

## ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA DE UTILIZAÇÃO DA ÁGUA PLUVIAL PARA O USO EM FINS NÃO POTÁVEIS: UM ESTUDO DE CASO DE UMA RESIDÊNCIA NO MUNICÍPIO DE BELÉM-PA

David Figueiredo Ferreira Filho(\*), Marcelo Beltrão da Silva Sovano, Octavio Cascaes Dourado Junior.

\* Engenheiro Ambiental graduado pela Universidade do Estado do Pará – UEPA. E-mail: davydferreira@gmail.com.

### RESUMO

Sistemas de captação de água pluvial apresentam diversas vantagens, sendo a economia da água potável a mais relevante, como também amenizar os impactos sobre os recursos hídricos devido ao uso mais consciente da água. Regiões onde se concentram uma maior quantidade de água essa tecnologia tende a ser menos implantada, justamente por tal abundância do recurso. Porém, sabe-se que até mesmo tais regiões sofrem com problemas de escassez de água, atentando assim para o surgimento de novas alternativas. Os usos que a água detém em uma residência podem ser divididos entre os usos que precisam que a água se encontre dentro do padrão de potabilidade (potável) e águas com qualidade inferior, porém com qualidade aceitável para o uso a que se destina (não potável). A residência analisada tem um alto consumo de água da concessionária de abastecimento, e, portanto, um ótimo exemplo de estudo de viabilidade para a implantação de um sistema de captação de água pluvial, ainda mais que a mesma se encontra em uma região com alto índice de pluviosidade. Diante disso, o trabalho se propôs a analisar a viabilidade econômica do sistema de captação de água pluvial para os usos que não exigem potabilidade em uma residência em Belém- PA, para isso foram analisados os índices pluviométricos da cidade de Belém e da área de telhado da residência com a finalidade de se verificar o potencial desse sistema levando em consideração a demanda de água exigida pelos moradores. Também foi feito o levantamento das demandas por água potável e não potável, realizando um levantamento dos custos de cada alternativa proposta e por fim foi realizada a avaliação da viabilidade levando em consideração ganhos ambientais e econômicos. Notou-se que os benefícios da instalação de um sistema como este só tendem a contribuir para sua viabilidade, tanto econômica quanto ambiental. Portanto, este trabalho serve como meio de incentivo para a tecnologia, seja na residência que foi objeto de estudo ou em outras instalações.

**PALAVRAS-CHAVE:** Água pluvial, Fins não potáveis, Viabilidade econômica, Reutilização de água.

### INTRODUÇÃO

Apesar de 75% da superfície terrestre ser composta por água, apenas uma pequena parcela é de água potável, e somado a isso tem a crescente contaminação dos mananciais, que reduz ainda mais a disponibilidade de água potável, por isto a água hoje é considerada como um recurso finito dotado de valor econômico. O Brasil possui cerca de 10% da água doce disponível no globo terrestre, mas a má distribuição deste líquido entre as diversas regiões brasileiras faz com que o problema de água não esteja ainda resolvido no país (TOMAZ, 2001).

O uso de tecnologias que visam o uso racional da água está cada vez mais presente, e a reutilização da água através dos sistemas de captação de água da chuva surge como uma alternativa para amenizar as consequências do crescente consumo dos recursos hídricos, tanto para fins potáveis como não potáveis e assim evitar um cenário de escassez de água.

Uma forma de conservar a água é aproveitar água de chuva para consumo não potável, e que a viabilidade do uso da água de chuva é evidenciada pela redução da demanda de água de fornecimento pelas companhias de saneamento, consequentemente diminuição dos custos com água potável e redução dos riscos de enchentes em casos de chuvas torrenciais (MAY, 2004).

A água da chuva para fins não potáveis em áreas urbanas pode ser um fator importante para o uso racional deste importante líquido para as concessionárias públicas, pois é um contrassenso usar água potável, inclusive com flúor, para tal finalidade. Estudiosos no assunto indicam que podemos economizar 15% do serviço de abastecimento público de água com o reaproveitamento da chuva para uso residencial e comercial (TOMAZ, 2005).

Portanto a implantação de um sistema de captação de água pluvial para suprir as necessidades de usos que não exigem potabilidade, em uma residência na cidade de Belém-PA, que fica em uma região com altos índices pluviométricos, mostra-se de grande potencial.

Diante disto, propõe-se com este trabalho a verificação da viabilidade econômica de sistemas alternativos em detrimento da água consumida pela concessionária de abastecimento público, para o fornecimento de água para fins não potáveis em uma residência através da captação de água pluviométrica, visto que olhando do lado ambiental já são notavelmente reconhecidos.

## OBJETIVOS

### OBJETIVO GERAL

- Analisar a viabilidade econômica de um sistema de captação de água pluvial em uma residência no município de Belém-PA.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estimar o volume adequado que o reservatório de água pluvial deve ter para a captação ideal à residência;
- Realizar o levantamento, através de dados coletados, de qual o percentual de água que não seria utilizado da distribuidora (COSANPA).
- Analisar a viabilidade econômica do sistema proposto.

## METODOLOGIA

### ÁREA DE ESTUDO

O trabalho foi desenvolvido em uma residência no município de Belém-PA, localizado no bairro de Nazaré, centro de Belém, com coordenadas geográficas de Latitude  $1^{\circ}27'9.46''S$  e Longitude  $48^{\circ}28'45.32''O$ , constituída de 3 pavimentos, distribuídos em 1º piso, 2º piso e 3º piso, possuindo 12 habitantes, conforme a figura 2.

Fazendo uma distribuição da residência em 3 blocos ou pavimentos, sendo dividido em 1º piso ou 1º pavimento, 2º piso ou 2º pavimento e 3º piso ou 3º pavimento. Com isso o 1º piso possui 2 habitantes, onde contém 2 banheiros, com 1 vaso sanitário cada. Há ainda 1 chuveiro utilizado, também possui 3 pias, sendo 1 em cada banheiro e 1 pia na cozinha. No 2º piso, possui 5 habitantes, onde contém 4 banheiros, com 1 vaso sanitário em cada, com 1 chuveiro em cada, e também possuindo 1 pia em cada banheiro, além de 1 pia na cozinha, 1 na área livre e 1 na lavanderia. E por fim, no 3º piso, possui 5 habitantes, possuindo 3 banheiros, com 1 vaso sanitário em cada, 1 chuveiro em cada, 1 pia em cada, além de 1 pia na cozinha, 1 pia na lavanderia e 1 pia na área livre.

Com isso, na totalidade são 9 banheiros, com 9 vasos sanitários, 8 chuveiros, 16 pias dentro da residência. A seguir a imagem da residência:



Figura 1: Imagem de localização da residência. Fonte: Google Earth 2016

## QUESTIONÁRIOS

Foi realizado um levantamento de dados através do questionário (Anexo 1), com os moradores da residência, com perguntas para se obter a frequência de uso dos dispositivos de descarga assim como das piaas existentes na residência, com o intuito de estimar o consumo para fins não potáveis na residência.

## CALCULO DA ÁREA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA

Com base na NBR 10844/89 que dispõe sobre instalações prediais de águas pluviais, foi feito o cálculo da área de contribuição levando em consideração que na residência o telhado é inclinado, utilizando assim a equação 1 para superfície inclinada:

$$A = (a + H / 2) \times b \quad \text{equação (1)}$$

Onde:

A = Área de Contribuição;

a = Largura da aba do Telhado;

H = Inclinação do Telhado;

b = Comprimento da aba do Telhado;

## DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO DE ARMAZENAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL

O dimensionamento do reservatório de água pluvial é uma das partes mais importantes de todo o sistema de captação, por isso é importante ressaltar alguns detalhes para o seu dimensionamento, tal como o material que será utilizado no processo, a sua localização dentro do projeto e por fim sua capacidade de armazenar água.

Sendo assim, existem três tipos de reservatórios, são eles: enterrados, que ficam abaixo da superfície do solo, os semienterrados, onde são parcialmente enterrados sobre o solo, e por fim os reservatórios elevados, cujo próprio nome diz, ele fica em elevação, geralmente suspenso e em uma região estratégica do projeto.

Com os dados das precipitações médias anuais da região onde se quer fazer o levantamento do estudo, da área de telhado a ser calculada, e também das formas de cálculos de cisternas baseadas na norma NBR 15527/07, é possível calcular o volume adequado que o reservatório deverá ter para atender as necessidades de captação de água.

## LEVANTAMENTO DE CONSUMO DE ÁGUA NA RESIDÊNCIA

Através das faturas emitidas pela concessionária (COSANPA), no período de dezembro de 2014 a dezembro de 2015, foi feito o levantamento do consumo total mensal de água na residência, para que de posse desses dados se tenha a quantidade de água que se deixará de utilizar da COSANPA, quanto o sistema proposto for implantado.

## ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA

Para a análise da viabilidade econômica do sistema de captação faz-se necessário comparar o custo total do projeto com a quantidade de água que é consumida dentro da residência. Para tal comparação é de extrema importância utilizar materiais que possuem um bom nível de eficiência e um menor custo para o projeto.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

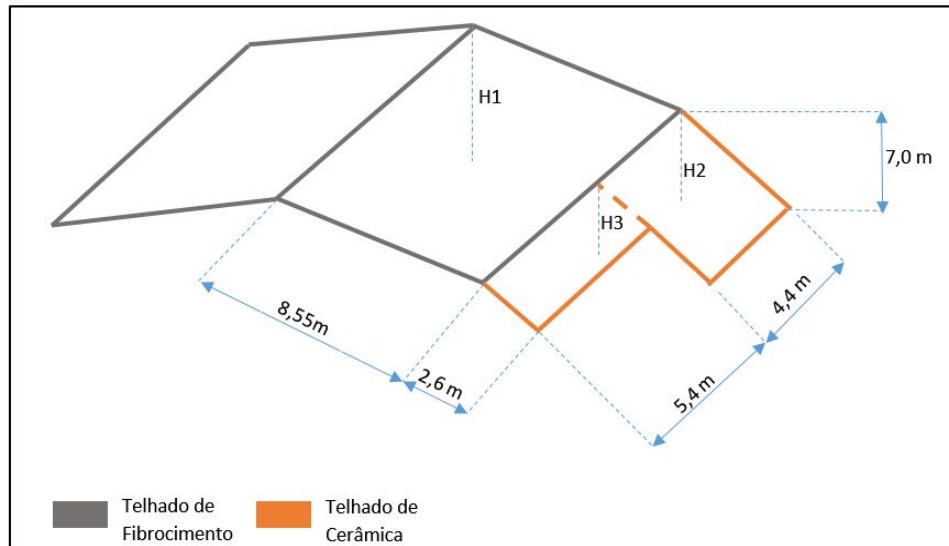
### ÁREA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA

A área de telhado é um dos fatores principais para o sistema de captação de água da chuva, pois é ela que possibilita que na maioria dos casos a água passe por um sistema até chegar aos reservatórios pela ação da gravidade.

Segundo Oliveira (2008), os telhados podem ser constituídos de diversos materiais, como telhas cerâmicas, de fibrocimento, zinco, galvanizadas, de concreto, de plásticos e outros, porém, vale ressaltar também que dependendo do

tipo de telha que se usar, o coeficiente de escoamento também se altera, ou seja, o tipo do material que se usa define o escoamento superficial, visto que, aqueles que possuem uma superfície mais porosa tendem a diminuir o escoamento e consequentemente isto diminui a eficiência e o volume de água que pode ser aproveitada no sistema.

Na área de estudo, utilizam-se dois tipos de matérias que são as telhas de cerâmicas e as de fibrocimento, onde de acordo com a NBR 10844/89 o cálculo da área de captação é feito por meio da seguinte equação 1 demonstrada anteriormente. Desta forma, a área de telhado da residência está representada pela figura a seguir:



**Figura 2: Cobertura Total da Área de Telhado**

Fonte: Autores 2016

De acordo com a figura 3, percebe-se a cobertura total da área de telhado da qual se compõe de dois tipos de materiais diferentes, nota-se que há três alturas distintas, onde para achar as mesmas é necessário calcular a diferença entre o cume do telhado e sua base, sendo assim, a primeira é da cobertura de fibrocimento (H1) cuja medida é 2,40 metros e a segunda é da cobertura de cerâmica (H2) cuja medida é de 1,35 metros e a terceira também de cobertura de cerâmica (H3) cuja medida é 0,7 m, assim, de posse de todos os dados, dando sequência a equação, calcula-se:

Área de Fibrocimento (AF)

$$A_F = (8,55 + 2,25 \div 2) \times 9,8 \quad \text{equação (2)}$$

$$A_F = 94,86 \text{ m}^2/\text{aba}$$

$$A_{\text{total}} = 94,86 \times 2 = 189,72 \text{ m}^2$$

E calcula-se a área de cerâmica, vale lembrar que a área possui duas alturas, então aplica-se dois cálculos:

Área de Cerâmica (AC)

$$A_{c1} = (7,0 + 1,25 \div 2) \times 4,4 \quad \text{equação (3)}$$

$$A_{c1} = 33,57 \text{ m}^2$$

E calcula-se a outra:

$$A_{c2} = (2,6 + 0,54 \div 2) \times 5,4$$

$$A_{c2} = 14,31 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{total}} = A_{c1} + A_{c2} = 47,88 \text{ m}^2$$

Então com as áreas de telhados de ambos os materiais, tem-se uma área total de cobertura de 237,6m<sup>2</sup>.

## CÁLCULO DO RESERATÓRIO

O dimensionamento do reservatório no processo de análise da viabilidade do projeto é parte fundamental, para isso foi feito o cálculo de chuva aproveitável e o volume de água do reservatório, ambos expostos na NBR15.527/07, que dispõe sobre os requisitos para o aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para captação de água pluvial para fins não potáveis. Para tal dimensionamento são levadas em consideração algumas variáveis como a precipitação média mensal expressa em milímetros (mm), área de cobertura de telhado expressa em metros quadrados (m<sup>2</sup>), e do coeficiente de *runoff* admitido para as duas coberturas existentes na residência, um sendo de cerâmica e outro de fibrocimento.

Os valores dos coeficientes do *runoff* estão no quadro 1 e adota-se C=0,80 para o fator de captação, visto que leva em consideração o *first flush*, que compreende a eficiência de lavagem do sistema. Tanto os coeficientes de *runoff* quanto o fator de captação foram baseados em TOMAZ (2011).

**Tabela 1: Tabela de Coeficientes de Runoff**  
Fonte: TOMAZ, 2011

Material da Cobertura	Coefficiente de <i>runoff</i>
Telhas cerâmicas	0,8 a 0,9
Telhas esmaltadas	0,9 a 0,95
Telhas corrugadas de metal	0,8 a 0,9
Cimento amianto	0,8 a 0,9
Plástico	0,9 a 0,95

Calcula-se o volume de água de chuva aproveitável pela equação 4:

$$V = P \times A \times C \times \eta \text{ fator de captação} \quad \text{equação (4)}$$

Onde:

V = volume anual, mensal, ou diário de água de chuva aproveitável, em litros;

P = precipitação média anual, mensal ou diária, em milímetros;

A = área de captação, em metro quadrado;

C = coeficiente de escoamento superficial da cobertura, adimensional;

$\eta$  = fator de captação é a eficiência do sistema de captação, levando em conta o descarte de resíduos presentes da primeira descarga;

Então, aplicando a equação 4 para telhas de fibrocimento, leva-se em consideração o coeficiente de *runoff* no valor de 0,80 e fazendo o cálculo da precipitação média mensal, onde é de 319,52:

$$V_{\text{fibrocimento}} = 319,35 \times A_{\text{fibrocimento}} \times C \times \eta \text{ fator de captação}$$

$$V_{\text{fibrocimento}} = 319,35 \times 189,72 \times 0,8 \times 0,8$$

$$V_{\text{fibrocimento}} = 38.775,73 \text{ L/ano}$$

Para o cálculo de telhas cerâmicas, leva-se em consideração o coeficiente de *runoff* no valor de 0,90:

$$V_{\text{cerâmica}} = 319,35 \times A_{\text{cerâmica}} \times C \times \eta \text{ fator de captação}$$

$$V_{\text{cerâmica}} = 319,35 \times 47,88 \times 0,9 \times 0,8$$

$V_{\text{cerâmica}} = 10.009,14 \text{ L/ano}$

$V_{\text{total}} = V_{\text{fibrocimento}} + V_{\text{cerâmica}} = 49.784,87 \text{ L ou } 49,78 \text{ m}^3 \text{ anual ou } 4,15 \text{ m}^3/\text{mês}$

Enfim, para o cálculo do dimensionamento do reservatório aplicou-se o método prático Inglês, do qual está disposto na NBR 15527/07 equação 5:

$$V = 0,05 \times P \times A \quad \text{equação (5)}$$

Onde:

V= volume do reservatório expresso em L;

P= precipitação média anual expressa em mm;

A= superfície de coleta expressa em  $\text{m}^2$ .

Sendo assim a área de telhado para coleta de água superficial foi de  $237,6 \text{ m}^2$  e a precipitação média anual foi calculada com os dados de precipitação retirados da base histórica do INMET (2016), dos anos de 2005 até 2015, e fez-se uma tabela com as precipitações médias mensais de cada ano, e após esta, gerou-se uma nova tabela entre a relação da precipitação acumulada em cada mês pelo período de anos analisados, com a construção desta chegou-se a média de precipitação dos anos de 2005 a 2015, cujo valor é de  $4121,42 \text{ mm}$  anual, logo:

Onde:

$$V = 0,05 \times 4121,42 \times 237,6$$

$$V = 48.962,47 \text{ L/anuais}$$

Sendo assim, o reservatório da cisterna foi estimado em  $48.962,47 \text{ L}$ , ou seja, aproximadamente  $48,93 \text{ m}^3$ . Com os cálculos finalizados, percebe-se que o volume de chuva aproveitável consegue suprir a capacidade de armazenamento do reservatório, visto que a água de chuva aproveitável é de cerca de  $49,78 \text{ m}^3$  e o reservatório tem sua capacidade estimada em cerca de  $48,93 \text{ m}^3$ . Deste modo, pegando o valor do reservatório e dividindo por 12, que é o número de meses do ano, chegamos a um valor de aproximadamente de  $4,08 \text{ m}^3$  por mês.

## LEVANTAMENTO DO CONSUMO DE ÁGUA

O levantamento do consumo de água dentro da residência busca a média de consumo mensal, para isto levou-se em consideração a análise de consumo de água medido pela concessionária de água que abastece a região, no caso a Companhia de Saneamento de Água do Pará – COSANPA, no qual foram realizados levantamentos dos consumos nos meses de dezembro de 2014 até dezembro de 2015. Após levantamento dos dados fornecidos pelo proprietário do imóvel foi construído um quadro geral com o consumo de água na residência durante este período, como mostra a tabela 2:

**Tabela 2: Consumo de água na residência período de dezembro de 2014 a dezembro de 2015**

Fonte: Autores (2016)

Meses	Quantidade de água consumida ( $\text{m}^3$ )	Valor Cobrado pela Companhia de Saneamento (R\$)
dez/14	68	230,5
jan/15	84	317,4
fev/15	58	176,2
mar/15	56	165,4
abr/15	57	170,8
mai/15	56	165,4
jun/15	49	128,6
jul/15	54	154,5

ago/15	60	187,1
set/15	69	236,0
out/15	71	246,8
nov/15	59	181,7
dez/15	83	312,0
<b>TOTAL</b>	<b>824,0</b>	<b>2.672,5</b>

Analisando o quadro 2 podemos perceber que na residência o consumo de água é relativamente alto, por possuir 12 pessoas residindo na mesma, e com altos usos da água da concessionária, desta forma, fazendo uma média de consumo no período analisado chega-se a um valor de 63,4 m<sup>3</sup>/mês, ou 2,11 m<sup>3</sup>/dia ou 2110 L/dia.

### CONSUMO PER CAPITA DE ÁGUA

O consumo per capita foi realizado com o objetivo de saber qual o consumo diário da quantidade de água consumida por pessoa, ou seja, fazendo uma razão entre o consumo diário de água na residência pelo número de moradores. Para a determinação do consumo de água, foi utilizado o consumo mensal medido pela COSANPA dividido pelo número de dias entre as leituras realizadas mensalmente na residência e pelo o número de habitantes, com isso formou-se o gráfico com os valores de consumo diário per capita:

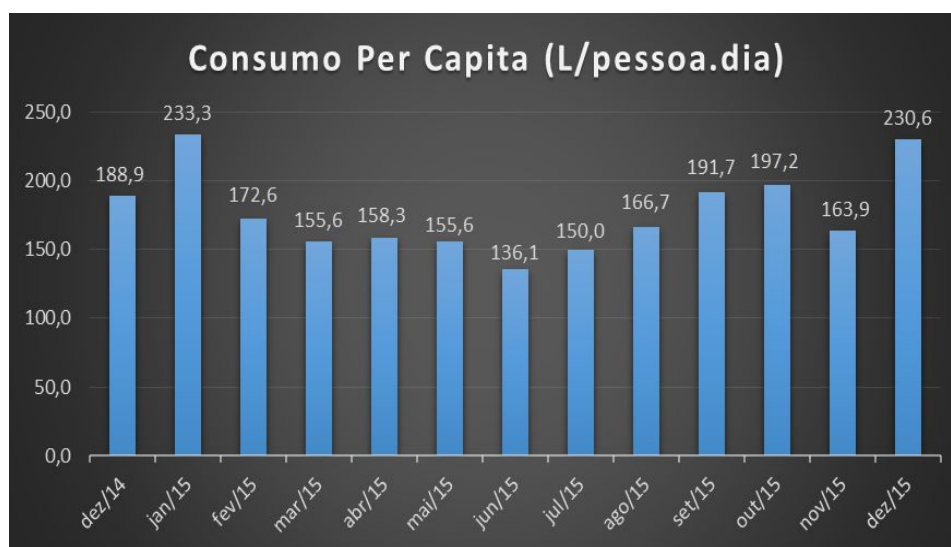


Figura 2: Gráfico com os valores de consumo per capita diário

Fonte: Autores (2016)

De acordo com o gráfico 1 percebe-se o consumo per capita ao longo do período analisado, onde apresentaram picos nos meses de janeiro de 2015 e dezembro de 2015. Fazendo uma média de consumo per capita ao longo do período analisado chega-se a um valor de 177 L/pessoa por dia, onde segundo a Organização das Nações Unidas – ONU, uma pessoa pode viver com 110 litros por dia sem prejudicar higiene, alimentação e outras atividades, ou seja, utilizando de forma mais consciente os recursos hídricos.

### LEVANTAMENTO DO CONSUMO DE ÁGUA POTÁVEL E NÃO POTÁVEL

O levantamento do consumo de água dentro da residência tem por fim estimar qual porcentagem do volume de água utilizado dentro da mesma poderá ser substituída por água captada da chuva.

Como na residência possuem 12 moradores, foi feita uma abordagem direta sobre os mesmos de tal modo a fazer um levantamento da estimativa de consumo diário e mensal ao todo. Para isso, foram identificados como pontos que consomem água da concessionária, como vasos sanitários, chuveiros, torneiras e máquinas de lavar roupas.

O consumo foi medido através da estimativa de volume utilizado por dia pelos moradores da residência. Para cada ponto foi feita uma análise de frequência, os períodos que eram utilizadas e tendo como referência os consumos da SABESP, onde para os vasos sanitários adotou-se uma vazão de 12 litros para cada descarga efetuada no vaso sanitário no intervalo de 6 segundos. Para os chuveiros foram adotados os valores de 135 litros, em média, por banho, valor este indicado para banhos com duração de 15 minutos. No caso da máquina de lavar roupas adotou-se o valor de 135 litros de água a cada 5 quilos de roupa lavada. E por fim para as torneiras, fez-se o levantamento da vazão das mesmas na cozinha, nos banheiros e nas áreas de serviço, onde na cozinha a vazão encontrada foi de 0,088 L/s, e de 0.113 L/s nas torneira de banheiros e nas torneiras da área de serviço de 0,098 L/s.

Sendo assim a tabela 3 representa a vazão média nos pontos de consumo e seus respectivos volumes:

**Tabela 3: Vazão média de consumo para tipo de uso**

Tipo de Uso	Localização na Residência	Vazão (L/s)	Volume Total
Torneira Pia	Cozinha	0,088	-
Torneira Pia	Banheiro	0.113	-
Torneira Pia	Área de Serviço	0,098	-
Vaso Sanitário	Banheiros	1,85	11,1 L/descarga
Chuveiro	Banheiros	0,20	-
Máquina de Lavar Roupa	Área de Serviço	-	135 L/5kg

Fonte: Autores (2016)

De posse dos valores dos pontos de consumo, fez-se um levantamento através de perguntas diretas aos moradores da residência com relação a frequência para cada tipo de uso, para se obter o consumo específico para cada aparelho da residência, sendo assim, chegou-se ao levantamento de consumo de água potável e não potável da residência, visto que somente descarga sanitária foi considerada uso não potável como demonstra a tabela 4:

**Tabela 4: Consumo de água potável e não potável na residência**

Fonte: Autores (2016)

Aparelho utilizado	Consumo (m <sup>3</sup> /pessoa.dia)	Consumo Total (m <sup>3</sup> /mês.12 pessoas)	Porcentagem
Vaso Sanitário	0,0616	22,19	35%
Chuveiro	0,0493	17,75	28%
Máquina de lavar roupa	0,0389	13,95	22%
Torneiras	0,0264	9,51	15%
<b>TOTAL</b>	<b>0,1762</b>	<b>63,4</b>	<b>100%</b>

Depois de feito o levantamento de consumo de água potável e não potável, foram estimados os consumos para cada tipo de uso, sendo assim os usos que exigem potabilidade de 65% e os usos que não exigem potabilidade de 35%, visto que para este trabalho só foi considerado as descargas de vasos sanitários apesar de existir outras atividades que foram desconsideradas como lavagem de calçadas e de veículo.

Vale ressaltar que tais resultados são apenas uma estimativa dentro da residência, isto se deve ao fato de que os moradores não possuem o exato valor de utilização de cada aparelho.



## CUSTO DE IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA

Para analisar o custo de implantação do sistema foi primeiramente o dimensionamento do volume da cisterna para a implantação do projeto. É importante observar que custos com a captação, condução, e até o reservatório de armazenamento não foram considerados uma vez que toda residência possui em sua estrutura básica tal sistema. Com isso, no estudo de implantação foram considerados materiais como: Cisterna, filtro, dispositivo de primeira lavagem, chave de nível com boia flutuante e tubulação, que de acordo com (GHISI; FERREIRA, 2007 apud MARINOSKI & GHISI, 2008) corresponde a 15% do custo total de implantação do sistema.

Foi feito o levantamento de preço de cisterna em 4 fornecedores onde foi possível verificar a melhor situação para a residência, onde cada opção tem o preço calculado a partir da média simples, e de acordo com o tabela 5 segue as opções:

**Tabela 5: Opções de cisternas com diferentes capacidades de armazenamento e preço**  
Fonte: Autores (2016)

Opção	Capacidade de reservação (L)	Preço (R\$)
Cisterna 1	3 x 1.000L + 1 x 500L	1242,1
Cisterna 2	2 x 2.000L	1838

Após o levantamento dos custos percebeu-se duas opções, a primeira opção consta com 3 cisternas com capacidade 1000L e 1 de 500 L de capacidade, apesar não de atender a capacidade necessária ela tem o empecilho de que a área ocupada pelo reservatório seria maior, dificultando assim a sua disposição em local adequado. Já a segunda opção consta de 2 cisternas com capacidade de 2000L cada, apesar de também não atender a demanda, leva-se em consideração a média da precipitação, e apesar de também ser a opção mais cara foi a opção selecionada de tal forma que é mais fácil definir um local para sua instalação, que apesar de também não atender a suposta demanda ela conta com um menor número de cisternas, aproveitando o custo de manutenção do sistema que será menor.

Com isso o tabela 6 apresenta o custo por componente do sistema de captação de água da chuva e o custo total do projeto:

**Tabela 6: Custo dos componentes do sistema de captação de água**  
Fonte: Autores (2016)

Material/Serviços	Valores (R\$)
Cisterna	R\$1.838,00
Filtro	R\$140,00
Dispositivo de primeira lavagem	R\$49,90
Chave de nível com boia flutuante	R\$49,00
Tubulação	R\$491,50
Mão de Obra	R\$1.200,00
<b>TOTAL</b>	<b>R\$3.768,40</b>

A escolha do filtro foi necessária para a remoção de impurezas. Já o dispositivo de primeira lavagem ou *first-flush* e a chave de nível com boia flutuante, que tem um papel fundamental no sistema, onde caso a capacidade do reservatório seja atingida ao máximo, a mesma fecha o sistema para não haver transbordamento, apresentam preços acessíveis, sendo que o próprio dispositivo de primeira lavagem pode ser fabricado de modo caseiro. A mão de obra gira em torno

de R\$ 120,00 a diária após pesquisa de mercado, onde a duração da instalação do sistema também foi com base em pesquisa de mercado sendo adotado 10 dias de serviço para instalação do sistema.

Por fim o valor das tubulações foi calculado como sendo 15% sobre o investimento total (GHISI; FERREIRA, 2007 apud MARINOSKI & GHISI, 2008), resultando assim no custo total do projeto.

### CUSTO DE MANUTENÇÃO DO SISTEMA DE CAPTAÇÃO

De acordo com a NBR 15527/07 é necessário fazer a manutenção do sistema de captação de água pluvial e a mesma dispõe sobre a frequência de ocorrência, conforme a tabela 7:

**Tabela 7: Frequência de manutenção do sistema**  
Fonte: NBR 15527, 2007.

Componente	Frequência de manutenção
Dispositivo de descarte de detritos	Inspeção mensal e limpeza trimestral
Dispositivo de descarte do escoamento inicial	Limpeza mensal
Calhas, condutores verticais e horizontais	Semestral
Dispositivos de desinfecção	Mensal
Bombas	Mensal
Reservatório	Limpeza e desinfecção anual

A componente bomba listada no quadro acima, de todos é um dos mais custosos tanto para se adquirir quanto para sua manutenção, porém, como o sistema proposto para o reservatório será utilizando a força da gravidade, o dispositivo bomba não entra no custo de manutenção do sistema. Já os outros dispositivos são de fácil manutenção podendo ser realizado pelos próprios moradores não acarretando em mais custos na utilização do sistema, onde a desinfecção do reservatório pode ser feita pela dissolução de hipoclorito de sódio na água a ser desinfetada de acordo com a NBR 5626/98, isso ocorre pelo fato de que é normal que, com o tempo, o reservatório de água acumule sujeira.

### ANALISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA DO PROJETO

Para análise da viabilidade econômica do projeto foi necessário analisar as faturas da residência e determinar quanto foi gasto com o uso de água entre o período analisado. De acordo com a tabela 8 pode-se perceber que a concessionária fornecedora de água cobra taxas variadas de acordo com o consumo em metro cúbico da residência, variando de acordo com o consumo por m<sup>3</sup> de água:

**Tabela 8: Taxas de consumo de água cobrados pela concessionária (COSANPA)**  
Fonte: COSANPA, 2016

Taxa de consumo/m <sup>3</sup>	Valor (R\$) / 10m <sup>3</sup>	Valor (R\$) / m <sup>3</sup>
0m <sup>3</sup> a 10m <sup>3</sup>	14,00	1,40
11m <sup>3</sup> a 20m <sup>3</sup>	20,00	2,00
21m <sup>3</sup> a 30m <sup>3</sup>	26,80	2,68
31m <sup>3</sup> a 40m <sup>3</sup>	30,20	3,02
41m <sup>3</sup> a 50m <sup>3</sup>	41,80	4,18
50m <sup>3</sup> >	54,30	5,43

Para estimar uma taxa de retorno no sistema proposto foi considerado o consumo médio na residência estimado em 63,4 m<sup>3</sup> no período de dezembro de 2014 a dezembro de 2015, além disso levou-se em consideração o levantamento de consumo dos recursos hídricos de acordo com sua potabilidade onde foi verificado que 35% do total consumido são para usos não potáveis. Porém, no dimensionamento dos reservatórios, notou-se que o volume armazenado que seria de 4.08 m<sup>3</sup> não daria conta de suprir o consumo total da residência, sendo que 22,19 m<sup>3</sup> que representa os 35%, com a capacidade do reservatório só atenderia a 18,39% da demanda de água não potável.

Diante deste fato com a instalação do sistema de captação só seria possível economizar cerca de 6,44% do consumo total de água, que corresponde em média cerca de R\$ 27,15 por mês ou R\$ 325,80 por ano.

Como o sistema proposto não apresenta custos de manutenção durante um curto período de tempo, e a economia durante o ano sendo de R\$325,80, desta forma, estimou-se que o investimento no sistema de captação de água pluvial para a residência apresentaria um retorno em aproximadamente 11,44 anos, onde pegou-se o custo total do investimento e dividiu-se pela economia gerada durante um ano.

**Tabela 9: Período de retorno do investimento do sistema de captação de água**

Fonte: Autores (2016)

Período	Gastos com a implantação do Sistema de Captação	Média de Gastos com a concessionária	Média de Gastos com a concessionária com o Sistema	Economia
1º mês	R\$ 3.728,40	R\$ 205,57	R\$ 178,42	R\$ 27,15
2º mês	R\$ 0,00	R\$ 205,57	R\$ 178,42	R\$ 27,15
3º mês	R\$ 0,00	R\$ 205,57	R\$ 178,42	R\$ 27,15
4º mês	R\$ 0,00	R\$ 205,57	R\$ 178,42	R\$ 27,15
5º mês	R\$ 0,00	R\$ 205,57	R\$ 178,42	R\$ 27,15
6º mês	R\$ 0,00	R\$ 205,57	R\$ 178,42	R\$ 27,15
7º mês	R\$ 0,00	R\$ 205,57	R\$ 178,42	R\$ 27,15
8º mês	R\$ 0,00	R\$ 205,57	R\$ 178,42	R\$ 27,15
9º mês	R\$ 0,00	R\$ 205,57	R\$ 178,42	R\$ 27,15
10º mês	R\$ 0,00	R\$ 205,57	R\$ 178,42	R\$ 27,15
11º mês	R\$ 0,00	R\$ 205,57	R\$ 178,42	R\$ 27,15
12º mês	R\$ 0,00	R\$ 205,57	R\$ 178,42	R\$ 27,15
<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 3.728,40</b>	<b>R\$ 2.466,84</b>	<b>R\$ 2.141,04</b>	<b>R\$ 325,80</b>

No quadro 9 se refere ao período de retorno do investimento, representando os gastos iniciais e mensais com o sistema de captação de água pluvial, levando em consideração a manutenção, e ilustra a média de custos mensais com os recursos hídricos atuais, mostrando também os novos gastos com a implantação do projeto, e a média mensal que se irá economizar nas faturas de água da residência.

Com isso, o quadro ilustra um período de 12 meses, um ano, e sendo assim, no meio do 11º ano o projeto já se paga, ou seja, é o momento que a economia começa a ser maior que os custos de implantação do sistema de captação, desta forma, o investimento começa a ter retorno.

## CONCLUSÃO

Os problemas ambientais por saneamento básico de qualidade já são temas antigos, entretanto o desenvolvimento sustentável auxiliado com as suas alternativas de processos ambientalmente corretos trouxe um novo pensamento para a atualidade. Sabe-se que atualmente há grandes lacunas no abastecimento público dentro da região de Belém, porém, vale atentar não somente para a região de estudo em específico, visto que na própria região Norte, da qual é considerada como uma região de grandes quantidades de água, há períodos de estiagem. Justamente por este fato que os estudos de novas tecnologias são importantes para tornar o atual meio ambiente danificado um meio ambiente menos impactado pelo avanço populacional desordenado.

Com isso a construção de um projeto de captação de água da chuva, além de auxiliar no abastecimento de uma residência, ou indústria ou qualquer outra atividade, também é um importante instrumento na preservação dos recursos hídricos e na mitigação de impactos ambientais dentro do meio urbano atual, pois auxilia o controle de enchentes e inundações da região.

Assim sendo, este trabalho de pesquisa tem o intuito de despertar por meio da análise da viabilidade econômica do projeto os Sistemas de Aproveitamento de Água de Chuva (SAAC) implantado em uma residência dentro do município de Belém, da qual além do benefício econômico futuro que o mesmo trará, também ambiciona um desenvolvimento sustentável para a região, da qual deixa de consumir, por mais que seja uma quantidade baixa, desperta ações a serem adotadas nessa direção.

Com a implantação do sistema houve uma economia de 6,44% de água que é deixada de ser retirada da concessionária que abastece a região, demonstrando que o sistema apesar de tudo teve um retorno econômico e também um retorno ambiental para a região.

A economia ao longo de um ano chega a ser de 325,80 reais demonstrando o real aproveitamento do potencial do SAAC's.

Os benefícios que os SAAC's trazem são reais e mostram que na prática podem ajudar o meio ambiente a se tornar menos impactados, porém ainda hoje um dos grandes empecilhos está associado além da falta de consciências com as questões ambientais a falta de tecnologias, de incentivos fiscais públicos e também a falta de conhecimento das pessoas, empresários e demais.

Os resultados obtidos foram favoráveis, visto que olhando pelo lado ambiental cerca de 3,45 m<sup>3</sup> de água não são retirados de mananciais que abastecem a região, porém pelo lado econômico o próprio projeto demora anos para ser viável. Porém desperta o interesse de estudos acadêmicos e científicos para uma evolução neste processo ambiental.

É importante lembrar que os dados obtidos podem variar de acordo com os anos, como as taxas de precipitações, as taxas de cobrança pelos usos de recursos hídricos. Além disso a estimativa de consumo foi feita através de perguntas, então necessitariam de um estudo mais profundo acerca da média real consumida por pessoa.

Por fim, os valores dos custos de implantação e instalação do sistema de captação de água pluvial podem se alterar um pouco na prática real. No entanto, o estudo da viabilidade econômica e ambiental do sistema não deve se alterar, uma vez que a região é uma região abundante em chuvas, que é o caso da cidade de Belém, onde é praticamente improvável que o aproveitamento de águas pluviais não ser um benefício ao sistema.

Sendo assim, a residência de estudo após o tempo de retorno tem os benefícios da implantação do sistema de captação de modo econômico e também de modo ambiental, se tornando uma residência modelo para futuros estudos na região.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMORIM, S. V. de; PEREIRA, D. J. de A. **Estudo comparativo dos métodos de dimensionamento para reservatórios utilizados em aproveitamento de água pluvial.** *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 8, n. 4, p. 53-66, mai. 2008. Disponível em: Acesso em: 15 nov. 2016.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15527: **Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos.** Rio de Janeiro, 2007. 8 p.
3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5626: **Instalação predial de água fria.** Rio de Janeiro, 1998. 41 p.
4. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10844: **Instalações prediais de águas pluviais.** Rio de Janeiro, 1989. 13 p.
5. BRAGA, Benedito; TUNDISI, J. G.; REBOUÇAS, A. C.. **Águas Doces no Brasil.** São Paulo: Escrituras, 2006.
6. COSANPA, COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARÁ. **Tarifas.** Disponível em: <<http://www.cosanpa.pa.gov.br/>> Acesso em 2016.
7. INMET. **BDMEP- Dados Históricos: Precipitação mensal acumulada de 2005 a 2015 (mm).** Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em: 25 set. 2016.

8. LIMA, R. P. de; MACHADO, T. G. **Aproveitamento de água pluvial: análise do custo de implantação do sistema em edificações.** 2008. 45f. Trabalho de conclusão (Graduação em Engenharia Civil ênfase em Ambiental) - Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos, Barretos, 2008. Disponível em: Acesso em: 25 set. 2016.
9. OLIVEIRA, Nancy Nunes de. **Aproveitamento de água de chuva de cobertura para fins não potáveis de próprios da educação da rede municipal de guarulhos.** 2008. 80 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Guarulhos, Guarulhos, 2008.
10. SABESP, Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. **Meio Ambiente.** Disponível em: <<http://site.sabesp.com.br/site/Default.aspx> > Acesso em 2016.
11. SOARES, D. A. F. et al. **Considerações a respeito da reutilização das águas residuárias e aproveitamento das águas pluviais em edificações.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 12., Vitória, 1999. Anais. Vitória: ABRH, 1999. p.7. CD-ROM.
12. TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis.** Navegar Editora, São Paulo, 2005, 2ª ed., 180p. ISBN 85-87678-23-x, 2005.
13. TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis.** 4ª Ed. Revisada e Ampliada. Navegar Editora. São Paulo, 2011.
14. TOMAZ, P. Conceito de aproveitamento de água de chuva. In: TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de Água de Chuva para Áreas Urbanas e Fins não Potáveis.** 3. ed. São Paulo: Navegar Editora, 2009. p. 17-39.
15. TOMAZ, P.. **Economia da água: Para empresas e residências.** São Paulo: Navegar, 2001. 112p.