

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
ESCOLA DE ARQUITETURA E URBANISMO  
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM  
SUSTENTABILIDADE DO AMBIENTE CONSTRUÍDO**

**Ricardo Gomes Ferreira**

**ANÁLISE DO CUSTO DE IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE  
COLETA E USO DE ÁGUA PLUVIAL RESIDENCIAL NA CIDADE DE  
UBÁ-MG**

Belo Horizonte

2017

**Ricardo Gomes Ferreira**

**ANÁLISE DO CUSTO DE IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE  
COLETA E USO DE ÁGUA PLUVIAL RESIDENCIAL NA CIDADE DE  
UBÁ-MG**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Sustentabilidade do Ambiente Construído da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Arquitetura e Urbanismo.

Orientador Prof. José Rubens Gonçalves de Souza

Belo Horizonte

2017

**ANÁLISE DO CUSTO DE IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE  
COLETA E USO DE ÁGUA PLUVIAL RESIDENCIAL NA CIDADE DE  
UBÁ-MG**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em sustentabilidade do Ambiente Construído da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Arquitetura e Urbanismo.

---

Prof. José Rubens Gonçalves de Souza (Orientador)

---

Professora Dra. Maria Luísa Almeida Cunha de Castro

Belo Horizonte, 29 de setembro de 2017.

## RESUMO

Devido à escassez de chuva no período de 2014 a 2015 na região sudeste do Brasil, o Estado de Minas Gerais passou por uma crise de abastecimento que afetou vários municípios da região. Segundo a COPASA em fevereiro de 2015, o Sistema Paraopeba, que abastece a Região Metropolitana de Belo Horizonte, operou com 30,25% de sua capacidade. Dos três reservatórios que compõem o sistema, o que apresentou a pior condição é o Serra Azul, que ficou com apenas 5,73% de seu volume, praticamente operando em seu volume morto. As cidades do interior de Minas também passaram por racionamento, prejudicando o comércio e as indústrias locais, além de deixar muitas famílias em constante estado de alerta. A crise hídrica que o país enfrenta está promovendo a adoção de outras possibilidades de consumo de água, como a perfuração de poços artesianos. No entanto, precisamos adotar medidas sustentáveis que evitem o desperdício de recursos e minimizem os impactos ambientais associados à extração de água do lençol freático. O presente trabalho tem como objetivo verificar o potencial de economia de água, obtido através da implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial, em uma residência, e elaborar um estudo de custo/benefício na implantação e utilização do sistema.

**Palavras-chave: aproveitamento de águas pluviais; dimensionamento de reservatório; sustentabilidade.**

## **ABSTRACT**

Due to the rain scarcity in the southeastern region in Brazil from 2014 to 2015, the State of Minas Gerais suffered a supply crisis that affected several municipalities in the region. According to COPASA on February 2015, the Paraopeba's system, which supplies the Metropolitan Region of Belo Horizonte, has operated with 30.25% of its capacity. Just three of the reservoirs that make up the system, the one that has presented the worst condition was the Serra Azul, which stands at only 5.73% of its volume, operating on its dead volume. The cities in Minas Gerais' interior also went through rationing, causing problems to the commerce and local industries, besides leaving many families in constant alert. The water crisis that the country faces is promoting the adoption of other possibilities of water consumption, such as the drilling of artesian wells. However, we need to adopt sustainable measures which avoid wastage of resources and minimize the environmental impacts associated with extracting water from the groundwater. The goal of this study is to verify the potential of water saving obtained through the implantation of a rainwater harvesting system in a residence and to elaborate a cost-benefit study in the implantation and use of the system.

**Keywords: use of rainwater; reservoir design; sustainability.**

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANEEL – Agencia Nacional de Energia Elétrica

COPASA – Companhia de Saneamento de Minas Gerais

CSV – Comma-separated Values

ETA – Estação de Tratamento de Água

NBR – Norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas

OMS – Organização Mundial da Saúde

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01 – Vista aérea da cobertura da residência apresentada no Estudo de Caso – Ubá, Fonte: Do autor, 2015. ....	22
FIGURA 02- Interface para entrada de tarifas de água, tarifas de esgoto e impostos. Fonte: DO AUTOR, 2016.....	33
FIGURA 03- Estimativas iniciais de consumos e economias mensais de água. Fonte: DO AUTOR, 2016. ....	34
FIGURA 04 – Fluxograma do programa Netuno. FONTE: DO AUTOR, 2016. ....	35
FIGURA 05 – Desenho esquemático do reservatório de descarte e reservatório de coleta de água pluvial, não dimensionado. FONTE: DO AUTOR, 2016. ....	39
FIGURA 06 – Desenho esquemático do reservatório de descarte e reservatório de coleta de água pluvial, não dimensionado. FONTE: DO AUTOR, 2016.....	40
FIGURA 07 – Fluxograma do programa Sisccoh. FONTE: DO AUTOR, 2016. ....	42
FIGURA 08 - Perímetro das calhas de recolhimento, FONTE: DO AUTOR,2016. ....	43
FIGURA 09 – Parâmetros hidráulicos fornecidos pelo programa computacional Sisccoh, destacando-se a velocidade de escoamento de 0,6m/s, FONTE: DO AUTOR,2016. ....	45
FIGURA 10 – Parâmetros hidráulicos fornecidos pelo programa computacional Sisccoh, destacando-se a velocidade de escoamento de 0,7m/s, FONTE: DO AUTOR,2016. ....	47
FIGURA 11 – Parâmetros hidráulicos fornecidos pelo programa computacional Sisccoh, destacando-se a relação Y/D de 0,6, FONTE: DO AUTOR,2016. ....	49
FIGURA 12 – Análise econômica obtida através do software Netuno, sem tarifa de esgoto. FONTE: DO AUTOR, 2016.....	53
FIGURA 13 – Análise econômica obtida através do software Netuno, com tarifa de esgoto. FONTE: DO AUTOR, 2017.....	56

## LISTA DE MAPAS

MAPA 01 – Imagem digitalizada do mapa de Minas Gerais, demonstrando a região da Zona da Mata, e a cidade de Ubá, <a href="http://www.minas-gerais.net/">www.minas-gerais.net/</a> , 2008. ....	19
--	----

## LISTA DE GRÁFICOS

GRAFICO 01 – Gráfico do potencial de economia de água potável, pela aplicação do NETUNO. ....	41
GRAFICO 02 – Gráfico do potencial de economia de água potável, pela aplicação do NETUNO, analisando um volume de reservatório de 3500 litros. FONTE: DO AUTOR, 2016. ....	55

## LISTA DE TABELAS

TABELA 01 – Atividade, área, período, e consumo mensal de água; Para o cálculo da periodicidade toou-se como valor de referencia 4,35 semanas por mês, FONTE: DO AUTOR, 2015. ....	23
TABELA 02 – Atividade, área, período, consumo e consumo mensal de água; Para o cálculo da periodicidade tomou-se como valor de referencia 4,35 semanas por mês, FONTE: DO AUTOR, 2015.....	24
TABELA 03 – Parâmetros de demanda residencial para estimativa do consumo de água potável, FONTE: Tomaz, 2000. ....	31
TABELA 04 – Coeficiente de escoamento superficial para diferentes materiais da superfície de captação, ROCHA, Vinicius Luis, 2009, pág. 28. ....	36
TABELA 05 – Dados de entrada do programa computacional Netuno .....	37
TABELA 06 – Dados de entrada do software Netuno para a análise de viabilidade econômica. ....	50
TABELA 07 – Levantamento de custos de matérias e mão de obra. FONTE: DO AUTOR, 2016.....	51
TABELA 08 – Levantamento de custos de matérias e mão de obra. FONTE: DO AUTOR, 2016.....	54

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	13
2. OBJETIVOS .....	15
2.1. Objetivo geral .....	15
2.2. Objetivos específicos .....	15
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	15
3.1. Sustentabilidade e o uso eficiente das águas – A crise de abastecimento de água no sudeste do Brasil .....	15
3.2. Sistemas de coleta e uso de água de chuva .....	17
4. JUSTIFICATIVA .....	19
5. METODOLOGIA .....	20
5.1. Objeto de estudo.....	21
5.2. Levantamento de dados.....	21
5.3. Superfície de captação.....	22
5.4. Dados pluviométricos.....	22
5.5. Dados de consumo de água .....	23
5.6. Análise sucinta dos métodos de cálculo.....	24
5.7. Escolha do método de cálculo do reservatório.....	28
6. APLICAÇÃO DO NETUNO .....	36
6.1. Cálculo e dimensionamento do reservatório.....	36
6.2. Dimensionamento dos componentes hidráulicos.....	41
6.3. Cálculo da seção de calha para A1 .....	43
6.4. Cálculo da seção de calha para A2 .....	46
6.5. Cálculo da seção para tubos .....	47

6.6. Análise econômica e conclusão da implantação do sistema.....	49
7. RESULTADOS .....	57
8. CONCLUSÃO.....	58
9. BIBLIOGRAFIA .....	60
ANEXO A – Conta de água da COPASA.....	65
ANEXO B – Tarifas da COPASA .....	66

## 1. INTRODUÇÃO

A água esta presente na maior parte das atividades humanas e com diversas finalidades, sendo que em algumas delas necessita-se que seja potável, como ingestão e da higiene pessoal. Outras finalidades, no entanto, não necessitam, necessariamente, que a água seja tratada; Usos domésticos em geral, irrigação de culturas agrícolas, uso industrial, em comércio, em serviços, regas de jardim, lavagens de ruas, e assim por diante.

Segundo dados da COPASA (Companhia de Saneamento de Minas Gerais), responsável pelo abastecimento de água em Minas, 83% da água abastecida nos municípios mineiros é destinada a residências. O setor comercial representa 9% do consumo, enquanto as indústrias representam 3% e no setor publico o percentual é de 5%.

Devido à escassez de chuva no período de 2014 a 2015 na região sudeste do Brasil, o Estado de Minas Gerais passasse por uma crise de abastecimento que afetou vários municípios da região. Segundo a COPASA em fevereiro de 2015, o Sistema Paraopeba, que abastece a Região Metropolitana de Belo Horizonte (composto pelos reservatórios Serra Azul, Rio Manso e Vargem das Flores), operou com 30,25% de sua capacidade. Dos três reservatórios, o que apresentou a pior condição é o Sistema Serra Azul, que em Janeiro de 2015 ficou com apenas 5,73% de seu volume, praticamente já operando em seu volume morto. As cidades do interior de Minas também passaram por racionamento, prejudicando o comércio e a indústria locais, além de deixar muitas famílias em constante estado de alerta.

Diante dos problemas da escassez de chuva e da crise de abastecimento nos Estados brasileiros, começou-se a pensar em soluções sustentáveis de preservação dos recursos hídricos disponíveis, assim como em utilizar fontes alternativas de abastecimento.

Utilizar as águas de chuva não é uma proposta inédita, mas muito difundida como técnica aplicável ao grave quadro hídrico que se instala em todo o planeta; pois reduz o consumo de água potável, minimiza a incidência de alagamentos e enchentes, e combate a erosão do solo. Não obstante, cabe questionar até que

ponto esse sistema que, deve atender as necessidade presentes e respeitar a qualidade de vida das gerações futuras, é economicamente viável e atende aos princípios socioambientais.

Assim, o conhecimento de que a maior parte da água disponibilizada pela concessionária que abastece os municípios de Minas Gerais, tem como destino residências, deixa claro a importância do uso racional da água dentro das moradias mineiras, como forma de preservar os recursos hídricos disponíveis.

Segundo Krishna (2005, p.1) a captação de "água pluvial para uso residencial apresenta benefícios tais como, a água é gratuita, tendo como único custo a coleta e uso da mesma, o consumo final está localizado próximo a fonte, eliminando a necessidade de um sistema complexo e caro de distribuição, e finalmente, a chuva, quando não ocorre em região costeira, ou praiana, geralmente é livre de sódio, sendo importante para pessoas que necessitam de dietas com baixo teor de sódio.

De acordo com Ceron (2015), o sódio em excesso é associado a uma série de doenças, tais como hipertensão arterial, doenças cardiovasculares e problemas renais. A Organização Mundial da Saúde-OMS (2015), afirma que adultos que consomem mais de 2000 miligramas de sódio ou 5 gramas de sal por dia, correm maior risco de desenvolver pressão alta, e doenças relacionadas ao consumo exagerado do mesmo.

A coleta de água de chuva, (Kumer e Singh ,2009, p.32), não só contribui para a conservação da água potável, como também na economia de energia gasta na operação dos sistemas de água centralizados desenvolvidos para o tratamento e bombeamento da água para as áreas de consumo. Ainda segundo os mesmos autores, ao armazenar água de chuva contribui-se com a diminuição de erosão local e inundações causadas pela falta de capacidade dos sistemas de escoamento existentes, ajudando no equilíbrio dos sistemas de drenagem urbana.

Em residências, é comum o uso de água pluvial armazenada para irrigação de jardins, lavagem de veículos, lavagem de pavimentos, descarga de sanitários. Esta água pode ser usada até mesmo como potável, quando submetida a tratamento adequado.

Através da Portaria 2914 (201, p.2), O Ministério da Saúde determina que ``toda água destinada ao consumo humano proveniente de solução alternativa individual de abastecimento de água, independentemente da forma de acesso da população, está sujeita à vigilância da qualidade da água``.

No setor industrial, a água pluvial pode ser utilizada em diversas aplicações como resfriamento evaporativo, climatização interna, lavanderia industrial, lavagem de maquinários, lava-jatos de veículos, limpeza industrial, etc... , Na agricultura o sistema vem sendo empregado na irrigação de plantações (MAY & PRADO, 2004).

## **2. OBJETIVOS**

### **Objetivo Geral**

O presente trabalho tem como objetivo verificar o potencial de economia de água, obtido através da implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial, em uma residência, localizada no Bairro Santa Cruz, no município de Ubá-MG.

### **Objetivos Específicos**

Neste trabalho se almeja atingir os seguintes objetivos específicos:

- Utilizar o software Netuno para estimar o volume do reservatório de água pluvial;
- Analisar a condicionante do projeto em particular, do uso de água pluvial para fins não potáveis;
- Analisar a viabilidade econômica do sistema.

## **3. REVISÃO BIBLIOGRAFICA**

### **Sustentabilidade e o Uso Eficiente das águas – A crise de abastecimento de água no Sudeste do Brasil**

Grande parte da comunidade científica já compartilha da opinião de que o problema da falta de água para o consumo humano está chegando a uma condição preocupante. A degradação na qualidade da água dos rios, a utilização desordenada

da mesma para irrigação e pela indústria, a poluição fluvial crescente, etc..., colocam em risco a oferta de água de qualidade e em quantidade suficiente para o consumo humano.

Segundo Rupp et al. (2011, p.48), devido ao crescimento populacional, em muitas regiões, como o Norte da África, parte dos Estados Unidos, países do Oriente Médio, China, Índia, México, Tailândia e, inclusive parte do Brasil, já se retira mais água do lençol freático do que a quantidade capaz de ser reposta pelo ciclo hidrológico.

Existe um desequilíbrio entre a exploração e recarga natural do Sistema Aquífero Guarany, um dos maiores reservatórios de água subterrânea do mundo. Seu volume que cobre uma superfície de quase 1,2 milhões de km<sup>2</sup>, esta presente em territórios do Brasil, Paraguai, Uruguai e Argentina, sendo que aproximadamente 70% desse reservatório esta localizado em terras brasileiras. (DE HEINE et al, 2005, p.27-35)

Além disso, o Brasil possui um agravante quando se trata de crise hídrica, pois a energia hidráulica corresponde a maior parte da matriz energética nacional, e a escassez de chuva pode gerar problemas graves no fornecimento de energia. Segundo a ANEEL (2006) a participação da energia hidráulica na matriz energética nacional é da ordem de 42%, gerando cerca de 90% de toda a eletricidade produzida no país.

No país existe uma tendência a adoção de usinas ``a fio d`água``, que não dispõem de reservatório de água, ou o têm em dimensões menores do que poderiam ter. Sendo assim, optar por uma usina ``a fio d`água`` é também optar por não manter um estoque de água que poderia ser acumulado em uma barragem. ( FARIA,2012)

As Hidrelétricas com reservatórios próprios por sua vez, são capazes de viabilizar a regularização das vazões. Devido à sua capacidade de armazenamento (em períodos úmidos) e deplecionamento (em períodos secos), elas atenuam a variabilidade das afluições naturais, permitindo uma maior confiabilidade no sistema.

O uso doméstico de água em edificações, também contribui em grande parte para o agravamento da crise hídrica. Na América do Sul, o consumo de água em

edificações responde por 18% do total de água doce utilizada; no Brasil, a parcela é de 16%. HELMERICH, HORN (2009, apud RUPP, R.F. ;MUNARIM, U.;GHISI,E. 2011,pag.48)

A seca enfrentada nos últimos anos pelo Sudeste do Brasil, principalmente Minas Gerais e São Paulo, acarreta mudanças de comportamento da população, que procura novas fontes de abastecimento de água e diminuem o consumo da mesma. Segundo a COPASA (2015), a economia no consumo de água na região metropolitana de Belo Horizonte foi de 14,5% em Maio de 2015, se comparado ao mesmo período de 2014.

### **Sistema de Coleta e Uso de Água de Chuva**

O sistema de aproveitamento de água pluvial é uma técnica antiga que consiste basicamente em captar, transportar, e armazenar a água de chuva para o uso posterior.

O aproveitamento de água pluvial é uma opção que pode se mostrar viável no combate à escassez de água nos centros urbanos e também na redução de custos gerados pelo consumo a partir das fontes tradicionais como concessionárias responsáveis pela distribuição do produto.

Existem vantagens relacionadas ao aproveitamento de água de chuva (SIMIONE et al.,2004), como a utilização de estruturas pré-existentes de captação (coberturas) e condução (calhas) nas edificações, o baixo impacto ambiental na adoção do sistema, a coleta de uma água com qualidade aceitável para vários fins com pouco ou nenhum tratamento, uma forma de complementar o sistema convencional evitando a sobrecarga do mesmo, e serve como reserva para situações de emergência ou interrupção do abastecimento público.

O funcionamento de um sistema de coleta de água pluvial consiste de maneira geral, na captação da água de chuva, por superfícies como, telhados e lajes de edificações, que direcionam o escoamento para os condutores, como calhas e tubulações, passando por equipamentos de filtragem e descarte de impurezas. Em alguns sistemas é utilizado dispositivo desviador das primeiras águas de chuva.

Nos sistemas comumente adotados em áreas urbanas a água passa por um sistema de filtragem, devido à presença de contaminantes atmosféricos na superfície de captação, como folhas secas, excrementos de pássaros, poeira acumulada, material da própria superfície coletora, etc... .

Após passar pelo filtro, a água pode ser armazenada em reservatório enterrado (cisterna) ou sobre o nível do solo, e bombeada para um segundo reservatório (superior), do qual as tubulações específicas para água pluvial irão distribuí-la para o consumo não potável (LIMA E MACHADO, 2008, p.26).

A concepção do projeto de captação e uso de água pluvial deve atender à:

- Portaria nº 518, de 25 de março de 2004, do Ministério da Saúde (norma de qualidade de água para consumo humano)

E às seguintes normas da ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS:

- NBR 15527: 2007, Água de chuva-Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos, assim como os seguintes documentos
- ABNT NBR 5626:1998, Instalação predial de água fria
- ABNT NBR 10844:1989, Instalações prediais de águas pluviais
- ABNT NBR 12213:1992, Projeto de captação de água de superfície para abastecimento público
- ABNT NBR 12214:1992, Projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público
- ABNT NBR 12217:1992, Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público

#### 4. JUSTIFICATIVA

A cidade de Ubá, esta localizada na região da Zona da Mata Mineira, a 290 km de Belo Horizonte (mapa 01). Com uma área de 407,452 km<sup>2</sup>, sua população estimada é de 110.000 pessoas, e sua densidade demográfica é de 249 hab/km<sup>2</sup> (IBGE,2015).

A cidade é banhada pelo Ribeirão Ubá, um dos afluentes do Rio Xopotó, localizado na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul. Além dos muitos cursos d'águas que cortam o município, este também tem como característica um relevo bastante montanhoso e ondulado, sendo de difícil ocupação (SANTOS, 2013, p.7). No mapa 01 a localização do município de Ubá.



MAPA 01 – Imagem digitalizada do mapa de Minas Gerais, demonstrando a região da Zona da Mata, e a cidade de Ubá, [www.minas-gerais.net/](http://www.minas-gerais.net/), 2008.

A região sofre grande influência de fenômenos meteorológicos de latitudes médias e tropicais, imprimindo características climáticas de transição, com elevados índices pluviométricos durante os meses de verão e primavera (SANTOS, 2013, p.7).

A paisagem regional é o que se costuma chamar de “mar de morros”. Nos distritos, sobretudo em Ubarí, a vegetação natural ainda é abundante, guardando certo equilíbrio entre o sítio natural e as áreas habitadas. O desmatamento, porém, é visível, notadamente na cidade-sede e seus arredores, tendendo a comprometer, num futuro muito próximo, o equilíbrio ecológico de todo o território municipal. Problemas como erosão, esgotamento de recursos hídricos, empobrecimento do solo e enchentes já são preocupantes.

Durante o período de 2014 a 2015 com a escassez de chuva na região, e a consequente falta de abastecimento de água, a população passou a adotar medidas emergenciais para suprir suas necessidades. Uma delas foi à perfuração de poços artesianos de forma indiscriminada, sem parecer técnico exigido pelo Órgão Gestor de Recursos Hídricos, solução esta que pode gerar riscos de contaminação do lençol freático, ou prejudicar a estrutura de edificações vizinhas.

A situação se complica no município, devido a falta de tratamento de esgoto e o despejo direto do mesmo no principal rio da cidade, o que afeta a qualidade da água na região, e tem se tornado um problema ambiental, social e de saúde pública.

O uso de reservatórios de água de chuva, solução que pode complementar as necessidades da população, é considerado uma estratégia eficiente para os problemas enfrentados na região. No entanto esta solução deve se mostrar economicamente viável.

Em função do exposto no presente trabalho procura-se analisar a viabilidade econômica na implantação de um sistema de coleta e uso de água de chuva para fins não potáveis em uma residência localizada em Ubá.

## **5. METODOLOGIA**

Para a verificação do potencial econômico do sistema de aproveitamento de água de chuva, foi desenvolvida uma metodologia que compreende as seguintes etapas: localização do objeto de estudo, descrição do objeto de estudo, levantamento dos

dados necessários para o dimensionamento do sistema, dimensionamento do reservatório para aproveitamento de água pluvial e análise econômica da viabilidade do sistema.

### **5.1. Objeto de estudo**

O estudo de caso apresentado neste trabalho foi baseado numa residência unifamiliar de dois pavimentos, com 630 m<sup>2</sup> de área construída, em um terreno de 667m<sup>2</sup>, localizada numa região tipicamente residencial, no Bairro Santa Cruz, em Ubá/MG.

A residência está localizada num fundo de vale, que foi ocupado irregularmente por habitações de classe baixa; Como é possível verificar no ``ANEXO A``, a casa foi implantada em uma cota abaixo do nível da rua. Com isso, em períodos de precipitação abundante, o volume de água de chuva invade o interior da casa, causando o alagamento da garagem e área de lazer.

A casa habitada por 4 pessoas possui sete banheiros e um lavabo, além de garagem para onze veículos, área de lazer, com churrasqueira, sauna, e piscina, e um salão de festas. Outra característica da residência são as áreas de jardim, que hoje consomem grande quantidade de água potável. No ``ANEXO B`` podemos perceber que no mês de Janeiro há um demanda maior de abastecimento de água.

Devido ao alto custo da energia da casa, a mesma conta com recursos tecnológicos relacionados à eficiência energética, como o uso de lâmpadas de led em todos os ambientes, e painéis solares para o aquecimento de água dos chuveiros, demonstrando que a família é motivada para o uso de soluções sustentáveis.

### **5.2. Levantamento de dados**

Para o estudo de viabilidade econômica do sistema de captação de água pluvial à ser empregado na residência, localizada na cidade de Ubá- MG, levantamos dados por meio de entrevista com os familiares, consumo de água, levantamento das áreas de captação, dados pluviométricos da região, dentre outros pertinentes ao tema em questão.

### 5.3. Superfície de captação

A residência possui uma cobertura de 383 m<sup>2</sup> de área de projeção, constituída por estrutura de madeira e telha cerâmica do tipo romana, que servirá de superfície coletora para o sistema de captação de água pluvial.

A cobertura ainda conta com um sistema de calhas de chapa de aço galvanizado, ideal para a condução da água de chuva para o reservatório.



FIGURA 01 – Vista aérea da cobertura da residência apresentada no Estudo de Caso – Ubá,  
FONTE: DO AUTOR, 2015.

A área de captação ou área do telhado da edificação é considerada um dado importante para este estudo, por tratar-se de uma das variáveis de entrada do programa que será utilizado para o dimensionamento do reservatório de água pluvial (figura 01).

### 5.4. Dados Pluviométricos

Os dados pluviométricos utilizados neste trabalho foram fornecidos pela COPASA. Estes dados foram coletados na Estação de Tratamento de Água (ETA) Peixoto

Filho, localizada no Bairro Córrego Ubá Pequeno, na cidade de Ubá, em Minas Gerais.

A escolha da ETA Peixoto Filho se deu por sua proximidade à edificação em estudo e possuir grande volume de informação. Os dados fornecidos incluem informações sobre precipitações diárias de 11 (onze) anos consecutivos, referentes ao período de Janeiro de 2003 a Dezembro de 2013.

### 5.5. Dados de Consumo de Água

De acordo com a demanda de água da família, que deve ser considerada como uma diretriz do projeto do sistema de captação de água pluvial, ficou estabelecida que a água de chuva fosse utilizada para os seguintes fins:

- lavagem de carros
- lavagem do piso da garagem e área externa
- rega de jardins

Para mensurar o volume de água da concessionária utilizada para os fins estabelecidos, fez-se um ensaio "in loco", com a instalação de um hidrômetro e a leitura do consumo de água em cada atividade. Ficou estabelecido que os usuários da residência coletassem os dados durante a realização das tarefas do cotidiano. Foram coletados três amostras de cada atividade para estabelecer uma média de uso para cada atividade (tabela 01).

ATIVIDADE	CONSUMO 01	CONSUMO 02	CONSUMO 03	MÉDIA
Lavagem de veículos	132 litros/lavagem	121 litros/lavagem	148 litros/lavagem	134 litros/lavagem
Lavagem da garagem e área externa	3,2 litros/m <sup>2</sup> /lavagem	3,0 litros/m <sup>2</sup> /lavagem	1,8 litros/m <sup>2</sup> /lavagem	3 litros/m <sup>2</sup> /lavagem
Rega de jardins	3,1 litros/m <sup>2</sup> /rega	2,7 litros/m <sup>2</sup> /rega	3,7 litros/m <sup>2</sup> /rega	3,2 litros/m <sup>2</sup> /rega

TABELA 01 – Tabela de consumo de água, com dados levantados "in loco" para as atividades de lavagem de veículos, lavagem da garagem, lavagem de área externa e rega de jardim, FONTE: DO AUTOR, 2015.

Em entrevista com a família e através do ensaio ``in loco`` realizado nos dias 10,11 e 12 de Novembro de 2015, chegamos aos seguintes valores de consumo mensal de água para cada atividade listada (tabela 02).

ATIVIDADE	ÁREA	PERIODICIDADE (semana)	CONSUMO	CONSUMO MENSAL (litros/mês)
Lavagem de veículos	3 carros	1 x semana	134 litros/veículo	1.749
Lavagem da garagem e área externa	402 m <sup>2</sup>	1 x semana	3 litros/m <sup>2</sup>	5.246
Rega de jardins	54 m <sup>2</sup>	3 x semana	3,2 litros/m <sup>2</sup>	2.255
TOTAL				9.250

TABELA 02 – Atividade, área, período, consumo e consumo mensal de água; Para o cálculo da periodicidade tomou-se como valor de referencia 4,35 semanas por mês, *FONTE: DO AUTOR, 2015.*

A família optou por um projeto que menos interviesse no interior da edificação. Sendo assim, o uso de água de chuva em equipamentos como vaso sanitário e pia, foi descartado.

## 5.6. Análise sucinta dos métodos de cálculo

Segundo RUPP et al. (2011, pag. 48), o dimensionamento da capacidade do reservatório para armazenamento de água pluvial é um dos pontos críticos na implantação do sistema, pois geralmente é um dos itens mais caros na implantação, impactando significativamente no tempo de retorno do investimento, e é o principal fator a influenciar na confiabilidade do sistema, ou seja, desempenha um papel importante em evitar ocorrências em que a quantidade de água no reservatório é insuficiente para atender a demanda.

A norma NBR 15527 (ABNT, 2007), sugere a utilização de um dos seguintes métodos de cálculo para dimensionamento de reservatório:

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

Segundo Thomaz (2003) o método de Rippl caracteriza-se pela utilização das séries históricas de precipitação, mensal ou diária, mais longas possíveis, transformadas em vazões que alimentam o reservatório.

Já o método da simulação baseia-se na determinação do percentual de consumo que será atendido em função de um tamanho de reservatório previamente definido. Este método possibilita determinar a eficiência do sistema, pois os períodos em que o reservatório está suficientemente abastecido com água pluvial são relacionados com todo o período simulado.

A NBR 15527 (ABNT, 2007) recomenda ainda que, nesse método, a evaporação da água não seja levada em conta.

O método Azevedo Neto ou prático brasileiro, é o primeiro método empírico apresentado na NBR15527(2007,p.7), e caracteriza-se pelo uso da seguinte equação:

$$V = 0,042 \times P \times A \times T$$

Onde:

V é o volume de água no reservatório, ou o volume do reservatório de água pluvial (L);

P é a precipitação média anual (mm);

A é a área de captação em projeção no terreno (m<sup>2</sup>); e

T é o número de meses de pouca chuva ou seca.

No entanto, a NBR não especifica como determinar o número de meses de pouca chuva no método de Azevedo Neto, também conhecido como Prático Brasileiro.

No método prático alemão, o volume do reservatório de água pluvial será, simplesmente, o menor valor entre 6% do volume de água pluvial anual e 6% da demanda anual de água não potável (RUPP et al., 2011, p.53).

V adotado = mínimo (V x 0,06 e D x 0,06)

Onde:

V= volume de água pluvial anual

D= demanda anual de água não potável

V adotado= volume do reservatório

Já no método Prático Inglês, segundo a NBR15527 (ANBT,2007), o volume de chuva é obtido pela seguinte equação:

$$V = 0,05x P x A$$

Onde:

P é o valor numérico da precipitação média anual, expresso em milímetros (mm);

A é o valor numérico da área de coleta em projeção, expresso em metros quadrado (m<sup>2</sup>);

V é o valor numérico do volume de água aproveitável e o volume de água da cisterna, expresso em litros (L).

No último método sugerido pela NBR 15527 (ABNT, 2007), conhecido como método Prático Australiano, primeiramente se calcula o volume de água pluvial por meio da seguinte equação:

$$Q = A \times C \times (P - I)$$

Onde:

Q é o volume mensal de água pluvial (L);

A é a área de captação em projeção no terreno (m<sup>2</sup>);

C é o coeficiente de escoamento superficial (0,80);

P é a precipitação média mensal (mm); e

I é a interceptação da água que molha as superfícies e as perdas por evaporação (segundo recomendação da NBR 15527 (ABNT, 2007), consideraram-se 2 mm).

O cálculo do volume do reservatório é realizado por tentativas através da Equação abaixo (onde, para o primeiro mês, considera-se o reservatório vazio), até que seja alcançado um valor dentro de um intervalo de confiança de 90% a 99%.

$$V(t) = V(t-1) + Q(t) - D(t)$$

Onde:

V(t) é o volume de água pluvial que está no reservatório no fim do mês t (L);

V(t-1) é o volume de água pluvial que está no reservatório no início do mês t (L);

Q(t) é o volume de água pluvial no mês t (L); e

D(t) é a demanda mensal de água não potável (L).

Quando  $(V(t-1) + Q(t) - D(t)) < 0$ , então  $V(t) = 0$ .

A confiança Cf é estimada por meio da Equação:

$$C_f = 1 - N_r/N$$

Onde:

$N(r)$  é o número de meses em que o reservatório não atendeu à demanda; e

$N$  é o número de meses considerado (geralmente 12 meses).

Existe ainda métodos computacionais para o dimensionamento de caixa d'água, como o software Netuno (2004), desenvolvido pela Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, e validado por Rocha (2009).

O programa permite que se façam simulações do potencial de economia de água potável tanto para um volume de reservatório quanto para diversos volumes, ao mesmo tempo. O programa gera gráficos que possibilitam analisar comparativamente o potencial de economia para diferentes volumes de reservatórios, facultando ao usuário escolher o volume mais adequado a suas necessidades. (RUPP et al., 2011)

“A metodologia utilizada neste software, baseia-se em modelos comportamentais, ou seja, a simulação é feita para um conjunto de variáveis conhecidas. Esses modelos diferem, por exemplo, de modelos estocásticos” (GHISI E CORDOVA, 2014, pág.05).

### **5.7. Escolha do método de cálculo do reservatório**

De acordo com pesquisa realizada por Rupp (2015) constatou-se que alguns métodos indicados pela NBR 15527, não são adequados para algumas condições de precipitação, podendo levar à instalação de reservatórios subdimensionados ou superdimensionados.

Segundo a pesquisa os Métodos de Rippl, da Simulação e Prático Australiano, somente foi possível dimensionar os reservatórios nos casos em que, durante o período considerado, a demanda de água pluvial supera seu volume mensal captado.

Concluiu-se que nos métodos de Rippl, da Simulação, Prático Alemão e Prático Australiano, os volumes de reservatório resultantes aumentam com a demanda de água pluvial. Ou seja, aumentando-se a demanda, a capacidade necessária no reservatório também será maior, sem necessariamente implicar um maior potencial de economia de água potável. Nos dimensionamentos pelos métodos Azevedo Neto e Prático Inglês, os volumes dos reservatórios foram sempre constantes, independentemente da demanda de água pluvial, variando apenas em função da precipitação. (RUPP et al., 2015)

Ao comparar os volumes de reservatórios dimensionados em cada método levando em consideração o melhor volume em termos de potencial de economia de água potável, Rupp (2015) constatou que os métodos de Rippl, Simulação e Azevedo Neto resultam em reservatórios maiores do que o ideal.

No entanto, não há aumento no potencial de economia de água potável. Os volumes de reservatório obtidos pelo método Prático Inglês foram superdimensionados nos casos em que a precipitação é alta, e subdimensionados quando a precipitação é baixa. Na situação de baixa precipitação, o método Prático Alemão também subdimensiona os reservatórios. Nos casos em que foi possível utilizar o método Prático Australiano, os reservatórios também foram subdimensionados. (RUPP et al., 2015)

Diferente dos métodos abordados na norma NBR15527, no programa Netuno o dimensionamento do reservatório se ajusta em função da demanda de água pluvial e o regime de precipitação. O autor da pesquisa ainda afirma que o dimensionamento pelo software, ajusta-se de forma mais racional quando comparado aos demais métodos da norma (RUPP et al., 2015).

Além disso, o Netuno fornece o potencial de economia de água potável em função do volume do reservatório de água pluvial.

Sendo assim, para a estimativa do volume ideal do reservatório de água pluvial no presente estudo, optou-se pelo uso do programa computacional Netuno.

O processo de validação empírico, utilizando o software Netuno, só foi possível devido à obtenção de dados reais de consumo de água da família considerada. A estimativa do volume ideal resultante leva em consideração, as áreas de cobertura da edificação, o consumo de água per capita, a precipitação na região, o coeficiente de perdas e o percentual de água potável usada para fins não potáveis que poderia ser substituída por água pluvial (MARINOSKY, 2007).

O algoritmo do programa desenvolvido para verificar o potencial de economia de água potável obtido pelo uso de água de chuva, foi utilizado para estimar a economia apresentada para diferentes volumes de reservatório até se alcançar o mais viável.

``Além da simulação de sistemas de captação de águas pluviais, o Netuno também permite a realização de análises econômicas para o sistema simulado. Com a detalhada modelagem desenvolvida, pode-se obter estimativas precisas dos custos e economias envolvidos``. (DE GHISI e CORDOVA, 2014, p.5)

### **Programa Computacional Netuno**

O programa Netuno trabalha com dados que permitem uma modelagem adequada do sistema.

Para a simulação do reservatório de água pluvial, o programa pede os dados diários de precipitação, através de um arquivo em formato CSV. As simulações são calculadas nessa base e os resultados são apresentados em base diária e mensal, a fim de facilitar a análise de comportamentos sazonais do sistema. (DE GHISI e CORDOVA, 2014)

Outros dados de entrada importantes são a área de captação, que segundo a NBR10844 (ABNT,1989) é dada pela soma das áreas das superfícies que interceptam e conduzem a chuva, a demanda total de água, que representa a quantidade de água necessária para atender as necessidades dos usuários da

edificação, que pode ser um dado fixo, onde se define a demanda diária de água potável per capita, ou variável, onde a demanda pode ser diária (em litros per capita/dia) ou mensal (litros/mês), além do número total de moradores.

O percentual de demanda total a ser suprida por água pluvial é um dado definido a partir de estudos sobre usos finais de água em edificações e representa a porcentagem da demanda de água que pode ser suprida por água pluvial, possibilitando o cálculo da demanda total de água pluvial.

Uso interno	Unidades	Faixa de consumo	
		Mínimo	Máximo
Vazão chuveiro elétrico	Litros/segundo	*	0,08
Torneira de banheiro	Litros/segundo	*	0,10
Torneira de cozinha	Litros/segundo	*	0,10
Descarga na bacia	Litros/segundo	6	12
Maquina de lavar roupas	Carga/pessoa/dia	0,20	0,30
Uso externo	Unidades	Faixa de consumo	
Gramado ou Jardim	Litros/dia/m <sup>2</sup>	*	2
Lavagem de carros	Litros/lavagem/carro	1	150
Lavagem de carros: frequência	Lavagem/mês	*	2
Mangueira de jardim ½" X20m	Lavagem/dia	*	50
Manutenção de piscina	Litros/dia/m <sup>2</sup>	*	3
Perdas p/ evaporação em piscina	Litros/dia/m <sup>2</sup>	2,5	5,75
Reenchimento de piscina	5 anos	1	2
Tamanho da casa	m <sup>2</sup>	30	450
Tamanho do lote	m <sup>2</sup>	125	750

TABELA 03 – Parâmetros de demanda residencial para estimativa do consumo de água potável , FONTE: Tomaz, 2000.

O coeficiente de escoamento superficial é utilizado para representar o percentual do volume total de precipitação que é coletado pelo sistema de água pluvial e por isso desconsidera-se o volume de água pluvial perdido por absorção e evaporação ao atingir a superfície de captação. O mesmo vai depender principalmente do tipo de superfície de captação de água pluvial, como telha cerâmica, telha metálica, etc..

Para a entrada de dados no Netuno é necessário determinar a existência ou não de um reservatório superior. Caso esse não exista se supõem que a água pluvial armazenada é consumida diretamente do reservatório inferior. Caso exista, considera-se que a água pluvial é armazenada no reservatório inferior, recalçada para o reservatório superior e destinada aos pontos de consumo.

Já o reservatório inferior, o Netuno permite a entrada deste dado como Reservatório com volume definido pelo usuário, através da opção “Simulação para reservatório com volume conhecido” ou Reservatório não definido ou definido pelo Netuno, através da opção “Simulação para reservatórios com diversos volumes”.

No caso da adoção de “Simulação para reservatórios com diversos volumes”, deve-se definir o volume máximo da simulação e o intervalo entre volumes, onde o resultado será um gráfico de potencial de economia de água potável por meio de uso de água pluvial em função dos diversos volumes do reservatório inferior.

Além do gráfico de potencial de abastecimento por água pluvial, também podem ser gerados gráficos de consumo de água pluvial, volume extravasado, e atendimento da demanda de água pluvial.

Feito isso, o usuário pode determinar o volume ideal por meio de análise visual do gráfico de potencial de economia de água potável versus volume do reservatório inferior, obtido na simulação.

O Netuno também permite verificar a viabilidade financeira do sistema. Através de dados relativos ao custo de construção e manutenção, e das economias de água, é possível criar um fluxo de caixa.

Para uma análise de fluxo de caixa, além dos custos iniciais, de construção, (reservatórios, motobomba, tubulações, mão-de-obra) e os custos de operação e manutenção, (energia consumida pelas motobombas, desinfecção de água armazenada e limpeza), são necessárias as seguintes variáveis:

- Período de análise: número de anos para realizar a análise econômica;
- Inflação: estimativa mensal da inflação;

- Período de reajuste dos custos de manutenção e das tarifas de água e energia;
- Taxa mínima de atratividade: em base mensal;
- Mês de instalação do sistema de captação de águas pluviais.

As tarifas de cobrança de água potável são utilizadas pelo Netuno para o cálculo da economia financeira mensal ao se utilizar um sistema de aproveitamento de água pluvial.

Além da tarifa de água, deve-se escolher o tipo de custo referente à tarifa de esgoto. Esta tarifa pode ser fixa, em que se insere o valor em R\$, ou variável (em % do valor total da conta sem a tarifa de esgoto).

O cálculo do custo total da conta de água depende do tipo de tarifa de esgoto.

A interface de entrada de tarifas de água e esgoto, intitulada "Tarifas de água e esgoto", apresenta os seguintes campos e opções:

- Volume (m³):** Um campo de texto com o rótulo "Abaixo de" e um ícone de seta para baixo, seguido por um campo de entrada de valor e um botão "Custo fixo".
- Custo (R\$):** Um campo de entrada de valor e um botão "Adicionar".
- Tarifa de esgoto:** Duas opções de radio button: "Fixa" e "Variável".
- Custo (R\$):** Um campo de entrada de valor.
- Imposto fixo (R\$):** Um campo de entrada de valor.
- Imposto variável (%):** Um campo de entrada de valor.
- Botões "Limpar dados" e "Concluir" na base da interface.

Figura 02- Interface para entrada de tarifas de água, tarifas de esgoto e impostos. Fonte: DO AUTOR,2016.

Após preencher os dados referentes às tarifas de água e esgoto, é possível obter as estimativas iniciais de consumos e economias mensais de água, mostradas na figura 03.



Mês	Consumo total mensal (litros)	Consumo de água pluvial (litros)	Consumo de água potável (litros)	Volume de água pluvial recalcado (litros)	Valor da conta sem utilização de água pluvial (R\$)	Valor da conta com utilização de água pluvial (R\$)	Economia mensal (R\$)
Jan							
Fev							
Mar							
Abr							
Mai							
Jun							
Jul							
Ago							
Set							
Out							
Nov							
Dez							

Figura 03- Estimativas iniciais de consumos e economias mensais de água. Fonte: DO AUTOR,2016.

Esses valores consideram resultados da simulação com dados presentes na janela principal do Netuno, assim como os valores da conta de água com e sem a captação de água pluvial.

Após preencher os campos relativos aos custos iniciais e operacionais tem-se a simulação e o fluxo de caixa, com as seguintes informações;

- Valor presente líquido: permite comparar o investimento inicial (compra e instalação de equipamentos) com a economia futura na conta de água. Se esse valor for positivo, significa que o investimento é economicamente vantajoso;
- Tempo de retorno do investimento: tempo decorrido entre o investimento inicial e o momento no qual o lucro líquido acumulado se iguala ao valor desse investimento;
- Taxa interna de retorno: taxa de juros que iguala, em determinado momento do tempo, o valor presente das entradas (economia na conta de água) com o das saídas (custos de instalação e manutenção) previstas de caixa.

Além disso, o fluxo de caixa, formado pelas economias e custos mensais, pode ser visualizado através de dados detalhados ou simplificados em planilhas.

O software ainda permite realizar diversas simulações com pequenas variações nos parâmetros, como por exemplo variando os dados de precipitação, em casos onde se deseja comparar a construção de um sistema de captação de água pluvial em cidades diferentes.

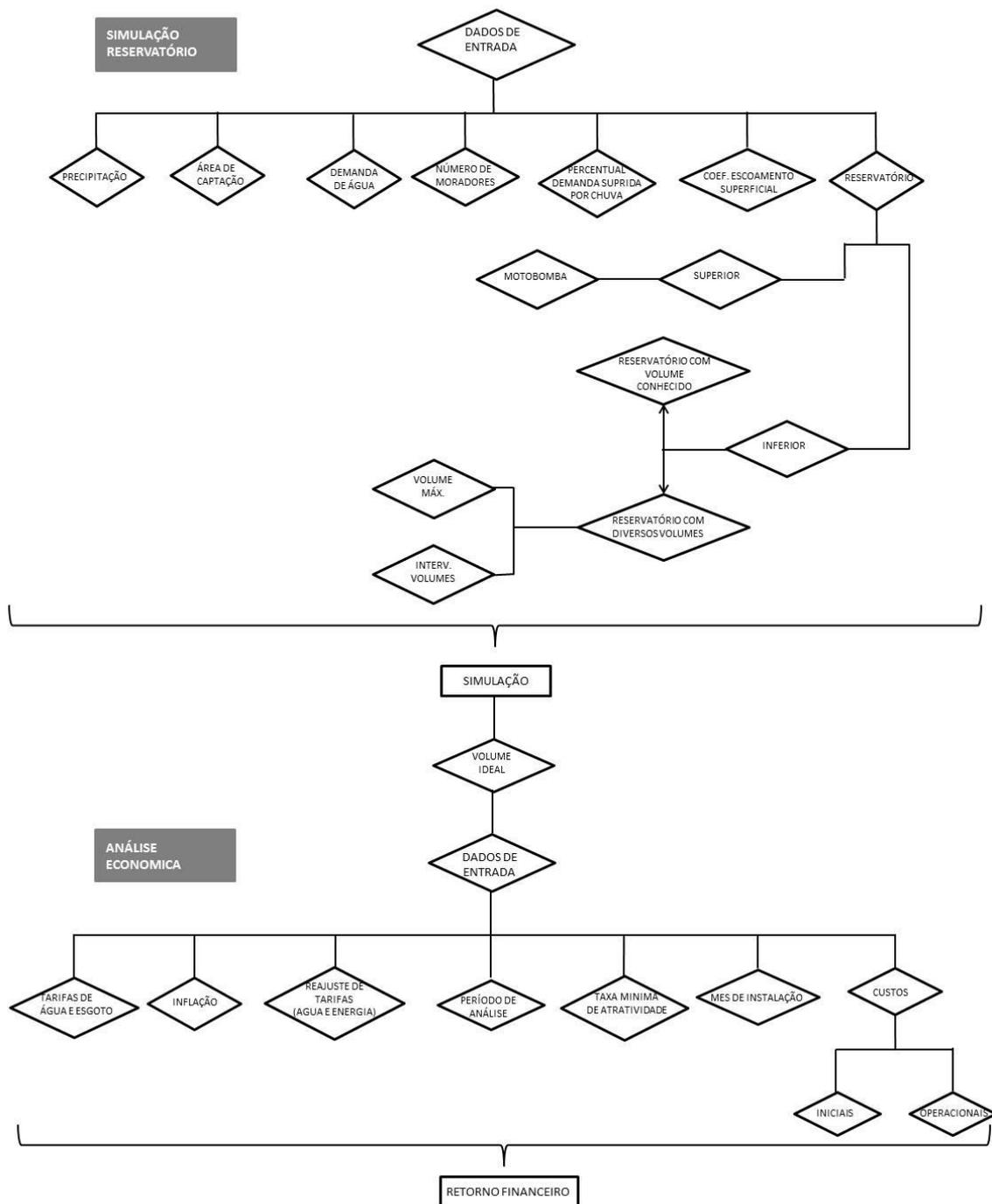


FIGURA 04 – Fluxograma do programa Netuno. FONTE: DO AUTOR, 2016.

## 6. APLICAÇÃO DO NETUNO

### 6.1. Cálculo e dimensionamento do reservatório

Usando o software Netuno, foi possível fazer a simulação computacional para estimar o potencial de economia de água potável com dados obtidos na residência em estudo.

Um dos dados de entrada necessários para o dimensionamento do reservatório de água pluvial é o Coeficiente de Escoamento Superficial que representa a perda de água por evaporação e absorção dos materiais que compõem a superfície de captação, assim como o descarte inicial de cada precipitação, para eliminar impurezas e resíduos indesejados na água pluvial. Diversos autores sugerem valores para este coeficiente em função do tipo de material da superfície de captação, como mostra a tabela 03 (Rocha, 2009, p.27- 28).

MATERIAL	COEFICIENTE	FONTE
Telha cerâmica	0,80 a 0,90	Frasier (1975) e Hofkes (1981) apud May (2004)
	0,75 a 0,90	Vaes e Berlamont (1999) apud May (2004)
	0,56	Khan (1995)
	0,60	Haught e Wyckoff (2006)
Telha metálica	0,70 a 0,90	Frasier (1975) e Hofkes (1981) apud May (2004)
	0,90 a 0,95	Waterfall (2004)
	0,85	Khan (1995)
Telha esmaltada	0,90 a 0,95	Vaes e Berlamont (1999) apud May (2004)
	0,85	Haught e Wyckoff (2006)
Telha de amianto	0,80 a 0,90	DTU (2002)
Telhado de palha	0,39	Khan (1995)
Telhado verde	0,27	Khan (2001) apud Tomaz (2003)
Alumínio	0,85	Haught e Wyckoff (2006)
Plástico	0,94	Khan (2001) apud Tomaz (2003)
Placa de pedra	0,80	Khan (1995)

TABELA 04 – Coeficiente de escoamento superficial para diferentes materiais da superfície de captação. ROCHA, Vinicius Luis, 2009, pág. 28.

No Brasil, independente do método utilizado para o dimensionamento do reservatório, para fins de aproveitamento de água pluvial, são utilizados coeficientes

que variam de 0,80 à 0,90 (HERNANDES et al. (2004), COELHO FILHO (2005), WERNECK (2006), GHISI E FERREIRA (2007), ROCHA (2009, pág.28).

Para o cálculo do reservatório no presente estudo de caso (tabela 03), foi estabelecido o valor de 0,9 para o coeficiente de escoamento. A escolha partiu do pressuposto do uso da água pluvial em atividades de baixa exposição a contaminantes, e alguns autores indicam este valor para superfícies coletoras do tipo telha cerâmica, material este utilizado na cobertura da residência em estudo.

DADOS	DESCRIÇÃO	VALOR	FONTE
<b>PRECIPITAÇÃO</b>	Precipitação diária com séries consecutivas. (1)	arquivo CSV	COPASA, 2015
<b>ÁREA DE CAPITAÇÃO</b>	Soma das áreas da superfície representada pela projeção horizontal da cobertura da edificação.	383 m <sup>2</sup>	DO AUTOR, 2015
<b>DESCARTE DO ESCOAMENTO INICIAL</b>	O descarte da primeira chuva faz-se necessário para evitar o carregamento de sujeira acumulada nos telhados para o reservatório. (2)	2mm	NBR 15527 (2007)
<b>DEMANDA TOTAL DE ÁGUA</b>	Quantidade de água da Concessionária que pode ser substituída por água pluvial, necessária para atender as necessidades dos usuários da edificação. (3)	308 litros per capita ao dia	DO AUTOR, 2015
<b>NÚMERO DE MORADORES</b>	Dado utilizado para calcular a demanda diária total de água para cada caso.	4 pessoas	DO AUTOR, 2015
<b>PERCENTUAL DE DEMANDA TOTAL A SER SUPRIDA POR ÁGUA PLUVIAL</b>	Esse dado é definido a partir de estudos sobre usos finais da água na edificação.	100%	DO AUTOR, 2015
<b>RESERVATÓRIO SUPERIOR</b>	Caso exista, considera-se que a água armazenada no reservatório inferior é recalçada para o reservatório superior, e destinada aos pontos de consumo.	-	-
<b>SIMULAÇÃO PARA RESERVATÓRIOS COM DIVERSOS VOLUMES</b>	Volume máximo	10000L	DO AUTOR, 2015
	Intervalo entre volumes (litros)	500L	
<b>(Intervalo da Simulação)</b>			

TABELA 05 – Dados de entrada do programa computacional Netuno.

1) No seguinte estudo coletou-se os dados no período de 1 (primeiro) de Janeiro de 2003 à 31( trinta e um) de Dezembro de 2013, de precipitação pluviométrica diária.

2) Segundo a NBR15527(2007), ``na falta de dados, recomenda-se o descarte de 2mm da precipitação inicial.``

3) A demanda corresponde ao volume de água gasto durante a lavagem de carros, rega de jardins e lavagem da garagem e área externa.

Para a obtenção do percentual de demanda total de água a ser substituída por água pluvial, o autor do trabalho instalou um hidrômetro numa saída de água na residência. O proprietário da residência foi instruído a fazer o levantamento da quantidade de água utilizada para rega de jardim, lavagem de carros e lavagem da garagem e área externa.

Ficou estabelecido que o responsável por cada atividade, seja ela de rega, lavagem de carro ou piso, deveria realizar o uso da água na simulação como de costume e o proprietário anotaria a medição final para cada uso, com o objetivo de chegar a valores próximos da realidade do cotidiano dos usuários. Cada procedimento foi repetido por três vezes, e uma média foi retirada entre os valores obtidos, a fim de validar o experimento.

No projeto de captação de água do presente estudo de caso, não foi considerado a existência de um reservatório inferior, já que demandaria uma moto-bomba para recalcar a água para o segundo pavimento, o que deixaria o projeto mais oneroso. Sendo assim, a água de chuva captada foi conduzida para o reservatório de armazenamento localizado no segundo pavimento da casa, e utilizada apenas no primeiro pavimento da edificação, para lavagem de carros e garagem e a rega de jardim.

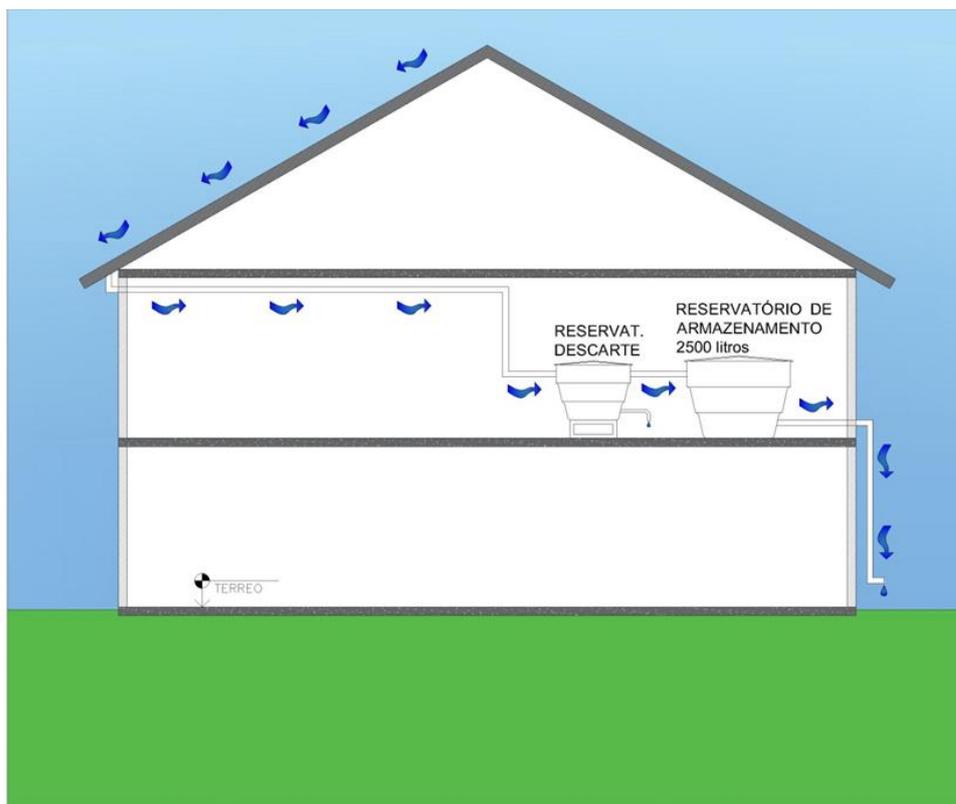


FIGURA 05 – Desenho esquemático da localização do reservatório de descarte e reservatório de coleta de água pluvial, no segundo pavimento da edificação. *FONTE: DO AUTOR, 2016.*

É importante lembrar que sendo necessário o bombeamento a um reservatório superior para o abastecimento, o mesmo deve atender a norma NBR 12214 (ABNT, 2007 – Comissão de Estudo Especial Temporária de Aproveitamento de Água de Chuva), LIMA e MACHADO (2008).

Adotou-se como separador de primeiras águas, um reservatório de descarte, com capacidade correspondente a 2mm de precipitação na superfície de captação. Sendo a área da superfície de captação de 383m<sup>2</sup>, o volume de água destinado ao descarte inicial é de 766 litros, utilizou-se uma caixa com o valor aproximado de 750 litros (figura 06).

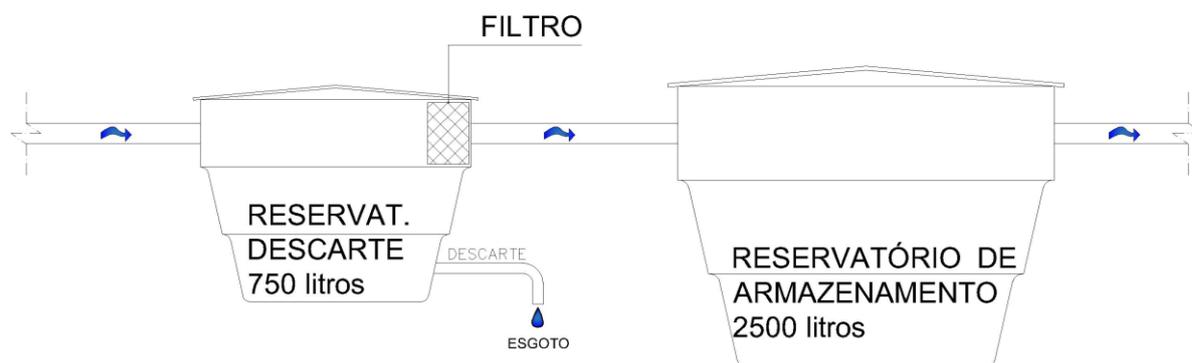


FIGURA 06 – Desenho esquemático do reservatório de descarte e reservatório de coleta de água pluvial, não dimensionado.  
 FONTE: DO AUTOR, 2016.

Após inserir os dados no Netuno fez-se necessário a escolha do tipo de simulação adotada, seja ela por reservatório com volume conhecido ou simulação para reservatórios com diversos volumes. Optou-se, neste trabalho, pela simulação para reservatórios de diversos volumes, afim de garantir uma análise eficiente levando em consideração as diretrizes projetuais.

Ao inserir os dados da simulação com diversos volumes, obteve-se um gráfico que indica o potencial de economia de água potável de acordo com o volume do reservatório (gráfico 01). Através da análise deste gráfico, foi escolhido um reservatório de armazenamento com capacidade para 2500 litros, com um potencial de economia de 63,10% de água. A escolha partiu do pressuposto que a partir de 2500L teríamos uma estabilização do potencial de economia de água, não justificando assim a adoção de reservatórios com dimensões mais elevadas.

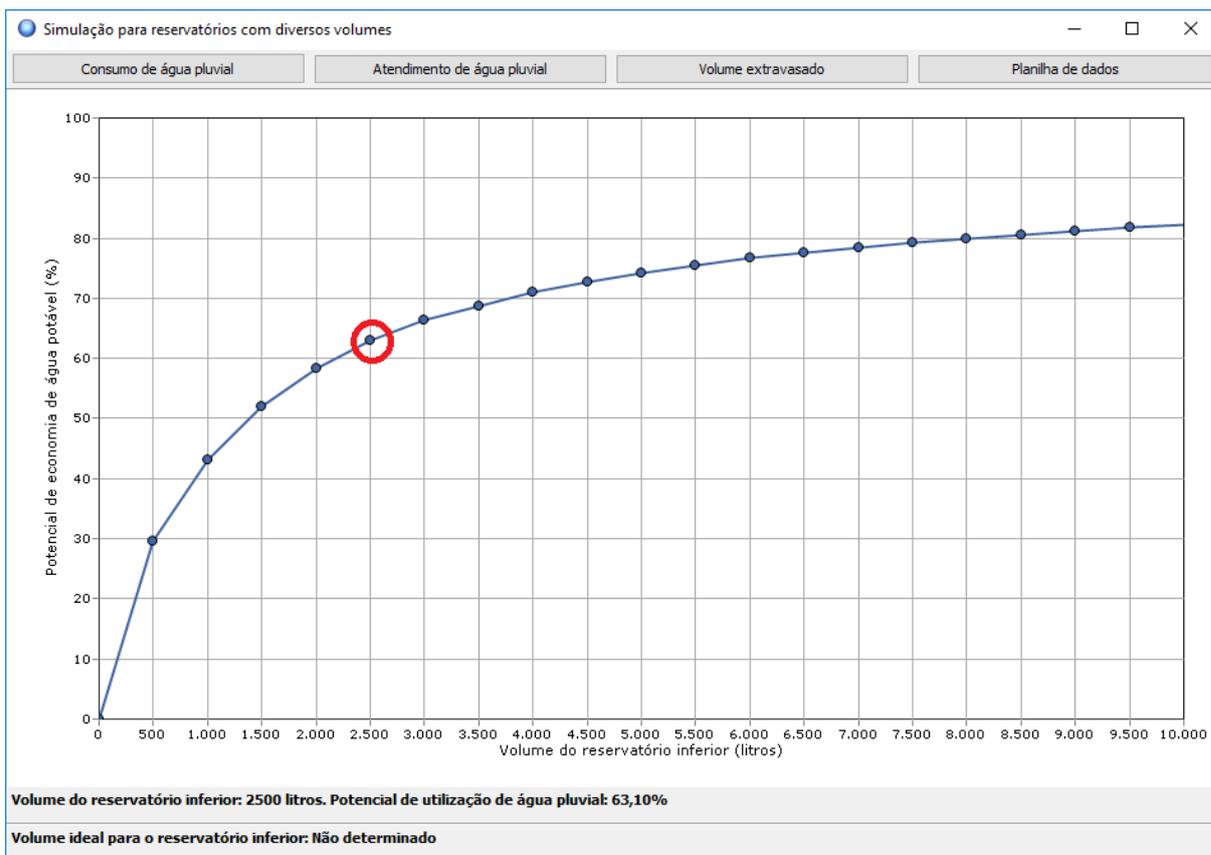


GRAFICO 01 – Gráfico do potencial de economia de água potável, pela aplicação do NETUNO, analisando um volume de reservatório de 2500 litros. FONTE: DO AUTOR, 2016.

## 6.2. Dimensionamento dos componentes hidráulicos

Para o dimensionamento dos componentes hidráulicos (tubos e calhas), utilizou-se o software Sisccoh, disponibilizado pela Universidade Federal de Minas Gerais. O software baseia-se na entrada de dados como vazão, Coeficiente de Manning, e declividade, que resultam em parâmetros hidráulicos de seção em rede tubular ou canal aberto.

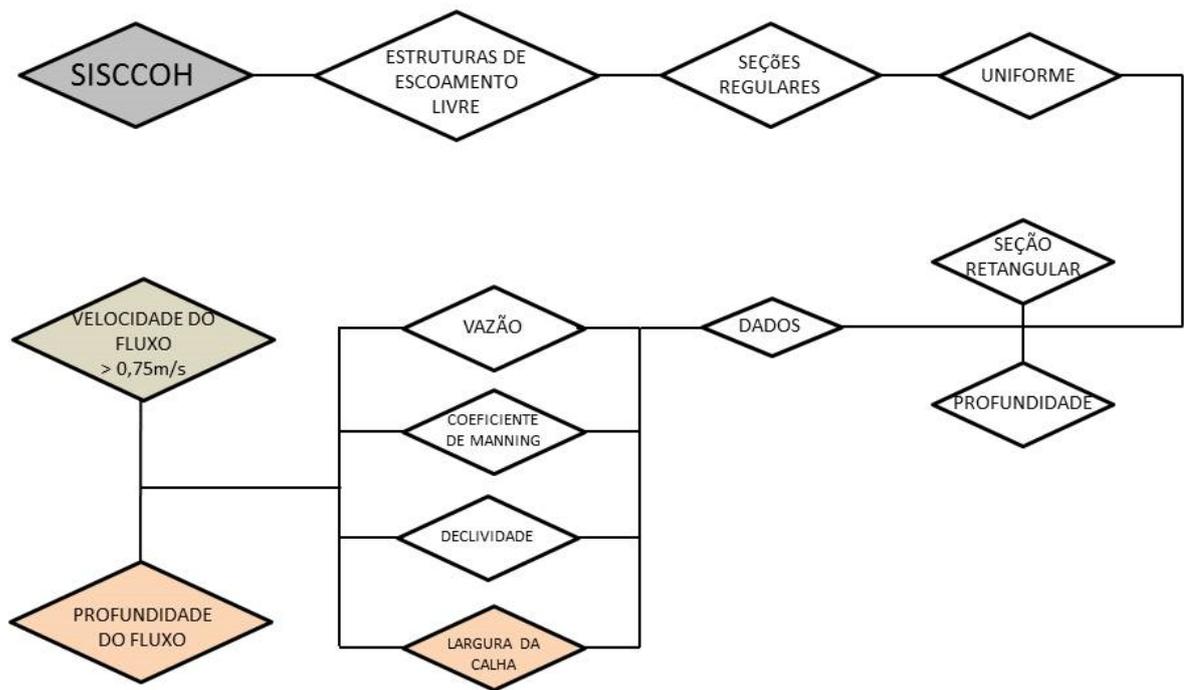


FIGURA 07 – Fluxograma do programa Sisccoh. FONTE: DO AUTOR, 2016.

A área total da superfície de captação foi dividida em duas seções que abastecem cada uma um setor de calhas (figura 08).

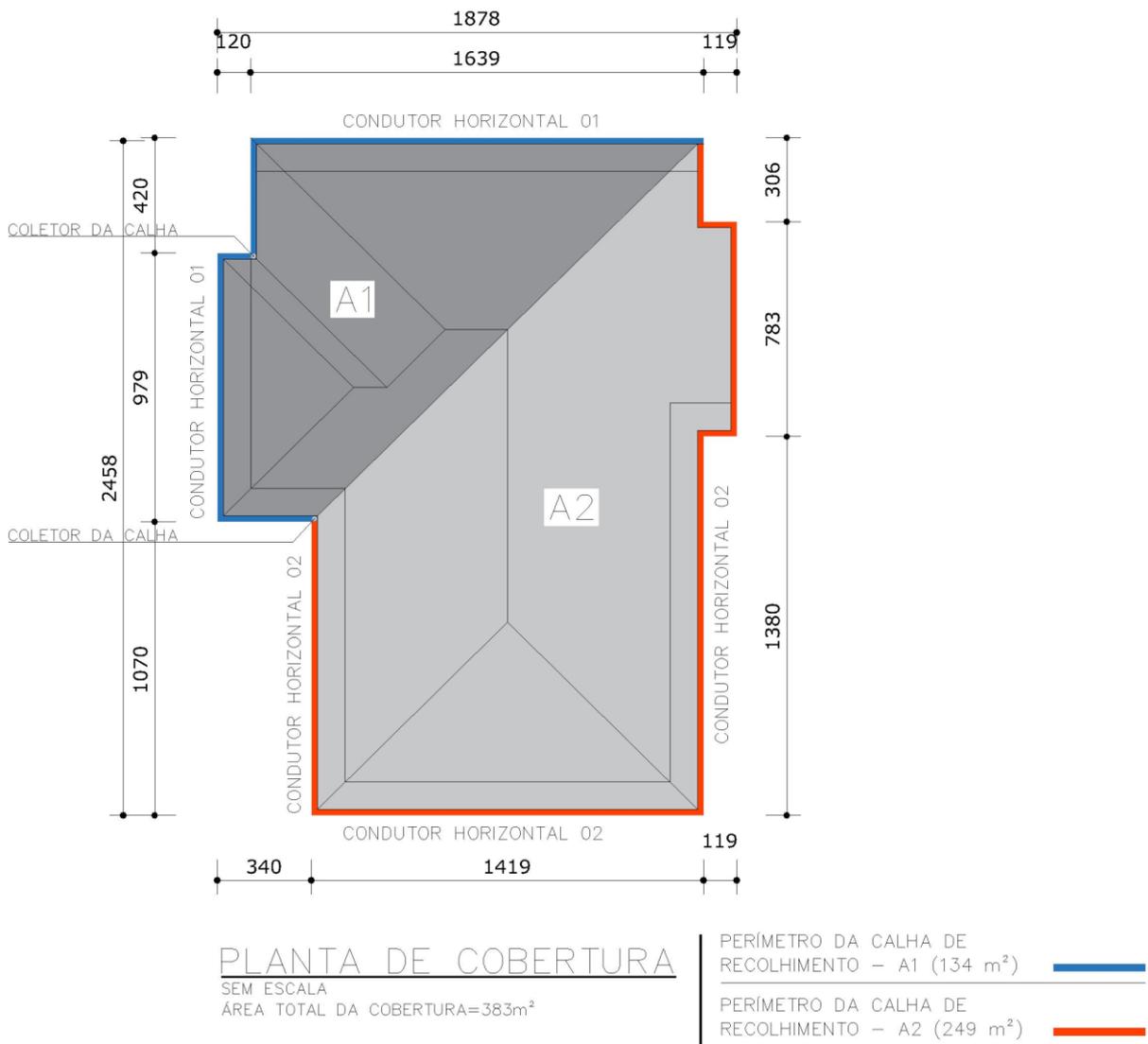


FIGURA 08 - Perímetro das calhas de recolhimento, FONTE: DO AUTOR,2016.

### 6.3. Cálculo da seção da calha para A1

$$Q = ixA/60$$

Sendo:

Q= Vazão de projeto, m<sup>3</sup>/min

i= Intensidade pluviométrica, em mm/h

A= Área de contribuição

$$Q1 = 222 \times 134/60 = \mathbf{496 \ell/min}$$

$$Q1 = 496 \ell/min = \mathbf{0,00826 m^3/s}$$

Após calcular a vazão de projeto, fez-se necessário o levantamento dos seguintes variáveis para dimensionar a calha:

**1. T (Período de retorno) = 5 anos**

Obs.: Segundo a NBR10844, 5 anos é o período de retorno para área a ser drenada do tipo cobertura e/ou terraço. Segundo a norma o período de retorno (T) corresponde ao número médio de anos, em que para a mesma duração de precipitação, uma determinada intensidade pluviométrica é igualada ou ultrapassada apenas uma vez.

**2. Intensidade pluviométrica= 222 mm/h**

Obs. Para o estabelecimento da intensidade pluviométrica, é preciso definir o período de retorno e a localização do projeto. Foi considerada a intensidade pluviométrica na cidade de Barbacena (NBR10844), município mais próximo de Ubá, citado na tabela de Chuvas Intensas no Brasil.

**3. Declividade= 0,5%**

Obs.: Os condutores horizontais devem ser projetados segundo a NBR10844, sempre que possível, com declividade uniforme, com valor mínimo de 0,5%. Sendo assim, manteve-se este valor para o projeto das calhas.

**4. Coeficiente de rugosidade= 0,012**

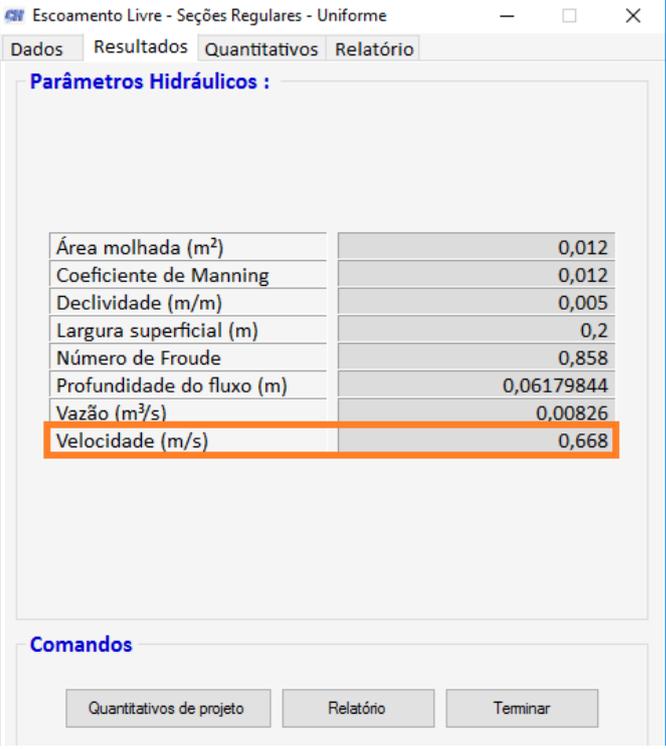
Obs.: Foi considerado o valor para calhas metálicas lisas de acordo com a tabela de Coeficientes de Rugosidade de Manning (NBR10844).

No software Siscoh, escolheu-se a opção de cálculo para estruturas de escoamento livre, do tipo calha retangular, utilizando os seguintes valores de entrada:

- Vazão= 0,00826 m<sup>3</sup>/s
- Coef. Manning= 0,012
- Declividade= 0,5% = 0,005m/m = 5mm/m

- Largura da calha (escolhida)= 20cm = 0,2m

Obs.: A largura da calha é escolhida através da análise da Profundidade do Fluxo, para que este não tenha valor elevado o suficiente para inviabilizar o projeto e a velocidade do fluxo, para que seja atingido o valor mínimo de escoamento em m/s.



Parâmetros Hidráulicos :	
Área molhada (m <sup>2</sup> )	0,012
Coefficiente de Manning	0,012
Declividade (m/m)	0,005
Largura superficial (m)	0,2
Número de Froude	0,858
Profundidade do fluxo (m)	0,06179844
Vazão (m <sup>3</sup> /s)	0,00826
Velocidade (m/s)	0,668

Comandos

Quantitativos de projeto    Relatório    Terminar

FIGURA 09 – Parâmetros hidráulicos fornecidos pelo programa computacional Sisccoh, destacando-se a velocidade de escoamento de 0,6m/s, FONTE: DO AUTOR,2016.

O resultado não foi satisfatório, pois a velocidade do fluxo foi menor que 0,75m/s, chegando apenas a 0,68 m/s. Segundo a Secretaria Municipal da Coordenação de Política Urbana e Ambiental, 0,75 m/s é considerado a velocidade mínima aceitável nas redes de seção retangular. Para adequar a velocidade do Fluxo teríamos de aumentar a inclinação da calha que passaria para 0,7%, o que no entanto, tornaria a calha muito profunda, já que temos trechos com mais de 16 (dezesesseis) metros de extensão.

Fez-se então a análise do resultado para o setor de calhas A2.

#### 6.4. Cálculo da seção da calha para A2

$$Q = ixA/60$$

$$Q_2 = 222 \times 249/60 = 921 \text{ ℓ/min}$$

$$Q_2 = 921 \text{ ℓ/min} = 0,01535 \text{ m}^3/\text{s}$$

Após calcular a vazão de projeto, fez-se necessário o levantamento dos seguintes variáveis para dimensionar a calha A2:

1. **T** (Período de retorno) = 5 anos
2. Intensidade pluviométrica= 222 mm/h
3. Declividade= 0,5%
4. Coeficiente de rugosidade= 0,012

No software Siscoh, fez-se o cálculo para estruturas de escoamento livre, do tipo calha retangular, utilizando os seguintes valores de entrada:

- **Vazão= 0,01535 m<sup>3</sup>/s**
- Coef. Manning= 0,012
- Declividade= 0,005m/m
- Largura da calha (escolhida)= 20cm = 0,2m (definido por tentativa)

O resultado obtido com a largura superficial sugerida foi satisfatório, pois a velocidade do fluxo foi maior que 0,75m/s.

Parâmetros Hidráulicos :	
Área molhada (m <sup>2</sup> )	0,019
Coefficiente de Manning	0,012
Declividade (m/m)	0,005
Largura superficial (m)	0,2
Número de Froude	0,812
Profundidade do fluxo (m)	0,09696651
Vazão (m <sup>3</sup> /s)	0,01535
Velocidade (m/s)	0,792

FIGURA 10 – Parâmetros hidráulicos fornecidos pelo programa computacional Sisccoh, destacando-se a velocidade de escoamento de 0,7m/s, FONTE: DO AUTOR,2016.

Além disso, foi gerado o valor da Profundidade do Fluxo de 9,6 cm, que foi arredondado para 10 cm. Definiu-se a altura final da calha considerando que a profundidade do fluxo ( $y/D$ ) atingiu no máximo 80% da altura total (Tomaz, 2013), garantindo a borda livre. Sendo assim, a altura final da calha foi de 12,5cm.

- Dimensões da calha na A2 = 20 cm x 12,5cm

As dimensões das calhas no perímetro de A2 também serão utilizadas nas calhas no perímetro de A1, por questões estéticas, para manter a padronização das dimensões. A opção pela dimensão de A2 foi também devido a sua maior robustez, suprimindo à necessidade de ambas as áreas envolvidas no cálculo.

## 6.5. Cálculo da seção para tubos

No software Sisccoh, fez-se o cálculo para estruturas de escoamento livre, do tipo tubular circular.

$$Q = ixA/60$$

Sendo:

Q= Vazão de projeto, m<sup>3</sup>/min

I= Intensidade pluviométrica, em mm/h

A= Área de contribuição (A2)

1.  $Q_1 = 0,00918 \text{ m}^3/\text{s}$

Adotou-se a vazão de A2, já que para o cálculo da seção das calhas também adotou-se este valor.

2. Coef. Manning= 0,012

3. Declividade= 0,02cm/m

Obs.: Utilizou-se a declividade mínima de 2% (2 mm/m) para tubos de PVC de acordo com a NBR-10.844 - Instalações Prediais de Águas Pluviais.

4. Diâmetro (escolhido) = 0,12m

Obs.: A largura do tubo é escolhida através da análise pelo software da relação entre Vazão, declividade e Coeficiente de Manning adotados, para que seja atingido o valor abaixo e aproximado de  $y/D = 0,8$ .

Como a relação  $y/D$  ( $y$ = profundidade da lâmina d'água,  $D$ = diâmetro do tubo), não pode ser maior que 0,8 (LLORET e RODOLFO (2004, p.23), várias prefeituras, autor) e o resultado foi abaixo deste valor (0,62), então a declividade e o diâmetro sugeridos estão corretos.

Parâmetros Hidráulicos :	
Área molhada (m <sup>2</sup> )	0,007
Coefficiente de Manning	0,012
Declividade (m/m)	0,02
Diâmetro (m)	0,12
Número de Froude	1,578
Profundidade do fluxo (m)	0,07451531
Relação Y/D	0,621
Vazão (m <sup>3</sup> /s)	0,00918
Velocidade (m/s)	1,244

FIGURA 11 – Parâmetros hidráulicos fornecidos pelo programa computacional Sisccoh, destacando-se a relação Y/D de 0,6, FONTE: DO AUTOR,2016.

Como no mercado não se encontra tubos de 120 mm, a dimensão adotada para os tubos foi de 150 mm ( $\emptyset$ ).

É importante mencionar que quanto mais próximo a relação Y/D estiver de 0,8, maior será o aproveitamento da tubulação, e conseqüentemente mais econômico será o sistema.

## 6.6. Análise econômica de implantação do sistema

Para a análise de viabilidade econômica de implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial neste trabalho, utilizou-se o software Netuno.

Para isso foram necessárias a coleta de dados de entrada referentes a (tabela 05):

1. Tarifas de água e esgoto;
2. Custos com materiais utilizados e os custos de implementação (reservatório superior, mão de obra, tubulações e acessórios);
3. Custos operacionais (custo de operação de moto-bomba, se houver, limpeza da caixa d'água, dentre outros).

DADOS DE ENTRADA - ANÁLISE ECONÔMICA			
DADO	DESCRIÇÃO	VALOR	FONTE
TARIFA DE ÁGUA	Tarifas da COPASA para diferentes faixas de consumo, e Tarifa Fixa aplicada a toda instalação independente do consumo.	Fixo = R\$14,15 0 a 5m³= R\$ 0,74 > 5 a 10m³= R\$ 2,788 > 10 a 15m³= R\$ 5,839 > 15 a 20m³= R\$ 6,820 > 20 a 40m³= R\$ 7,158 > 40 m³= R\$ 12,056	ARSAE, 2016
TARIFA DE ESGOTO	Obs.: Por decisão do Tribunal de Justiça de Minas Gerais, a COPASA não pode cobrar Tarifa de esgotos até a conclusão integral do sistema de tratamento.		SINESCONTÁBIL, 2016
INFLAÇÃO	Considerou-se o IGPM (Índice Geral de Preços do Mercado) em Março de 2016.	0,51%	CALCULADOR, Abril de 2016
REAJUSTE DAS TARIFAS DE ÁGUA	Como o projeto de captação de água pluvial do caso em estudo não utiliza moto bomba, não houve necessidade de consultar o reajuste das tarifas de energia elétrica.	12 meses	ARSAE, 2016
PERÍODO DE ANÁLISE	O período de análise foi baseado na taxa de depreciação de um imóvel residencial, segundo a Instrução Normativa da Secretaria da Receita Federal, levando também em consideração a idade da edificação em estudo.	5 anos	DO AUTOR, 2016
TAXA MÍNIMA DE ATRATIVIDADE	Essa taxa representa o mínimo que o investidor se propõem a ganhar com o investimento. Considerou-se como Taxa Mínima de Atratividade, a taxa básica de juros da SELIC (Sistema Especial de Liquidação e de Custódia), pois o proprietário como	14,25% a.a.  ou  1,1163 % a.m.	DO AUTOR, 2016

	investidor, entende que este é um parâmetro justo e relevante.		
MÊS DE INSTALAÇÃO DO SISTEMA DE CAPATAÇÃO DE ÁGUA PUVIAL	Procurou-se um mês de pouca chuva e de baixa temperatura para não atrapalhar a instalação e garantir o conforto térmico dos trabalhadores.	Maio	DO AUTOR, 2016
<b>CUSTOS INICIAIS</b>			
<b>DADO</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>VALOR</b>	<b>FONTE</b>
RESERVATÓRIO	Custo do reservatório.	R\$ 1000,00	DO AUTOR, 2016
MÃO DE OBRA	Custo da mão de obra	R\$ 1400,00	DO AUTOR, 2016
TUBULAÇÕES	Custo das tubulações	R\$ 389,00	DO AUTOR, 2016
ACESSÓRIOS	Custo dos acessórios. São considerados acessórios filtros, válvulas de descarte, dentre outros.	R\$ 1028,00	DO AUTOR, 2016
<b>CUSTOS OPERACIONAIS</b>			
<b>DADO</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>VALOR</b>	<b>FONTE</b>
LIMPEZA DA CAIXA D'ÁGUA	Para a periodicidade de limpeza da caixa d'água, utilizou-se como base a Lei 6673 (CAMARA MUNICIPAL DE BELO HORIZONTE, 1994), que define que a limpeza de caixas d'água localizadas em residências unifamiliares deve ocorrer a cada 6 meses.	R\$ 190,00/mês (R\$ 1.140,00 a cada 6 meses)	DO AUTOR, 2016

TABELA 06 - Dados de entrada do software Netuno para a análise de viabilidade econômica.

No levantamento dos custos de investimento em materiais e implementação do sistema, fez-se à cotação com três fornecedores e serviços para cada produto da região e obteve-se uma média do custo estimado de cada produto disponível no mercado (tabela 05).

<b>PRODUTOS</b>	<b>PREÇO MÉDIO DE MERCADO</b>
Calha de alumínio – 86,50 metros	R\$ 777,00

Tubo de pvc : ▪ 18,00 metros (Ø= 150 mm) ▪ 4,50 metros (Ø= 40 mm)	R\$ 389,00
Caixa d'água de Polietileno com tampa (2500 litros) <i>Reservatório de armazenamento</i>	R\$ 1.000,00
Caixa d'água de Polietileno com tampa (750 litros) <i>Reservatório de descarte de primeiras águas</i>	R\$ 250,00
Filtro (malha de polietileno-30mm, 1m <sup>2</sup> )	R\$ 1,00
Custo mão de obra	R\$ 1400,00

TABELA 07 – Levantamento de custos de matérias e mão de obra. FONTE: DO AUTOR, 2016.

Além disso, como já previamente determinado não houve a necessidade de utilizar uma moto-bomba no projeto em questão, e não será necessário utilizar um sistema de desinfecção de água armazenada, devido ao tipo de uso da água proposto no estudo. É importante enfatizar que tais medidas reduzem os custos operacionais.

O Netuno também exige a determinação de custos operacionais, que se limitou nesta pesquisa à limpeza da caixa d'água. Na pesquisa de mercado descobriu-se que o preço médio para este serviço é de R\$190,00 mensal.

É importante salientar que o programa Netuno prevê a atualização dos custos iniciais e operacionais, para a vida útil da instalação, levando em conta uma previsão de inflação, taxa de juros e taxa de atratividade, já mencionadas na Tabela 05.

Foi estabelecido no Período de Análise (Tabela 05), um prazo de 5 anos, que não se mostrou um prazo hábil para o retorno financeiro do investimento.

Volume do reservatório inferior: 2500 litros Modificar volume  
Definir tarifas de água e esgoto Estimativas de consumo de água  
 Inflação (% ao mês)  
 0,51  
 Reajuste das tarifas de água e energia elétrica (meses)  
 12  
 Período de análise (anos) Taxa mínima de atratividade (% ao mês)  
 5 1,1163  
 Mês de instalação do sistema de captação de águas pluviais  
 Mai  
**Costos iniciais**  
 Reservatórios / Tubulações / Mão de obra  
**Costos operacionais**  
 Motobomba  
 Manutenção / Tratamento de água / Outros  
Calcular Economia e custos mensais  
**Valor presente líquido: R\$ -4585,09**  
**Não há retorno financeiro no período analisado.**  
**Taxa interna de retorno: -24,70% ao mês**  
Limpar análise econômica

FIGURA 12 – Análise econômica obtida através do software Netuno, sem tarifa de esgoto. *FONTE: DO AUTOR, 2016.*

Como a cidade de Ubá não possui rede de esgoto e tratamento adequado, a empresa responsável pelo fornecimento de água no município não cobra por tal serviço.

Considerando hipoteticamente a presença do serviço de esgoto pela concessionária responsável, podemos simular e avaliar se há viabilidade no uso do sistema de coleta e uso de água na existência de taxa de esgoto. Para isso, pegamos como exemplo uma conta de água da COPASA de uma residência (ANEXO B), localizada em Belo Horizonte, cidade onde é cobrada tarifa de esgoto. De acordo com a conta de água da COPASA BH, a tarifa de esgoto corresponde a 90% do valor da água na tarifa.

Na nova simulação realizada foram mantidos todos os dados originais da simulação sem tarifa de esgoto; E mantendo os mesmos cinco anos de Período de Análise, o resultado continuou negativo, demonstrando que mesmo com a adição da tarifa de esgoto na análise, a implementação de um sistema de uso de água de chuva na residência em estudo é financeiramente desvantajosa.

<b>ECONOMIA MENSAL SIMULAÇÃO NETUNO</b>		
<b>MES</b>	<b>SIMULAÇÃO SEM TARIFA DE ESGOTO (R\$)</b>	<b>SIMULAÇÃO COM TARIFA DE ESGOTO (R\$)</b>
Janeiro	12,68	24,09
Fevereiro	10,10	19,20
Março	12,68	24,09
Abril	11,82	22,46
Mai	12,68	24,09
Junho	9,90	18,82
Julho	5,48	10,41
Agosto	6,35	12,06
Setembro	9,55	18,14
Outubro	12,68	24,09
Novembro	11,82	22,46
Dezembro	12,68	24,09

TABELA 08 – Levantamento de custos de matérias e mão de obra. *FONTE: DO AUTOR, 2016.*

Podemos, no entanto, afirmar através da comparação dos dados de economia mensal em ambos os casos analisados no Netuno, que a economia no valor da conta de água chega a ser o dobro com a tarifa de esgoto (tabela 08).

Após a simulação e análise financeira com a tarifa de esgoto e sem a tarifa de esgoto, uma terceira simulação foi realizada alterando outros dados de entrada do software. Ao invés de considerar quatro moradores e dividir o volume de água diário consumido por cada morador, fez-se a análise desconsiderando o número de moradores, levando em consideração apenas o consumo mensal total de água da concessionária a ser substituída por água pluvial, de 9250 litros, presente na tabela 02.

Chegando assim a um novo gráfico de Potencial de Economia de Água Potável por Volume do reservatório, que demonstrou uma melhora do Potencial de economia se comparado ao gráfico analisado anteriormente. Escolheu-se, utilizando o mesmo

critério de análise da curva, um reservatório de 3500 litros, que permite um potencial de utilização de água pluvial de 68,81%.

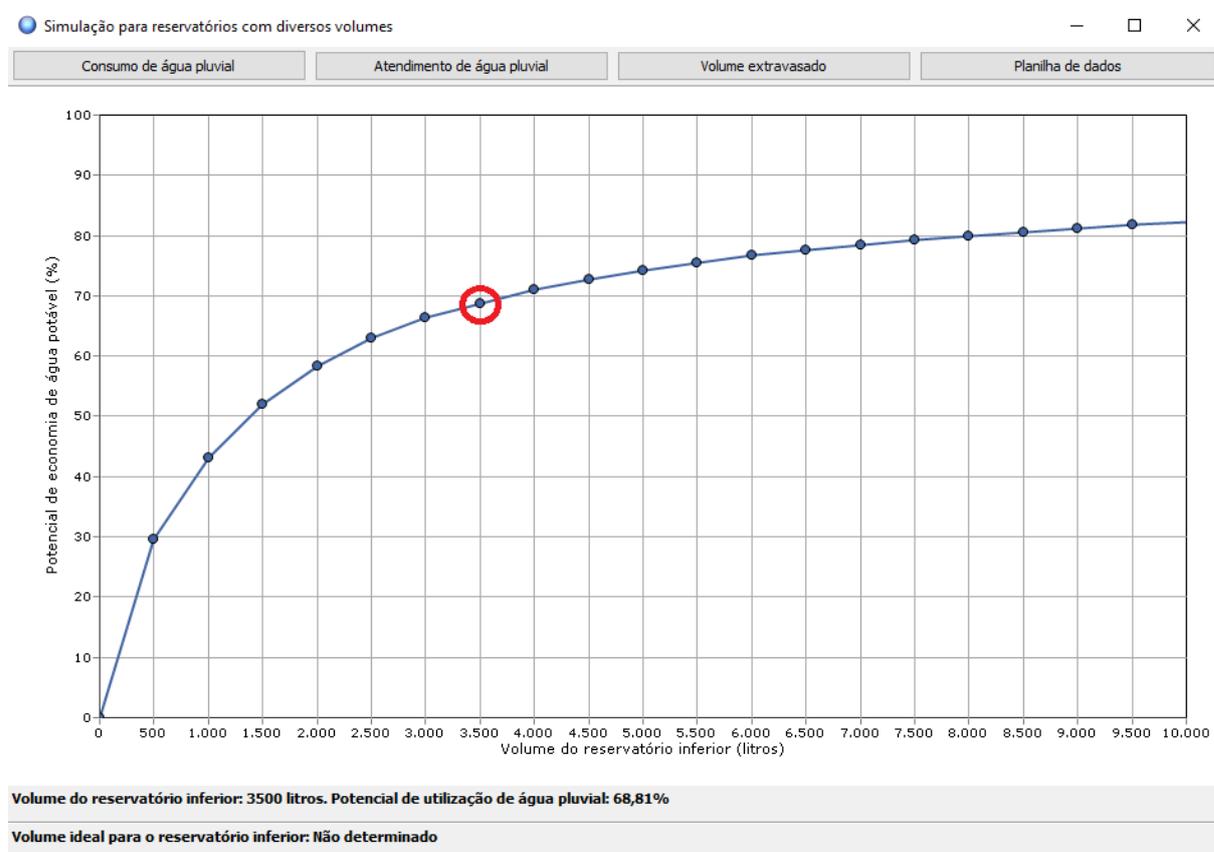


GRAFICO 02 – Gráfico do potencial de economia de água potável, pela aplicação do NETUNO, analisando um volume de reservatório de 3500 litros. FONTE: DO AUTOR, 2016.

Ao dar início há uma nova análise econômica definimos um período de análise do retorno de investimento de cinquenta anos, período máximo permitido pelo software como dado de entrada.

Mesmo com o aumento do potencial de economia de água e a análise do retorno do investimento por um período significativamente maior que o inicial, o resultado continuou negativo, como podemos confirmar na figura 13.

Análise Econômica ×

Volume do reservatório inferior: 5000 litros Modificar volume

Definir tarifas de água e esgoto Estimativas de consumo de água

Inflação (% ao mês)

Reajuste das tarifas de água e energia elétrica (meses)

Período de análise (anos) Taxa mínima de atratividade (% ao mês)

Mês de instalação do sistema de captação de águas pluviais

∨ **Custos iniciais**

Reservatórios / Tubulações / Mão de obra

∨ **Custos operacionais**

Motobomba

Manutenção / Tratamento de água / Outros

Calcular Economia e custos mensais

**Valor presente líquido: R\$ -6579,16**

**Não há retorno financeiro no período analisado.**

**Taxa interna de retorno: -23,37% ao mês**

Limpar análise econômica

FIGURA 13 – Análise econômica obtida através do software Netuno, com tarifa de esgoto. *FONTE: DO AUTOR, 2017.*

## 7. RESULTADOS

Através deste estudo foi estimado o potencial de economia de água potável obtido por meio da implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em uma residência localizada em Ubá.

Inicialmente, a fim de estimar os usos finais da água, mediu-se os consumos a serem substituído por água pluvial, nas atividades de rega de jardim, lavagem de veículos e lavagem de piso da garagem, atividades estas definidas pelo próprio morador a fim de evitar obras dispendiosas na edificação.

A estimativa do consumo de água em cada atividade ocorreu através de medições feitas pelos próprios moradores, com um hidrômetro instalado para este fim. O consumo da atividade foi medido por três vezes e o resultado em consumo médio de cada uma delas. O baixo número de amostras de medição é justificado pela dificuldade que os moradores tinham em lembrar de executar a medição por hidrômetro no momento em que eles realizavam as tarefas cotidianas.

A economia foi estimada pelo levantamento do consumo em cada atividade selecionada para uso de água pluvial. Verificou-se que há captação e armazenamento suficientes para esta substituição. O programa Netuno utiliza estes dados e complementa com informações adicionais.

Na adoção do método de simulação para reservatórios com diversos volumes, constatou-se que um reservatório de 2500 litros funcionou de forma eficiente na captação de água pluvial, obtendo-se um potencial de economia de água potável de 63%. Em relação aos consumos necessários uma caixa d'água acima de 2500 litros apresentou-se superdimensionada, indicando ineficiência.

Através dos softwares Netuno e Siscoh, determinaram-se a viabilidade econômica e a dimensão dos componentes hidráulicos, calhas e tubos, utilizados no sistema. Foi possível fazer a estimativa do consumo de água mensal, constatando que janeiro, março, maio, outubro e dezembro são os meses de maior economia no consumo de água potável, com um valor estimado em R\$12,68, enquanto Julho seria de menor, com economia mensal de R\$5,48. Uma queda no valor mensal de R\$12,68 não influencia no cotidiano de uma família de classe média alta, como é o caso da família em estudo, porém poderia influenciar o cotidiano de uma família de classe baixa.

Ao analisar o potencial econômico da adoção do sistema de coleta e uso da água de chuva é necessário estabelecer o período de análise, ou seja, o número de anos para realizar a análise do sistema. Optou-se por adotar o período de cinco anos, prazo estabelecido com base na instrução normativa da Receita Federal que determinou como prazo de vida útil de uma edificação 25 (vinte e cinco) anos. Como

a residência já possui 20 (vinte) anos considerou-se o restante do tempo necessário para o início da depreciação do imóvel, ou seja, cinco anos.

O resultado da análise de viabilidade econômica foi que em cinco anos não haveria o retorno financeiro do investimento.

Como a análise não contemplava custos com tarifa de esgoto, já que em Ubá não havia tal serviço prestado pela concessionária responsável pelo abastecimento de água, uma nova simulação foi realizada levando em consideração a tarifa de esgoto de Belo Horizonte, que corresponde a 90% do valor da tarifa de água tratada, e mesmo assim o sistema continuou se mostrando economicamente inviável, provando assim a inviabilidade econômica do sistema para o caso em estudo.

Observou-se também que ao excluir os custos de limpeza semestral da caixa d'água houve uma queda expressiva do valor presente líquido, com uma diferença entre valores de R\$1.390,38, na análise econômica de cinco anos, o que demonstra que a limpeza da caixa d'água tem grande influência no resultado final da viabilidade econômica do sistema; Mas não o suficiente neste caso, para tornar o sistema de captação de água pluvial financeiramente atrativo.

Por fim, uma terceira análise considerando o volume total de água levantado para os fins de rega de jardim, limpeza da garagem e lavagem de carros, totalizando 9.250 litros, foi realizada considerando apenas um morador, no intuito de chegar a um resultado econômico satisfatório.

No entanto, mesmo analisando por um período de cinquenta anos, tempo limite considerado pelo software, não houve retorno financeiro.

## **8. CONCLUSÃO**

Apesar de no caso em estudo, a família optar por um projeto que menos interviesse no interior da edificação, é necessário ponderar que na atual situação da cidade de Ubá, com a escassez de água e conseqüente desabastecimento das residências, e

a importância da água para a realização das tarefas do cotidiano de qualquer família, o sistema poderia ter sido superdimensionado para suprir todas as atividades da residência, mesmo que isso significasse maior custo com material, equipamentos, mão-de-obra, ou tratamento da água.

Como o fornecimento de água potável é um serviço essencial à vida, a segurança contra a falha de abastecimento torna o uso da água de chuva uma opção vantajosa, e a captação adequada da mesma amplia seu uso nas diversas atividades estabelecidas no cotidiano da família.

No caso apresentado neste trabalho a água pluvial poderia ainda ser utilizada na lavagem de piso na interior da residência, máquina de lavar roupa, uso em piscina, etc., ampliando assim o seu consumo e melhorando a atratividade na adoção do sistema.

É importante salientar que a captação de água de chuva em grandes volumes é reconhecida como uma medida ecologicamente eficiente na prevenção de sobrecarga do sistema de escoamento de água urbano, erosões e possíveis inundações. Tais eventos trazem prejuízos humanos e materiais, afetando uma grande parcela da população brasileira, que vive em áreas de risco.

A coleta de água de chuva contribui para a conservação de água potável, contribui para a economia de energia, que é gasta na operação dos sistemas de abastecimento urbano, e apresenta-se como uma opção sustentável de abastecimento quando comparada a exploração de água do lençol freático, devendo ser estimulado seu uso como fonte alternativa de abastecimento e suas técnicas disseminadas por ambientalistas e profissionais da área da construção civil.

Jacobi (1999, p. 180) expõe que a concepção de “sustentabilidade implica uma necessária inter-relação entre justiça social, qualidade de vida, equilíbrio ambiental e a necessidade de desenvolvimento com capacidade de suporte”.

Sendo assim, mesmo não se apresentando como uma medida economicamente viável no estudo de caso proposto, a utilização da água de chuva no abastecimento de residências é uma prática de grande importância socioambiental e necessita de maior atenção nas políticas públicas voltadas para a preservação do meio ambiente, que compreendam a perspectiva de um efeito multiplicador na sociedade e na articulação entre as questões orientadas para a melhoria socioambiental, da proteção e recuperação dos cursos d'água e da educação ambiental como um todo; O recurso torna-se uma importante ferramenta de conscientização para a crise hídrica ao tempo em que promove a formação de agentes de mudanças e multiplicadores de ações sustentáveis.

## 9. BIBLIOGRAFIA

COPASA; **Copasa Transparente**. Disponível em:

<<http://www.copasatransparente.com.br/index.php/economia-no-consumo-de-agua-na-regiao-metropolitana-de-belo-horizonte-atinge-145/>> Acesso em: 29 jun. 2015.

COPASA; **Copasa Transparente**. Disponível em:

<<http://www.copasatransparente.com.br/index.php/nova-direcao-da-copasa-pede-a-populacao-uma-reducao-de-30-no-consumo-de-agua/>> Acesso em: 16 jun. 2015.

COPASA; **Copasa Transparente**. Disponível em:

<<http://www.copasatransparente.com.br/index.php/residencias-sao-os-maiores-consumidores-da-copasa/>> Acesso em: 16 jun. 2015.

IBGE; **Cidades**. Disponível em:

<<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=316990>> Acesso em: 03 jul. 2015.

CERON, L.P. **A polêmica do sódio na água mineral**. Disponível em:

<<http://www.revistatae.com.br/noticialnt.asp?id=8260>> Acesso em: 20 out. 2015.

SINESCONTÁBIL; **STJ mantém proibição de cobrança de tarifa de esgoto dos consumidores de MG**. Disponível em:

<<http://www.sinescontabil.com.br/copasa.php>> Acesso em: 09 mai. 2016.

IGP-M; **Índice Geral de Preços do Mercado**. Disponível em:  
<<http://www.calculador.com.br/tabela/indice/IGP-M>> Acesso em: 10 abr. 2016.

Organização Pan Americana da Saúde; **Semana Mundial pela conscientização do consumo de sódio**. Disponível em:  
<[http://www.paho.org/bra/index.php?option=com\\_content&view=article&id=4797:semana-mundial-pela-conscientizacao-do-consumo-de-sodio&Itemid=821](http://www.paho.org/bra/index.php?option=com_content&view=article&id=4797:semana-mundial-pela-conscientizacao-do-consumo-de-sodio&Itemid=821)> Acesso em: 20 out. 2015.

Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos - UFMG; **Downloads**. Disponível em: <<http://www.ehr.ufmg.br/downloads/>> Acesso em: 08 abr. 2016.

ARSAE-MG; **Arsae-MG autoriza reajuste anual das tarifas da COPASA**. Disponível em: <<http://www.arsae.mg.gov.br/banco-de-noticias/story/158-arsae-mg-autoriza-reajuste-anual-das-tarifas-da-copasa>> Acesso em: 10 mai. 2016.

RUPP,R.F. ; MUNARIM, U.;GHISI,E. **Comparação dos métodos para dimensionamento de reservatórios de água pluvial. Ambiente Construído**. Porta Alegre,v.11, n.4, p.47-64,out./dez.2011.

HEINE, C.A. et al. **Monitoramento da Depleção e Detecção dos Limites de Exploração do Sistema Aquífero Guarani em Ivote (RS): uma aplicação de geoprocessamento no gerenciamento municipal do uso sustentável de recursos hídricos subterrâneos**,p.27-35, 2005. - BRASIL ESCOLA. Disponível em: <http://www.brasilecola.com/brasil/aquifero-guarani.htm>. Acessado em: jun. de 2015.

BRASILIA, ANEEL; **Atlas de energia elétrica no Brasil Disponível**. Brasília, 2002. v.1. Disponível em: <[http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/atlas\\_par2\\_cap3.pdf](http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/atlas_par2_cap3.pdf)> Acesso em: jun. 2015.

ARSAE-MG. Resolução ARSAE-MG 82/2016: **Autoriza a Revisão Tarifária dos serviços públicos de abastecimento de água e de esgotamento sanitário prestados pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais – Copasa e dá outras providências**. Minas Gerais, Abril de 2016. 3f.

CAMARA MUNICIPAL DE BELO HORIZONTE. **Lei 6673 de 04 de Julho de 1994 - Estabelece Normas para assegurar a qualidade da água armazenada em Reservatórios de Instituições diversas e dá outras providencias.** Belo Horizonte, 1994.

FARIA, I. **O que são usinas hidrelétricas `` a fio d'água`` e quais os custos inerentes à sua construção?**. Maio de 2012. Disponível em: <[www.brasil-economia-governo.org.br](http://www.brasil-economia-governo.org.br)> Acesso em: 01 dez. 2016.

GHISI, Enedir; CORDOVA, M.M. **Netuno 4.0: Manual do usuário. Programa computacional.** 2014. Disponível em: [www.labee.ufsc.br](http://www.labee.ufsc.br). Acesso em: 19 ago. 2015.

Jacobi, P. (1999). **Cidade e Meio Ambiente.** São Paulo: Annablume Editora.

T.W.D.B. The Texas Water Manual on Rainwater Harvesting. Texas Water Development Board. Austin, Texas, 2005.Third Edition.

KUMAR, A.; SINGH, Sudhir. **Domestic Rooftop Harvesting: A Case Study.** *ARNP Journal of Engineering and Applied Sciences*,v.4,n.1,p. 31-35,ago. 2009.

LIMA, R.; MACHADO, Thiago. **Aproveitamento de Água Pluvial: análise do custo de implementação do sistema em edificações.** 45f. Trabalho de conclusão de curso – Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário da Fundação de Barretos, Barretos, 2008.

LLORET, C.; RODOLFO,F. **Condutos livres – Notas de aulas do curso PHD 2301 Hidráulica 1.** Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, São Paulo, 2004, 54 p.

MARINOSKI, A. **Aproveitamento de Água Pluvial para fins não Potáveis em Instituição de Ensino: Estudo de caso em Florianópolis – SC.** 106f. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

MACOMBER, P.S.H. Guidelines on Rainwater Catchment Systems for Hawaii. Department of Natural Resources and Environmental Management. **College of Tropical Agriculture and Human Source**. University of Hawaii at Manoa, 2001.

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

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria nº 2914, de 12 de dezembro de 2011. **Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade**. Diário Oficial da União, Brasília, n.239, 14 de dezembro de 2011. Seção 1, p.38-46.

MORUZZI, Rodrigo; OLIVEIRA, Samuel; GARCIA, Marcelo. **Na integrated analysis for reservoir volume calculation in Rainwater Harvesting System**. Sustainable Building 2010 Brazil, Campinas- São Paulo, nov. 2010, 8p.

- RIO DE JANEIRO. NBR 15527, de 24 de setembro de 2007. **Água de chuva- Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis- Requisitos**. Associação Brasileira de Normas Técnicas do Rio de Janeiro, RJ, 20 out. 2007, 8 p.

- RIO DE JANEIRO. NBR 10844, Dezembro de 1989. **Instalações prediais de águas pluviais**. Associação Brasileira de Normas Técnicas do Rio de Janeiro, RJ, dez. 1989, 13 p.

- ROCHA, Vinicius Luis. **Validação de um algoritmo para avaliação do potencial de economia de água potável e dimensionamento de reservatórios de sistemas de aproveitamento de água pluvial em edificações**. 2009.149 f. Dissertação (Mestrado em Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2009.

SANTOS,V. **Episódios Pluviométricos Intensos: Um estudo de caso sobre o município de Ubá/MG**. 2013. 116 f. Trabalho de conclusão de curso - Curso de Geografia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2013.

SCOMURBE et al. **Instrução Técnica para elaboração de Estudos e Projetos de Drenagem Urbana do Município de Belo Horizonte**. Belo Horizonte, 2004.

SECRETARIA DA RECEITA FEDERAL, Instrução Normativa SRF nº162 – **Fixa prazo de vida útil e taxa de depreciação dos bens que relaciona**, publicada no DOU de 07/01/1999, 1998. 17f.

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

THOMAZ, P. **Aproveitamento de Água Pluvial**. São Paulo: Navegar, 2003.

THOMAZ, P. **Curso de manejo de águas pluviais**. Capítulo 5- Microdrenagem. Guarulhos, 11 de out. de 2013.

# ANEXO A - Conta de água da COPASA

<b>COPASA</b>	<b>NOTA FISCAL / FATURA DE SERVIÇOS</b>		DPSE/DTAR 662 000362 316990051 02 42 43 080
	Companhia de Saneamento de Minas Gerais Rua Mar de Espanha, 525 - Santo Antônio - Belo Horizonte - MG / CEP: 30.330-900 CNPJ: 17.281.106/0001-03 - Insc. Est.: 062.000139,00-14		
AGÊNCIA MAIS PRÓXIMA	AV ARI BARROSO 300 JARDIM GLORIA De 08:00 as 12:00 e 14:00 as 18:00		<b>Fale com a COPASA 115</b>

Pag.: 01/01

REFERÊNCIA DA FATURA				IDENTIFICADOR USUÁRIO	MATRÍCULA	
Número	Data de Emissão	Data de Apresentação	Mês:	0 003 379 804 6	0 001 629 247 2	
001.14.02977838-3	16/01/2014	21/1 /2014	01/2014			
HIDRÔMETRO	LEITURA		CONSUMO FATURADO	PRÓXIMA LEITURA	QUANTIDADE DE UNIDADES ATENDIDAS	
Y12N 0319646	Atual	Anterior	m <sup>3</sup>	11/02/2014	Serviço	Social
	446	369	Litros		Residencial	Comercial
	14/01/2014	13/12/2013	77		1	
			Dias de Consumo: 32	Água		
				Esgoto		

HISTÓRICO DE CONSUMO			TARIFA									
CÁLCULO RESIDENCIAL												
Volume Faturado Litros	Dias entre medições	Média Diária Litros	Faixas de consumo em 1.000 litros	Consumo da faixa em 1.000 litros	Unidades Atendidas	Volume Total	R\$ / Mil Litros Água	Valor Água R\$	R\$ / Mil Litros Esgoto	Valor Esgoto R\$	Sub Total R\$	
Jan/2014	77.000	32	2.406	MINIMO	6,00	1	6,00	—	13,75	—	0,00	13,75
Dez/2013	48.000	31	1.548	6 A 10	4,00	1	4,00	2,29	9,17	0,00	0,00	9,17
Nov/2013	45.000	29	1.551	10 A 15	5,00	1	5,00	4,46	22,30	0,00	0,00	22,30
Out/2013	48.000	32	1.500	15 A 20	5,00	1	5,00	4,47	22,35	0,00	0,00	22,35
Set/2013	49.000	30	1.633	20 A 40	20,00	1	20,00	4,49	89,86	0,00	0,00	89,86
Ago/2013	42.000	29	1.448	40 A 99999	37,00	1	37,00	8,24	304,91	0,00	0,00	304,91
Jul/2013	38.000	31	1.225									
Jun/2013	41.000	30	1.366	<b>SOMA</b>	<b>77,00</b>		<b>77,00</b>	<b>23,95</b>	<b>462,34</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>462,34</b>
Mai/2013	44.000	30	1.466									
Abr/2013	43.000	32	1.343									
Mar/2013	41.000	28	1.464									
Fev/2013	47.000	30	1.566									

CONSUMO MÉDIO			DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS / LANÇAMENTOS									
ABASTECIMENTO DE AGUA												
m <sup>3</sup>	litros											
44	44000											
SEU CONSUMO/CUSTO DIÁRIO												
2.406 litros de água												
Água	Esgoto											
14,44	0,00											

DEBITO AUTOMÁTICO BANCO COOPERATIVO DO BRASIL SA AG. 5631 FATURA VENCIDA EM 07/01/2014 LIQUIDADADA		VENCIMENTO 02/02/2014	TOTAL A PAGAR *****R\$462,34
INFORMAÇÕES SOBRE A QUALIDADE DA ÁGUA (Párr. N° 2014-Min. da Saúde-Dec. N° 5440)			
Período:	11/2013	Número de Amostras	
	Cloro	Coliformes Totais	Cor
Minimo	89	89	10
Analísadas	89	89	10
Fora Padrões	0	0	0
Dentro Padrões	89	89	10
Observações:	Significado dos parâmetros: vide verso		

INFORMAÇÕES GERAIS				
USO ATÍPICO DE ÁGUA, CONFORME RESOLUCAO 003 ARSAE-MG. VERIFIQUE VAZAMENTO.		O FUTURO QUE SONHAMOS CONSTRUIMOS COM NOSSAS ATITUDES. CUIDE BEM DA ÁGUA E DA VIDA. FELIZ 2014.		
COBRANCA DE MULTA DE 2%, JUROS DE MORA, ATUALIZACAO MONETARIA, EMISSAO DE AVISO DE DEBITO E SUSPENSAO DO FORNECIMENTO.				
Em caso de ordem de pagamento, mencionar o número dessa fatura.				(Autenticar no verso)
MATRÍCULA 00016292472	NÚMERO DA FATURA 001.14.02977838-3	MÊS / REF. 01/2014	VENCIMENTO 02/02/2014	TOTAL A PAGAR *****R\$462,34

<b>COPASA</b>	82630000004-7 62340019100-2 11402977838-7 33169900512-9
	

## ANEXO B - Tarifas da COPASA

<b>TARIFA</b>								
CÁLCULO RESIDENCIAL								
Faixas de consumo em 1.000 litros	Consumo da faixa em 1.000 litros	Unidades Atendidas	Volume Total	R\$ / Mil Litros Água	Valor Água R\$	R\$ / Mil Litros Esgoto	Valor Esgoto R\$	Sub Total R\$
		1			14,15		12,74	26,89
FIXA					3,70	0,67000	3,35	7,05
0 A 5	5,00 000	1	5,00	0,74000	13,94	2,51000	12,55	26,49
5 A 10	5,00 000	1	5,00	2,78800	29,20	5,25800	26,28	55,48
10 A 15	5,00 000	1	5,00	5,83900	34,10	6,13800	30,69	64,79
15 A 20	5,00 000	1	5,00	6,82000	143,16	6,44200	128,84	272,00
20 A 40	20,00 000	1	20,00	7,15800	506,35	10,85000	455,70	962,05
40 A 99999	42,00 000	1	42,00	12,05800	744,60		670,15	1.414,75
<b>SOMA</b>	<b>82,00 000</b>		<b>82,00</b>					

<b>DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS / LANÇAMENTOS</b>		
ABASTECIMENTO DE AGUA		744,60
ESGOTO DINAMICO COM COLETA E TRATAMENTO - EDT		670,15
COBRANCA PELO USO DE RECURSOS HIDRICOS - AGUA		0,98
COBRANCA PELO USO DE RECURSOS HIDRICOS - ESGOTO		0,11