

EMESCAM – ESCOLA SUPERIOR DE CIÊNCIA DA SANTA CASA  
DE MISERICÓRDIA DE VITÓRIA

LEANDRO JOSÉ DE LIMA

**SISTEMA DE MANEJO SUSTENTÁVEL DE APROVEITAMENTO DA ÁGUA DA  
CHUVA POR SISTEMA DE BARRILETE PARA BACIA SANITÁRIA EM  
EDIFICAÇÃO DE USO UNIVERSITÁRIO:  
POLÍTICAS PÚBLICAS E DESENVOLVIMENTO LOCAL**

Vitória, ES  
2019

LEANDRO JOSÉ DE LIMA

**SISTEMA DE MANEJO SUSTENTÁVEL DE APROVEITAMENTO DA ÁGUA DA  
CHUVA POR SISTEMA DE BARRILETE PARA BACIA SANITÁRIA EM  
EDIFICAÇÃO DE USO UNIVERSITÁRIO:  
POLÍTICAS PÚBLICAS E DESENVOLVIMENTO LOCAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Políticas Públicas e Desenvolvimento Local na EMESCAM, com requisito parcial para obtenção de título de Mestre em Políticas Públicas para Desenvolvimento Local.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Carlos de Abreu

Vitória, ES  
2019

Dados internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
EMESCAM – Biblioteca Central

---

L732s Lima, Leandro José de  
Sistema de manejo sustentável de aproveitamento da água da chuva por sistema de barrilete para bacia sanitária em edificação de uso universitário : políticas públicas e desenvolvimento local / Leandro José de Lima. - 2019.  
86 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Carlos de Abreu.

Dissertação (mestrado) em Políticas Públicas e Desenvolvimento Local – Escola Superior de Ciências da Santa Casa de Misericórdia de Vitória, EMESCAM, 2019.

1. Indicadores de desenvolvimento. 2. Sustentabilidade. 3. Recursos naturais. 4. Aproveitamento de águas pluviais. I. Abreu, Luiz Carlos de. II. Escola Superior de Ciências da Santa Casa de Misericórdia de Vitória, EMESCAM. III. Título.

CDD 628.144

---

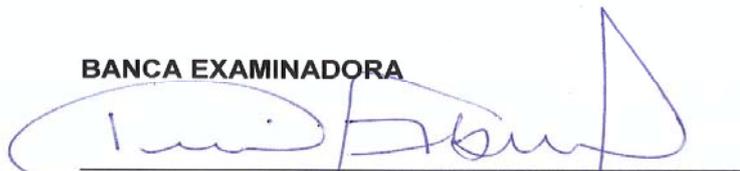
LEANDRO JOSÉ DE LIMA

**SÍSTEMA DE MANEJO SUSTENTÁVEL DE  
APROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA POR  
SISTEMA DE BARRILETE PARA BACIA SANITÁRIA  
EM EDIFICAÇÃO DE USO UNIVERSITÁRIO:  
POLÍTICAS PÚBLICAS E DESENVOLVIMENTO  
LOCAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Políticas Públicas e Desenvolvimento Local da Escola Superior de Ciências da Santa Casa de Misericórdia de Vitória – EMESCAM, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestra em Políticas Públicas e Desenvolvimento Local.

Aprovada em 28 de outubro de 2019

**BANCA EXAMINADORA**



---

Prof. Dr. Luiz Carlos de Abreu  
Escola Superior de Ciências da Santa Casa de  
Misericórdia de Vitória – EMESCAM  
**Orientador**



---

Prof.ª Dr.ª Italla Maria Pinheiro Bezerra  
Escola Superior de Ciências da Santa Casa de  
Misericórdia de Vitória – EMESCAM



---

Prof. Dr. Adilson Monteiro  
Universidade Federal Do Mato Grosso- UFMT

## **Agradecimentos**

A minha namorada Camila e meu irmão Wellington por ter me dado força e paciência neste período em minha vida.

Ao meu Orientador Prof. Dr. Luiz Carlos de Abreu, que me norteou nesta caminhada.

A Profa. Dra. Italla Maria Pinheiro Bezerra, pelas relevantes contribuições oferecidas na qualificação.

E a todos os meus amigos e colegas, em especial a Tatiana, Mariana Papa, Lucimagno e Altamir que participaram desta fase da minha vida, pela torcida e momentos de descontração.

## RESUMO

**Introdução:** O aproveitamento de água de chuva é um meio sustentável que pode ser aplicado em diversos usos, como no caso de bacias sanitárias, onde seu uso possibilita a diminuição de consumo de água potável. **Objetivo:** Analisar a implantação do manejo sustentável de aproveitamento da água pluvial através do sistema de barrilete para alimentação de bacias sanitárias em edificação de uso universitário. **Método:** Trata-se de uma pesquisa-ação desenvolvida por meio de um projeto piloto para aproveitamento e uso da água da chuva, simultânea à água da concessionária. Para isso, foi concebido um sistema hidráulico para fins de alimentação de bacias sanitárias da clínica/escola de odontologia do Centro Superior de Estudos de Manhuaçu (UNIFACIG), MG, Brasil. Anteriormente a instalação definitiva na edificação, o sistema hidráulico foi analisado a fim de garantir seu desempenho e funcionalidade. **Resultados:** O sistema de barrilete permitiu o uso simultâneo tanto da água pluvial quanto da água fornecida pela concessionária. Além disso, o uso desse sistema reduziu em 38% o volume de água potável gasto nas bacias sanitárias e proporcionou a sustentabilidade ambiental, uma vez que diminuiu a quantidade de litros de água utilizados. **Conclusão:** O sistema proposto de barrilete adaptado com a utilização do aproveitamento de água de chuva nas bacias sanitárias é técnica economicamente aplicável para fins não potáveis, visto que proveu redução no consumo de água tratada.

**Palavras-chave:** Indicadores de Desenvolvimento; Sustentabilidade; Recursos naturais; Hidráulica; Aproveitamento de águas pluviais.

## ABSTRACT

**Introduction:** Rainwater reuse is a sustainable approach, which can be applied in several different ways, such as in toilets, where its use enables the decrease of potable water consumption. **Objective:** To analyze the implementation of sustainable management of rainwater use through the “barrilete” system (set of pipelines in building plumbing that originate from water reservoirs and goes to the distribution’s columns) for feeding toilets in university buildings. **Methods:** This is a research developed through a pilot project for the utilization and usage of rainwater, simultaneously with the water utility. For this, a hydraulic system was designed for the purpose of feeding the toilets of the clínica/escola de odontologia do Centro Superior de Estudos de Manhuaçu (UNIFACIG), Brazil. Prior to the definitive installation in the building, the hydraulic system was analyzed to ensure its performance and functionality. **Results:** The “barrilete” system allowed the simultaneous use of both rainwater and water supplied by the water utility. In addition, the use of this system reduced by 38% the volume of potable water spent in the toilets and provided economic and environmental sustainability, as it reduced the amount of liters of water used. **Conclusion:** The proposed adapted “barrilete” system used for rainwater harvesting can be considered as an economically applicable technique for non-potable purposes as it has allowed a considerable reduction in treated water consumption and drainage network load.

**Keywords:** Development indicators; Sustainability; Natural resources; Hydraulics; Rainwater utilization.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Fluxograma de alimentação dos vasos sanitários.....	23
Figura 2 -	Sistema de abastecimento sem o aproveitamento da água da chuva.....	24
Figura 3 -	Sistema de abastecimento com o aproveitamento da água da chuva com controle manual.....	24
Figura 4 -	Equipamento para simulação de funcionamento do sistema de barrilete.....	25
Figura 5 -	Fase 1 do funcionamento do experimento.....	26
Figura 6 -	Fase 2 do funcionamento do experimento.....	26
Figura 7 -	Sistema de barrilete para o aproveitamento da água de chuva.....	27
Figura 8 -	Válvula de retenção.....	28
Figura 9 -	Planta esquemática do sistema de captação de água.....	29
Figura 10 -	Precipitação no Brasil no ano de 2018.....	30
Figura 11 -	Um dos pontos de captação da água da chuva.....	32
Figura 12 -	Filtro de tratamento da água da chuva.....	33
Figura 13 -	Torneira de boia.....	33
Figura 14 -	Vista geral do sistema de abastecimento de água.....	34
Figura 15 -	Funcionamento do sistema hidráulico.....	36
Figura 16 -	Variação do reservatório de água pluvial – Antes (a) e depois dos ensaios (b).....	37
Figura 17 -	Sistema de barrilete instalado.....	38
Figura 18 -	Áreas atingidas pela escassez de água.....	41

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Estimativas de demanda interna de água residencial - parâmetros de engenharia.....	18
Quadro 2 - Metas dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.....	19
Quadro 3 - Vazão máxima por tubulação.....	31
Quadro 4 - Custo de implantação.....	35

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Precipitação diária na região de Manhuaçu no ano de 2018.....	39
Gráfico 2 - Nível d'água do reservatório pluvial da edificação Manhuaçu, MG, Brasil (2018).....	39

## LISTA DE ANEXOS

Anexo 1 - Centro de Odontologia do Centro Superior de Estudos de Manhuaçu – UNIFACIG.....	51
Anexo 2 - Reservatório intermediário instalado.....	51
Anexo 3 - Pontos de captação da água da chuva.....	52
Anexo 4 - Sistema de alimentação das colunas com água da concessionária.	52
Anexo 5 - Sistema de alimentação da coluna dos vasos sanitários.....	53
Anexo 6 - Registro de gaveta e da válvula de retenção.....	53

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
EUA	Estados Unidos da América
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
MMA	Ministério do Meio Ambiente
ODS	Objetivo do Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
SAAE	Serviço Autônomo de Água e Esgoto
UNIFACIG	Centro Superior de Estudo de Manhuaçu

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>14</b>
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>16</b>
2.1. Disponibilidade de água e seus recursos no mundo.....	16
2.2. Aproveitamento da água de chuva para fins não potáveis.....	16
2.3. Aplicação de políticas públicas para sustentabilidade.....	18
2.4. Justificativa.....	20
<b>3. OBJETIVO.....</b>	<b>21</b>
<b>4. MÉTODO.....</b>	<b>22</b>
1ª Etapa: Local de intervenção.....	22
2ª Etapa: Fase exploratória.....	22
3ª Etapa: Diagnóstico.....	25
4ª Etapa: Planejamento.....	27
4.1ª Etapa: Projeto.....	27
4.2ª Etapa: Dimensionamento do reservatório.....	28
4.3ª Etapa: Ciclo de Chuva.....	29
5ª Etapa: Execução.....	30
5.1ª Etapa: Captação de água.....	30
5.2ª Etapa: Posicionamento dos reservatórios.....	34
5.3ª Etapa: Custos do projeto.....	35
6ª Etapa: Avaliação.....	35
<b>5. RESULTADOS.....</b>	<b>38</b>
<b>6. DISCUSSÃO.....</b>	<b>41</b>
<b>7. CONCLUSÃO.....</b>	<b>45</b>
<b>8. PERSPECTIVAS FUTURAS NO CAMPO DAS POLÍTICAS PÚBLICAS E DESENVOLVIMENTO LOCAL.....</b>	<b>46</b>
<b>9. REFERÊNCIAS.....</b>	<b>47</b>
<b>10. ANEXOS. IMAGENS FOTOGRÁFICAS DOS RESERVATÓRIOS INSTALADOS E SISTEMA DE BARRILETE.....</b>	<b>51</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Em setembro de 2015 um grupo de 193 países representado por chefes de estados e de governo e altos representantes, se reuniram em Nova York na sede das Nações Unidas para determinar diretrizes para erradicar a pobreza, melhorar a condição de vida de forma sustentável minimizando o impacto ambiental (MUNDO, 2016). Com isso foi desenvolvido a **Agenda 2030**, que são 17 objetivos e 169 metas de Desenvolvimento Sustentável para serem atingidas até 2030 (SCHNEIDER, 2015).

Entre os 17 objetivos da Agenda 2030, o Objetivo 6 – Água Potável e Saneamento, garantir a disponibilidade e a gestão sustentável da água e saneamento para todos (CORRÊA; ASHLEY, 2018). O modelo de saneamento caracteriza-se pelo uso perdulário dos recursos água e energia e pode levar à escassez de água e a poluição dos recursos hídricos, representando um problema de saúde pública, limitando o desenvolvimento econômico e aumentando a exploração de recursos naturais (COHIM; GARCIA; KIPERSTOK, 2008).

Visando a diminuição deste problema, pesquisadores vêm se dedicando ao estudo sobre o aproveitamento das águas pluviais através de fontes alternativas, do reuso da água e de outros mecanismos para o seu emprego racional (PARDO-DIAZ; TAPIAS; ROLDAN, 2017).

As diferentes formas de aproveitamento de água da chuva através de fontes alternativas, do reuso da água e de outros mecanismos para o seu emprego racional, vêm sendo demonstrado como uma tendência global (MIORANDO; BRIÃO; GIRARDELLI, 2017). Trazendo uma forma sustentável do uso da água.

A água pluvial tem sido considerada uma fonte alternativa para suprimento não potável e vem sendo aplicada em residências e condomínios multifamiliares. O sistema de barrilete possibilita a alimentação das peças sanitárias e ameniza problema de escassez de água, uma vez que a prática de captação de água e o descarte de efluentes não mais atendem as necessidades de uma sociedade sustentável (MORUZZI, 2016).

De acordo com Santos, Araújo e Monteiro (2012), o sistema de barrilete convencional é feito com a utilização de um reservatório de água potável e o outro de água pluvial. Quando o reservatório de água pluvial estiver com sua capacidade volumétrica preenchida, ele é utilizado para alimentar as peças hidráulicas que não

precisam de água potável. Quando o volume de água da chuva esvazia as peças deverá ser alimentada pela água da concessionária, porém, para que isso ocorra, será necessária uma intervenção humana para a troca de reservatórios por meios de registros que deverá ser fechado e outro aberto.

Portanto, para um sistema sustentável de coleta de chuva que possa reunir o baixo custo de manutenção, a facilidade de operação e que seja atraente ao usuário, deve-se propor um sistema hidráulico que possibilite um acionamento automático do reservatório de água e um método de obtenção da água de chuva sem muito custo de forma que para o seu funcionamento não seja necessário o acompanhamento constante dos reservatórios.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1. Disponibilidade de água e seus recursos no mundo**

A água presente no planeta está em constante movimento, denominado ciclo hidrológico ou ciclo da água. Segundo o Ministério do Meio Ambiente (2014), este ciclo refere-se à troca de água entre a atmosfera, o solo, águas superficiais e subterrâneas e as plantas. A água é a que impulsiona todos os ciclos de vida, sustenta a vida e é o solvente universal.

Do volume total de água no planeta, é estimado que apenas 2,5% sejam de água potável ou 'água doce'. Apenas 0,266% deste total encontra-se em lagos, rios e reservatórios, estando o restante distribuído na biomassa e na atmosfera sob a forma de vapor. Deste modo, presume-se que somente 0,007% de toda a água doce do planeta esteja em locais acessíveis e viáveis para o consumo humano (UNIÁGUA, 2006).

Apesar de o país possuir um grande volume de água doce, ela está centrada seu maior volume na região do Amazonas. Conforme Silva (2018), no Fórum Mundial de Água em termos globais, apesar de o Brasil possuir uma grande reserva de água doce, onde se encontra uma vazão de 260.000 m<sup>3</sup>/s de água, 79% deste volume encontra-se na bacia do rio Amazonas, ficando para o restante do território nacional apenas 21%.

Segundo Dixon, Thomas e Holmes (1999), a sustentabilidade urbana somente será alcançada caso a sociedade se direcione no sentido do uso eficiente e apropriado da água. Criar meios que possam auxiliar no melhor uso da água ajuda a preservar os mananciais e a disponibilidade do recurso para as gerações futuras.

### **2.2. Aproveitamento da água de chuva para fins não potáveis**

A captação da água da chuva é uma técnica utilizada pela humanidade a bastante tempo por civilizações em várias partes do mundo. Existe o relato que armazenavam água da chuva em cascas de ovos de avestruz para ser utilizado na estação da seca no Sul da África por "*Homo sapiens*". Outras descrições de mais

de 2.000 anos demonstram que populações que habitavam regiões como Planalto

de Loess na China, Índia, Irã, Israel e Jordânia tinham desenvolvidos tanques de armazenamento de água da chuva (AGARWAL; NARAIN, 1997).

Apesar de Portugal já utilizar a água de chuva para o uso não potável, essa tecnologia não foi implantada no Brasil Colonial, pois o país era rico em água e, mesmo nas regiões secas, os portugueses não acharam viável investir (GNADLINGER, 2006). Apenas em 1943, teve-se registro do primeiro sistema de armazenamento de água da chuva no Brasil, no arquipélago de Fernando de Noronha (MAY, 2004).

No Brasil, as diretrizes de projeto e dimensionamento dos sistemas de aproveitamento de águas pluviais estão prescritas na Norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), NBR 15.527:2017 – Água da Chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis, publicada em 24/10/2007.

A utilização de água pluvial deve ser utilizada sempre para fins não potáveis, tais como: rega de jardim, limpeza de pátios, descargas em bacias sanitárias, lavagem de veículos, usos industriais, uso em reservatórios de incêndios e outros usos que não requeiram água potável (TOMAZ, 2009).

Para o dimensionamento hidráulico do consumo de água potável deve-se fazer uma análise estimada, pois o mesmo varia de acordo com região e cultura. Conforme Tomaz (2009), para uma análise eficiente, utilizou-se estimativas de demanda interna de água residencial cujos dados são de uma pesquisa desenvolvida nos Estados Unidos da América (EUA), devido à inexistência de dados no Brasil, conforme Quadro 1.

Miorando, Brião e Girardelli (2017) mostraram que a água da chuva representa uma fonte de fácil captação e de razoável qualidade, até mesmo para uso potável, utilizando o processo de ultra filtração, apresentando uma moderada concentração de sólidos suspensos, cor, turbidez, matéria orgânica e contaminação por coliformes e uma baixa concentração de nitritos, nitratos e sulfatos.

O consumo de água em escolas públicas do estado de São Paulo é de 3,90 L/aluno/dia, em média, sendo que neste valor está incluído o consumo de água nos bebedouros, lavatórios e bacias sanitárias (SOARES; NUNES; DA SILVA, 2017). Foi observado o consumo de água nas torneiras dos banheiros da Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação da Unicamp (FEEC), em Campinas - SP, realizado por Persona e Mandelli (2012), e chegou-se em uma média de 1,07 L/aluno/dia. Em outro estudo, Andrade e Vieira (2012) concluíram que, em média, o consumo de água de bebedouro por alunos de uma escola pública em Búzios-RJ é de 1,28 L/aluno/dia.

USO INTERNO	UNIDADES	PARÂMETROS		
		Inferior	Superior	Mais Provável
Gasto mensal	m <sup>3</sup> /pessoas/mês	3	5	4
Número de pessoas na casa	Pessoa	2	5	3,5
Descarga na bacia	Descarga/pessoa/dia	4	6	5
Volume de descarga	Litros/descarga	6,8	18	9
Vazamento bacias sanitárias	Porcentagem	0	30	9
Frequência de banho	Banho/pessoa/dia	0	1	1
Duração do banho	Minutos	5	15	7,3
Uso da banheira	Banho/pessoa/dia	0,08	0,3	0,15
Volume de água de banho	Litros/banho	113	189	113
Máquina de lavar pratos	Carga/pessoa/dia	0,1	0,3	0,1
Volume de água	Litros/ciclo	18	70	18
Máquina de lavar pratos	Carga/pessoa/dia	0,2	0,37	0,37
Volume de água	Litro/ciclo	108	189	108
Torneira da cozinha	Minuto/pessoa/dia	0,5	4	4
Vazão da torneira	Litros/segundo	0,126	0,189	0,15
Torneira de banheiro	Minuto/pessoa/dia	0,5	4	4
Vazão da torneira	Litros/segunda	0,126	0,189	0,15

**Nota:** foi considerada a pressão nas instalações de 40 m.c.a.

### **Quadro 1 - Estimativas de demanda interna de água residencial - parâmetros de engenharia**

Fonte: TOMAZ, 2009.

## **2.3. Aplicação de políticas públicas para sustentabilidade**

Os 17 objetivos da Agenda 2030 estão longe de ser alcançada no Brasil. Mesmo o Governo Federal instituindo a Comissão Nacional sobre Desenvolvimento Sustentável por meio do Decreto 8.892, de 27 de outubro de 2016, pouco se tem feito para atingir as metas estabelecidas (PELLIN; ENGELMANN, 2019).

Entre os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), tem-se o Objetivo 6, relacionado com o futuro da água potável e saneamento, que é responsável por assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos. O Quadro 2 apresenta todas as metas desse objetivo.

6.1	Até 2030, alcançar o acesso universal e equitativo da água potável e segura para todos;	
6.2	Até 2030, alcançar o acesso a saneamento e higiene adequados e equitativos para todos e acabar com a defecação a céu aberto, com especial atenção para as necessidades das mulheres e meninas e daqueles em situação de vulnerabilidade;	
6.3	Até 2030, melhorar a qualidade da água, reduzindo a poluição, eliminando despejo e minimizando a liberação de produtos químicos e materiais perigosos, reduzindo à metade a proporção de águas residuais não tratadas e aumentando substancialmente a reciclagem e reutilização segura globalmente;	
6.4	Até 2030, aumentar substancialmente a eficiência do uso da água em todos os setores e assegurar retiradas sustentáveis e o abastecimento de água doce para enfrentar a escassez de água, e reduzir substancialmente o número de pessoas que sofrem com a escassez de água;	
6.5	Até 2030, implementar a gestão integrada dos recursos hídricos em todos os níveis, inclusive via cooperação transfronteiriça, conforme apropriado;	
6.6	Até 2020, proteger e restaurar ecossistemas relacionados com a água, incluindo montanhas, florestas, zonas úmidas, rios, aquíferos e lagos;	
	6.6a	Até 2030, ampliar a cooperação internacional e o apoio à capacitação para os países em desenvolvimento em atividades e programas relacionados à água e saneamento, incluindo a coleta de água, a dessalinização, a eficiência no uso da água, o tratamento de efluentes, a reciclagem e as tecnologias de reuso;
	6.6b	Apoiar e fortalecer a participação das comunidades locais, para melhorar a gestão da água e do saneamento.

### **Quadro 2 - Metas dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**

Fonte: ONU (Organização das Nações Unidas).

A lei Federal nº 11.445 de 2007 rege sobre as políticas públicas relacionadas ao abastecimento público de água potável, desde a sua captação, transporte, tratamento, armazenamento e distribuição, tanto para grandes cidades ou mesmo pequenos povoados, com um sistema adequado para cada região. O sistema de

abastecimento de água tem relação direta com a saúde pública, onde regiões que sofrem com a falta de abastecimento têm um grande problema com a saúde humana (ALMG, 2018).

Conforme o Relatório, o estado de Minas Gerais foi marcado nos períodos de 2013 a 2015 com grandes problemas de escassez de água. Cerca de 55,60% dos municípios - levantamento feito em 2014 - sofreram com a falta de água, fazendo com que os municípios adotassem medidas de racionamento, importação de água, medidas educativas e o controle de perda.

#### **2.4. Justificativa**

Com a utilização de um sistema de barrilete próprio para o uso de água pluvial na edificação, pretende-se fazer o aproveitamento de água da chuva, para alimentar os vasos sanitários e outras peças de uso não potável, reduzindo o consumo de água fornecida pela concessionária da região. Porém, ficam ainda duas grandes questões a serem solucionadas: o sistema de barrilete irá atender as necessidades dos usuários mesmo que se tenha ausência de chuva em alguns períodos do ano? E a implantação deste irá diminuir consideravelmente o consumo de água potável na edificação?

Este método de barrilete foi desenvolvido para que se possibilite o uso de água de chuva em peças, como os vasos sanitários, sem a necessidade da interferência humana, para fazer o controle do volume de água de chuva nos reservatórios.

Com a ausência de água de chuva em seu reservatório, as peças que antes eram abastecidas pela água pluvial passem a ser atendidas pela água da concessionária, até que o reservatório de água de chuva volte a encher novamente.

### **3. OBJETIVO**

Analisar a implantação do manejo sustentável de aproveitamento da água de chuva por sistema de barrilete para bacia sanitária em edificação de uso universitário.

## **4. MÉTODO**

Para o estudo deste método foi implementado o processo de pesquisa-ação, que se trata de um processo entre agir no campo da prática e investigar a respeito dela, em um ciclo entre planeja-se, implementa-se, descreve-se e avalia-se (TRIPP, 2005).

Trata-se de uma pesquisa-ação para implantação do manejo sustentável para aproveitamento da água pluvial em uma edificação institucional, através do sistema de barrilete, não convencional. Para a orientação deste trabalho, foi descrito em processo em etapas da pesquisa-ação com base em Thiollent (2008): exploratória, principal, de ação e de avaliação.

### **1ª Etapa: Local de intervenção**

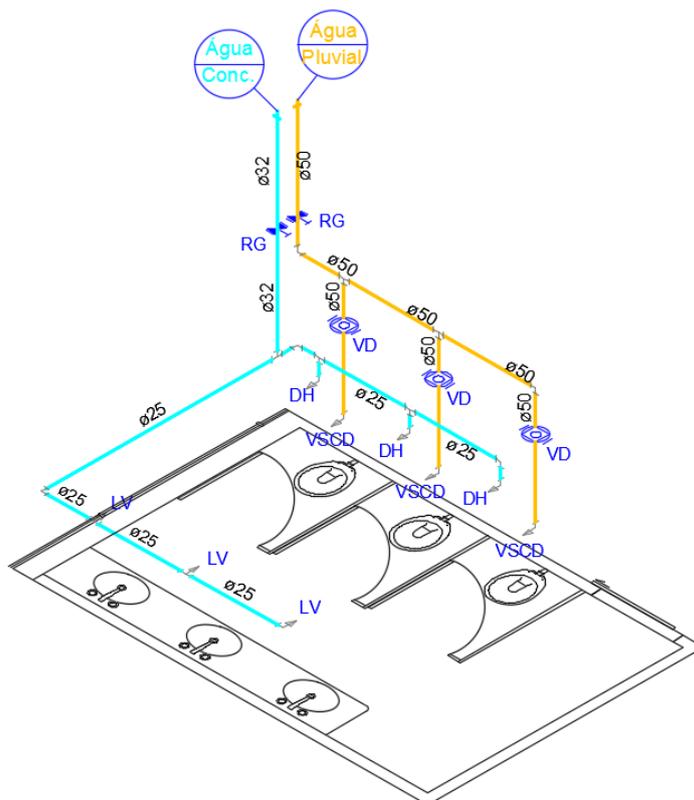
A aplicação da pesquisa-ação ocorreu na clínica/escola de odontologia do Centro Superior de Estudo de Manhuaçu - UNIFACIG, no município de Manhuaçu/MG, na região do Caparaó, onde foi realizado atendimento odontológico de segunda a sexta para aproximadamente 30 pessoas por dia, além de salas de aula para 200 alunos.

### **2ª Etapa: Fase exploratória**

Para a aplicação de um sistema hidráulico adequado para o uso de água da chuva, devem-se atender os parâmetros exigidos por normas para que a água não tratada não contamine a fornecida pela concessionária, prejudicando seu consumo.

A água não tratada, proveniente da chuva, tem sua utilização indicada em jardins, descargas de vasos sanitários e abastecimento de reservas de combate a incêndio, conforme a NBR 5626:1998 - Instalação predial de água fria, item 5.2.1.3.

Para uma edificação que faz uso da água de chuvas é necessário separar as tubulações de água potável e não potável, para que não haja contaminação proveniente da concessionária, conforme Figura 1, onde se demonstra a separação da tubulação que alimenta o vaso sanitário pela água de chuva, da tubulação que alimenta as demais peças de utilização com água da concessionária.

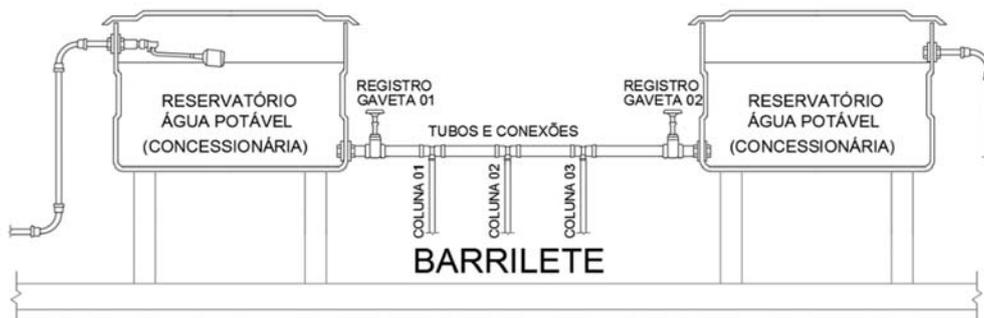


**Legenda:** Tubulação independente, (RG) Registro de gaveta, (VD) Válvula de descarga, (DH) Ducha higiênica, (LV) Lavatório e (VSCD) Vaso sanitário com caixa de descarga

**Figura 1** - Fluxograma de alimentação dos vasos sanitários

Fonte: Elaborado pelo autor

Para um bom funcionamento de um sistema hidráulico, o barrilete tem que conduzir a água armazenada dos reservatórios para as colunas e o transporte para utilização nas peças hidráulica, como as bacias sanitárias, lavatórios, chuveiros, bebedouros, tanque, pias, dentre outros, de acordo com a NBR 5626:1998, conforme mostra a Figura 2, onde se tem um sistema de barrilete sem a utilização da água da chuva.



Coluna 01: Cozinha (pia)

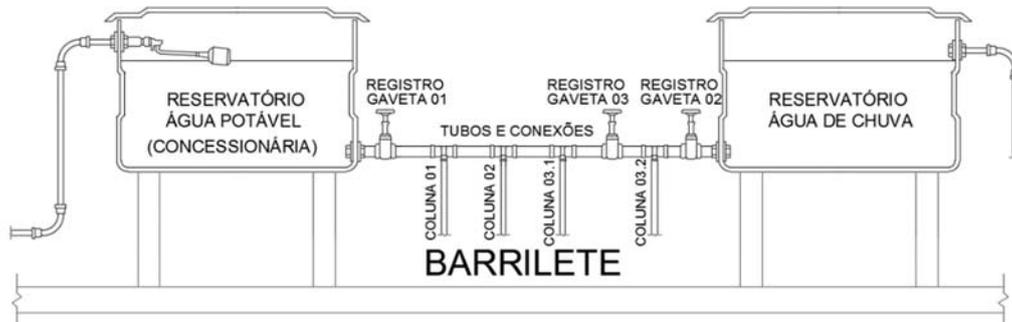
Coluna 02: Área de serviço (máquina de lavar roupa e tanque)

Coluna 03: Banheiro (lavatório, ducha higiênica, vaso sanitário e chuveiro)

**Figura 2** - Sistema de abastecimento sem o aproveitamento da água da chuva

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para um sistema de barrilete tradicional, com uso de água da chuva, a coluna que alimenta o vaso sanitário deve ser separada para que a alimentação seja diferente das demais peças, conforme Figura 3.



Coluna 01: Cozinha (pia)

Coluna 02: Área de serviço (máquina de lavar roupa e tanque)

Coluna 03.1: Banheiro (lavatório, ducha higiênica e chuveiro)

Coluna 03.2: Banheiro (vaso sanitário)

**Figura 3** - Sistema de abastecimento com o aproveitamento da água da chuva com controle manual

Fonte: Elaborado pelo autor.

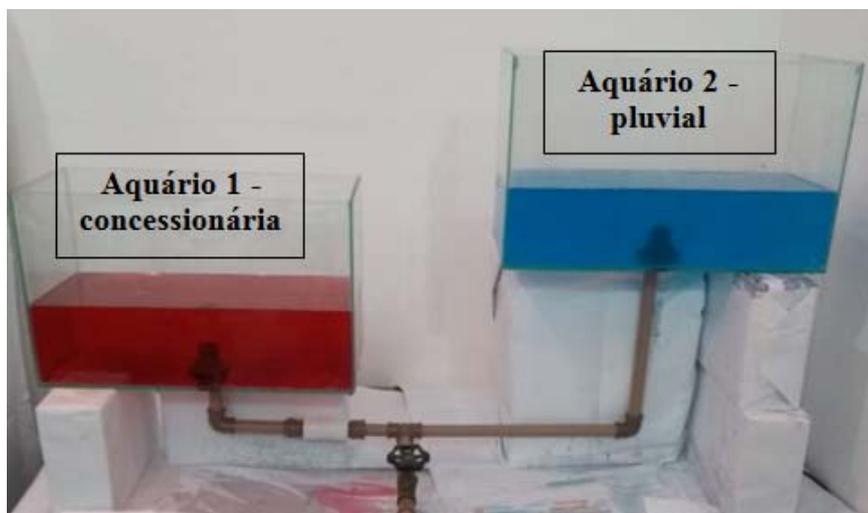
Considerando que esse sistema de barrilete (Figura 3) atende as normas, mesmo assim o usuário deve ter um constante acompanhamento dos reservatórios, pois quando o reservatório de água de chuva estiver cheio, deverá manter o registro de gaveta 03 fechado e o registro de gaveta 02 aberto. Mas quando o reservatório

de água de chuva estiver vazio, deverá abrir o registro de gaveta 03 e fechar o registro de gaveta 01. Sendo assim, este sistema não é considerado muito funcional devido à necessidade de constante acompanhamento, podendo entrar em desuso.

### 3ª Etapa: Diagnóstico

O experimento foi composto por dois aquários de 40 litros cada com a finalidade de representar os reservatórios de água da concessionária, com corante vermelho, denominado de aquário 1, e o de água pluvial, com corante azul, aquário 2. O sistema também foi composto por tubos e conexões com diâmetro de 20 mm, sendo: 02 Flanges (saída do reservatório), 02 joelhos de 90°, 01 Tê, 01 registro de gaveta e uma válvula de retenção.

Os aquários foram posicionados em níveis diferentes, sendo que, para garantir uma maior pressão, o aquário 2 foi disposto em nível mais elevado que o aquário 1. Na fase de teste, adicionou-se água com corantes nos respectivos aquários (Figura 4).



**Figura 4** - Equipamento para simulação de funcionamento do sistema de barrilete  
Fonte: Acervo do autor

A primeira fase de teste do experimento (Figura 5) deu-se a partir do escoamento da água de cor azul do reservatório de água pluvial (aquário 2) e, após o rebaixamento de seu nível, iniciou-se o escoamento da água de cor vermelha do reservatório da concessionária (aquário 1) (Figura 6). Restabelecido o volume do aquário 2, cessou o escoamento do aquário 1.



**Figura 5** - Fase 1 do funcionamento do experimento  
Fonte: Acervo do autor



**Figura 6** - Fase 2 do funcionamento do experimento  
Fonte: Acervo do autor

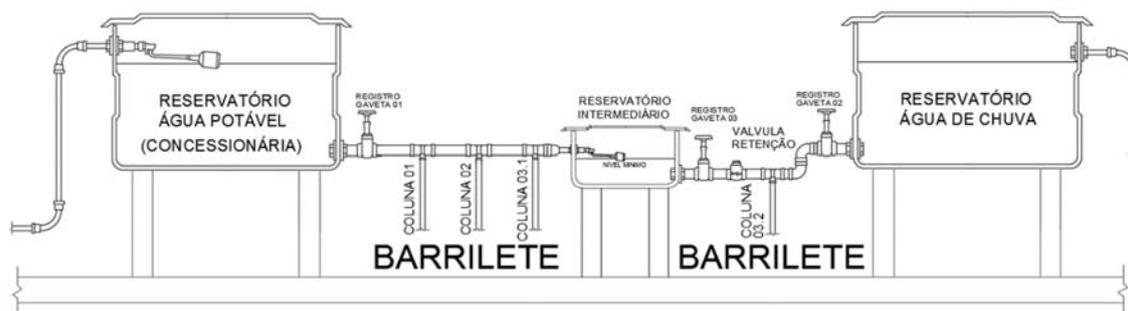
Através do teste piloto pôde-se comprovar que o sistema proposto atendeu os objetivos, uma vez que as utilizações dos reservatórios foram alternadas sem a interferência humana.

## 4ª Etapa: Planejamento

### 4.1ª Etapa: Projeto

Com base nos resultados do experimento e atendendo as exigências prescritas nas normas técnicas, desenvolveu-se um projeto de barrilete real, que foi utilizado na alimentação dos vasos sanitários com a água da chuva, e quando necessário, com a água potável, sem que houvesse a necessidade da intervenção humana para o seu funcionamento.

Neste sistema, as colunas que alimentam os vasos sanitários bem como as demais peças que podem utilizar água não potável foram separadas das demais tubulações. Além disso, foi instalado um reservatório de menor diâmetro para fazer a integração entre os reservatórios de água potável e água de chuva (Figura 7).



**Figura 7-** Sistema de barrilete para o aproveitamento da água de chuva

Fonte: Elaborado pelo autor

Para o seu funcionamento, os reservatórios principais (água potável e água de chuva) devem ser instalados no mesmo nível e o reservatório intermediário, de menor volume, deve ser colocado num nível abaixo dos demais, separando as colunas de água potável para as colunas que podem ser utilizar água de chuva.

O reservatório intermediário deve ser inserido de forma que no seu ponto de entrada de água esteja no mesmo alinhamento do ponto de saída do reservatório de água potável. Ficando assim, o reservatório intermediário localizado abaixo dos reservatórios de água potável.

Quando o reservatório de água de chuva estiver abastecido, a pressão da água neste reservatório será maior que o reservatório intermediário, fazendo com

que a água para a alimentação da coluna do vaso sanitário seja feita apenas com a água da chuva. Porém, quando a reserva de água de chuva acabar, a pressão da água do reservatório intermediária será maior, passando assim a abastecer a coluna com a água da concessionária.

Para evitar a contaminação cruzada da água potável com a água de chuva, adicionou-se uma válvula de retenção, conforme figura 8, impedindo a água pluvial no reservatório intermediário. A válvula de retenção impede também que a água da chuva invada a caixa intermediária e transborde.



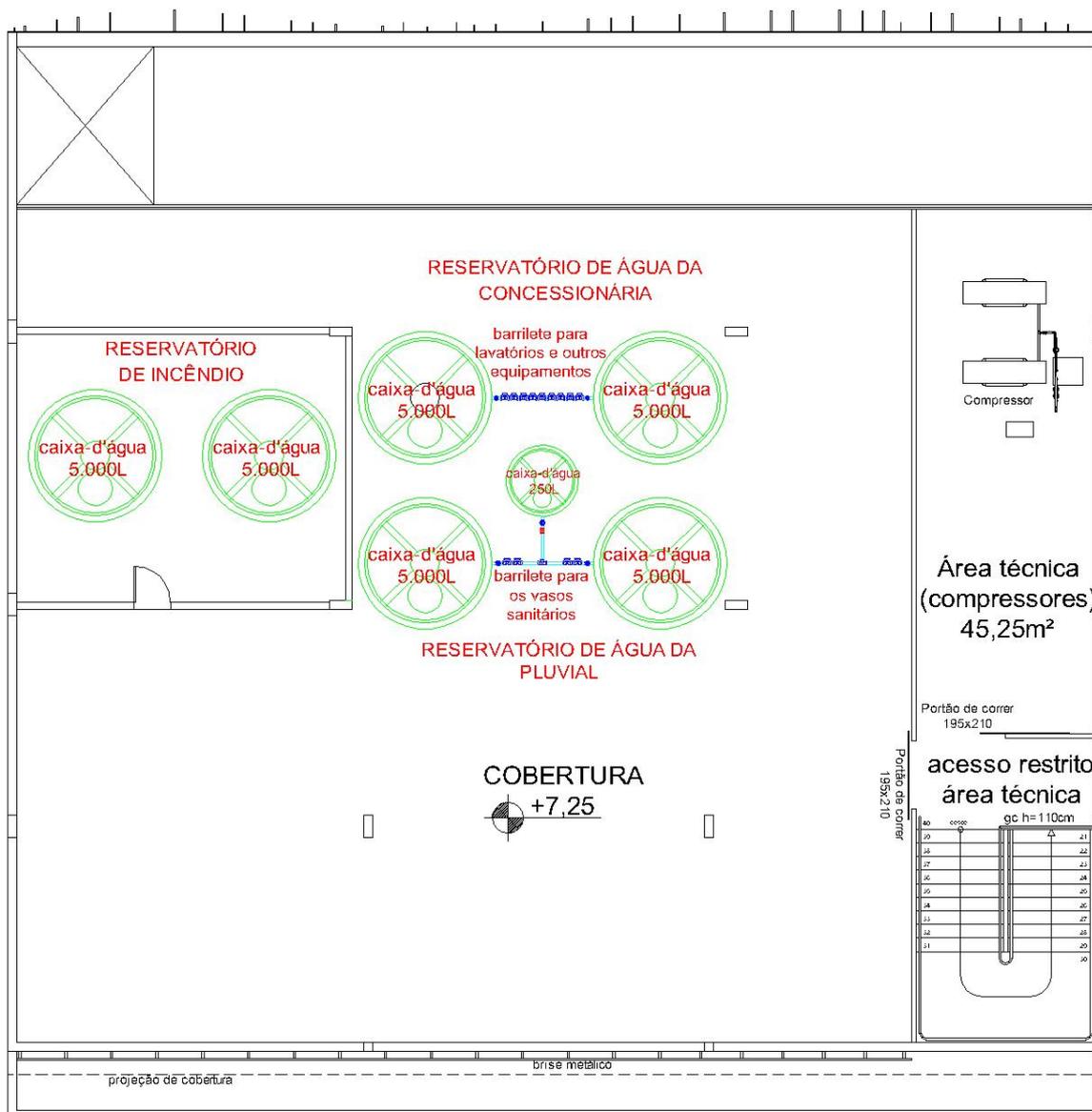
**Figura 8 - Válvula de retenção**  
Fonte: Catálogo Tigre (2016).

Com isso, o sistema de barrilete será autônomo, utilizando o reservatório de água potável somente quando o reservatório de água de chuva estiver vazio, fazendo com que não ocorra o problema de falta de abastecimento nas bacias sanitárias. Quando voltar a captação de água de chuva em seu reservatório, a alimentação das bacias sanitárias voltará a ser atendido por este.

#### **4.2ª Etapa: Dimensionamento do reservatório**

Não existe uma normativa para o dimensionamento do reservatório de água de chuva, pois o mesmo tem o objetivo de diminuir o consumo de água potável em vasos sanitários, torneiras de jardim e para outros fins não potáveis. Diferente do reservatório de água potável, a NBR 5626 – Instalação predial de água fria recomenda que o dimensionamento de reservatório potável seja suficiente para atender uma edificação por dois dias, pois caso falte abastecimento de água por um dia, o reservatório terá condição de atender os seus usuários. Portanto, o reservatório de água de chuva tem como objetivo auxiliar a reserva de água potável.

Porém, para o reservatório de água de chuva, o seu abastecimento é dependente do volume de chuva do local, podendo ficar meses sem acontecer. Na edificação clínica/escola de odontologia do Centro Superior de Estudo de Manhuaçu – UNIFACIG foi instalado dois reservatórios de 5.000 litros cada, conforme figura 9.



**Figura 9-** Planta esquemática do sistema de captação de água

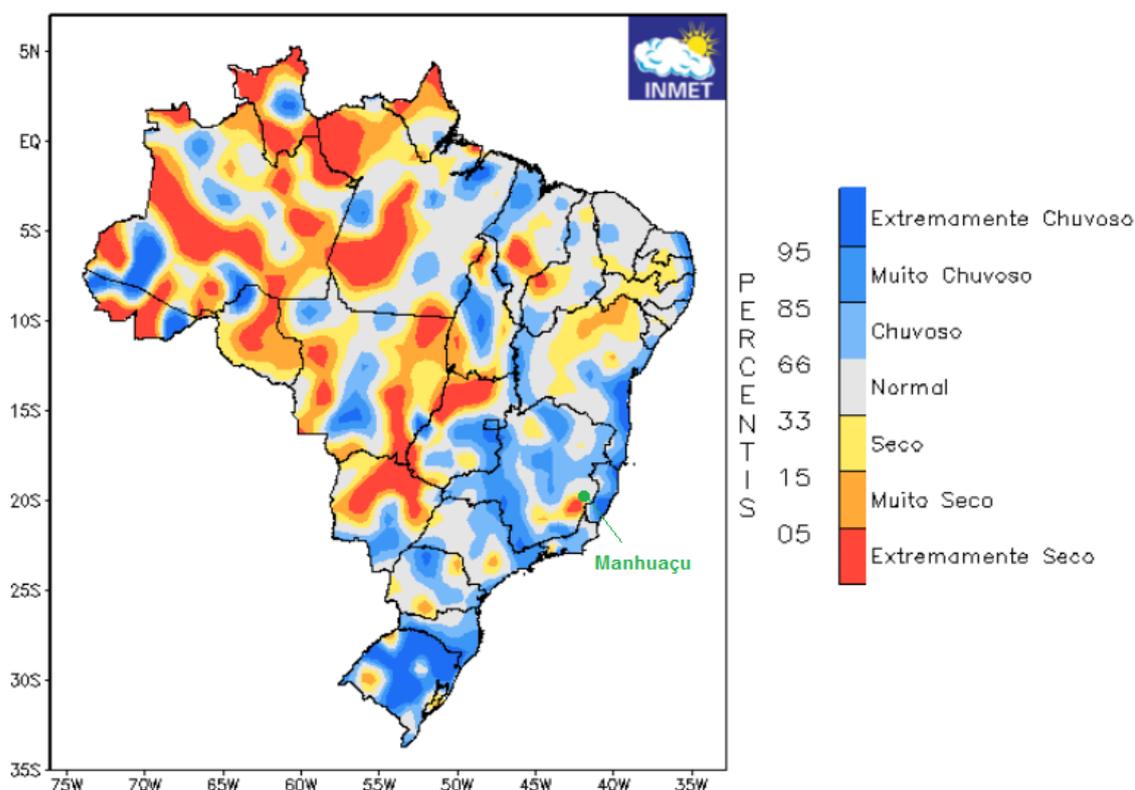
Fonte: Elaborado pelo autor

#### 4.3ª Etapa: Ciclo de Chuva

O sistema deste estudo utiliza como fonte principal a captação da água de chuva, é necessário conhecer o ciclo de chuva da região onde o mesmo será implantado. Foi feito um estudo da região do Caparaó, onde a cidade de Manhuaçu

está inserida, com os dados fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), utilizando os dados de 2018.

O município de Manhuaçu localiza-se a 290 km de Belo Horizonte, ocupando uma área de 628.318 km<sup>2</sup> e com uma população estimada de 89.256 habitantes (IBGE, 2019). Essa região possui intensidade de chuva normal (Figura 10) conforme o INMET, com volume de precipitação de 1.443,60 mm registrado em 2018.



**Figura 10** - Precipitação no Brasil no ano de 2018.

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), 2019.

## 5ª Etapa: Execução

### 5.1ª Etapa: Captação de água

A captação de água de chuva tem por objetivo manter o reservatório abastecido. Porém, a alimentação do reservatório com a água da concessionária é com uma vazão baixa e constante. Já no caso de alimentação com a água de chuva, tem-se um grande volume de água em um curto tempo.

Para definir a quantidade de pontos de captação, que está diretamente

relacionada com a vazão que o telhado consegue captar, utilizou-se a equação abaixo, indicada na NBR 10844:1989 – Instalações prediais de águas pluviais:

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

Onde:

Q = Vazão de projeto, em L/min

I = intensidade pluviométrica, em mm/h

A = área de contribuição, em m<sup>2</sup>

Segundo a NBR 10844:1989 – Instalações prediais de águas pluviais, a intensidade pluviométrica é dada de acordo com cada região. No caso da de Manhuaçu/MG, região do Caparaó, sua intensidade pluviométrica é de 156 mm/h (INMET, 2019).

Após entrada da água da chuva na calha, essa água é transportada até o reservatório por um tubo de PVC. Para cada diâmetro de tubo tem-se uma capacidade máxima de vazão que o mesmo consegue transportar, conforme o Quadro 3.

Diâmetro (mm)	Vazão (L/s)	Vazão (L/min)
50	4,45	267
60	7,00	420
75	10,50	630

**Quadro 3** - Vazão máxima por tubulação  
Fonte: NBR 5626:1998- Instalação predial de água fria

A tubulação adotada foi de 50 mm, conforme descrição:

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

$$267 = \frac{156 \cdot A}{60}$$

$$A = 102,69 \text{ m}^2$$

A clínica/escola de odontologia do Centro Superior de Estudo de Manhuaçu

– UNIFACIG possui uma área de cobertura de 300,00m<sup>2</sup>. Para melhor aproveitamento da captação foi utilizado 3 pontos de captação (Figura 11).



**Figura 11-** Um dos pontos de captação da água da chuva  
Fonte: Acervo do autor

O sistema hidráulico de água pluvial deve ser dimensionado de forma semelhante ao de água potável, pois a captação dessa água será feita quando o reservatório estiver abaixo do nível máximo, pois quando ele estiver cheio essa água deverá seguir o seu escoamento conforme o projeto pluvial.

Como o sistema não tem tratamento foi instalado um filtro para a limpeza física (Figura 12), impedindo a entrada de fuligens, garantindo a manutenção e limpeza do filtro uma vez por ano. Desta forma garantindo uma água mais limpa possível e evitando possíveis obstruções na tubulação.

Após a passagem da água pelo filtro para o controle de entrada de água dentro dos reservatórios, foi instalada uma torneira de boia com o mesmo diâmetro da tubulação (50 mm) para controlar o nível operacional de água (Figura 13). Quando o reservatório estiver no seu volume máximo, a torneira de boia fecha,

impedindo a entrada de mais água.



**Figura 12** - Filtro de tratamento da água da chuva  
Fonte: Acervo do autor



**Figura 13-** Torneira de boia  
Fonte: Catálogo Tigre, 2016.

### 5.2ª Etapa: Posicionamento dos reservatórios

Os reservatórios são de poliolefínico (polietileno), da marca Fortlev, instalado conforme a NBR 14800 – Reservatório poliolefínico para água potável, sobre uma superfície lisa sobre a laje, devidamente calculada para receber as cargas dos reservatórios.

A sua instalação foi feita na cobertura da edificação, conforme Figura 14, distribuídas com 01 (um) reservatório de 250 litros e 6 (quatro) reservatórios de 5.000 litros dividido entre 2 reservatório para a reserva de incêndio (isolado por parede corta fogo), 2 (dois) reservatórios de água potável e 2 (dois) reservatórios de água pluvial.



**Figura 14** - Vista geral do sistema de abastecimento de água  
Fonte: Acervo do autor

### 5.3ª Etapa: Custos do projeto

Para demonstrar o custo da implantação do sistema, levou em consideração apenas os materiais gastos, por se tratar de uma edificação nova a mão de obra da instalação hidráulica já seria utilizada na edificação. Os valores adotados são baseados no SINAPI, Sistema Nacional de Preços e Índices para a Construção Civil (Explotat), criado pela Caixa Econômica Federal (CEF), tem por objetivo efetuar o orçamento analítico e a análise orçamentária de projeto-tipo e projetos específicos e efetuar o acompanhamento de preços, de custos e de índices da construção civil. Conforme demonstrado no Quadro 4, referente ao mês de outubro de 2018.

PEÇAS E EQUIPAMENTOS	QDE	VALOR UNITÁRIO	VALOR TOTAL
Reservatório 5.000 litros	2	R\$ 1.387,28	R\$ 2.774,56
Reservatório 250 litros	1	R\$ 190,61	R\$ 190,61
Tubo PVC Ø 25 mm (6 metros)	1	R\$ 15,00	R\$ 15,00
Tubo PVC Ø 50 mm (6 metros)	8	R\$ 58,08	R\$ 464,64
Joelho de 90° Ø 50 mm	6	R\$ 4,14	R\$ 24,84
Tê Ø 50 mm	4	R\$ 6,33	R\$ 25,32
Registro de gaveta Ø 25 mm	1	R\$ 20,36	R\$ 20,36
Registro de gaveta Ø 50 mm	7	R\$ 58,33	R\$ 408,31
Válvula de retenção Ø 50 mm	1	R\$ 179,79	R\$ 179,79
Filtro de limpeza Netafim Arkal	3	R\$ 899,00	R\$ 2.697,00
Adaptadores p/caixa d'água	4	R\$ 6,81	R\$ 27,24
Bóia para caixa d'água	3	R\$ 18,65	R\$ 55,95
<b>SOMA</b>			<b>R\$ 6.883,62</b>

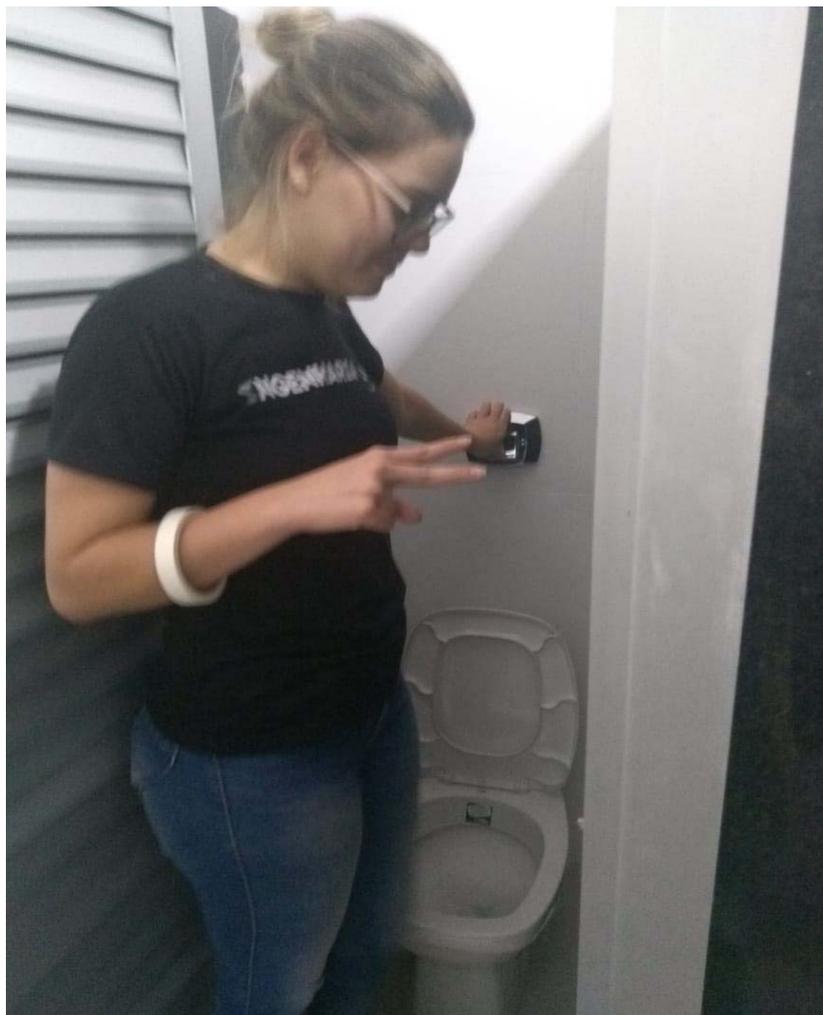
Legenda: Ø diâmetro da tubulação

#### Quadro 4 - Custo de implantação

Fonte: SINAPI, outubro 2018.

### 6ª Etapa: Avaliação

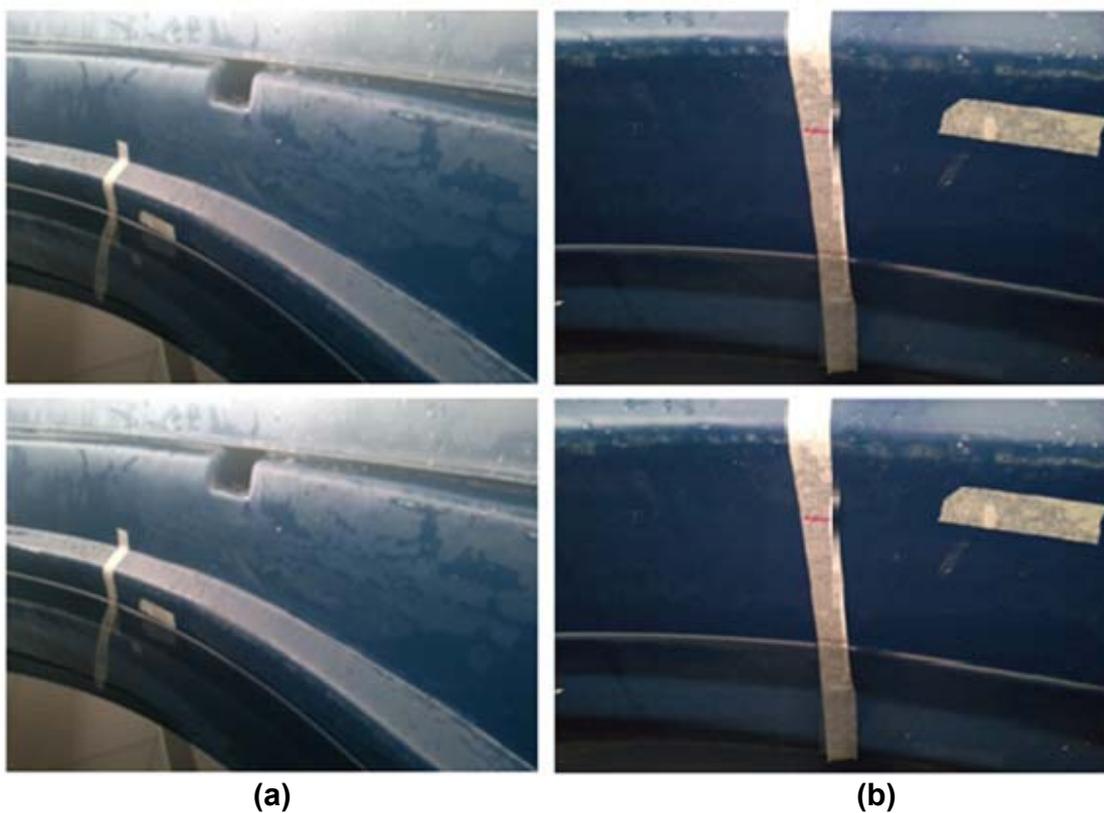
Com a implantação do sistema na clínica/escola de odontologia do Centro Superior de Estudo de Manhuaçu – UNIFACIG, realizou-se uma avaliação do sistema hidráulico em relação ao funcionamento e o consumo das bacias sanitárias, conforme demonstrado na Figura 15.



**Figura 15** - Funcionamento do sistema hidráulico

Fonte: Acervo do autor

O teste da implantação do sistema foi realizado acionando grupos de 100 descargas, onde foi possível verificar a diminuição da reserva de água, conforme demonstrado na Figura 16.



**Figura 16-** Variação do reservatório de água pluvial – Antes (a) e depois dos ensaios (b)

Fonte: Acervo do autor

Através destes testes, foi possível verificar o funcionamento do sistema e provar que, quando o reservatório de água pluvial estiver abastecido, os consumos das bacias sanitárias serão feitos por essa água captada da chuva.

## 5. RESULTADOS

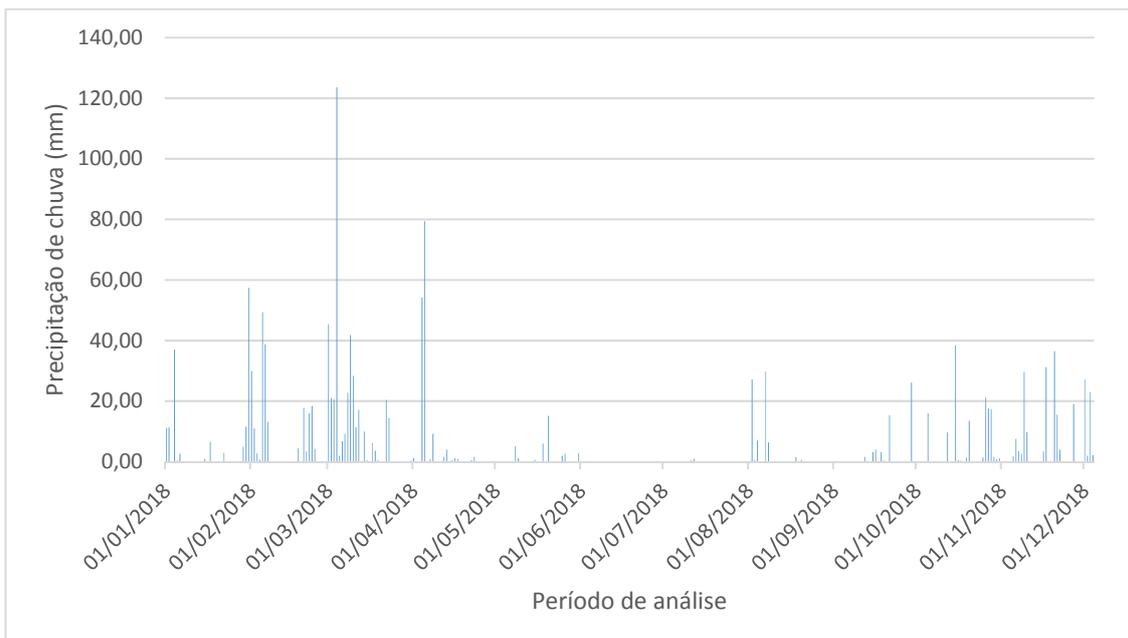
Um dos maiores problemas para aproveitamento de água pluvial refere-se ao dimensionamento do reservatório para o seu armazenamento, pois o volume de água captada varia tanto por região ou período climático anual. No entanto, o sistema de barrilete autônomo não carece de grandes dimensões, pois pode ser utilizado tanto como reservatório para água pluvial quanto para água do sistema de abastecimento público, simultaneamente. Esse sistema permite o uso da água oriunda do abastecimento público quando não existir reserva de água pluvial, conforme demonstrado na Figura 17.



**Figura 17-** Sistema de barrilete instalado

Fonte: Acervo do autor

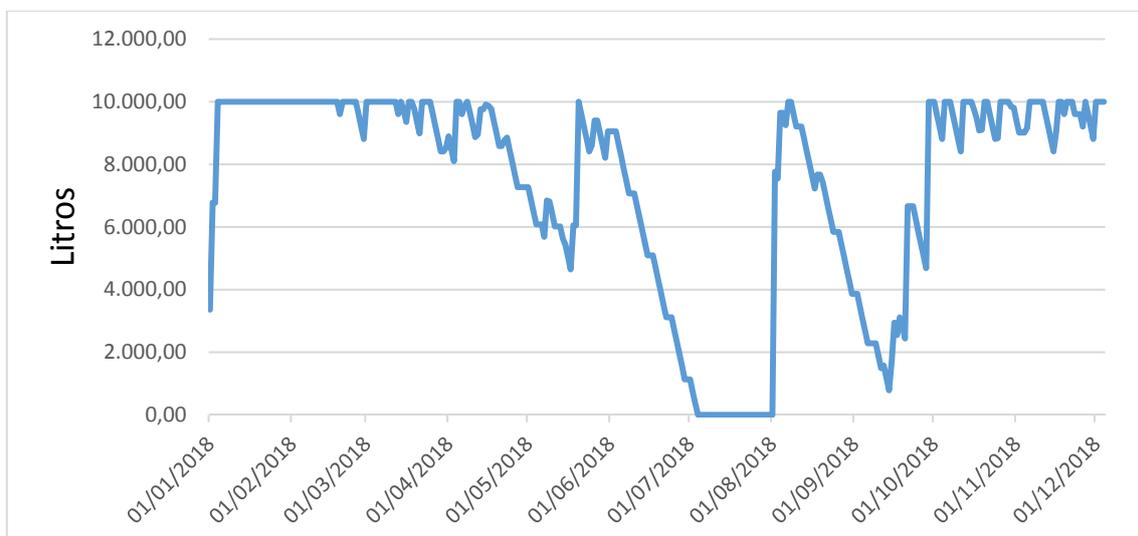
Em 2018, a média de intensidade de chuva na região de Manhauçu foi de 1.144,60 mm, sendo que o período de maior intensidade ocorrido foi nos meses de outubro a abril. Conforme demonstrado no Gráfico 1, os dias com maiores índices de precipitação pluviométrica ocorreram nos meses de março e abril, chegando ao patamar de 120 mm/dia.



**Gráfico 1** - Precipitação diária na região de Manhuaçu no ano de 2018

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) (2019).

A estimativa de funcionamento do sistema de barrilete foi elaborada com base no volume diário de chuva naquele ano, captada através de 300,00 m<sup>2</sup> da cobertura da edificação, onde foi possível captar no período do ano 70.912 litros de água de chuva.



**Gráfico 2** - Nível d'água do reservatório pluvial da edificação Manhuaçu, MG, Brasil (2018)

Fonte: Acervo do autor

Conforme o Gráfico 2 pôde-se acompanhar que entre os períodos de janeiro a abril o reservatório estava com a sua capacidade máxima, e no período de julho, com baixa intensidade de chuva, o abastecimento dos vasos sanitários passou a ser alimentado pela água da concessionária, pois o consumo foi maior que a água captada no período anterior.

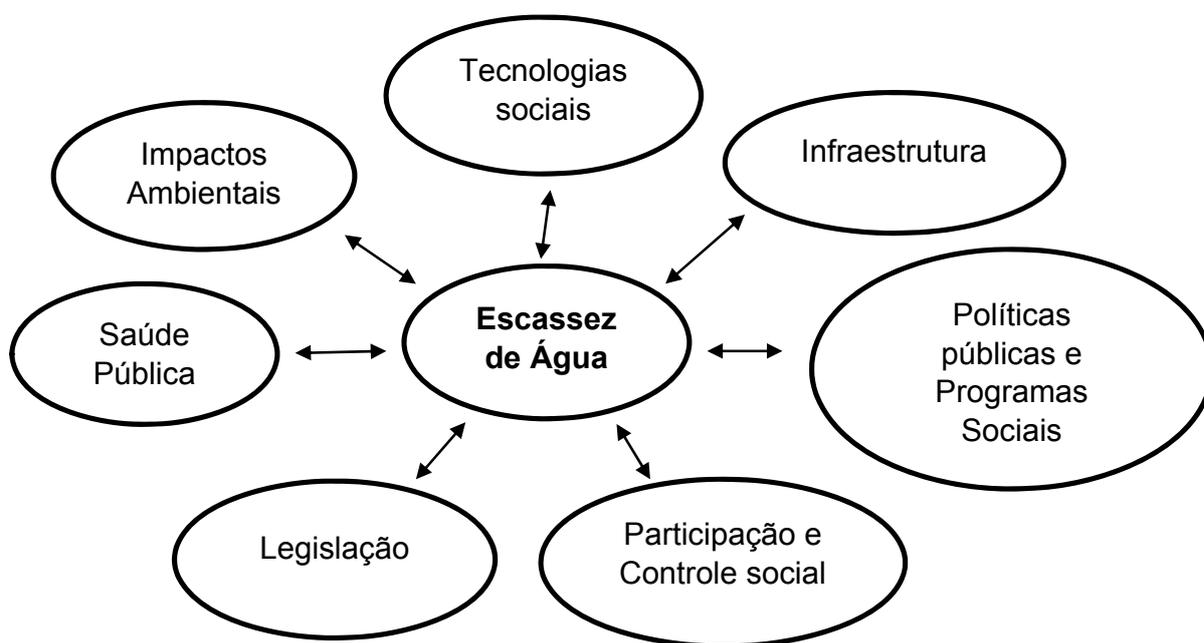
Neste estudo, registrou-se o consumo nas bacias sanitárias de 70.912 litros de água pluvial e 3.536 litros do sistema público. O aproveitamento da água pluvial utilizado influenciou economicamente pela redução no pagamento à concessionária pelo bem público, além da exploração do recurso natural.

A tarifa paga de água na cidade de Manhuaçu, segundo o SAAE (Serviço Autônomo de Água e Esgoto), para a finalidade da edificação o valor pago é de R\$ 3,65 m<sup>3</sup>. Com o consumo de água pluvial, a instituição deixou de pagar R\$ 258,83 no período de 2018. Este valor pode aumentar muito dependendo da região, pois no caso de Manhuaçu / MG, por não possuir tratamento de esgoto, essa taxa complementar não é cobrada.

Com a estimativa de uma população de 200 alunos no período de 188 dias de aula no ano letivo, teve um consumo de 73.628 litros de água nas bacias sanitárias. O referido sistema abasteceu as bacias sanitárias com a reserva de água pluvial em 177 dias e apenas 11 dias pelo o abastecimento público.

## 6. DISCUSSÃO

A escassez da água não pode ser analisada apenas como um problema de infraestrutura, como a falta de água nas edificações. Este é um problema que atinge diretamente várias áreas, conforme demonstra na Figura 19 (PICCOLI; KLIGERMAN; COHEN, 2016).



**Figura 18 - Áreas atingidas pela escassez de água**  
 Fonte: PICCOLI; KLIGERMAN; COHEN (2016).

As concessionárias de água têm tido grandes gastos para manter os abastecimentos de água potável para a sociedade, obrigando assim a sociedade buscar por recursos sustentáveis (REGMI; STEWART; AMERLINCK, 2019). O uso da água de chuva para a utilização não potável atende ao requisito da sustentabilidade e tem um fator fundamental que é o da economia do uso da água potável na edificação onde esse sistema foi implantado, com uma estimativa de economia da água potável de cerca de 38%.

Em estudos feitos em edificações residenciais na região Sudeste, com a utilização do reaproveitamento de água de chuva, teve uma diminuição no consumo

de água fornecida pelas concessionárias entre 15,6 e 39,2% (BRESSAN; MARTINI, 2005). Por se tratar de uma edificação que teve funcionamento durante o período escolar, foi registrado para 2018 o consumo de água de chuva nos vasos sanitários em 177 dias, sendo que em apenas 11 dias foi utilizado a água fornecida pela concessionária para a alimentação destes, dando um rendimento de 94% do uso da água de chuva.

O método empregado tradicionalmente para o uso de água pluvial em bacias sanitárias depende para o seu bom funcionamento do volume de água armazenada, quando este acaba (período de estiagem) o usuário deverá substituir manualmente o abastecimento dos vasos sanitários pelo reservatório de água fornecido pela concessionária.

Para este processo é necessário que o usuário conheça a instalação hidráulica empregada para que se faça essa substituição. E quando o reservatório de água de chuva estiver abastecido deverá ser feito novamente a substituição da alimentação dos vasos sanitários pelo reservatório de água de chuva (SANTOS; ARAUJO; MONTEIRO, 2012). Porém o processo empregado neste trabalho consiste em um sistema autônomo de barrilete onde não é necessária a intervenção humana, caso seja necessário a substituição de reservatório.

Para a definição do tamanho do reservatório de água pluvial devem ser consideradas diversas variáveis, dentre elas: região, precipitação, captação, consumo, obedecendo a um rigoroso dimensionamento (COHIM; GARCIA; KIPERSTOK, 2008). A instalação empregada buscou atender o aproveitamento de água de chuva maior que 80%, baseando-se em um período do ano de grande estiagem.

A NBR 5626:1998 - Instalação predial de água fria prescreve alguns cuidados de forma a evitar a contaminação da água potável através do seu contato com a água pluvial e/ou com materiais inadequados. Segundo a norma, a instalação predial de água fria deve ser projetada e executada de modo que as peças de uso potável como no caso de lavatórios, pias, etc., a água que os alimentam não seja contaminada com a água de chuva, pois, se trata de uma água sem tratamento.

Para o desenvolvimento local de uma região, é fundamental que se tenha estradas, energia, saneamento (água e esgoto), serviços de saúde, etc. (CUNHA; CUNHA, 2005). A energia elétrica pode ser obtida de várias formas como solar, hidráulica, biomassa, nuclear dentre outros; enquanto a água depende diretamente de recursos naturais, como nascentes e rios.

A utilização de recursos naturais é importante para o desenvolvimento da sociedade, segundo Rebouças (1997), contudo todos os avanços culturais, sociais e tecnológicos disponíveis, as mudanças e as inovações que conduzem ao desenvolvimento sustentável têm pouco destaque e investimentos em alguns países, como o Brasil, tem pouco investimento.

A utilização da água de chuva em vasos sanitários, além do fator econômico, possibilita liberar o uso dos recursos naturais para melhor atender a sociedade. Para que um sistema sustentável funcione necessita ter uma harmonia entre a sociedade e natureza (MARICATO, 2002).

Por isso, buscou-se um sistema sustentável cuja implantação leva a um melhor uso dos recursos naturais e à diminuição do consumo de água potável, pois este é um recurso limitado e gera grandes gastos para o seu tratamento, fazendo com que a edificação gaste o mínimo possível de água potável para o seu funcionamento.

Segundo Souza, Sá e Guerra (2016), no Brasil tem-se dois problemas para o abastecimento de água potável na sociedade: regiões com escassez de água e problema no atendimento, tratamento e distribuição dessa para comunidades. Isso implica um desafio nas políticas públicas, onde regiões de baixa renda sofrem com a falta de abastecimento de água potável.

O funcionamento do sistema de barrilete para a utilização de água de chuva em vasos sanitários só é eficaz com a integração do reservatório pluvial com o da concessionária, onde ambos alimentarão as bacias sanitárias, sem que ocorra a interrupção de água para estes. Assim, cria-se autonomia do sistema, não necessitando que alguém esteja constantemente monitorando-os para alterná-los, o que poderia fazer o sistema cair em desuso pois, segundo Júnior, Silvestrin e Oliveira (2015), relata que os usuários deste sistema podem perder o interesse e a motivação de fazer certas atividades costumeiras, como no caso do acompanhamento constante do reservatório de água de chuva.

O funcionamento do sistema de manejo automatizado por meio do sistema hidráulico do barrilete proposto mostrou-se eficaz para a captação de água de chuva, sua distribuição e utilização nas bacias sanitárias do edifício projetado. O presente estudo comprovou viabilidade do aproveitamento e utilização de água pluvial em edificações.

O abastecimento de água nos vasos sanitários ora foi feito pela reserva de água pluvial, ora pela concessionária, uma vez que não necessita de intervenção humana para mudança dos sistemas de abastecimento. A aplicação deste sistema hidráulico na edificação educacional/odontológica promoveu uma economia de 38% no período de 2018. Demonstrando que o sistema além de econômico teve um grande desempenho fazendo com que usuários não se preocupassem com a quantidade de água de chuva armazenada.

Com a conscientização do proprietário para o benefício do uso de água não potável em bacias sanitárias, foi possível desenvolver um sistema hidráulico sustentável. Os achados da implantação deste sistema mostraram benefícios diretos e indiretos. Entre os benefícios diretos destaca-se a economia do uso de água potável para fins secundários e aproveitamento das estruturas existentes para sua implantação. Como benefícios indiretos destacam-se a redução de investimentos para captação, tratamento e distribuição de água potável, baixo impacto ambiental, aumento da segurança hídrica, dentre outros.

A principal limitação do sistema proposto é econômica, pois o retorno financeiro se mostrou de muito longo prazo. Este tempo irá depender do valor cobrado pela concessionária: em algumas regiões é cobrada juntamente com a conta de água uma taxa referente ao esgoto, o que não ocorre na cidade de Manhuaçu/MG.

## 7. CONCLUSÃO

O sistema proposto no presente trabalho mostrou-se eficaz na captação de água pluvial e sua utilização em edificações, fazendo com que seu pleno funcionamento atendesse todo sistema hidráulico conforme exigido pela NBR 5626:1998 - Instalação predial de água fria.

A água proveniente das chuvas captada pelo sistema e utilizada nas bacias sanitárias atendeu as necessidades da edificação, garantindo conforto aos usuários, cumprindo todas as exigências das normas técnicas e ainda, gerando economia e sustentabilidade. O sistema de barrilete proposto é uma técnica viável para fins não potáveis, como utilização de água nos jardins e bacias sanitárias.

## **8. PERSPECTIVAS FUTURAS NO CAMPO DAS POLÍTICAS PÚBLICAS E DESENVOLVIMENTO LOCAL**

O sistema barrilete é utilizado em todos os edifícios para distribuição de água que se encontra armazenada no reservatório para as colunas que deste, vai até as peças de utilização, como no caso de lavatórios, pias, vasos sanitários entre outros. Com o uso da água de chuva para alimentar as peças com água não potável, o sistema de barrilete compreende uma estrutura hidráulico onde depende sempre de um acompanhamento constante para o seu funcionamento, além do conhecimento do sistema instalado.

O sistema que foi instalado apresentou uma maior eficiência devido a arquitetura que foi projetada de forma que toda a captação de chuva do telhado era armazenada e o acionamento do sistema utilizava a gravidade, ou seja, não necessita de acompanhamento para seu funcionamento tanto para utilizar a água da chuva como da concessionária. Ressalta-se que a estrutura construída, priorizava a utilização da água de chuva.

A educação ambiental e a conscientização da sociedade para com o uso racional da água tornam-se fundamental para implementar nas políticas públicas o incentivo do aproveitamento dos recursos naturais inesgotável, como a água de chuva, em uso não potável nas edificações, por exemplo.

A implementação desse sistema que apresentou um bom desempenho na edificação em estudo, poderá ser replicado para outros tipos de edificações independentes do seu uso, gerando maior sustentabilidade. A importância desta técnica possibilita minimizar o uso de água potável nas edificações e gerando economia.

## 9. REFERÊNCIAS

AGARWAL, Anil; NARAIN, Sunita. **Dying Wisdom: Rise, fall and potential of India's traditional water harvesting systems**. Water Nepal, v. 87, n. 2, p. 117-125, 1999.

ALMG. **Abastecimento Público de Água**, acesso em 17/02/2019. Disponível em: [https://politicaspUBLICAS.almg.gov.br/temas/abastecimento\\_publico\\_agua/entenda/informacoes\\_gerais.html?tagNivel1=9&tagAtual=10190](https://politicaspUBLICAS.almg.gov.br/temas/abastecimento_publico_agua/entenda/informacoes_gerais.html?tagNivel1=9&tagAtual=10190).

ANDRADE, Ocimar Ferreira; VIEIRA, Flávio Dias. **Avaliação do desperdício hídrico de água potável no uso de bebedouro elétrico de pressão por alunos de uma escola pública em Cabo Frio-RJ**. Campos dos Goytacazes/RJ, v. 6 n. 1, p. 115-137, jan./jun. 2012.

**ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS**. Água de chuva- aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis-requisitos. ABNT, 2007.

BRESSAN, D. L.; MARTINI, M. **Avaliação do Potencial de Economia de Água Tratada no Setor Residencial da Região Sudeste Através do Aproveitamento de Água Pluvial**. Trabalho de Conclusão de Curso do Curso de Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2005.

COHIM, Eduardo; GARCIA, Ana; KIPERSTOK, Asher. **Captação e aproveitamento de água de chuva: dimensionamento de reservatórios**. Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, v. 9, 2008.

CORRÊA, Mônica Marella; ASHLEY, Patrícia Almeida. **Desenvolvimento Sustentável, Sustentabilidade, Educação Ambiental e Educação para o Desenvolvimento Sustentável: Reflexões para ensino de graduação**. REMEA - Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental, v. 35, n. 1, p. 92-111, 2018.

CUNHA, Sieglinda Kindlida; CUNHA, João Carlos da. **Competitividade e sustentabilidade de um cluster de turismo: uma proposta de modelo sistêmico de medida do impacto do turismo no desenvolvimento local.**

Revista de Administração Contemporânea, v. 9, n. SPE2, p. 63-79, 2005.

DIXON, R. M.; THOMAS, R.; HOLMES, J. H. G. Interactions between heat stress and nutrition in sheep fed roughage diets. **The Journal of Agricultural Science**, v. 132, n. 3, p. 351-359, 1999.

GNADLINGER, J. **Tecnologias de Captação e Manejo de Água de Chuva em Regiões semiáridas. Tecnologias Apropriadas Para Terras Secas.** Fortaleza: Fundação Konrad Adenauer, v. 1, p. 103-122, 2006.

JÚNIOR, Sinésio Gomide; SILVESTRIN, Luiz Humberto Bonito; OLIVEIRA, Áurea de Fátima. **Bem-estar no trabalho: o impacto das satisfações com os suportes organizacionais e o papel mediador da resiliência no trabalho.** Revista Psicologia Organizações e Trabalho, v. 15, n. 1, p. 19-29, 2015.

MARICATO, Ermínia. **Dimensões da tragédia urbana.** Revista com ciência, 2002.

MAY, Simone. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações.** 2004. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

MIORANDO, Taizi; BRIÃO, Vandrê Barbosa; GIRARDELLI, Laisa. **Potabilização de água da chuva por ultrafiltração.** EngSanitAmbient, v. 22, n. 3, p. 481-490, 2017.

MORUZZI, Rodrigo Braga. **Estimativa do lançamento de água pluvial no sistema de coleta e transporte de esgoto sanitário por meio de práticas de aproveitamento em residências unifamiliares.** Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 21, n. 1, p. 85-94, 2016.

MUNDO, Transformando Nosso. a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. **Recuperado em**, v. 15, 2016.

PARDO-DÍAZ, Sergio; TAPIAS, Daniel Rojas; ROLDAN, Fabio; BRANDÃO, Pedro; MANRIQUE, Edgar Almansa. **Biodegradation of phenol in treated water from the oil industry to re-use in agricultural crops**. Revista de Biologia Tropical, v. 65, n. 2, p. 685-699, 2017.

PELLIN, Daniela Regina; ENGELMANN, Wilson. O BRASIL E A VIAMÃO DO CUMPRIMENTO DA AGENDA 2030: AS EMPRESAS, AS INSTITUIÇÕES E AS NANOTECNOLOGIAS/BRAZIL AND THE ONEWAY OF AGENDA 2030 COMPLIANCE: COMPANIES, INSTITUTIONS AND NANOTECNOLOGIES. **Revista Culturas Jurídicas**, v. 6, n. 13, 2019.

PERSONA, Giovanna; MANDELLI, Gregori Yuji. **Consumo de água nas torneiras dos banheiros da FEEC**.

PICCOLI, Andrezza de Souza; KLIGERMAN, Débora Cynamon; COHEN, Simone Cynamon; ASSUMPÇÃO, Rafaela Facchetti. **A Educação Ambiental como estratégia de mobilização social para o enfrentamento da escassez de água**. Ciência & Saúde Coletiva, v. 21, p. 797-808, 2016.

REBOUÇAS, Aldo da Cunha. **Água na região Nordeste: desperdício e escassez**. Estudos avançados, v. 11, n. 29, p. 127-154, 1997.

REGMI, Pusker; STEWART, Heather; AMERLINCK, Youri; ARNELL, Magnus; GARCIA, Pau Juan; JOHNSON, Bruce; MAERE, Thomas; MILETIC, Ivan; MILLER, Mark; RIEGER, Leiv. **The future of WRRF modelling—outlook and challenges**. Water Science and Technology, v. 79, n. 1, p. 3-14, 2019.

SANTOS, Michelle Ludmila Guedes; ARAUJO, Elder Silva; MONTEIRO, Adriana Soraya Alexandria. **Reaproveitamento da água do chuveiro e lavatório para reutilização na descarga do vaso sanitário**. In: VII CONNEPI - Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação. 2012.

SCHNEIDER, José Odelso. Cooperativismo e desenvolvimento sustentável. **Otra Economía**, v. 9, n. 16, p. 94-104, 2015.

SILVA, O. **Fórum mundial da água**. <http://portalamazonia.com/osiris-silva/forum-mundial-da-agua-2018>. Acesso em outubro de 2018.

SOARES, Anna Elis Paz; NUNES, Luiz Gustavo Costa Ferreira; DA SILVA, Simone Rosa. **Diagnóstico dos Indicadores de Consumo de Água em Escolas Públicas de Recife-PE**. Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista, v. 13, n. 1, 2017.

SOUSA, Rafaela Sales de; SÁ, Tatiana Deane de Abreu; GUERRA, Gutemberg Armando Diniz. **Políticas públicas e normas sobre os usos da água: desafios e implementação no município de Igarapé-Açu/PA**. Embrapa Amazônia Oriental- Artigo em periódico indexado (ALICE). 2016.

THIOLLENT, Michel; DE OLIVEIRA SILVA, Generosa. Metodologia de pesquisa-ação na área de gestão de problemas ambientais. **Revista Eletrônica de Comunicação, Informação e Inovação em Saúde**, v. 1, n. 1, 2007.

TOMAZ, Plínio. **Previsão de consumo de água**. São Paulo: Navegar Editora, 2009.

TRIPP, David. **Pesquisa-ação: uma introdução metodológica**. Educação e pesquisa, v. 31, n. 3, p. 443-466, 2005.

UNIÁGUA. **Universidade da água**. Água no Planeta, 2006. Disponível em: <http://www.uniagua.org.br>. Acesso em: set. de 2018.

WALMSLEY, Jay J. **Framework for measuring sustainable development in catchment systems**. Environmental management, v. 29, n. 2, p. 195-206, 2002.

## 10. ANEXOS. IMAGENS FOTOGRÁFICAS DOS RESERVATÓRIOS INSTALADOS E SISTEMA DE BARRILETE



**Anexo 1** - Centro de Odontologia do Centro Superior de Estudos de Manhuaçu - UNIFACIG

Fonte: Acervo do autor



**Anexo 2** - Reservatório intermediário instalado

Fonte: Acervo do autor



**Anexo 3 - Pontos de captação da água da chuva**  
Fonte: Acervo do autor



**Anexo 4 - Sistema de alimentação das colunas com água da concessionária**  
Fonte: Acervo do autor



**Anexo 5 - Sistema de alimentação da coluna dos vasos sanitários**  
Fonte: Acervo do autor



**Anexo 6 - Registro de gaveta e da válvula de retenção**  
Fonte: Acervo do autor