensal média

Posto Pluviométrico de Taquarussu do Porto	
Código:1048005	
Órgão: Ana- Agencia Nacional de a Aguas	
Município: Palmas	Latitude :103133°00'00" S Longitude: 481625°00'00" O
Precipitação Média (mm) - 2005 à 2015	
Janeiro	247,90
Fevereiro	258,90
Março	291,90
Abril	180,50
Maio	63,30
Junho	2,70
Julho	0,20
Agosto	1,50
Setembro	38,00
Outubro	140,80
Novembro	238,60
Dezembro	284,20
Anual	1.748,50

4.3 Cálculo do volume da água captada

Na Tabela 3 abaixo temos o volume mensal de água pluvial captada pela área do telhado.

Tabela 3 – Cálculo do volume de água pluvial captada pela área do telhado mensal

CÁLCULO DO VOLUME MENSAL DE ÁGUA CAPTADA			
MÊS	ÁREA DO TELHADO (m²)	PRECIPITAÇÃO MÉDIA (mm)	VOLUME CAPTADO (m³)
JAN	69,88	247,90	17,32
FEV	69,88	258,90	18,09
MAR	69,88	291,90	20,40
ABR	69,88	180,50	12,61
MAI	69,88	63,30	4,42
JUN	69,88	2,70	0,19
JUL	69,88	0,20	0,01
AGO	69,88	1,50	0,10
SET	69,88	38,00	2,66
OUT	69,88	140,80	9,84
NOV	69,88	238,60	16,67
DEZ	69,88	284,20	19,86

Fonte: ANA (2015).

4.4 Consumo de água da unidade familiar

Na Tabela 4 abaixo temos o consumo de água potável da unidade familiar.

Tabela 4 – Consumo padrão de água potável na unidade familiar

CONSUMO DE ÁGUA POTÁVEL			
Numero de habitantes	Consumo per capita (L)	Consumo diário (L) ¹	Consumo Mensal (M³) ²
5,00	200,00	1000,00	30,00

¹ C.diário = N^o hat x C per capta

² C.mensal = C.diário x 30

Para o estado do Tocantins a tabela SNIS considera 45% do consumo da água potável (SNIS, 2013), conforme Tabela 5 abaixo.

Tabela 5 - Consumo não potável de água da unidade familiar

CONSUMO DE ÁGUA NÃO POTÁVEL			
Numero de habitantes	Consumo per capita (L)	Consumo diário (L) ¹	Consumo Mensal (M³) ²
5,00	90,00	450,00	13,50

¹ C.diário = N^o hat x C per capta

² C.mensal = C.diário x 30

Nas tabelas 4 e 5 foi considerado um consumo padrão para uma unidade familiar, no caso estudado o consumo mensal era de 24 m³, onde o consumo de água não potável cairá para 10,8m³.

4.5 Determinação do volume do reservatório

O reservatório utilizado no sistema de aproveitamento de água pluvial possui um volume que atende à demanda mensal por água não potável, que é de 10 m³, com dimensões compatíveis com as necessidades da residência em que o sistema encontra-se implantado.

A determinação das dimensões do reservatório está de acordo com a disponibilidade do mercado, sendo assim, foi considerado um volume total de reservação de 14 m³, divididos em 3 reservatórios, sendo um deles subterrâneo com capacidade de 10 m³ e duas caixas d'água de 2 mil litros cada, conforme Tabela 6 abaixo temos o volume do armazenamento mensal.

Tabela 6 – Volume de Armazenamento mensal

VOLUME ARMAZENADO POR MÊS		
MÊS	VOLUME CAPTADO (m³)	VOLUME ARMAZENADO (m³) *
JAN	17,32	14,00
FEV	18,09	14,00
MAR	20,40	14,00
ABR	12,61	12,61
MAI	4,42	4,42
JUN	0,19	0,19
JUL	0,01	0,01
AGO	0,10	0,10
SET	2,66	2,66
OUT	9,84	9,84
NOV	16,67	14,00
DEZ	19,86	14,00
TOTAL ARMAZENADO NO ANO		99,83

* O Volume armazenado e limitado pelo volume do reservatorio ou precipitação media mensal.

4.6 Cálculo da economia na taxa de água e esgoto

A taxa de água e esgoto, referente a faixa de consumo da residência, está representada na Tabela 7 a seguir:

Tabela 7 - Tarifa de fornecimento de água e coleta de esgoto

Tarifação Odebrecht Ambiental/Saneatins para categoria						
Categoria	Faixa de consumo (m³)	Água potável (R\$ / m³)	Esgoto (R\$ / m³)	Taxa de redução	Valor da Faixa	Preço (R\$)
R1	0 a 10	3,64	2,91	----	36,44	
R2	11 a 15	5,00	4,00	13,59	25,01	
R3	16 a 20	6,40	5,12	34,50	31,98	
R4	21 a 25	7,67	6,14	60,04	38,37	429,75
R5	26 a 30	8,89	7,11	90,50	44,46	
R6	31 a 35	9,58	7,66	111,24	47,92	
R7	36 a 40	11,83	9,46	189,97	59,16	
R8	41 a 50	12,99	10,39	236,36	129,93	
R9	> 50	15,50	12,40	361,72	----	

Aprovado pela ATR - Agência Tocantinense de Regulação, através da Resolução 01/2016 da ATR, publicada no Diário Oficial do Estado do Tocantins em dia 21 de janeiro de 2016. A Tarifa Social permanece o desconto de 69% na faixa de zero a dez (00 - 10) m³/mês, para os clientes com enquadramento nesta atividade, conforme estabelecido na resolução ATR 098/2014, de 01 de julho de 2014.

Fonte: Odebrecht Ambiental/Saneatins (2016)

A taxa de água e esgoto, referente a faixa de consumo da residência após a instalação do sistema, está representada na Tabela 8 a seguir:

Tabela 8 – Custo tarifário da água fornecida em m³

Tarifação Odebrecht Ambiental/Saneatins para categoria						
Categoria	Faixa de consumo	Água potável (R\$ / m³)	Esgoto (R\$ / m³)	Taxa de	Valor da	Preço (R\$)
R1	0 a 10	3,64	2,91	----	36,44	
R2	11 a 15	5,00	4,00	13,59	25,01	254,60
R3	16 a 20	6,40	5,12	34,50	31,98	
R4	21 a 25	7,67	6,14	60,04	38,37	
R5	26 a 30	8,89	7,11	90,50	44,46	
R6	31 a 35	9,58	7,66	111,24	47,92	
R7	36 a 40	11,83	9,46	189,97	59,16	
R8	41 a 50	12,99	10,39	236,36	129,93	
R9	> 50	15,50	12,40	361,72	----	

Aprovado pela ATR - Agência Tocantinense de Regulação, através da Resolução 01/2016 da ATR, publicada no Diário Oficial do Estado do Tocantins em dia 21 de janeiro de 2016. A Tarifa Social permanece o desconto de 69% na faixa de zero a dez (00 - 10) m³/mês, para os clientes com enquadramento nesta atividade, conforme estabelecido na resolução ATR 098/2014, de 01 de julho de 2014.

Fonte: Odebrecht Ambiental/Saneatins (2016)

O custo com tarifas pagas à concessionária, antes da instalação do sistema de aproveitamento de água das chuvas, está representado na Tabela 9 a seguir:

Tabela 9 – Valores tarifários consumido de água antes do sistema implantado

Custo com tarifas pagas Odebrecht Ambiental/SANEATINS antes da instalação do sistema de aproveitamento de água pluvial		
Mês	Consumo de água potável (m³)	Preço (R\$)
Jan	24	429,75
Fev	24	429,75
Mar	24	429,75
Abr	24	429,75
Mai	24	429,75
Jun	24	429,75
Jul	24	429,75
Ago	24	429,75
Set	24	429,75
Out	24	429,75
Nov	24	429,75
Dez	24	429,75
Total em tarifas		5.157,00

Custo com tarifas pagas à Odebrecht Ambiental/SANEATINS depois da instalação do sistema de aproveitamento de água pluvial conforme Tabela 10 a seguir:

Tabela 10 - Valores tarifários de água após à implantação do sistema

Custo com tarifas pagas Odebrecht Ambiental/Saneatins após instalação do sistema de aproveitamento de água pluvial						
Mês	Volume Gasto mensal (m³)	Volume de Esgoto Gasto mensal (m³)	Volume armazenado (m³)	Sobra do Volume armazenado (m³)	Consumo de água potável (m³)	Preço (R\$)
Jan	24	10,8	14,00	3,20	13,20	157,40
Fev	24	10,8	14,00	3,20	13,20	157,40
Mar	24	10,8	14,00	3,20	13,20	157,40
Abr	24	10,8	12,61	1,81	11,39	111,07
Mai	24	10,8	4,42	0,00	19,58	292,04
Jun	24	10,8	0,19	0,00	23,81	427,13
Jul	24	10,8	0,01	0,00	23,99	429,62
Ago	24	10,8	0,10	0,00	23,90	429,48
Set	24	10,8	2,66	0,00	21,34	393,03
Out	24	10,8	9,84	0,00	14,16	166,04
Nov	24	10,8	14,00	3,20	10,00	157,40
Dez	24	10,8	14,00	3,20	10,00	101,96
Total em tarifas (R\$)						R\$ 2.979,96

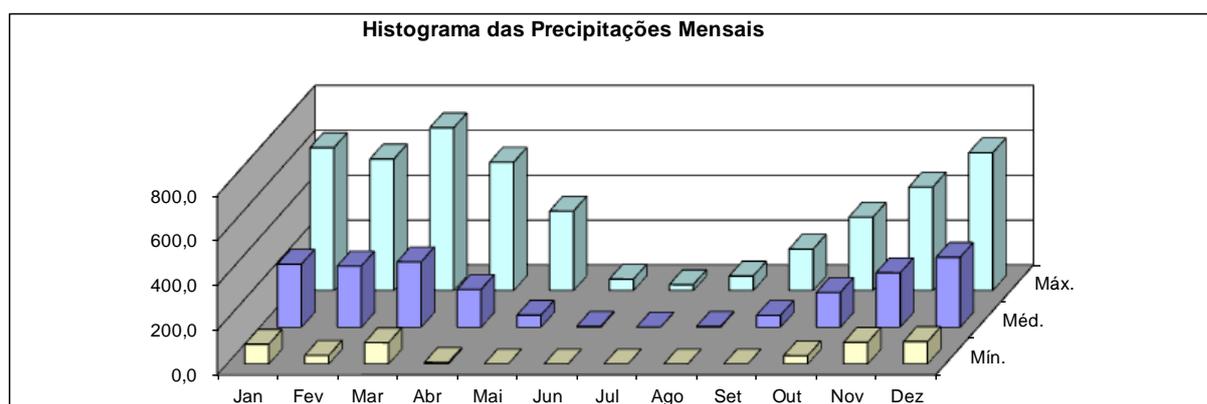
Economia anual na taxa água e esgoto = R\$5.157,00 – R\$2.979,96

Economia anual na taxa água e esgoto = R\$ 2.174,04

Considerando os meses de finais 30 e 31 e o mês de fevereiro com 28 dias, teremos os valores da Tabela 11 a seguir:

Tabela 11 - Cálculo da média do volume diário captado e sua relação com a economia (%) de água da rede.

Meses	Volume captado (m ³)	VOLUME ARMAZENADO (m ³) *	Volume Diário de chuva (m ³)	% Economia / Dia
Janeiro	17,32	14,00	0,56	58,33%
Fevereiro	18,09	14,00	0,65	58,33%
Março	20,40	14,00	0,66	58,33%
Abril	12,61	12,61	0,42	52,54%
Mai	4,42	4,42	0,14	18,42%
Junho	0,19	0,19	0,01	0,79%
Julho	0,01	0,01	0,00	0,04%
Agosto	0,10	0,10	0,00	0,42%
Setembro	2,66	2,66	0,09	11,08%
Outubro	9,84	9,84	0,32	41,00%
Novembro	16,67	14,00	0,56	58,33%
Dezembro	19,86	14,00	0,64	58,33%
Total	122,178			



De acordo com a média de precipitação, o mês de Março se destaca atingindo o máximo volume aproximado em água de 725,8 mm, conforme podemos ver no histograma abaixo

Histograma:

Tipo	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
Mín.	87,8	38,1	95,1	7,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	37,2	96,2	99,6	0,0
Média	281,1	273,1	291,6	168,6	53,4	4,4	0,8	3,9	53,0	155,5	243,0	312,0	1.776,8
Máx.	637,1	586,7	725,8	572,3	354,6	50,8	26,2	64,6	185,0	327,4	461,7	614,0	2.721,1

- Dimensionamento das calhas**

Comprimento do Telhado = 10 metros

Calhas de sessão retangular de chapa galvanizada, por ser de fácil molde, conforme necessidade de projeto.

Utilizar calhas com 30 cm de largura.

Altura da calha 1/2 de sua largura, ou seja, 15 cm.

Posicionamento da calha em relação ao telhado com uma distancia de 5 cm.

- **Dimensionamento de tubos de queda**

Como todas as caídas de água do telhado possuem áreas consideradas pequenas, uma tubulação de queda de Ø 100mm é suficiente para conduzir a água captada ao reservatório. Os tubos serão de PVC com a proteção de pré-moldados faceando a alvenaria

- **Dimensionamento das bombas**

Conforme Teixeira (2007) sugere, usou-se a seguinte equação para se obter a vazão a ser utilizada no cálculo de potência da bomba de sucção do sistema de captação de água da chuva implantado.

Cálculo da Vazão: $Vazão = Coef. \text{ de escoamento} \times Intensidade \times \text{Área de Coleta}$

Adotou-se 0,75 para coeficiente da telha de barro, que são apresentados por Bernat et al. (1993) e 60 mm/h intensidade de precipitação de de Palmas. (ANA, 2008).

$$\text{Então: } Q = 0,75 \cdot \frac{60 \times 10^{-3}}{3600} \cdot 69,88 \quad \rightarrow \quad Q = 0,87 \text{ l/s}$$

Cálculo da Potência: $Potência =$

Peso Específico x Vazão x Altura Manométrica

75 x Rendimento da Bomba

L de recalque e sucção.

Recalque Ø25mm

Altura de recalque: 4,3 metros

joelho 90° :2x1,5= 3,00

Registro de gaveta: 1x0,3= 0,3

Válvula de retenção Leve: 1x3,8= 3,8

Válvula de retenção pesado: $1 \times 5,8 = 5,8$

Recalque total = 17,2

Sucção bomba afogada

Valvula pé de crivo: $1 \times 13,3 = 13,3$

L total = 30,5 metros

Hf=0,51 Hs=0 Hr=4,3

Hm = $0 + 4,3 + 0,51 = 4,81\text{m}$

$$P = \frac{1000 \cdot (0,87 / 1000) \cdot 4,81}{75 \cdot 0,75} \rightarrow P = 0,07 \text{ cv}$$

Então trabalhou-se com a potência de 0,5 cv para essa bomba, pois é a potência mínima fornecida no mercado com o preço mais em conta.

Tempo = Volume / Vazão $\rightarrow T = (600 \times 0,7) / 0,25 \rightarrow T = 1680 \text{ segundos} \approx 0,5 \text{ hora}$

Custo = potência x 0,736 x N° de horas de bombeamento x dias de bombeamento x preço do quilowatts

Custo = $0,5 \times 0,736 \times 0,5 \times 30 \times 0,83$ (valor do kWh com impostos ICMS, PIS, CONFINS E ELUMINAÇÃO PÚBLICA)

Custo = 4,58 reais por mês.

4.7 Dimensionamento do reservatório superior

População:

População = 5 pessoas

Consumo Per Capita = 200 l/dia

Consumo Diário = $5 \times 200 = 1000$ Litros

Consumo Per Capita real = 160 l/dia

Consumo Diário real = $5 \times 160 = 800$ Litros, levando em consideração que o gasto mensal médio foi de 24 m^3

A NBR 5626:1998 estabelece que seja adotado um reservatório com capacidade para armazenar o consumo de água por dois dias. O sistema é composto por dois reservatórios de 2000 litros cada, instalados na laje da residência e um reservatório subterrâneo de 10000 litros aterrado no jardim.

Os reservatórios superiores são abastecidos por meio do bombeamento da água. Este reservatório deverá ser abastecido primeiramente pelo volume de água do reservatório inferior (água pluvial). Podemos observar que os reservatórios extrapolam o que determina a norma, que foi um opção do proprietário já que tem intenção de construir uma piscina futuramente.

4.8 Orçamento

Considerando todo o sistema hidro sanitário implantado, o custo adicional com os sistemas de aproveitamento de águas pluviais foi demonstrado na Tabela 12 a seguir.

Tabela 12 - Orçamento do sistema de reutilização de águas pluviais.

QUANT.	DESCRIÇÃO	VALOR UNIT.	VALOR TOTAL
2	reservatorio de 2000l	668	1336
1	reservatorio subterraneo 10000l	2800	2800
1	bomba de 0,5 cv	1102,5	1102,5
4	joelho 45	6,75	27
4	joelho 90 de 100mm	6,36	25,44
4	te de 90	8,55	34,2
2	joelho 90 de 25mm	0,65	1,3
2	tubo pvc 25mm	12,6	25,2
20	tubo pvc 100mm	38,95	779
	total		R\$ 6.130,64

4.9 Cálculo do retorno do investimento

Considerando todo o sistema implantado com economia anual de R\$ 2.174,04, tem-se o retorno do investimento após 2 anos, 9 meses e 25 dias após o início da utilização do mesmo

5 CONCLUSÃO

O estudo realizado demonstrou um sistema de aproveitamento de águas pluviais implantado em uma residência unifamiliar na cidade de Palmas - Tocantins, com foco no uso das atividades domésticas em geral, como limpeza e higienização da residência, lavagem de roupa, irrigação de jardins, limpeza de veículos, etc. A escolha do sistema foi feita pela disponibilidade do mesmo, além da aceitação dos proprietários da residência em dar acesso à toda a estrutura implantada para o processo de aproveitamento do volume de água captado das chuvas e acondicionado para uso futuro. Dessa forma, teve início a análise de viabilidade do sistema de acordo com critérios econômicos, ambientais e sociais.

A literatura técnica especializada descreve a água como um elemento essencial à vida, e a considera, mundialmente, um fator limitante para o desenvolvimento das atividades humanas e de desenvolvimento social, quais sejam a agropecuária, comércio em geral, indústria e consumo humano. Este fato associado à crescente preocupação com a escassez e poluição da água tornam obrigatórias à adoção de medidas mais conscientes por parte da sociedade, dos profissionais que atuam em setores de desenvolvimento e aplicação de tecnologias voltadas ao bem-estar humano e meio ambiente e principalmente do poder público, que é o grande responsável por fazer funcionar e tornar acessível novos mecanismos facilitadores para a vida da população como um todo.

No caso específico da Engenharia Civil, os profissionais contemporâneos devem atuar dentro de padrões de sustentabilidade e consciência ambiental, formulando projetos e construções mais sustentáveis, respeitando os ideais conservacionistas, e considerando que o acesso às fontes de água doce tem sido reduzido drasticamente devido à crescente demanda para seus usos múltiplos em face do crescimento populacional e à contínua poluição dos mananciais disponíveis, os profissionais do setor são responsáveis pela idealização de estudos com foco em sistemas alternativos visando garantir a sustentabilidade do desenvolvimento econômico e social e equilíbrio entre procura e oferta de água, enquadrando nesse contexto o aproveitamento racional das águas pluviais em todos os setores de atividade humana, seja urbano ou rural.

O modelo de aproveitamento de águas pluviais em estudo consiste na análise de viabilidade técnica e financeira de um sistema implantado em uma residência uni familiar de Palmas – Tocantins, que coleta a água da chuva e a conduz até um reservatório subterrâneo totalmente isolado, de fácil acesso para a realização de ações de monitoramento e tratamento da água armazenada para serem utilizadas posteriormente em fins não potáveis, tais como irrigação do jardim residencial, lavagem de veículos, garagens e quintais, descarga de vasos sanitários, sistemas de ar condicionado etc.

O sistema estudado apresentou como principais benefícios diretos, a redução tarifária do fornecimento de água, com economia anual de R\$ 2.174,04, o que garante o retorno do investimento 2 anos, 9 meses e 25 dias após o início da utilização do mesmo.

Também apresenta como benefício à redução do lançamento de efluentes pluviais, e indiretamente, a redução da captação de águas superficiais e subterrâneas, o que aumenta a disponibilidade de água para usos que requerem um padrão de qualidade mais alto, e a redistribuição dos recursos hídricos através da aplicação gradual no solo.

REFERÊNCIAS

AGUA - ASSOCIAÇÃO GUARDIA DA ÁGUA. **Usos múltiplos da água**. Disponível em: http://www.agua.bio.br/botao_d_F.htm. Acesso: 09 fev. 2016.

ASA. Programa 1 milhão de cisternas. Disponível em: http://issuu.com/articulacaosemiario/docs/folder_p1mc/11?e=15917728/12281491. Acesso em: 09 abr. 2016.

COSTA, Cássio Giovanni de Aguiar. **Água de chuva para fins não potáveis: análise da percepção dos atores sociais de Rondonópolis em Mato Grosso**. 118f. 2007. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional) – Universidade para o Desenvolvimento do Estado e da Região do Pantanal, Campo Grande, 2007.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Mananciais**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/aguas-urbanas/mananciais> Acesso em 03 mar 2016.

COSTALONGA, Fábio Lopes; COVRE, Jozieli Donadia. Aproveitamento da água da chuva e energia solar em uma residência no município da Serra – ES. **O Desenvolvimento Econômico Brasileiro e a Caixa**, Trabalhos Premiados, p. 81-102, 2009.

ESMERALDO. Tereza Cristina (Coord.). **Programa nacional de uso sustentável da água**. 2010. Disponível em: http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:4TvviOxXkLgJ:www.cnrh.gov.br/index.php%3Foption%3Dcom_docman%26task%3Ddoc_download%26gid%3D1348+&cd=2&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br. Acesso em: 15 fev. 2016.

GHISI, E. et al. Potential for potable water savings by using rainwater: an analysis over 62 cities in southern Brazil. **Building and Environment**, West Lafayette, v. 41, n. 2, p. 204-210, 2006.

_____. Rainwater tank capacity and potential for potable water savings by using rainwater in the residential sector of southeastern Brazil. **Building and Environment**, West Lafayette, v. 42, n. 4, p. 1654-1666, 2007.

HAFNE, Ana Vreni. **Conservação e reúso de água em edificações** – experiências nacionais e internacionais. 177f. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

MARINOSKI, A. K., GHISI, E. Aproveitamento de água pluvial para usos não potáveis em instituição de ensino: estudo de caso em Florianópolis-SC. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 67-84, 2008.

MARQUES, José Roberto. O desenvolvimento sustentável e sua interpretação jurídica. 236f. 2009. Tese (Doutorado em Direito das Relações Sociais) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2009.

MAY, S. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações**. 2004. 159 f. Dissertação (Mestrado em

Engenharia de Construção Civil e Urbana) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

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.

ONU. Organização das Nações Unidas. Disponível em: <http://www.onu-brasil.org.br>. Acesso: 05 fev. 2016.

RESENDE, R.; PIZZO, H. S. Estimativa de suficiência de água de chuva para fins não nobres em residência unifamiliar na cidade de Juiz de Fora – MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 24., 2007, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: ABES, 2007.

SICKERMANN, J. M. Gerenciamento das águas de chuva – Imprescindível para o futuro das grandes cidades do Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA. 4., 2003, Juazeiro. **Anais eletrônicos...** Disponível em: <<http://www.aguadechuva.hpg.ig.com.br/4simposio/abc.htm>>. Acesso em: 16 jul. 2016.

GHANAYEM, M. Environmental considerations with respect to rainwater harvesting. IN: RAINWATER INTERNATIONAL SYSTEMS, 10., 2001, Manheim. **Proceedings**. Germany, 2001.

SAMAE MOGI GUAÇU. **A água no planeta e na natureza**. Disponível em: <http://www.samaemogiguacu.com.br/curiosidades07.htm>. Acesso em: 10 fev. 2016.

SANTOS, Sandra Puhl dos. Aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em instituição de ensino: Estudo de Caso em Escola da Rede Pública no Município de Ajuricaba-RS. 160f. 2010. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Ciências Contábeis) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2010.

SAUTCHÚK, C. A.; LANDI, F.D.N; MIERZWA, J.C; VIVACQUA, M. C. R; SILVA, M.C.C; LANDI, P. D. N; SCHIMIDT, W. **Conservação e Reuso de Água**. 2007, São Paulo - Brasil

SUASSUNA, João. Semi-árido: proposta de convivência com a seca. **Fundação João Nabuco**, Recife, 7 de fevereiro de 2002. Disponível em: http://www.fundaj.gov.br/index.php?option=com_content&id=659&Itemid=376. Acesso 11 fev. 2016.

TELLES, T. **Aproveitamento de água pluvial**: estudo de casos em Pato Branco-PR. Monografia (Trabalho de conclusão do curso de Gerencia de Obras), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2010.

TSUTIYA, Nilton Tomoyuki. **Abastecimento de água**. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Policlínica da Universidade de São Paulo: São Paulo, 2004.

MENEZES, André Vaz. **Estudo do impacto da inclusão de sistemas de conservação de água na qualidade do investimento para edifícios residenciais**

na cidade de São Paulo. Monografia do Programa de Educação Continuada em Engenharia da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2006.

HERRMANN, T.; SCHMIDA, U. Rainwater utilization in Germany: efficiency, dimensioning, hydraulic and environmental aspects. **Urban Water**. v. 1, n. 4, p. 307-316, 1999.

VIEIRA, Rute. O gênero e a gestão da água no semi-árido da Paraíba: o caso da comunidade de Lajedo de Timbauba – Soledade/PB. 143f. 2010. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Exatas e da Natureza, Programa de Pós-Graduação em Geografia, João Pessoa, 2010.

MANCUSO, P.C.S. **Tecnologia de reuso de água.** NARDOCCI, A. C; FINK, D. R; GRULL, D; SANTOS, J; PADULA, H.F; BLUM, F. R. C; EIGER, S; PAGANINI, W.SMANO, Rafael Simões. **Captação residencial de água de chuva para fins não potáveis: aspectos básicos da viabilidade e benefícios do sistema.** Dissertação de Mestrado da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2006.

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.

HANSEN, S. Aproveitamento da Chuva em Florianópolis. Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Sanitária. Florianópolis: UFSC, 1996.

TOMAZ, P. Aproveitamento de Água da chuva. 2ªed. São Paulo: Navegar. 2003.