**INSTITUTO ENSINAR BRASIL**

**FACULDADES UNIFICADAS DE TEÓFILO OTONI**

**JONNAS DE SOUZA MENDES**

**LOHANNAH MUNIRA COUTINHO RUAS**

**LUCAS FONSECA VIEGAS**

**ANÁLISE ECONÔMICA DO USO DE ÁGUAS PLUVIAIS EM RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR PADRÃO COHAB MG-90-I-2-41 NA CIDADE DE TEÓFILO OTONI**

**TEÓFILO OTONI**

**2017**

**JONNAS DE SOUZA MENDES**

**LOHANNAH MUNIRA COUTINHO RUAS**

**LUCAS FONSECA VIEGAS**

**ANÁLISE ECONÔMICA DO USO DE ÁGUAS PLUVIAIS EM RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR PADRÃO COHAB MG-90-I-2-41 NA CIDADE DE TEÓFILO OTONI**

**Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Civil das Faculdades Unificadas de Teófilo Otoni, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.**

**Área de concentração: Tecnologias Pluviais e Sustentabilidade.**

**Orientador: Wanderson Luiz Vieira Freitas.**

**TEÓFILO OTONI**

**2017**

****

FACULDADES UNIFICADAS DE TEÓFILO OTONI

O Trabalho de Conclusão de Curso intitulado: ANÁLISE ECONÔMICA DO USO DE ÁGUAS PLUVIAIS EM RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR PADRÃO COHAB MG-90-I-2-41 NA CIDADE DE TEÓFILO OTONI, elaborado pelos alunos JONNAS DE SOUZA MENDES, LOHANNAH MUNIRA COUTINHO RUAS E LUCAS FONSECA VIEGAS foi aprovado por todos os membros da Banca Examinadora e aceito pelo curso de Engenharia Civil das Faculdades Unificadas Teófilo Otoni, como requisito parcial da obtenção do título de **BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL.**

Teófilo Otoni, \_\_\_\_de \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2017.

BANCA DE AVALIAÇÃO

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Prof. Orientador (a)

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Prof. Avaliador (a) 1

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Prof. Avaliador (a) 2

Dedicamos este trabalho a todos que direta e indiretamente contribuíram para nossa formação acadêmica, sendo nossas famílias por terem nos oferecido segurança e ao nosso Orientador Wanderson por facilitar a aprendizagem e nos guiar nesta empreitada.

**AGRADECIMENTO**

Agradecemos a todos os envolvidos no processo deste trabalho e principalmente ao nosso Orientador Wanderson Luiz Vieira Freitas, pelo vasto saber científico oferecido e ao Engenheiro Civil Vinicius de Almeida Castro por sua grande contribuição e conhecimento técnico sobre o tema.

“Conheça-te a ti mesmo”.

Inscrição da Entrada do Templo de Delfos

**RESUMO**

A falta de água é um fato que ocorre em diversos países, normalmente os problemas para a escassez são os mesmos, ou seja, o grande aumento populacional e desordenado nos centros urbanos, aumento da demanda do setor industrial e do agronegócio, diminuição das reservas naturais de água e poluição dos lençóis freáticos. As buscas por ferramentas e soluções para uso de água das precipitações para fins residenciais foram o ponto de partida para o desenvolvimento deste trabalho de conclusão de curso. O benefício para os usuários e para o meio ambiente com um sistema de aproveitamento das águas pluviais provenientes das chuvas torna-se inestimável. Por beneficiar os usuários o projeto é focado em uma residência unifamiliar padrão COHAB MG-90-I-2-41 que existe na cidade de Teófilo Otoni e pensando em atender esse grupo de família, será desenvolvido um projeto economicamente viável e de baixo custo de implementação.

**Palavras-Chaves: Águas Pluviais. Uso de Águas Pluviais. Aproveitamento.**

**ABSTRACT**

The lack of water is a fact that occurs in several countries, normally the sources of this problem are the same, in other words, the large population increase and the uncontrolled growth of the urban centers, the enlargement of the industrial and agronomical systems, shrinkage of natural water reserves and pollution of groundwater. The search for tools and solutions that would make it possible for the utilization of rainwater for residential means, were a datum for the development of this graduation work. With a system that uses the precipitation water, the benefits for users and the environment, are priceless. To benefit the users the project is focused on the single-family dwellings COHAB MG-90-I-2-41 that exists in the city of Teófilo Otoni, Minas Gerais –Brazil, and thinking of attending this group of families, will be developed an economically feasible and low-cost implementation project.

**Keyword: Rainwater. Use of Rainwater. Utilization.**

**LISTA DE TABELAS, GRÁFICOS E FIGURAS**

GRAFICO 1 - Mau uso da água por setor, e em Km³/ano 19

GRAFICO 2 - Consumo de água por atividade na residência 21

TABELA 1 – Uso dos recursos hídricos no Brasil 15

TABELA 2 – Consumo médio de água em cada região do Brasil 16

TABELA 3 – Consumo médio de água potável nos Estados do Brasil 17

TABELA 4 – Índice de precipitação em mm referente aos últimos 5 anos 31

TABELA 5 – Consumo médio per capta de água em Teófilo Otoni 34

TABELA 6 – Demanda residencial para estimar o consumo de água 35

TABELA 7 – Consumo estimado de água para a residência em estudo 35

TABELA 8 – Coeficiente de rugosidade 37

TABELA 9 – Capacidade de calhas semicirculares 38

TABELA 10 – Custo da implantação do sistema de uso de água pluvial 40

FIGURA 1 - Conjunto habitacional 26

FIGURA 2 – Indicações para cálculos da área de contribuição 32

FIGURA 3 – Ábaco para determinação de diâmetros de condutores verticais 39

FIGURA 4 – Capacidade de condutores horizontais de seção circular 40

FIGURA 5 – Tarifa aplicada ao usuário 41

**ABREVIATURAS E SIGLAS**

ANA – Agência Nacional de Águas

CNUMAD – Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento

COHAB - Companhia de Habitação

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

COPASA *–* Companhia de Saneamento de Minas Gerais

FEH - Fundo Estadual de Habitação

FUNDESPA – Fundação de Estudos e Pesquisas Aquáticas

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IWMI - International Water Management Institute

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

MCMV - Minha Casa Minha Vida

NBR - Norma Brasileira

PMTO - Prefeitura Municipal de Teófilo Otoni

PNUMA – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente

SABESP – Superintendência de Abastecimento de Água do Estado de São Paulo

SERFHAU - Serviço Federal de Habitação e Urbanismo

SNIS – Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento

SNSA – Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental

UNESCO – Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e Cultura

MCIDADES – Ministério das Cidades

**SUMÁRIO**

1 INTRODUÇÃO 13

2 OBJETIVOS 14

2.1 Objetivo geral 14

2.2 Objetivo específico 14

3 REFERENCIAL TEÓRICO 15

3.1 Uso da água 15

3.2 Consumo de água 16

3.3 Carestia de água 18

3.4 Água pluvial 19

3.5 Utilização de água da chuva 20

3.5.1 Vantagens do uso de água pluvial 21

3.5.2 Riscos do aproveitamento de água pluvial 22

3.6 A legislação brasileira dos recursos hídricos 22

3.7 Companhia de habitação do estado de Minas Gerais 23

3.8 Programa minha casa minha vida 26

4 METODOLOGIA 27

4.1 Objeto do estudo 27

4.2 Elementos de aproveitamento de água pluvial 27

4.2.1 Dimensionamento do projeto 27

4.2.2 Sistema utilizado 28

4.2.3 Implantação do sistema 28

4.2.4 Elementos do sistema de aproveitamento pluvial 29

4.3 Dados pluviométricos da região 30

4.4 Áreas de captação 32

4.5 Demanda de água 33

4.6 Dimensionamento do reservatório 35

4.7 Dimensionamento de calhas, condutores verticais e horizontais 36

4.7.1 Calhas 36

4.7.2 Condutores Verticais 38

4.7.3 Condutores Horizontais 39

4.8 Análise econômica 40

4.8.1 Custo da implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial. 40

4.2.2 Economia no consumo de água. 41

5 RESULTADO E DISCUSSÃO 43

6 CONCLUSÃO 45

REFERÊNCIAIS 46

1 INTRODUÇÃO

A água é um bem inestimável e há muito tempo vem sendo motivo de preocupação, não só no Brasil, mas em todo o mundo. Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU) a água potável é um recurso natural cada vez mais escasso, e se utilizá-lo desordenadamente e sem sustentabilidade, irá se esgotar.

Mesmo o planeta possuindo uma grande quantidade de água potável e seu consumo total pela população sendo menor do que a reserva, existe uma desigualdade generalizada na distribuição deste recurso em diversas regiões do mundo (ARAUJO 1988).

O Brasil, por exemplo, é detentor de 12% do recurso de água doce do mundo e mesmo assim ainda enfrenta problemas com a escassez, pois não existe nenhuma política de incentivo para uso ordenado e sustentável deste recurso (PORTAL BRASIL, 2014).

Uma forma de sustentabilidade é a utilização da água das precipitações, ou seja, água das chuvas, recurso hídrico disponível a todos, indiferente a condição econômica e social, e também é uma fonte de água doce não passível de cobrança por seu uso. Já a gestão sustentável do aproveitamento da água das chuvas, contribui para a diminuição do consumo de água sobre os mananciais, TOMAZ (2015) ainda afirma que reduz a emissão de efluentes líquidos.

De acordo com a CONAMA (2005), a água da chuva não é uma água limpa e potável e não pode ser utilizada em todas as situações, mas contribui para diminuir a escassez do recurso, por poder ser aproveitada para lavar carro, quintais e irrigação de plantas e jardins.

Esta trabalho pretende abordar os pontos naturais e econômicos da utilização dos recursos das águas pluviais dentro das residências unifamiliares, como forma da utilização deste recurso para uso nos jardins, hortas, descargas sanitárias, limpar quintais e veículos na Teófilo Otoni-MG.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Promover estudo econômico para implantação de sistema de captação e aproveitamento de águas pluviais em residência unifamiliar padrão COHAB MG-90-I2-41 no município de Teófilo Otoni para fins não potáveis.

* 1. Objetivo específico
* Analisar os índices pluviométricos da cidade de Teófilo Otoni.
* Realizar o estudo de viabilidade de sistema de uso de água pluvial.
* Utilizar a água da chuva, como alternativa para diminuir a escassez de recursos hídricos, através de um sistema de captação e armazenamento de águas pluviais.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Uso da água

A disponibilidade de água em qualquer local é variável, em razão das condições de cada região, podendo ser afetada pelo clima e atividades humanas, seja pela demanda excessiva, ou por problemas de poluição, resultantes do lançamento de esgotos domésticos e efluentes industriais. Assim, a produção de água com qualidade, dentro dos padrões de potabilidade, torna-se cada vez mais onerosa, o que exige maior atenção quanto às prioridades do uso dos recursos hídricos para as diferentes finalidades (MIERZWA; HESPANHOL, 2014).

A SOECO/MG (2009) constatou um aumento do consumo de água no decorrer do século passado de 600%, ou seja, um aumento no consumo seis vezes maior em relação ao ano de 1900. Apesar da população não ter crescido na mesma proporção durante esse período, ouve esse aumento devido a necessidade em atender os setores industrial, agrícola e doméstico, principalmente o setor agrícola, que no processo de irrigação emprega uma maior quantidade de água doce. A tendência até o ano de 2025 é de se duplicar esse consumo.

O uso dos recursos hídricos por atividade no Brasil é apresentado na tabela 1 a seguir:

TABELA 1 - Uso dos recursos hídricos no Brasil

|  |  |
| --- | --- |
| **Atividades** | **Porcentagem (%)** |
| Irrigação | 69 |
| Consumo Humano | 13 |
| Consumo Animal | 11 |
| lndustrial | 7 |

Fonte: ANA (2016)

O uso disciplinado da água pelo setor agrícola e industrial deve ser entendido pelos diversos órgãos responsáveis como sendo resultado da preocupação com a conservação desse bem hídrico. Tais órgãos devem criar incentivos para conservação da água doce, de forma a minimizar a redução do consumo de água e evitar a falta de fornecimento do recurso, assim evitando a paralização das atividades dos setores agrícolas e industriais. (LAJES, 2010)

Já no setor doméstico o maior consumo de água nas residências do Brasil são as descargas de bacias sanitárias que é de aproximadamente 30%, ou seja, 1/3 de toda água potável consumida nas residências brasileiras poderia ser economizada, caso fossem utilizadas águas de fontes alternativas para essa finalidade, como as águas pluviais. (TOMAZ, 2015).

3.2 Consumo de água

De acordo com Rocha et al. (1998), o consumo de água está diretamente ligado ao clima, ao custo e aos padrões econômicos e os hábitos da população entre outros.

Geralmente, o consumo é proporcional à população, quanto maior a cidade, maior é o consumo de água registrado em litros/habitante/dia. Nas tabelas 2 e 3 são apresentados dados referentes ao consumo médio de água em cada região e estados brasileiros no ano de 2015.

TABELA 2 – Consumo médio de água em cada região do Brasil.

|  |  |
| --- | --- |
| **Região** | **Consumo médio de água (l/hab/dia)** |
| Norte | 154,3 |
| Nordeste | 116,1 |
| Sudeste | 176,0 |
| Sul | 148,7 |
| Centro-Oeste | 148,8 |
| Brasil | 148,78 |

Fonte: Elaborado pelo Autor – referência SNIS 2017

TABELA 3 – Consumo médio de água potável nos Estados do Brasil.

|  |  |
| --- | --- |
| **Estado** | **Consumo (litros per capita/dia)** |
| Acre | 169,1 |
| Amazonas | 171,8 |
| Amapá | 163,0 |
| Pará | 141,6 |
| Rondônia | 179,1 |
| Roraima | 163,2 |
| Tocantins | 130,5 |
| Alagoas | 98,6 |
| Bahia | 117,0 |
| Ceará | 130,2 |
| Maranhão | 125,1 |
| Paraíba | 110,4 |
| Pernambuco | 100,7 |
| Piauí | 135,4 |
| Rio Grande do Norte | 116,3 |
| Sergipe | 118,8 |
| Espírito Santo | 178,6 |
| Minas Gerais | 148,8 |
| Rio de Janeiro | 254,6 |
| São Paulo | 159,2 |
| Paraná | 138,4 |
| Rio Grande do Sul | 159,6 |
| Santa Catarina | 148,8 |
| Distrito Federal | 153,7 |
| Goiás | 136,6 |
| Mato Grosso do Sul | 156,0 |
| Mato Grosso | 163,5 |

Fonte: Elaborado pelo Autor – referência SNIS 2017

Nota-se ao analisar a Tabela 3, que o consumo de água no estado de Minas Gerais é aproximadamente 1,5 vezes maior que o consumo em Alagoas. Podemos concluir após análises dos dados do SNIS (2017) e confirmar a grande diferença de consumo entre as regiões e estados do Brasil.

3.3 Carestia de água

A carestia de água aumenta-se ano a ano, por diversas razões como: irregularidades climáticas, crescimento populacional demasiado e às degradações dos mananciais. A extração global dos rios, ribeirões e outros meios de extração de água potável convencional aumentou cerca de nove vezes. Por outro lado, o consumo per capta de água dobrou e a população triplicou, desde o ano 1950, até o ano 2000 (TOMAZ 2005).

De acordo com a UNESCO (2017), aproximadamente 10% da população mundial está vulnerável à carestia de água potável e cerca mais de 30% poderão sofrer do mesmo problema.

A falta de água não é exclusivo das regiões desérticas, áridas e semiáridas. Diversas regiões do planeta sofrem com a falta dos recursos hídricos. HESPANHOL et al (2005) constatou que apesar de algumas regiões possuírem grande fartura de água, se torna insuficiente para atender a necessidade da população, gerando conflitos, restrições de uso e até dificultando o desenvolvimento econômico da região. A carestia de água é um problema histórico no Brasil e no Mundo para seus habitantes e se tornou uma verdadeira ameaça ambiental no século XXI.

Dados estatísticos da UNESCO (2017)*,* afirmam que a maioria dos países sofrem com o problema de falta de água e possuem grande dificuldade em garantir o acesso à água a suas populações.

Vários locais do país vêm convivendo cada vez mais com a falta de água, mesmo o Brasil possuindo a maior reserva de água doce do mundo, o problema de abastecimento deste recurso está diretamente ligado à disponibilidade hídrica das regiões, o Norte do país por exemplo, contém aproximadamente 70% da reserva hídrica nacional, possuindo apenas 7% da população do brasileira (PORTAL BRASIL, 2014).

É possível contornar esta situação, Blum et al (2007) expõe em seu artigo a necessidade de investimento para o setor em conjunto com uma administração e gestão da demanda dos setores agrícola, industrial e doméstico, pois há um mau uso da água por estes setores, conforme mostra o gráfico 1.

GRAFICO 1 - Mau uso da água por setores no Brasil, e em Km³/ano

Fonte: Elaborado pelo Autor – Referência SNIS (2017)

Uma alternativa para abastecimento de água em áreas urbanas, para fins menos nobres, é a captação de água pluvial. O sistema se constitui em uma superfície de captação, que geralmente é o telhado e uma calha para o transporte da água até o local de armazenamento.

3.4 Água pluvial

Há relatos históricos da prática de captação de águas de chuva em muitas civilizações antigas Tomaz (2015, p 1-10) exemplifica:

Uma das inscrições mais antigas do mundo é a conhecida Pedra de Moabita, encontrada no Oriente Médio ao leste do mar Morto, escrito na linguagem cananita, datada de 830 a.C. Nela, o rei Mesha dos Moabitas, sugere que seja feita um reservatório em cada casa para aproveitamento de água de chuva.

Hoje esta prática ainda é comum principalmente em regiões áridas e semi-áridas que constituem aproximadamente 30% da superfície da terra onde a incidência de precipitação é muito baixa e ocorre em poucos meses do ano (BORGHETTI; ROSA 2004).

O aproveitamento da água da chuva é muito usado pela sociedade moderna para irrigação de lavouras e para consumo residencial não potável, principalmente em descargas sanitárias. Contudo, a sua utilização está vinculada a um armazenamento, em volume suficiente, que possa suprir a demanda de uso doméstico, agrícola e industrial (TOMAZ, 2015).

Com a instalação de um sistema de coleta eficaz de captação de água pluvial, pode-se obter diversos benefícios, como: diminuição do uso dos mananciais, ou seja, uma grande economia de água potável ajudando na restauração do ciclo da água, além de um controle de escoamento em vias públicas evitando inundações (LIMA et. al, 2008).

Apesar de utilizar a água pluvial como meio alternativo de preservação ambiental deve-se observar alguns cuidados básicos com a saúde do usuário, como evitar consumo direto e o contato com a pele, pois não é uma água tratada e pode gerar diversos problemas de saúde como cólera, diarreia entre outros (CONAMA, 2005).

Para implantar um sistema captação e uso das águas pluviais é preciso observar e determinar alguns dados como: precipitação média do local, área de contribuição e coleta, dimensionamento dos reservatórios, identificação dos pontos de utilização da água e o estabelecimento do tipo de tratamento a ser aplicado, quando utilizado para consumo direto. Assim, cada sistema deve ser projetado para as condições específicas locais (TOMAZ 2005).

3.5 Utilização de água da chuva

Com a grande escassez de água em todo o planeta, é importante criar alternativas e executar certas atitudes como a captação das águas pluviais para economizar e amenizar a crise de água. Com estas atitudes podemos diminuir o uso de água potável em residências em 33% conforme gráfico 2:

GRAFICO 2 - Consumo de água por atividade na residência em porcentagem

Fonte: Adaptado TOMAZ, 2015.

De acordo com a CONAMA (2005) a água da chuva é um recurso não potável, por isso seu uso deve ser bem empregado de forma correta. De acordo com Hespanhol et. al (2007) o aproveitamento da água não potável da chuva pode ser utilizado para os seguinte fins:

* Agrícolas: irrigação de plantas, como árvores frutíferas e cereais;
* Industriais: para refrigeração, processo de lavagem e complemento em caldeiras;
* Recreação: regar plantas ornamentais, lavar quadras de esportes e parques;
* Domésticos: regar jardins residenciais, descargas sanitárias, lavagem de carros e de áreas externas.

3.5.1 Vantagens do uso de água pluvial

O uso da água pluvial pode trazer grandes vantagens como:

* Redução no uso de água potável pela concessionária;
* Auxilia na preservação ambiental, de forma a diminuir a extração de água nos mananciais;
* Diminuição do custo para o usuário, pelo fato da implantação do sistema ser de baixo custo e gerar um retorno financeiro em aproximadamente cinco anos;
* Diminui o risco de enchentes e sobrecarga das redes de drenagens urbanas;

3.5.2 Riscos do aproveitamento de água pluvial

Blum et. al. (2007) afirma que o ser humano pode ter contato com a água por ingestão através de: alimentos crus e alimentos processados, pelo banho, ou seja, contato direto com a pele, além dos sentidos da visão e olfato, como nos casos das descargas sanitárias.

Para evitar que a população seja contaminada deve-se seguir regras como as estabelecidas na CONAMA n º 357/2005 onde:

* O uso não pode causar riscos sanitários à população;
* Não pode haver empecilho pelo usuário ao utilizar a água pluvial;
* O aproveitamento da água pluvial não pode gerar desgaste ao meio ambiente;

Tomaz (2005) afirma também que as calhas e reservatórios devem ser limpas frequentemente para evitar contato com fezes de ratos e animais mortos, evitando a contaminação do sistema de aproveitamento de água da chuva.

3.6 A legislação brasileira dos recursos hídricos

O Brasil possui na Constituição Federal, uma lei referente a utilização de águas, a Lei de nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997, conhecida também como a Lei das Águas, que instituiu a Secretaria de Recursos Hídricos e a Agência Nacional de Águas. Com os principais fundamentos de acordo com o Art 1º sendo:

I – a água é um bem de domínio público;

II – a água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico;

III – em situações de escassez, o uso prioritário dos recurso hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais;

IV – a gestão dos recurso hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas;

V – a bacia hidrográfica é a unidade territorial para a implementação da Pólitica Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recrusos Hídricos;

VI a gestão dos recursos hídrico deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Publico, dos usuários e das comunidades.

E tendo como o principal objetivo assegurar a disponibilidade de água a gerações futuras, nos padrões de qualidade adequado, com a utilização racional e preservação dos recurso hídricos.

Para o aproveitamento da água é necessário observar a resolução do CONAMA n° 357/2005 que defini o uso água doce em classes e como pode ser destinada conforme pode ser observado abaixo:

**I - Classe Especial:** águas destinadas

a-) ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção;

b-) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas*;* e,

c-)à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.

**Classe um:** águas que podem ser destinadas:

a-) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado;

b-) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274/2000;

c-) 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;

d-) à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.

**Classe dois:** águas que podem ser destinadas:

a-) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;

b-) à proteção das comunidades aquáticas;

c-) A recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274/2000;

d-) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto;

e-) à aquicultura e à atividade de pesca.

**Classe três:** águas que podem ser destinadas:

a-) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado;

b-) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras*;*

c-) à pesca amadora; A recreação de contato secundário.

**Classe quatro:**

a-) A navegação; águas que podem ser destinadas:

b-) A harmonia paisagística (Art 4º da Resolução CONAMA nº 357/2015).

No trabalho será destinado de acordo com a Classe 2, por ser o que melhor enquadra para o aproveitamento de água de chuva não potável para residencias.

3.7 Companhia de habitação do estado de Minas Gerais

O Governo do Estado criou a Companhia de Habitação do Estado de Minas Gerais – Cohab Minas como sociedade de economia mista, com a finalidade de combater o déficit habitacional e urbanizar vilas e favelas no Estado. Ela foi instituída pela Lei nº 3.403, de 02 de julho de 1965, proposta pelo então governador José de Magalhães Pinto e aprovada pela Assembleia Legislativa do Estado de Minas Gerais.

O capital social inicial foi da ordem de 8 milhões e seiscentos mil reais – em moeda de hoje, dividido em 200 mil ações ordinárias. Em 16 de janeiro de 1992, a Lei 10.624 criou a Secretaria de Estado de Habitação e Desenvolvimento Urbano, à qual a Cohab Minas passou a se vincular. Em 21 de janeiro de 2003, a Lei Delegada 49, em seu Artigo 5º, Inciso VI, transformou aquela pasta na Secretaria de Estado de Desenvolvimento Regional e Política Urbana, e a Cohab Minas lhe permanece vinculada.

A iniciativa de se criar a Cohab Minas foi consequência direta da demanda por moradias causada pelo êxodo rural para os grandes centros urbanos. A migração interna da população buscava oportunidades produzidas pela profunda transformação econômica e social que o País e Minas Gerais viveram a partir da década de 60. Em toda a sua história, assim como hoje, a missão de que se incumbiu a Cohab Minas foi responder ao grande desafio de reduzir, gradualmente, o déficit habitacional em Minas Gerais, o qual, a exemplo do restante do país, se acumula, sobretudo, na faixa da população urbana com renda inferior a três salários mínimos.

Responsável direta pela concepção e execução de políticas que visam atingir esse objetivo em Minas Gerais, a Companhia o tem encarado de forma concreta desde o dia 1º de novembro de 1967, quando inaugurou o seu primeiro conjunto habitacional: o Conjunto Vale do Jatobá, em Belo Horizonte, com 1.312 moradias.

A empresa nasceu condicionada, estreitamente, às normas estabelecidas pela lei federal número 4.380, de 21 de agosto de 1964, que criou o Sistema Financeiro Nacional de Habitação, o Banco Nacional de Habitação e instituiu a correção monetária. Também se obrigava a acatar a orientação normativa e da assistência técnica direta do Serviço Federal de Habitação e Urbanismo.

Na época de sua criação, havia maior disponibilidade de recursos fiscais e orçamentários para a habitação popular, e a Cohab Minas construiu diversos grandes conjuntos habitacionais. Porém, essa política definhou em consequência dos problemas de concepção do modelo do sistema financeiro de habitação. Após ter feito quarenta anos de sua fundação, a Cohab Minas passou, a partir de meados de 2005, a construir casas populares em contexto diferente e mais desafiador que nas décadas de 70 e 80.

Como consequência disso, o Plano Mineiro de Desenvolvimento Integrado incluiu no seu escopo a política habitacional de interesse social, e, a partir de 2005, incorporou, como um dos Projetos Estruturadores do Governo de Minas, o Programa Lares Habitação Popular, instituído pelo Decreto nº 44.168, de 06/12/05. Por outro lado, o Governo de Minas também reformulou o Fundo Estadual de Habitação, revigorando, assim, a atuação da Cohab Minas e, o consequente, resgate da construção de habitações para famílias de baixa renda.

O Fundo Estadual de Habitação, criado pela Lei Estadual nº 11.830, de 06/07/1995, adaptado pela Lei Estadual nº 19.091, de 30/07/2010, obedece aos dispositivos da Lei Complementar nº 91, de 19/01/2006, que dispõe sobre a instituição e funcionamento dos fundos estaduais. O Fundo é o instrumento de gestão orçamentária que dá suporte financeiro à execução de programas de habitação, especialmente o Programa Lares Habitação Popular, que possibilita o acesso de famílias de renda entre 1 e 3 salários-mínimos à casa própria.

Para promover e viabilizar o acesso à habitação por essa faixa da população, reduzindo o preço das habitações para os mutuários e aumentando a oferta de mais casas, a Cohab Minas firma parceria com prefeituras conveniadas. O município oferece o terreno urbanizado, e a Companhia promove a construção e fiscalização das obras, além de subsidiar o custo do investimento¹.

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

¹ retirado do site <http://www.cohab.mg.gov.br/cohab/historia/>

3.8 Programa minha casa minha vida

O programa do governo federal lançado no dia 25 de março de 2009 que prevê o auxilio financeiro de 34 bilhões de reais para a construção de 1 milhão de moradias, com a perspectiva de reduzir o déficit habitacional brasileiro. Deste total, 400 mil moradias destinam-se às famílias com renda de até 3 salários mínimos, 200 mil moradias destinam-se àquelas que ganham de 3 a 4 salários, 100 mil, às que ganham de 4 a 5, 100 mil para as que recebem de 5 a 6, e 200 mil, às de 6 a 10 salários. Para as famílias com renda de até 3 salários mínimos, o governo deverá subsidiar integralmente a casa própria e aportar 16 bilhões para a construção de 400 mil casas. Quinze bilhões deverão ser acessados diretamente pelas construtoras e empreiteiras junto à Caixa Econômica Federal; e 1 bilhão, por associações e cooperativas, para construção em áreas urbanas e rurais. Entre subsídios para a aquisição da casa própria, financiamento da infraestrutura e da cadeia produtiva, 34 bilhões de reais deverá ser movimentado na economia.

Em Teófilo Otoni a prefeitura oficializou o cadastro de 4.649 famílias para o programa. Obedecendo aos critérios da Caixa Econômica Federal, essas famílias receberão um total de 2.359 casas financiadas com subsidio do Governo Federal. O primeiro conjunto habitacional situado no Bairro Viriato, foi entregue em outubro de 2013, com 580 casas de dois pavimentos, outros conjuntos vem sendo construídos. A Caixa Econômica Federal é quem fará a seleção dos beneficiários, ficando a cargo da prefeitura liberar e buscar os terrenos a serem construídas as habitações (COHAB 2017).

FIGURA 1 - Conjunto habitacional



Fonte: COHAB (2017)

4 METODOLOGIA

4.1 Objeto do estudo

O objeto de estudo do presente trabalho é uma análise de aproveitamento de águas pluviais do sistema implantado com referência a uma habitação popular padrão COHAB Minas do programa Minha Casa Minha Vida do Governo Federal, para a população com renda de até três salários mínimos, localizado na cidade de Teófilo Otoni/MG.

Este projeto teve como base uma residência unifamiliar padrão, MG-90-I-2-41(COHAB) com as seguintes características:

* Área Construída: 40,79 m²;
* Cobertura: telha cerâmica – Área de Contribuição: 75,83 m²;
* Compartimentos: sala, cozinha, banheiro, dois dormitórios e área de serviço com tanque;
* Esquadrias: portas e janelas em alumínio;
* Forro: laje de concreto na cozinha e forro de PVC no restante;
* Passeio: 0,50m no perímetro da construção;
* Pé-direito: 2,60m;
* Piso: cerâmico em toda à residência;
* Revestimento de alvenarias: azulejo 1,50m nas paredes hidráulicas e box;
* Reboco: interno e externo com pintura PVA no restante.

4.2 Elementos de aproveitamento de água pluvial

4.2.1 Dimensionamento do projeto

Para o aproveitamento eficiente da água pluvial é preciso se fazer o dimensionamento ideal para cada caso no qual ocorrerá a implantação, ou seja, a partir das necessidades de cada usuário, da área de coleta e das características construtivas locais. Sendo muito criterioso no levantamento do dimensionamento do reservatório, pois este é o item mais caro da implantação e sua precisa definição pode representar uma importante economia. É recomendado a coleta de informações por meio de uma breve entrevista com o morador e posteriormente o levantamento in loco.

4.2.2 Sistema utilizado

Feito o dimensionamento do sistema, o modelo definido para ser utilizado para a reciclagem da água pluvial é o de construções de baixo custo, que dispõe de filtros de descida por gravidade e caixas d'água acima do nível do solo, com bomba elétrica.

4.2.3 Implantação do sistema

Buscando um desenvolvimento urbano sustentável, métodos de conservação de água nas edificações contribuem para minimizar o consumo de água potável, através do uso de fontes alternativas para aproveitamento não potável, como descargas sanitárias, lavagem de carros, calçadas, irrigação e limpezas externas. Apesar das tecnologias para o aproveitamento de água existirem a décadas, a utilização desta prática é bem baixa nas edificações brasileiras. Porém, com a crescente conscientização com a preservação dos recursos hídricos naturais, a utilização destes sistemas torna-se cada vez mais convencional no cenário nacional. Estudo feito por Tomaz (2015) comprova que a implantação de sistemas de aproveitamento de água pode minimizar efetivamente o consumo de água potável.

A água da chuva é coletada por uma área de contribuição e transportada por calhas e tubos para o tratamento e armazenamento. O nível de tratamento da água depende da qualidade inicial da água. Depois de tratada, a água de uso pode ser armazenada em um reservatório inferior, cujo dimensionamento varia em função do seu tempo de armazenamento, do índice de precipitação e do uso per capta. Uma bomba de recalque transporta esta água armazenada para um reservatório superior que cuida da distribuição à rede de água não potável. A NBR 1415.527/2007 apontam a necessidade de diferenciar por cor ou ilustrações as tubulações de água não-potável das tubulações de água potável, e fornecer um aviso visual da água imprópria para consumo nos pontos não-potáveis.

O uso da águas das chuvas, ajuda a minimizar o escoamento das águas pluviais da superfície terrestre, sendo essa águas coletadas, filtradas e armazenadas de forma correta para o uso. Mesmo a água da chuva sendo potável, ela torna-se imprópria para consumo, na superfície de coleta, a água entra em contato com diversas impurezas como: terra, folhas, galhos, dejetos de aves que são comuns em coberturas, portanto torna-se de suma importância o tratamento da água antes de ser utilizada.

Para instalação em edificações é necessários introduzir alguns elementos que possibilitam a captação, transporte, armazenamento e distribuição da água da chuva. Que seriam os telhados, calhas, tubos, reservatórios e encanamentos.

O sistema do uso de águas pluviais não pode se misturar com sistema de distribuição da concessionária, para evitar a contaminação da água potável (TOMAZ, 2015).

4.2.4 Elementos do sistema de aproveitamento pluvial

De acordo com TOMAZ (2015) os principais elementos de um sistema de aproveitamento de água de chuva é:

**Área de captação**: é constituído pelas áreas de telhados ou lajes. A água proveniente da precipitação ao entrar em contato com a área superficial, é conduzida para um reservatório de armazenamento. A água coletada não será conduzida diretamente para o sistema de aproveitamento, pois apresenta cargas poluidoras, desta forma, faça necessário o tratamento prévio da mesma.

**Condutores**: são formados por calhas, condutores verticais e horizontais, responsáveis pelo transporte da água de chuva para os sistemas de armazenamento, tratamento e distribuição.

**Descarte**: tem como objetivo descartar o volume inicial de água coletado, pois este apresenta geralmente grande concentração de impurezas. Instalado na saída das calhas e a montante do reservatório de armazenamento. Esse sistema ajuda a garantir a qualidade da água que será armazenada e aproveitada posteriormente.

**Filtragem**: é composto por filtros ou telas utilizados para reter resíduos sólidos em suspensão, como: folhas, gravetos, plásticos, papéis etc. impossibilitando sua entrada no sistema de armazenamento. Esse sistema é instalado anteriormente ao reservatório de armazenamento, evitando o acúmulo de impurezas dentro do mesmo.

**Armazenamento**: é composto por um reservatório com função de armazenar a água coletada que será utilizada posteriormente para fins não potáveis. Neste reservatório será instalado um extravasor para possibilitar o descarte do excesso de água de chuva, esta que será conduzida ao sistema de drenagem pluvial quando o reservatório estiver operando na sua totalidade, visando assim a maior sustentabilidade do sistema.

**Tratamento e desinfecção**: recomenda-se a implantação de um método de tratamento e desinfecção da água de chuva armazenada visando à obtenção de uma água com maior qualidade para o uso.

**Sistema de recalque**: esse sistema é constituído por motores e bombas responsáveis por transportar a água do reservatório de armazenamento, para um reservatório superior, que terá por sua vez a função de distribuir a água para os pontos de uso de água não potável. Em alguns casos, o reservatório de armazenamento encontra-se logo abaixo do telhado, descartando a necessidade da instalação dos motores ou bombas.

**Distribuição**: tubulação com a função de distribuir a água de chuva tratada para os pontos de utilização. Recomenda-se a identificação dos pontos onde será o acesso a água deste sistema.

4.3 Dados pluviométricos da região

Os dados pluviométricos utilizados neste trabalho foram fornecidos pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS 2017), serie histórica pesquisado com filtro na cidade de Teófilo Otoni/MG.

Segundo NBR 10844/1989 a determinação da intensidade pluviométrica “I”, para fins de projeto, deve ser feita a partir da fixação de valores adequados para a duração de precipitação e o período de retorno. Tomam-se como base dados pluviométricos locais.

O período de retorno deve ser fixado segundo as características da área a ser drenada, obedecendo ao estabelecido a seguir:

T = 1 ano, para áreas pavimentadas, onde empoçamentos possam ser tolerados;

T = 5 anos, para coberturas e/ou terraços;

T = 25 anos, para coberturas e áreas onde empoçamento ou extravasamento não possa ser tolerado.

A duração de precipitação deve ser fixada em t = 5min.

Se forem conhecidos, com precisão, valores de tempo de concentração e houver dados de intensidade pluviométrica correspondentes, estes podem ser utilizados.

Isto é permitido quanto a outros valores de período de retorno para obras especiais.

Para construção até 100m² de área de projeção horizontal, salvo casos especiais, pode-se adotar: I = 150mm/h.

A ação dos ventos deve ser levada em conta através da adoção de um ângulo de inclinação da chuva em relação à horizontal igual a arc tg² θ, para o cálculo da quantidade de chuva a ser interceptada por superfícies inclinadas ou verticais. O vento deve ser considerado na direção que ocasionar maior quantidade de chuva interceptada pelas superfícies consideradas.

Para o cálculo da estimativa de precipitação foram levantados os dados do índice de precipitação dos últimos 5 (cinco) anos como demostrado na tabela 4.

TABELA 4 - Índice de precipitação em mm referente aos últimos cinco anos.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **ANO** | **JAN** | **FEV** | **MAR** | **ABR** | **MAI** | **JUN** | **JUL** | **AGO** | **SET** | **OUT** | **NOV** | **DEZ** |
| 2011 | 63 | 31 | 172 | 133 | 8 | 0 | 43 | 6 | 5 | 179 | 346 | 145 |
| 2012 | 141 | 58 | 12 | 67 | 60 | 12 | 28 | 73 | 34 | 85 | 446 | 45 |
| 2013 | 194 | 26 | 128 | 46 | 40 | 37 | 11 | 11 | 40 | 74 | 102 | 513 |
| 2014 | 162 | 108 | 136 | 71 | 40 | 24 | 36 | 25 | 37 | 105 | 195 | 257 |
| 2015 | 173 | 105 | 97 | 68 | 31 | 21 | 28 | 22 | 34 | 122 | 180 | 200 |

Fonte: SNIS (2017)

Com base nos dados expressos a média de precipitação anual será de 1.081,00mm e a média mensal será de 90,08mm.

4.4 Áreas de captação

O levantamento das áreas de captação será feito para que se possa estimar o volume do reservatório de água de chuva.

O cálculo da área de captação foi realizado através da NBR 15.527/2007, destas áreas foi feito baseando-se em um telhado composto por duas águas e inclinação de 35º (i = 35%).

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

(1)

Dados:

$A$ - Área de contribuição (m²);

$a$ - Largura (m);

$h$ - Altura da tesoura (m);

$b$ - Comprimento (m).

FIGURA 2 – Indicações para cálculos da área de contribuição



Fonte: Elaborado pelo Autor – referência projeto COHAB MG-90-I-2-41

Como a edificação possui diferentes áreas de contribuição, o cálculo da mesma será feito separadamente:

A primeira área calculada será:

$$A1=\left(3,38+\frac{1,35}{2}\right).8,55$$

(2)

A1 = 34,67m²

A segunda área calculada será:

$$A2=\left(4,88+\frac{1,35}{2}\right).4,33$$

(3)

A2 = 24,05m²

A terceira área calculada será:

$$A3=\left(3,38+\frac{1,35}{2}\right).4,22$$

(4)

A3 = 17,11m²

Logo, o total da área de contribuição será:

At = A1+A2+A3 (5)

At = 34,67 + 24,05 + 17,11

At = 75,83m²

4.5 Demanda de água

De acordo com o a tabela 5 do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), Ministério das Cidades, o consumo médio de água em Teófilo Otoni é de 133,6 litros por habitante por dia (L/Hab/Dia) no ano de 2015.

TABELA 5 – Consumo médio per capta de água em Teófilo Otoni

|  |  |
| --- | --- |
| **ANO** | **L/Hab./dia** |
| 2015 | 133,6 |
| 2014 | 128,1 |
| 2013 | 128,4 |
| 2012 | 124,3 |
| 2011 | 122,1 |

Fonte: SNIS (2017)

Considerando que na habitação em estudo residem três pessoas, o consumo diário será de 400,8 L/Hab/dia. Tendo assim um gasto mensal de 12.024 litros ou aproximadamente 12,02m³.

Para uma determinada residência ser beneficiada com o plano de tarifa mínima da COPASA o seu consumo mensal não deverá ultrapassar 6m³. Podemos concluir então que essa habitação não contemplará o benefício.

Para diminuir o consumo de água potável o presente estudo considera que a água de chuva seria utilizada para descarga de bacia sanitária, para regar o jardim, para lavar carros e limpeza em geral. Na tabela 7 são apresentados os consumos estimados desses pontos de utilização de água não potável para a residência em estudo, a partir de estimativas de valores apresentados por Tomaz (2015) conforme a tabela 6.

Para a determinação do consumo de água não potável, foram feitas as seguintes considerações:

* Cada habitante da casa utiliza a bacia sanitária três vezes ao dia;
* O volume de água utilizado em cada descarga sanitária é de 10 litros (caixa acoplada);
* Foi utilizada uma frequência de irrigação do jardim de oito vezes ao mês com jardim de 4m²;
* Foram contabilizados quatro dias utilização de água para limpeza de uma área de 40,79m², que será realizada uma vez por semana;
* A frequência de lavagem de carros de quatro vezes ao mês.

TABELA 6 – Demanda residencial para estimar o consumo de água.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Demanda Interna | Unidade | Faixa |
| Bacia Sanitária | L/Descarga | 6 a15 |
| Bacia sanitária | Descarga/hab/dia | 3 a 6 |
| Jardim – Volume | L/dia/m² | 6 |
| Jardim – Frequência | Irrigação/mês | 8 a 12 |
| Limpeza de carro – Volume | L/lavagem/carro | 80 a 150 |
| Limpeza de carro – Frequência | Lavagens/mês | 1 a 4 |
| Limpeza de piso – Volume | L/dia/m² | 3 |
| Limpeza de piso – Frequência | Lavagens/mês | \* |

Fonte: Adaptado TOMAZ (2015)

TABELA 7 – Consumo estimado de água para a residência em estudo

|  |  |
| --- | --- |
| Uso | Consumo (L/mês) |
| Descarga (caixa acoplada) | 2.700 |
| Rega do jardim | 96 |
| Limpeza do carro | 440 |
| Limpeza do piso | 489,48 |
| Total de uso | 3.725,48 |

Fonte: ELABORADA PELO AUTOR – Referência TOMAZ (2015)

Feita a estimativa do consumo a ser substituída pelo uso da água pluvial, para os fins não potáveis, foi encontrado um valor de consumo de 3.725,48L/mês, aproximadamente 3,72m³/mês.

4.6 Dimensionamento do reservatório

Para o dimensionamento do reservatório será necessário os seguintes dados:

* Índice mensal de precipitação (regional);
* Área de contribuição do telhado;
* Coeficiente de escoamento superficial.

Esse coeficiente varia de acordo com a inclinação e com o material da superfície de contribuição.

Será utilizado neste estudo o coeficiente de escoamento “C” igual a 0,80, que se refere a telhados cerâmicos, resultando em uma perda de 20% de toda a água coletada da precipitação.

A equação utilizada para o cálculo da quantidade de água escoada a ser coletada pela superfície de captação foi calculado com base no método Racional (NBR 10844/1989):

V = C.I.A (6)

Onde:

V – é o volume mensal de água de chuva aproveitável;

C – é o coeficiente de escoamento superficial da cobertura = 0,80;

I – é a precipitação = 90,08 mm/mês = 0,09008 m/mês;

A – é a área de coleta = 75,83m².

Sendo assim:

V = 0,80 x 0,09008 x 75,83 (7)

V = 5,46 m³/mês

O volume de água de chuva a ser aproveitada é de 5,46 m³/mês

4.7 Dimensionamento de calhas, condutores verticais e horizontais

4.7.1 Calhas

São responsáveis pela captação da água escoado pelo telhado impedindo que estas caíssem livremente.

No caso em estudo, o material das calhas será em PVC, e terão a utilidade de captação das águas de chuva para armazenamento da mesma.

A tabela 8 contém o coeficiente de rugosidade dos materiais necessários para que seja feito o cálculo da vazão.

TABELA 8 – Coeficiente de rugosidade

|  |  |
| --- | --- |
| Material | n |
| Plástico, fibrocimento, aço, metais não ferrosos. | 0,011 |
| Ferro fundido, concreto alisado, alvenaria revestida. | 0,012 |
| Alvenaria de tijolos não revestida. | 0,015 |

Fonte: NBR 10844/1989

Segundo a NBR 10844/89, a vazão de projeto (Q, L/min.) para o pré dimensionamento de calhas e condutores deve ser calculada da seguinte forma:

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

 (8)

Onde:

*Q* - vazão de projeto, em L/min.

*I* - intensidade pluviométrica, em mm/h.

*A* - área de contribuição, em m².

Como a cobertura estudada possui duas águas (áreas de contribuição) utilizaremos a de maior área para o cálculo da vazão de projeto, por tanto:

$$Q=\frac{0,15 x 75,83}{60}$$

 (9)

*Q =* 0,1895m³/ min ou *Q* = 189,5L/min

A tabela 8 fornece as capacidades de calhas semicirculares, usando coeficiente de rugosidade n = 0,011, para alguns valores de declividades usuais. Os valores foram calculados utilizando a equação de Manning-Strickler, com lâmina de água igual à metade do diâmetro. Observa-se que devem ser adotadas aquelas seções com capacidade de escoamento igual ou superior à vazão de projeto.

TABELA 9 - Capacidades de calhas semicirculares

|  |  |
| --- | --- |
| **D (mm)** | **Declividades** |
| **0,5 %** | **1,0 %** | **2,0 %** |
| 100 | 130 | 183 | 256 |
| 125 | 236 | 333 | 466 |
| 150 | 384 | 541 | 757 |
| 200 | 829 | 1167 | 1634 |

Fonte: NBR 10844/1989

As calhas utilizadas terão um diâmetro D=100 mm, com declividade de 1 %.

4.7.2 Condutores Verticais

São tubos verticais são responsáveis por conduzir a água das calhas aos condutores horizontais.

Segundo a NBR 10844/1989, o diâmetro interno dos condutores verticais de seção circular deve ter diâmetro mínimo de 70 mm.

O dimensionamento dos condutores verticais deve ser feito a partir dos seguintes dados:

Q - Vazão de projeto

H - Altura da lâmina de água na calha

L - Comprimento do condutor vertical

Q = 189,5L/min

H = 100 mm

L = 2,90 m

FIGURA 3 – Ábaco para determinação de diâmetros de condutores verticais:



Fonte: NBR 10844/1989

Como o diâmetro interno dos condutores verticais devem possuir diâmetro mínimo de 70 mm e a ábaco sugere sessão inferior a 70 mm. Serão utilizados condutores verticais em PVC com sessão de 75 mm por serem de fácil acesso no mercado.

4.7.3 Condutores Horizontais

É o canal ou tubulação horizontal destinado a recolher e conduzir as águas pluviais até locais permitidos pelos dispositivos legais (NBR-10844/89). É a tubulação que conduzirá a água pluvial do condutor vertical para o dispositivo de autolimpeza e posteriormente ao reservatório inferior.

Segundo a NBR 10844/89, os condutores horizontais devem ser projetados, sempre que possível, com declividade uniforme, com valor mínimo de 0,5 %.

O dimensionamento dos condutores horizontais de seção circular deve ser feito para escoamento com lâmina de altura igual a 2/3 do diâmetro interno (D) do tubo. As vazões para tubos de vários materiais e inclinações usuais estão indicadas na figura 4. Portanto, adotado tubo de 75 mm de diâmetro e declividade de 1,0 %.

FIGURA 4 - Capacidade de condutores horizontais de seção
circular (vazões em L/min)



Fonte: NBR 10844/1989

4.8 Análise econômica

4.8.1 Custo da implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial.

TABELA 10 – Custo da implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial.

|  |  |
| --- | --- |
| **Item** | **Preço** |
| Reservatório 6000L | 1528,90 |
| Reservatório 200L | 159,80 |
| Calha em PVC | 191,00 |
| Condutor Vertical | 28,30 |
| Condutor Horizontal | 28,30 |
| Moto Bomba  | 145,00 |
| Tubos e conexões  | 80,20 |
| Mão de obra | 400,00 |
| TOTAL R$ | 2.561,50 |

Fonte: ELABORADA PELO AUTOR – Referência TOMAZ (2015) – Preços Mercado Local

4.2.2 Economia no consumo de água.

O cálculo será baseado na residência em estudo, uma habitação popular padrão COHAB-MG com três habitantes e demanda per capita local.

Com base nos dados fornecidos será necessário efetuar os cálculos através de duas simples equações (NBR 10844/1989):

E = A x B (10)

E = (A-C) x B (11)

Onde:

E – Economia no consumo da água;

A - Consumo mensal de água;

B - Tarifa da concessionária local;

C – Uso de água pluvial.

FIGURA 5 – Tarifa aplicada ao usuário



Fonte: COPASA (2015)

Portanto:

E = A x B (12)

E = 12,02 x 5,26

E = 63,22

Com o uso da água pluvial o cálculo será da seguinte maneira:

E = (A-C) x B (13)

E = (12,02-3,72) x 2,23

E = 18,51

Com a utilização do sistema de aproveitamento conseguiu-se uma economia de R$ 44,71 (quarenta e quatro reais e setenta e um centavos) mensais na tarifa de água.

5 RESULTADO E DISCUSSÃO

Para o dimensionamento e implantação do sistema de água, foram feitas estimativas de gastos mensais de uma família com três pessoas residindo na casa COHAB MG-90-I-2-41 com consumo médio mensal de 12,02m³ de água por mês, e utilizando as tabelas 6 e 7 pode-se observar que esta família, utiliza 3,72m³/mês de água pluvial aderindo ao sistema de captação em seu lar.

Para os cálculos foram coletados dados do índice de precipitação dos últimos 5 anos da Cidade de Teófilo Otoni-MG, que são fornecidos do ano 2015 e seguem ordem decrescente, para assim conseguir uma média mensal real, e de acordo com a tabela 4 pode-se perceber que o I = 90,08 mm/mês no ano de 2015.

Com base no índice de precipitação e utilizando-o a equação 7 dimensionou o reservatório através do resultado de coleta de água pluvial de 5,46 m³/mês, o equivalente a 5.460 litros de água por mês. Por isso será utilizado uma caixa d’água de 6.000L.

Foram dimensionados os condutores como calhas, tubos verticais e horizontais, havendo necessidade de calcular a vazão da água captada, a equação 8 e 9 é de 189,5 L/min, porém, para conseguir este resultado, foi calculado a área de contribuição à captação de água da chuva de 75,83m², de acordo com a equação 5.

Ficando definido então calha de um diâmetro de D=100mm, com declividade de 1 %, condutor horizontal de 75mm com declividade também de 1 % e condutor vertical com tubo PVC de diâmetro de 75mm.

Após definição dos elementos foi feito o custo de implantação do sistema, podendo ser observado na tabela 10, com custo final de implantação de R$ 2.561,50 (dois mil e quinhentos e sessenta e um reais e cinquenta centavos).

Com a utilização do sistema de aproveitamento consegue chegar a um resultado de economia de R$ 44,71 (quarenta e quatro reais e setenta e um centavosá mensais na tarifa de água, conforme equação 14.

Economia = 63,22-18,51 (14)

Economia = 44,71

Para a determinação do tempo de retorno foi feita a análise dos custos de implantação (materiais, mão de obra, etc.) na cidade de Teófilo Otoni, além da análise do custo na tarifa da concessionária local e sua possível economia com a utilização do sistema de aproveitamento de água pluvial.

Onde:

Tempo de Retorno = Custo de Implantação ÷ Economia em Reais ÷ 12 meses (15)

Logo:

Tempo de Retorno = 2.561,50 ÷ 44,71 ÷ 12 (16)

Tempo de Retorno= 4,8 anos

Determinou-se então que o período para retorno do investimento seria de 4,8 anos.

O aproveitamento da água pluvial traz infinitos benefícios como a conservação da água e a redução da dependência excessiva das fontes superficiais de abastecimento, além de reduzir o escoamento superficial viabilizando assim à restauração do ciclo hidrológico nas áreas urbanas, sendo este um fator necessário para garantir o desenvolvimento sustentável

6 CONCLUSÃO

Através deste estudo realizado tendo como referência uma residência do Programa do Governo Federal – Minha Casa Minha Vida, padrão COHAB-MG de 40,79m², localizada no município de Teófilo Otoni-MG, foi possível estimar o consumo de água não potável obtendo o resultado de aproximadamente 3,72m³/mês. A área de captação da água de chuva para a implantação do sistema de uso de águas pluviais foi realizada apenas pela cobertura de telhado, e com dados pluviométricos regionais, assim os cálculos resultaram um volume aproveitável de 5,46m³/mês.

Com base nos resultados foi possível concluir que o aproveitamento das águas pluviais, obteve resultados mais que satisfatórios, pois a demanda para utilização de água não potável foi inferior à captação de água pluvial pelo sistema de uso em estudo, possibilitando assim a economia no uso não potável.

Como o consumo de água residencial foi de aproximadamente 12,02m³/mês, a utilização deste sistema de aproveitamento servirá para redução dos gastos com contas de água fornecida pela concessionária local (COPASA).

A COPASA possui uma tarifa mínima mensal, que é um valor fixo, pago pelas residências que consumirem até 6m³/mês de água. Porém a habitação em estudo não conseguiu atingir a faixa para poder ser contemplada no benefício. Mas com a utilização do sistema que reduz esse consumo, basta se fazer uma pequena economia da água potável utilizada no mês para que a mesma consiga o benefício oferecido pela concessionária, reduzindo assim ainda mais a tarifa mensal.

Como mostrado em estudo, apesar dos gastos com a implantação do sistema, o mesmo se torna rentável em um razoável período de tempo, e a sua utilização também é de grande valia ambiental, pois além de preservar as fontes superficiais de água, o sistema ajuda a reduzir o escoamento superficial evitando enchentes e outros problemas.

Desse modo, a implantação do sistema de aproveitamento de água de chuva nesse tipo de habitação, pode proporcionar a viabilidade tanto no âmbito financeiro, como ambiental.

REFERÊNCIAIS

ANA – **Agencia Nacional de Águas**. Disponível em: <http://www2.ana.gov.br/Paginas/default.aspx>. Acesso em: 01 Dez. 2016.

ARAÚJO, G. M. **Recursos Hídricos Mundiais**. 1ª ed. Fortaleza/CE: DNOCS, 1988, 44 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. *NBR 10.844/1989:* Instalações de Águas Pluviais. Rio de Janeiro, 1989.

\_\_\_\_\_\_\_. *NBR 15.527/2007*: Aproveitamento de Coberturas em Áreas Urbanas para fins não Potaveis. Rio de Janeiro, 2007.

BORGHETTI, N.; BORGHETT, J.R; ROSA, E. F. F. **Aquífero Guarani – A verdadeira integração dos países do Mercosul**. Curitiba: Impressa Oficial, 2004.

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

COHAB MINAS – **Companhia de Habitação do Estado de Minas Gerais.** Disponível em: < http://www.cohab.mg.gov.br>. Acesso em 01 Maio 2017

CONAMA – **Conselho Nacional do Meio Ambiente:** Resolução nº 357 de 17 de março de 2005. Publicada no DOU nº 53, 18/03/2015, p. 58-63.

CONSTITUIÇÃO FEDERAL – Lei de nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997. Publicada no DOU de 09/01/2017

COPASA – **Companhia de Saneamento de Minas Gerais.** Disponível em: <http://www.copasa.com.br/wps/portal/internet>. Acessado em: 23 Fev. 2017.

GHISI, E.; CORDOVA, M.M.; ROCHA, V. L. **Netuno 2.1.** Programa computacional. Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Civil. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/>. Acesso em: 15 Out. 2016.

HESPANHOL, I. **Potencial de reuso de água no Brasil: Agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos.** Porto Alegre/RS: Revista Brasileira de Recursos Hídricos. 2002. v. 7. n.4. p. 75-95.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia Estatística**. Disponível em: <www.ibge.gov.br> Acesso em: 12 Out. 2016.

LAJES, E. S.. **Aproveitamento de água pluvial em concessionárias de veículos na cidade de Belo Horizonte: Potencial de economia de água potável e estudo de viabilidade**. 181 p. Dissertação de Mestrado (Apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civill) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

LIMA, R. P.; MACHADO, T. G. **Aproveitamento de Água Pluvial: análise do custo de implantação do sistema em edificações.** 45 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Engenharia Civil ênfase em Ambiental) – Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos, Barretos, 2008.

MACHADO, FLÁVIA O., **Gerenciamento Sustentável das Águas Pluviais**, 112 p. Dissertação (Pós-graduação do programa de Engenharia Urbana) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos/SP, 2002.

MACEDO, J. A. B. **Água & Água**. 3ª ed. Minas Gerais: CRQ – MG, 2007. 1043 p.

MANCUSO, P. C. S. e SANTOS, H. F. **Reuso de Água**. São Paulo: Ed. Manole, 2004.

MIERZWA, J. C.; HESPANHOL, I. **Água na Indústria: Uso racional e reuso**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

MIERZWA, J. C.. HESPANHOL, I.. **Água na industria: uso racional e reúso**. Ed. Oficina de textos. São Paulo. Edição Digital 2014, 57p. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=V1iXBAAAQBAJ&oiy=fnd&p g =PT10&dq=reuso&ots=incSTKhdfE&sig=8kYQsJbEEQC5upL8bnsthgNg5Ys#v= one page&q=reuso&f=false>. Acesso em 16 Fev. 2017

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

OLIVEIRA, SULAYRE M. D., **Aproveitamento da Água da Chuva e Reuso de Água em Residências, Unifamiliares: Estudo de Caso em Palhoça – SC**. 134 p. Dissertação (Trabalho de Conclusão de Curso para obtenção de título de Engenheiro Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005. Disponível em: < http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/tccs/TCC\_

Sulayre\_Mengotti\_Oliveira.pdf>. Acesso em: 18 Agosto 2016.

PETTERS, M. R. **Potencialidade de uso de fontes alternativas de água para fins não potáveis em uma unidade residencial**. 109 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2006.

PNUMA. **Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente**. Disponível em: <http://www.ou-brasil.org.br/agencias\_pnuma.php>. Acesso em: 29 Set. 2016.

PORTAL BRASIL – **MEIO AMBIENTE: Recursos Hídricos** - Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/meio-ambiente/2010/11/recursos-hidricos> . Acesso em: 12 Fev. 2017.

ROCHA, A. L.; BARRETO, D.; IOSHIMOTO, E. **Caracterização e monitoramento do consumo predial de água.** Brasília: (1998). Ministério do Planejamento e Orçamento/ Secretária de Política Urbana. 38p. (Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água – PNCDA. DTA E1). Brasília, 1998.

SABESP - **Companhia de Saneamento Básico de São Paulo**. Disponível em: <http://www.sabesp.com.br>. Acesso em: 02 Out. 2016.

SNIS – **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnostico dos Serviços de Água e Esgoto – 2015**. 212 p. Brasília: SNSA/MCIDADES, Fevereiro de 2017.

SOECO/MG –, **Gerenciamento Sustentável da Água da Chuva.** Belo Horizonte, 2009. Disponível em: <http://www.soecomg.hpg.ig.com.br/agua8.htm>. Acesso em: 11 Jul. 2009.

ONU – **ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS.** Disponível em: <http://www.onu.org.br>. Acesso em: 20 Jan. 2017

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva**. 1ª ed. São Paulo: Navegar Editora, 2003. 182 p.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva**. 2ª ed. São Paulo: Navegar Editora, 2005. 184 p.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva**, 2015, 530 p. Disponível em: <http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/Livro\_aprov.\_aguadechuva/Livro%20Aproveitamento%20de%20agua%20de%20chuva%205%20dez%202015.pdf> . Acesso em: 19 Agosto 2016.

UNESCO – United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. **World Water Assessment Programme - WWAP**. Disponível em: <http://www.unesco.org/water/ iyfw2/water\_use.shtml >. Acesso em: 20 Maio 2017.