



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO**  
**CENTRO TECNOLÓGICO**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AMBIENTAL**

**MONIQUE LYRIO DOS SANTOS**

**RODRIGO DE MELO NOGUEIRA**

**ESTRATÉGIAS PARA CONSERVAÇÃO DE ÁGUA POTÁVEL POR  
MEIO DE APROVEITAMENTO DE FONTES NÃO POTÁVEIS EM  
EDIFÍCIO ESCOLAR PÚBLICO**

VITÓRIA

2019

MONIQUE LYRIO DOS SANTOS

RODRIGO DE MELO NOGUEIRA

**ESTRATÉGIAS PARA CONSERVAÇÃO DE ÁGUA POTÁVEL POR  
MEIO DE APROVEITAMENTO DE FONTES NÃO POTÁVEIS EM  
EDIFÍCIO ESCOLAR PÚBLICO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Ambiental.

Orientador: Prof. D. Ing. Ricardo Franci Gonçalves.

VITÓRIA

2019

## FICHA CATALOGRÁFICA

**MONIQUE LYRIO DOS SANTOS**

**RODRIGO DE MELO NOGUEIRA**

**ESTRATÉGIAS PARA CONSERVAÇÃO DE ÁGUA POTÁVEL POR  
MEIO DE APROVEITAMENTO DE FONTES NÃO POTÁVEIS EM  
EDIFÍCIO ESCOLAR PÚBLICO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Ambiental., área de concentração em Saneamento Ambiental.

Aprovado em 09/07/2019 .

**COMISSÃO EXAMINADORA**

---

Prof. D. Ing. Ricardo Franci Gonçalves  
Universidade Federal do Espírito Santo  
Departamento de Engenharia Ambiental  
Orientador

---

Prof. D. Sc Diogo Costa Buarque  
Universidade Federal do Espírito Santo  
Departamento de Engenharia Ambiental  
Examinador Interno

---

M. Sc Fernanda Ribeiro Guzzo  
Universidade Federal do Espírito Santo  
Examinador Externo

---

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus, pela vida e por ter conduzido nossos caminhos e nos permitido chegar até aqui.

Ao professor Ricardo Franci por ter orientado na realização deste trabalho

Ao Wallace Krüger e à Milene Nóbrega que estiveram presentes desde o começo do projeto.

Ao Natanael Blanco e à Fernanda Guzzo por toda ajuda, sempre dispostos a auxiliar no que fosse preciso.

Aos nossos pais, pelo suporte em toda nossa jornada acadêmica

À Universidade Federal do Espírito Santo que nos permitiu realizar a graduação

Por fim, à EMEF Zilda Andrade por ter possibilitado a realização dos nossos estudos e colaborado com a pesquisa, disponibilizando acesso aos projetos e às áreas da escola.

*“Já que sou, o jeito é ser.”*

Clarice Lispector

## RESUMO

Em um cenário onde o risco de escassez de água se agrava a cada dia, todas e quaisquer iniciativas que reduzam o consumo, preservem os mananciais e diminuam custos, tornam-se uma questão de sobrevivência. O objeto de estudo deste trabalho foi escolhido considerando a importância do ambiente escolar para a formação do cidadão e a incidência de grandes índices de vazamentos nessa tipologia de edificação. A base deste trabalho foram os programas de conservação e reuso de água que auxiliam na avaliação do consumo de água das edificações e no implemento de ações sustentáveis nas mesmas. Uma das ações mais importantes dentro de uma implantação de qualquer prática de conservação de água é a setorização do monitoramento de vazões, pois a partir disto podemos analisar perdas de água, devido aos vazamentos nas instalações, e estudar a demanda e oferta de água. Entre as ofertas de água disponíveis nas edificações, podemos destacar as águas cinzas e as águas pluviais. Após identificar as demandas de água não potável na edificação conforme as atividades de usos menos nobres da água, foram estabelecidas estratégias utilizando as fontes de águas alternativas para que estas substituam o uso de água potável na edificação, além do emprego de aparelhos economizadores. Este estudo mostra que o maior consumidor de água na edificação são os vasos sanitários e mictórios, correspondendo à 52,02% de todo o consumo na escola. Os vazamentos contínuos totalizam 240,9 L/dia de água potável. Com isso, obtemos o consumo per capita de 12,8 L/dia/pessoa. A substituição de aparelhos hidrossanitários por aparelhos economizadores apresentou uma economia de até 33% de água na edificação. Ao reutilizar águas cinzas, a economia na edificação sobe para aproximadamente 44%, valor não muito satisfatório visto que não há muita produção de água cinza para suprir a demanda de correntes que podem ser substituídas por água de reuso. Por fim, ao se reutilizar águas pluviais junto com aparelhos economizadores, o potencial de economia de água sobe para em média 61%, sendo esta a melhor estratégia estudada.

**Palavras-chave:** Reuso. Aproveitamento de Água. Conservação de água. Escola.

## ABSTRACT

In a scenario where the risk of water scarcity worsens every day, any kind of initiatives that reduce water consumption, preserve water sources and reduce costs, become a matter of survival. The object of study of this work was chosen considering the importance of a school environment for the citizens awareness and the incidence of high rates of leakage in this type of edification. The basis of this work was the conservation and water reuse that helps in the evaluation of water consumption in the buildings and the implementation of sustainable actions in them. One of the most important actions on any water conservation practice is the flow monitoring sectorization, because it gets easier to analyze water losses, due to the leaks in the facilities, and to study the demand and supply of water. Among the available water in the building, we can highlight gray water and rainwater. After identifying the demands of non-potable water in the building according to the less noble uses of water, strategies are established using alternative water sources so that they replace the use of drinking water in the building, as well as the use of saving water devices. This study shows that the largest consumer of water in the building are the vessels toilets and urinals, they take up to 52.02% of all school consumption. We calculated a total of 240.9 L / day of drinking water lost due to continuous leaks . Thereby, we obtain a per capita consumption of 12.8 L / day / person. The addition of saving water devices on vessels toilets led to a reduction of 33% in potable water consumption. When reusing gray water, it reduces up to 44% of all consumption, which is not very satisfactory since there is not much gray water production to supply the demand of currents which can be replaced by alternative water. Finally, when reusing rainwater with saving appliances, the potential to save water rises to 61%, being this one the best strategy studied.

Keywords: Reuse. Water Use. Water conservation. School



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Hierarquia do gerenciamento da água .....	10
Figura 2 - Diagrama para desenvolvimento do PCRA.....	12
Figura 3 - Vista superior da EMEF Zilda Andrade .....	20
Figura 4 - Fachada da escola Zilda Andrade .....	21
Figura 5 - (a) e (b) – Hidrômetros (H1 e H2) instalados no banheiro feminino - Pavimento térreo .....	25
Figura 6 – (a) e (b) Hidrômetros (H3 e H4) instalados no bebedouro e torneira externa - Pavimento térreo .....	25
Figura 7 - (a) e (b) – Hidrômetros (H5 e H6) instalados no banheiro masculino - Pavimento térreo .....	26
Figura 8 - (a) e (b) – Hidrômetros (H7 e H8) instalados na cozinha e área de serviço - Pavimento térreo .....	26
Figura 9 - Hidrômetro (H9) instalado no banheiro/funcionários - Pavimento térreo .....	27
Figura 10 - Hidrômetro (H10) instalado no banheiro/sala dos professores – 2º Pavimento .....	27
Figura 11 - Hidrômetro (H11) instalado no bebedouro – 3º Pavimento .....	28
Figura 12 - (a) e (b) – Hidrômetros (H12 e H13) instalados no banheiro feminino – 3º Pavimento .....	28
Figura 13 - (a) e (b) – Hidrômetros (H14 e H15) instalados no banheiro masculino – 3º Pavimento .....	29
Figura 14 - Hidrômetro (H16) – CESAN .....	29
Figura 15 - Hidrômetro (H17) – Reservatório superior .....	30
Figura 16 – Bacia Sanitária: método do corante .....	36
Figura 17 – Mictório: método da Caneta .....	36
Figura 18 – Equipamentos hidro sanitários analisados .....	37

Figura 19 - Consumo de água potável (CESAN) e temperatura (INMET) por meses – EMEF ZILDA ANDRADE .....	49
Figura 20 - Setorização do consumo de água.....	53
Figura 21 - Setorização do consumo de água com médias ajustadas .....	55
Figura 22 - Série histórica do consumo de água e série histórica de população .....	57
Figura 23 - Consumo mensal de água potável.....	58
Figura 24 - Variação do consumo global diário por meses .....	59
Figura 25 Gráfico do comportamento mensal dos hidrômetros.....	60
Figura 26 Gráfico de consumo mensal por atividade .....	61
Figura 27 - Consumo sazonal de água potável na edificação .....	62
Figura 28 - Bacias sanitárias com vazamentos .....	64
Figura 29 – Detalhes dos vazamentos discretos nos mictórios.....	65
Figura 30 – bebedouro defeituoso.....	66
Figura 31 CENARIO 1 - Situação atual.....	78
Figura 32 CENARIO 2 – Substituição de aparelhos hidrossanitários por aparelhos economizadores .....	79
Figura 33 CENARIO 3 – Reaproveitamento de Aguas Cinzas.....	80
Figura 34– CENARIO 4 – Reaproveitamento de aguas pluviais .....	81

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - etapas para o estudo do gerenciamento dos recursos hídricos em edificações .....	23
Quadro 2 - Exemplo de quadro onde armazena-se dados da CESAN .....	24
Quadro 3 - Planilha de consumo diário de água por hidrômetro .....	30
Quadro 4 - Planilha de consumo mensal de água por setor .....	31
Quadro 5 - Planilha de consumo de água por atividade.....	31
Quadro 6 - Identificação qualitativa para vazamentos.....	35
Quadro 7 - Descrição das estratégias .....	40
Quadro 8 - Indicação de medição por hidrômetro .....	50

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Usos finais da água em 3 tipologias diferentes de escolas .....	16
Tabela 2 - Demanda e custo de água por categoria de uso no clube-escola Sesi Vila Leopoldina – São Paulo .....	17
Tabela 3 - Caracterização do consumo de água no colégio Padre Júlio Maria em Boa Esperança-MG .....	18
Tabela 4 - Indicador de consumo per capita de água nas escolas .....	18
Tabela 5 – Coeficientes de Runoff .....	44
Tabela 6 - Série histórica do consumo de água (2015 / 2016) – CESAN.....	47
Tabela 7- Quantidade de pessoas na edificação .....	50
Tabela 8 - Estimativas de consumo de água para H9 e H10 .....	52
Tabela 9 - Consumo de água por atividade.....	53
Tabela 10 - Consumo de água por atividade ajustados .....	54
Tabela 11 - EMEF Zilda Andrade x Outros estudos .....	55
Tabela 12 Quantidade de equipamentos hidro sanitários avaliados .....	63
Tabela 13 - Média diária de vazamentos por setor .....	66
Tabela 14 - Perdas por tipo de vazamento e por tipo de aparelho.....	67
Tabela 15 - Fluxo médio de pessoas na escola por dia .....	69
Tabela 16 - EMEF Zilda Andrade x Outros estudos .....	70
Tabela 17 - Média de consumo diário de água potável na escola.....	71
Tabela 18 - Consumo mensal e água na edificação em m <sup>3</sup> .....	71
Tabela 19 - Economia de água com aparelhos economizadores.....	73
Tabela 20 - Economia de água com aparelhos economizadores na edificação	73
Tabela 21 - Oferta x Demanda de água cinza e potencial de economia por mês .....	74
Tabela 22 - Oferta de água cinza x demanda de água para limpeza da escola	75
Tabela 23 - Relação de médias mensais de chuva e a oferta mensal de água para reuso .....	76
Tabela 24 - Oferta de água cinza x demanda de água para limpeza da escola	77

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>7</b>
2.1	OBJETIVO GERAL.....	7
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	7
<b>3</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>8</b>
3.1	CRISE HIDRICA NO BRASIL.....	8
3.2	CONSERVAÇÃO DE ÁGUA.....	9
<b>3.2.1</b>	<b>Programas de conservação de água</b> .....	<b>10</b>
<b>3.2.2</b>	<b>Medidas para conservação e reuso de água</b> .....	<b>13</b>
3.3	CONSUMO DE ÁGUA EM AMBIENTES ESCOLARES.....	16
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>20</b>
4.1	INFORMAÇÕES PRELIMINARES .....	20
<b>4.1.1</b>	<b>Característica da edificação</b> .....	<b>21</b>
4.2	ESTUDO DO CONSUMO DE ÁGUA E A PRODUÇÃO DE DIFERENTES CORRENTES LÍQUIDAS DE ÁGUAS NÃO POTÁVEIS NA EDIFICAÇÃO .....	22
<b>4.2.1</b>	<b>Etapa 1: Análise Técnica Inicial</b> .....	<b>23</b>
<b>4.2.2</b>	<b>Etapa 2: Monitoramento e avaliação da demanda de água</b> ....	<b>24</b>
<b>4.2.3</b>	<b>Etapa 3: Avaliação da oferta de água não potável para fins potáveis e estratégias de redução de água.</b> .....	<b>39</b>
4.3	Fluxograma hídrico .....	45
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>46</b>
5.1	AVALIAÇÃO TÉCNICA PRELIMINAR.....	46
5.2	Caracterização do consumo de água .....	50
<b>5.2.1</b>	<b>Setorização do consumo de água</b> .....	<b>50</b>
<b>5.2.2</b>	<b>Estimativas de consumo de água</b> .....	<b>51</b>

5.2.3	Distribuição do consumo de água .....	52
5.2.4	Histórico do consumo de água e da população .....	56
5.2.5	Variação do consumo mensal monitorado.....	58
5.2.6	Variação do consumo de água ao longo da semana.....	62
5.3	IDENTIFICAÇÃO DE VAZAMENTOS .....	63
5.3.1	<i>Teste do corante</i> .....	63
5.3.2	<i>Teste da caneta</i> .....	64
5.3.3	<i>Identificação visual</i> .....	65
5.3.4	<i>Registro de hidrômetros nos finais de semana</i> .....	66
5.4	Indicadores de consumo de água.....	69
5.5	Estratégias de redução de água potável .....	71
5.5.1	Uso de aparelhos economizadores.....	72
5.5.2	Uso de aparelhos economizadores e reuso de água cinza.....	74
5.5.3	Uso de aparelhos economizadores e reaproveitamento de água de chuva. ....	76
5.6	FLUXOGRAMA HIDRICO .....	78
6	Conclusão.....	82
7	Recomendações futuras.....	83
8	REFERÊNCIAS .....	84

## 1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural essencial que está diretamente ligada ao desenvolvimento e à qualidade da vida humana. Porém, devido ao crescimento populacional desenfreado e ao desenvolvimento industrial, junto com o uso não racional da água temos como consequência o aumento da demanda e a produção de águas residuárias no mundo, acarretando grande pressão aos recursos hídricos. (UNITED, 2002).

A frequência das crises no abastecimento de água está aumentando em muitos locais devido a mudanças climáticas, falta de gerenciamento adequado, mal hábitos de consumo da população e períodos de estiagens.

Junto a isto, estão os problemas de disponibilidade hídrica, que se estendem por diversos países, inclusive no Brasil e no Estado do Espírito Santo, levando a necessidade de promover métodos de uso racional e eficiente dos recursos hídricos por meio da educação e da adoção de tecnologias que visem sua conservação, estabelecendo o equilíbrio entre oferta e demanda de água.

Portanto, a utilização de técnicas de reuso da água em edificações e a captação de água de chuva, como umas das formas de redução do consumo e minimização do desperdício, tem sido uma necessidade crescente.

O aproveitamento de água pluvial é uma prática empregada no mundo todo desde muitos milênios. Os bons resultados de economia de água potável dependem do regime de chuva da região (TOMAZ, 2003).

Já o reuso de águas cinzas consiste na reutilização de efluentes, após passar por tratamento adequado, provenientes de pias, tanques, chuveiros, banheiras, lavatórios e máquinas de lavar roupas, encontrados tanto em residências como em escritórios comerciais, escolas, entre outros (ANA, 2005).

Edifícios escolares possuem um potencial muito grande para aproveitamento de água pluvial, devido à sua extensa área de captação, e reuso de águas cinzas. Considerando-se a importância do ambiente escolar para a formação

do cidadão e o relato da incidência de grandes índices de vazamentos nessa tipologia de edificação, optou-se por ser este o objeto de estudo do presente trabalho.

Em um cenário onde o risco de escassez de água se agrava a cada dia, todas e quaisquer iniciativas que reduzam o consumo, preservem os mananciais e diminuam custos, tornam-se uma questão de sobrevivência da escola como o bem público. O incentivo a práticas sustentáveis contribui para a construção de uma escola que, além de minimizar os gastos e consumos, forma alunos com conceitos comprometidos com a preservação dos recursos naturais (Ywashima, 2005).

Diante disto, este trabalho busca avaliar o comportamento de uso de água potável na Escola Municipal de Ensino Fundamental Zilda Andrade, assim como avaliar possíveis estratégias de conservação desta água, começando com a troca dos atuais aparelhos hidrossanitários por aparelhos economizadores. Posteriormente, analisando o potencial de economia por meio do aproveitamento de fontes de água não potáveis, tais como reutilização de águas cinzas e águas pluviais.



## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Este trabalho tem como objetivo estudar o consumo de água e estratégias para conservação de água potável em uma edificação escolar pública situada no Município de Vitória (ES).

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Com finalidade de atingir o objetivo geral, é necessário atingir os seguintes objetivos específicos:

- Identificar os pontos do sistema predial de água responsáveis pelas maiores parcelas do consumo total da escola EMEF Zilda Andrade;
- Realizar o balanço hídrico da edificação, considerando todas as correntes líquidas de água de entrada e saída da edificação em estudo;
- Calcular indicadores de consumo de água e comparar com a literatura;
- Compatibilizar os aspectos quantitativos das fontes geradoras (oferta) e dos usos (demanda) na edificação de água não potável.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 CRISE HIDRICA NO BRASIL

O Brasil é um dos países que possuem a maior disponibilidade de água doce do mundo. Isso traz um aparente conforto, porém os recursos hídricos estão distribuídos de forma desigual no território, espacial e temporalmente (ANA, 2007).

Ademais, por ser um país de dimensões continentais com uma imensa diversidade ambiental, cultural e climática, a gestão dos recursos hídricos se torna complexa em situações normais e sobretudo nas extremas, das secas e das cheias (BARBALHO, 2018).

A água, ou melhor, a ausência desse recurso, se tornou tema importante, e seguidamente tem sido parte da agenda de instituições públicas e privadas, quando se percebeu a gravidade da situação hídrica, que tem comprometido a produção agrícola, o setor industrial, elétrico, de transportes, dentre outros (MOURA, 2016).

A população urbana está aumentando mais rapidamente do que a capacidade de adaptação de sua infraestrutura. A situação se torna mais alarmante nas periferias, onde vivem milhões de cidadãos. Sem acesso à água potável nem à rede de esgoto sanitário, e com condição precária de suas casas, os tornando vulneráveis aos desastres relacionados com as enchentes ou os deslizamentos de terras (BARASSO; BACHO, 2016).

Tundisi e outros (2008) apontam uma série de motivos para a crise hídrica, entre os quais:

- I. Intensa urbanização, acarretando aumento da necessidade de abastecimento de água potável;
- II. Infraestrutura de abastecimento em péssimo estado, responsável por perdas com vazamentos;
- III. Ocorrência de eventos hidrológicos extremos graças às mudanças globais, como longos períodos de seca ou chuvas intensas;

#### IV. Falta de gestão de recursos hídricos e de políticas de sustentabilidade ambiental.

Considerando todos esses aspectos, o uso sustentável tem sido um apelo frequente, principalmente nos meios de comunicação de massa (MCM). A proposta é divulgar ideias que consigam estabelecer uma relação humanizada com os recursos hídricos, superando a percepção mercadológica e utilitarista da água, que antes admitia a cultura do desperdício, por conta do usuário encarar essa postura como “direito do consumidor” (MOURA, 2016).

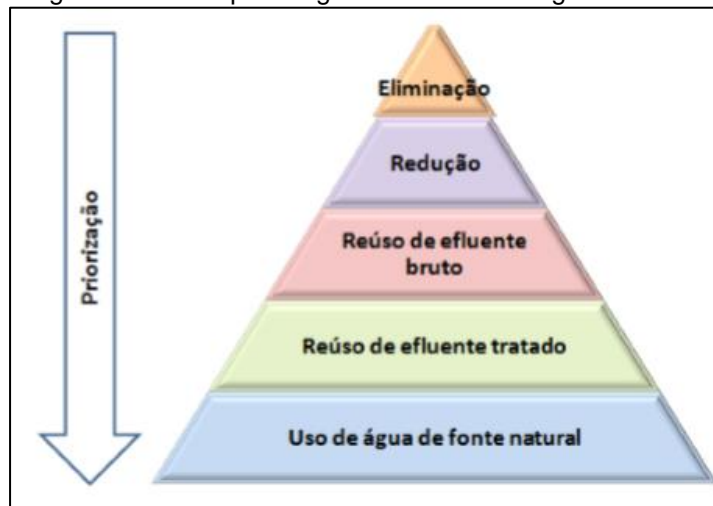
Diante da economia mundial globalizada, caso não seja tomada medidas para a preservação ambiental dos recursos naturais, podemos, daqui alguns anos, estar em uma situação catastrófica (BARASSO; BACHO, 2016).

### 3.2 CONSERVAÇÃO DE ÁGUA

A conservação da água engloba o uso racional pelos usuários e o reuso (WEBER; CYBIS; BEAL, 2010). O uso racional leva em consideração o desperdício de água, que é definido por Oliveira (1999) como sendo toda água perdida em um sistema antes de ser utilizada (perda) ou utilizada de forma excessiva (uso excessivo). Já o reuso é uma das práticas sustentáveis para preservação da água potável.

De acordo com Alwl e outros (2008), a conservação de água deve obedecer determinada hierarquia seguindo a ordem da Figura 1:

Figura 1 - Hierarquia do gerenciamento da água



Fonte: Adaptado de Awi e outros (2008); Guzzo (2017).

Primeiramente deve se tentar eliminar totalmente o uso de água potável, caso não seja possível, o segundo nível visa reduzir o consumo como, por exemplo, por meio de conscientização do usuário ou instalação de aparelhos que visam a economia. No terceiro nível é proposto o reaproveitamento de efluente não tratado (aproveitamento de água de chuva sem tratamento), não sendo possível utiliza-lo sem tratamento, passa a trata-lo no quarto nível. Em último caso, no quinto nível, utiliza-se a água de fonte natural. (GUZZO 2017)

Os conjuntos de ações com objetivo de economizar água, que podem ser econômicas, sociais e tecnológicas, têm sido denominados de Programa de Uso Racional de Água (PURA), cuja metodologia geral foi proposta por Oliveira (1999) e adaptada em diversos programas de conservação de água de acordo com as definições e particularidades de cada estudo de caso.

### 3.2.1 Programas de conservação de água

Os programas de conservação e reúso de água auxiliam na avaliação do consumo de água das edificações e no implemento de ações sustentáveis nas mesmas (GUZZO, 2017). Tais programas consistem em ações de plano de intervenção como setorização da medição, conserto de vazamentos,

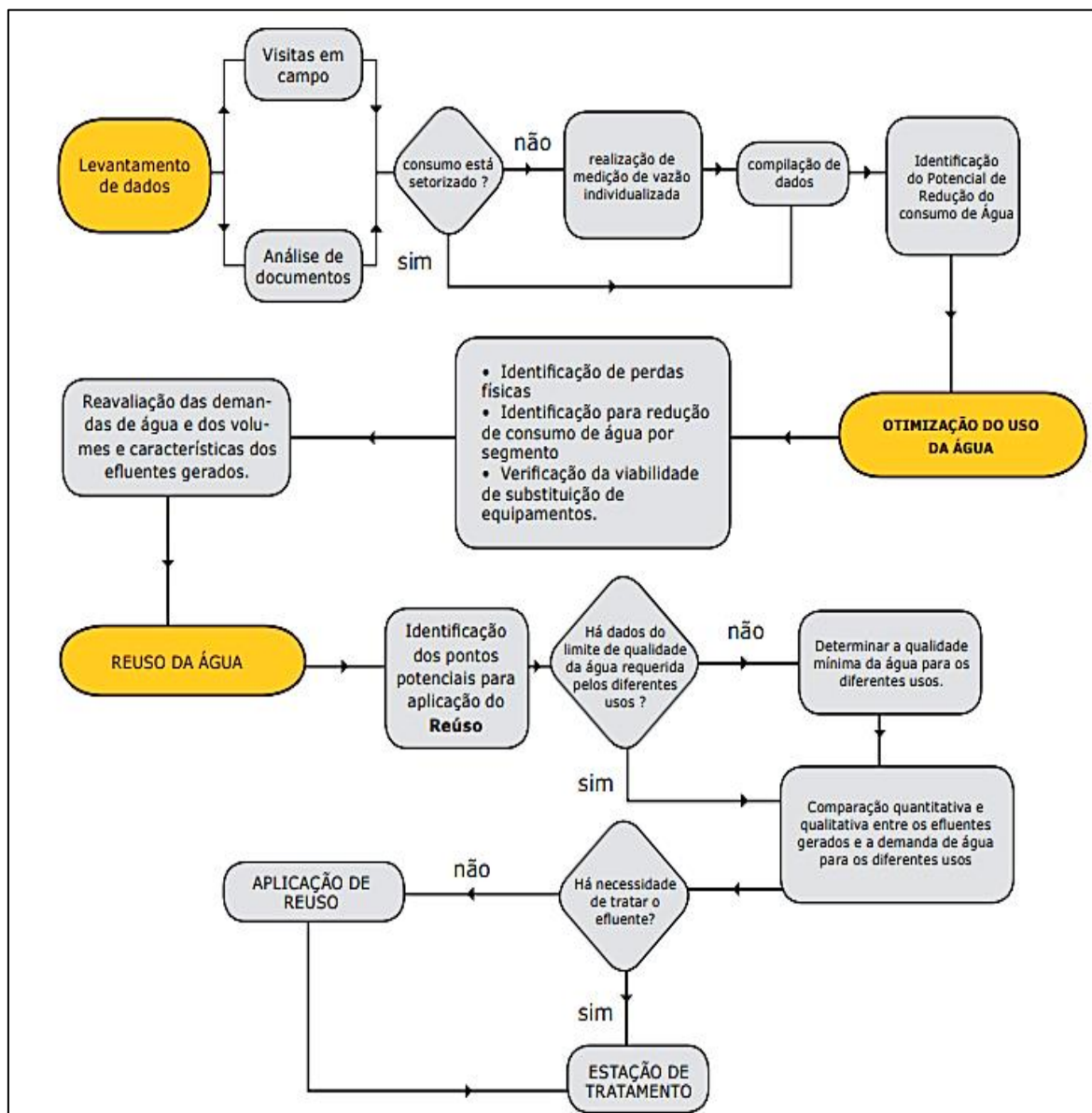
sensibilização dos usuários, instalação de tecnologias economizadoras e adoção de fontes alternativas de água (reuso e aproveitamento de águas pluviais)

Ao longo dos últimos anos, houve um grande crescimento e adaptação de diferentes programas para a conservação da água devido à importância de implementar práticas e sistemas visando economia, a fim de garantir o atendimento à demanda crescente de água. Podemos destacar alguns programas que possuem alcance estadual e federal:

- Programa de Uso Racional de Água (PURA – SABESP);
- Programa de Conservação de Água da Unicamp (Pró-Água UNICAMP);
- Programa de Uso Racional de Água da UFBA (ÁGUAPURA UFBA);
- Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água (PNCDA);
- Programa de Pesquisa em Saneamento Básico (PROSAB);
- Programa de Conservação e Reuso de Água (PCRA) – (FIESP/CIESP, 2004).
- Plano de Conservação e Reuso de Água (PCRA) – (FIRJAN/SEBRAE, 2007).

A Figura 2 a seguir apresenta o diagrama para o desenvolvimento de um PCRA que teve como base o presente trabalho.

Figura 2 - Diagrama para desenvolvimento do PCRA



Fonte: Hespanhol e outros (2007).

Em geral, de acordo com o fluxograma (Figura 2), os estudos relacionados ao uso racional de água em edificações consistem na avaliação do uso de água envolvendo, primeiramente, o levantamento documental (projetos hidros sanitários e arquitetônicos, contas de água, etc.), levantamento cadastral, levantamento de vazamentos e avaliação do comportamento dos usuários. Após, são analisadas propostas de planos de intervenção, avaliando o impacto de redução no consumo obtido (ou estimado) com a implementação do Plano de Conservação e Reuso de Água.

### 3.2.2 Medidas para conservação e reuso de água

A fim de minimizar o consumo de água nas edificações, em diversos estudos, algumas alternativas vêm sendo utilizadas em estudos de diversas edificações a fim de racionalizar o consumo de água. Entre as ofertas de água disponíveis nas edificações, podemos destacar as águas cinzas e as águas pluviais. Além disso, o emprego de equipamentos economizadores é bastante citado nessas bibliografias. (MANO; SCHMITT, 2004; SIMIONI et al., 2004; PHILIPPI et al., 2005; GHISI; OLIVEIRA, 2007)

Nos últimos anos, o aproveitamento de água pluvial e o reuso de águas cinzas vêm sendo utilizado cada vez mais por indústrias, escolas, postos de gasolina, entre outras atividades, visto que os mesmos consomem um volume elevado de água para fins não potáveis. Assim, esses sistemas representam uma economia relevante no consumo de água tratada (GIACCHINI; FILHO, 2005).

#### 3.2.2.1 Controle de vazamentos e aparelhos economizadores

Uma das ações mais importante dentro de uma implantação de qualquer prática de conservação de água é a setorização da medição de vazões. Com isso podemos realizar o balanço hídrico da edificação e conseqüentemente, o estudo da demanda e da oferta de água. Além disso, é possível averiguar possíveis vazamentos internos e externos na edificação.

Tamaki (2003) setorizou as medições em seu estudo de caso como instrumento de gestão da demanda de água no campus Armando de Salles Oliveira da Universidade de São Paulo (USP). Ele destacou a importância deste monitoramento para detectar vazamentos, onde ao serem consertados rapidamente, evitam enormes perdas de água.

Oliveira (1999) em seu trabalho ao desenvolver um PURA (Programa de Uso Racional de Água) no ICOR (Instituto do Coração - SP) destacou que o

conserto de vazamentos reduziu o consumo mensal em 28,4% e ao implantar aparelhos economizadores, houve redução de 15,3%. Dessa maneira, a redução mensal no consumo totalizou 39,3% o que representa um volume de 5.990m<sup>3</sup> economizados.

Sautchúk (2004) verificou em um edifício de escritórios em São Paulo - SP, a possibilidade de redução de 30% no consumo de água potável após instalar equipamentos economizadores e medição individualizada.

### 3.2.2.2 Aproveitamento de água pluvial

Os sistemas de captação de água de chuva não somente reduzem o consumo de água potável evitando a escassez dos recursos hídricos, mas também minimizam alagamentos e enchentes.

Para se aproveitar água pluvial, a mesma deve ser captada em uma determinada área e encaminhada através de calhas e tubulações para um reservatório. Antes de ser armazenada é importante a implantação de um dispositivo de limpeza com objetivo de descartar a “primeira água da chuva” e reter impurezas da área de captação.

Todavia, a água de chuva possui impurezas absorvidas da poluição atmosférica, logo, não deve ser usada para fins potáveis. Porém o seu tratamento não é complexo (MARINOSKI; GHISI; GOMEZ, 2004), facilitando então seu aproveitamento em descargas sanitárias, lavagem de pisos, irrigação de jardins e serviços de limpeza em geral.

Segundo Marinoski e Ghisi (2008), foi possível uma economia de 45,8% de água potável com a substituição da mesma pela água pluvial em uma instituição de ensino localizada em Florianópolis.

Uma outra avaliação, em Capivari de Baixo - SC, realizada por Martins e Marques (2017), constatou uma porcentagem de 90% na relação fins não-potáveis/potáveis (142m<sup>2</sup> em valores absolutos) e que a implementação de um sistema de captação e reaproveitamento de águas pluviais supririam toda a demanda hídrica para fins não-potáveis.



Werneck e Bastos (2006) também realizaram um estudo de viabilidade do uso de água pluvial em 77 escolas em Barra do Piraí - RJ. Em destaque, em um colégio particular, o Colégio Cândido Mendes, foi verificado que o consumo de água potável poderia ser reduzido em 40,4%.

Ainda no estudo de Sautchúk (2004) citado no item anterior, se caso houvesse aproveitamento de água pluvial em bacias sanitárias, lavagem de áreas externas e irrigação, teriam uma redução de 34% de água potável.

### 3.2.2.3 Reuso de água cinza

A definição de reuso de água é “reutilização da água, que após passar por tratamento adequado, destina-se a diferentes propósitos, com o objetivo de se preservarem os recursos hídricos existentes e garantir a sustentabilidade” (FERNANDES e outros 2006). Este conceito já existe e é aplicado em diversos países, comprovando que a reutilização de água contribui significativamente com a racionalização dos recursos hídricos, sendo esta uma opção muito boa para atender demandas que não necessitam de águas de primeira qualidade Hespanhol (2003).

A água cinza para reuso é o efluente doméstico gerado por chuveiros, lavatórios, banheiras e máquina de lavar roupa, e não conta com a contribuição dos efluentes de pia de cozinha ou bacia sanitária, segundo o Manual da FIESP (BRASIL e outros, 2005). Autores como Nolde (1999) e Christova-Boal et al (1996) não recomendam a reutilização de águas da cozinha por serem altamente poluentes e por conterem compostos desagradáveis e de difícil tratamento como óleos e gorduras.

Fonini, Fernandes e Pizzo (2004) quantificaram o volume de água cinza possível de reaproveitamento em um complexo esportivo universitário em Passo Fundo – RS. Como resultado, obteve um montante de 106 m<sup>3</sup>/mês de água cinza proveniente dos chuveiros. Este volume é suficiente para abastecer as bacias sanitárias e limpar o ambiente.

### 3.3 CONSUMO DE ÁGUA EM AMBIENTES ESCOLARES

De acordo com o Guia de Conservação e Reuso da Água em Edificações (ANA, FIESP, SINDUSCON-SP, COMASP, 2005), as edificações públicas (das quais incluem escolas) possuem um uso da água muito semelhante ao de edificações comerciais, onde geralmente o uso é para fins domésticos, sistema de refrigeração e irrigação. Porém, nas edificações públicas, o uso dos ambientes sanitários é mais significativo do que em edificações comerciais e varia de 35% a 50% do consumo total.

No Brasil, o maior estudo encontrado na literatura foi realizado por YWASHIMA et al (2005), um estudo com 87 amostras de escolas sobre os consumo de água englobando 3(três) tipos de instituições de ensino: Centro Municipal de Educação Infantil – CEMEI (atende crianças até 4 anos), Escola Municipal de Educação Infantil – EMEI (atende crianças de 5 e 6 anos) e Escola Municipal e Estadual de Ensino Fundamental (EMEF) Os usos finais da água nas três tipologias de escola estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Usos finais da água em 3 tipologias diferentes de escolas

USOS FINAIS	Centro de Educação Infantil - CEMEI		Escolas de Educação Infantil - EMEI		Escolas de Ensino Fundamental – EMEF	
	Litros/dia	%	Litros/dia	%	Litros/dia	%
Lavatório	195	4,35	211	6,12	-	-
Lavatório Calha	-	-	114	3,3	865	6,53
Bebedouro Elétrico	4	0,09	7	0,2	-	-
Filtro	-	-	27	0,78	-	-
Chuveiro	798	17,78	36	1,04	-	-
Pia	1739	38,76	682	19,77	1302	9,84
Tanque	117	2,61	11	0,32	124	0,94
Vaso Sanitário c/ válvula*	1243	27,7	2306	66,84	6156	46,5
Mictório tipo calha*	-	-	-	-	4752	35,9
Máquina de Lavar Roupa	234	5,22	-	-	-	-
Torneira de lavagem	139	3,1	56	1,62	39	0,29
Torneira de Hidrômetro	18	0,4	-	-	-	-
<b>Total</b>	<b>4487,0</b>	<b>100,0</b>	<b>3450,0</b>	<b>100</b>	<b>13238,0</b>	<b>100,0</b>
<b>Total não-potável</b>	<b>1243,0</b>	<b>27,7</b>	<b>2306</b>	<b>66,8</b>	<b>6156</b>	<b>82,4</b>

Fonte: Ywashima (2005).

Observa-se na Tabela 1 que o uso de água não potável chega a um percentual de até 82,4% para as Escolas de Ensino Fundamental (MARINOSKI, 2007). O total de água consumida em descargas de vasos sanitários e mictórios (usos não potáveis) em escolas é bastante significativo. O segundo maior consumidor são as pias e as menores parcelas de consumo estão na área externa.

Um outro estudo, conduzido por Chaves e outros (2015), no clube-escola Sesi Vila Leopoldina – São Paulo, constatou os seguintes dados apresentados a seguir na Tabela 2:

Tabela 2 - Demanda e custo de água por categoria de uso no clube-escola Sesi Vila Leopoldina – São Paulo

<b>Categoria de Uso</b>	<b>Demanda de água (m<sup>3</sup>/mês)</b>	<b>Porcentagens (%)</b>
Irrigação de áreas verdes externas	36	1,47
Irrigação de jardinagem interna	11	0,45
Área de lavagem de louça 1	170,5	6,9
Área de lavagem de louça 2	48	1,9
Máquina de lavar louça	0,23	0,009
Área de higienização de utensílios 1	187,2	7,6
Área de higienização de utensílios 2	72	2,9
Lavagem de Pátios	3,96	0,16
Chuveiros (vestiários)	76	3
Descarga Sanitária	1794,69	73,47
Torneiras (vestiários)	37	1,5
Torneiras (sanitários)	26,7	1
<b>Total</b>	<b>2442,45</b>	<b>100</b>

Fonte: Chaves e outros (2015).

Chegando a valores maiores que 73%, a descarga sanitária foi a maior demanda com imensa diferença para a segunda maior demanda, que foi a cozinha, com 19%. Os fins não-potáveis somaram 75,55% (Chaves e outros, Um estudo no colégio Padre Júlio Maria em Boa Esperança-MG, conduzido por BARBOSA (2016), e tem seus dados de demanda de água ilustrados na Tabela 3.

Tabela 3 - Caracterização do consumo de água no colégio Padre Júlio Maria em Boa Esperança-MG

CONSUMO	CONSUMO DIÁRIO (L/DIA)	CONSUMO MENSAL (L/MÊS)
Torneira	399,9	8797,8
Bebedouro	109,65	2412,3
Vaso Sanitário*	3947,4	86842,8
Mictório*	174,15	3831,3
Torneiras de tanque	45	990
Torneira de Pia	459	10098
Chuveiro	1,89	41,58
Irrigação de jardins*	18,72	411,84
Lavação de calçadas*	4,32	95,04
Lavação de carros*	10,8	237,6
Limpeza*	432	9504
Total	5602,83	123262,26
* Total não potável	4587,39	100922,58
Total não potável/potável (%)	81,88	

Fonte: Barbosa (2016).

De acordo com a tabela 3, os fins não potáveis somaram, em porcentagem, 81,88%. Sendo a descarga sanitária a maior demanda, cerca de 70,45%.

O consumo médio de água para escolas e universidades varia em média de 10 a 50 litros/dia por aluno, e 210 litros/dia por empregado, sendo que este consumo é distribuído em diversos usos, variando conforme a tipologia da edificação (TOMAZ, 2001).

A Tabela 4 traz os indicadores de consumo em escolas de diversas fontes bibliográficas.

Tabela 4 - Indicador de consumo per capita de água nas escolas

(Continua)

LITROS / ALUNOS.DIA	CATEGORIA	FONTE/OBSERVAÇÃO
50	Não especificado	Berenhauser; Pulici (1983)
10 a 30		Melo; Netto (1988)
(Continuação)		
50		DMAE (1988 apud Timaz (2000))
50		Creder (1991)
50		Macintyre (1996)
LITROS / ALUNOS.DIA	CATEGORIA	FONTE/OBSERVAÇÃO

81,1	Ensino Fundamental (11 a 14 anos – 1º a 8º série)	Oliveira (1999)
18,6 a 30,9	Educação Infantil (3 a 6 anos)	Barreto; Chicchi (2001)
7,6 a 11,6	Ensino Fundamental (7 a 14 anos – 1º a 8º série)	
4 a 13,4	Ensino Médio (2º grau – 15 a 17 anos)	
25	Ensino Fundamental e Médio	São Paulo (2001)
5,7 a 8,6	Não especificado	Sabesp (2006)
3,79 a 12,1	Educação Infantil	Werneck (2006)
0,51 a 11,6	Educação Fundamental	
4,5 a 7,5	Ensino Fundamental e Médio	
48,45 a 56,94	Educação Infantil	Ywashima (2005)
18,82 a 35,66	Ensino Fundamental	
11	Não especificada	Ayres Associates (1993) / os alunos permanecem na escola 7 horas/dia e é preparada 1 refeição
<b>LITROS / PESSOA.DIA</b>	<b>CATEGORIA</b>	<b>FONTE/OBSERVAÇÃO</b>
59,5	Ensino Fundamental	Cheng; Hong (2004)/ para contabilização do número de pessoas, foi considerado o número de funcionários e de alunos, que possuíam entre 7 e 16 anos.
20	Não especificada	Ganesan (1998)

Fonte: Adaptado de Pedroso (2008).

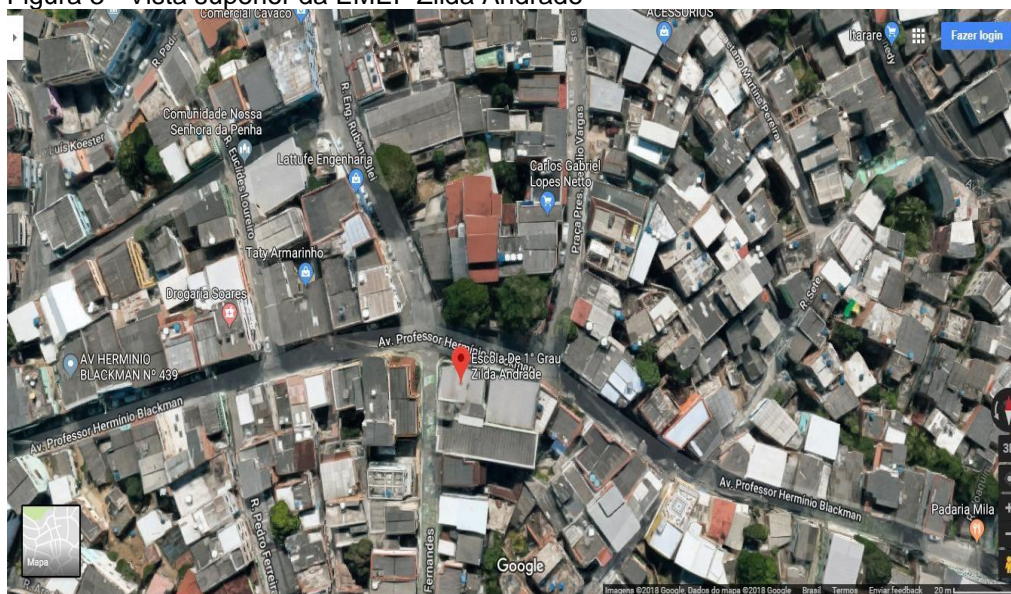
As escolas, geralmente, atendem um grande número de pessoas, direta ou indiretamente, constituindo-se desta forma, excelente meio de divulgação dos benefícios de técnicas sustentáveis, como o aproveitamento de água pluvial e o reuso de águas cinzas, proporcionando também que potenciais futuros usuários se familiarizem com tais sistemas (WERNECK; BASTOS, 2007).

## 4 METODOLOGIA

### 4.1 INFORMAÇÕES PRELIMINARES

Para avaliar o uso de água de uma edificação escolar, o estudo de caso escolhido foi a Escola Municipal de Ensino Fundamental Zilda Andrade (EMEF Zilda Andrade), localizada no bairro da Penha, município de Vitória – ES ( Figuras 3 e 4). A escola vem sendo investigada, desde março de 2017, em um projeto de pesquisa com financiamento da Fundação de Amparo à pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES), envolvendo pesquisadores da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) e alunos de Ensino Fundamental da escola, que objetiva o estabelecimento de indicadores de uso racional da água nessa tipologia de edificação.

Figura 3 - Vista superior da EMEF Zilda Andrade



Fonte: Google Maps (2018).

Figura 4 - Fachada da escola Zilda Andrade



\*(A) fachada lateral e (B) fachada frontal  
Fonte: autoria própria (2018).

A metodologia a ser empregada no estudo do consumo de água tem sua base nos programas PCRA – Programa de Conservação e Reuso de Água - e PURA-USP - Programa de Uso Racional da Água, bem como no guia “*facility Manager’s Guide to Water Management elaborado por Arizona Municipal Water Users Association (AMWUA)*”. (GUZZO, 2017)

A implementação de um PCRA requer os conhecimentos da distribuição do consumo de água de acordo com cada tipo de edificação e também entre edificações de mesma tipologia, de acordo com sistema e usuários semelhantes. (ANA, FIESP, SINDUSCON-SP, COMASP, 2005).

#### 4.1.1 Característica da edificação

A EMEF Zilda Andrade é uma escola de Ensino Fundamental com turmas até o 8º ano. Fazem parte das instalações do objeto de estudo:

- 8 salas de aulas;
- Sala de diretoria;
- Sala de professores;
- Laboratório de informática;
- Sala de recursos multifuncionais para atendimento educacional especializado (AEE);
- Quadra de esportes coberta;

- Cozinha;
- Biblioteca;
- Banheiros com e sem chuveiro,
- Banheiro adequado à alunos com deficiência ou mobilidade reduzida;
- Sala de secretaria;
- Refeitório e
- Despensa.

A edificação da EMEF Zilda Andrade é composta por três pavimentos, sendo que no primeiro pavimento (térreo) estão localizados dois banheiros para alunos, um masculino e outro feminino, um banheiro unissex para funcionários, um banheiro unissex para portadores de necessidades físicas, como também bebedouro, cozinha, área de serviços e uma torneira externa para lavagem do pátio. No segundo andar tem dois banheiros, masculino e feminino, para professores e no terceiro, e último pavimento, existem mais dois banheiros, masculino e feminino, e um bebedouro.

No pavimento térreo estão localizadas a quadra poliesportiva e a cozinha, sendo, portanto, o local onde os estudantes passam o período dos dois intervalos, matinais e vespertinos, além das salas administrativas da diretoria e secretaria. No segundo pavimento estão salas de aulas e dos professores, biblioteca e laboratório de informática, enquanto no terceiro existem mais salas de aulas e, ainda, a sala da equipe pedagógica.

#### 4.2 ESTUDO DO CONSUMO DE ÁGUA E A PRODUÇÃO DE DIFERENTES CORRENTES LÍQUIDAS DE ÁGUAS NÃO POTÁVEIS NA EDIFICAÇÃO

O estudo do consumo de água e da produção de diferentes vazões de águas não potáveis na EMEF Zilda Andrade foi dividido em três etapas (Quadro 1):

1. Análise técnica inicial;
2. Monitoramento e avaliação da demanda de água;
3. Avaliação da oferta de água não potável e estratégias de redução.



Quadro 1 - etapas para o estudo do gerenciamento dos recursos hídricos em edificações

<b>Etapas</b>	<b>Principais Atividades</b>	<b>Produtos</b>
Análise Técnica Inicial	<ul style="list-style-type: none"> <li>Análise documental;</li> <li>Levantamento de Campo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Análise da série histórica de consumo de água;</li> <li>Quantitativo de usuários de água</li> </ul>
Monitoramento e avaliação da demanda de água	<ul style="list-style-type: none"> <li>Análise de perdas físicas;</li> <li>Análise de desperdício;</li> <li>Avaliação das vazões de água consumida nas atividades;</li> <li>Estudo do potencial de economia com aparelhos economizadores.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Setorização do Consumo de Água.</li> <li>Caracterização do consumo de água</li> <li>Indicadores de consumo de água</li> <li>Análise quantitativa e qualitativa do consumo de água;</li> </ul>
Avaliação da oferta de águas não potáveis para fins potáveis e estratégias de redução	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estudo da oferta de águas pluviais;</li> <li>Estudo da oferta de águas cinza;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Análise quantitativa da oferta de água não potável disponível.</li> </ul>

Fonte: Adaptado de FIESP/CIESP (2004).

#### 4.2.1 Etapa 1: Análise Técnica Inicial

Esta etapa consistiu na coleta de dados documentais e visitas técnicas junto com professores e funcionários da administração da escola, para maior entendimento das atividades dentro da edificação.

Foram coletados e analisados os seguintes documentos e informações:

- Contas de água da CESAN (Companhia Espírito Santense de Saneamento);
- Projetos arquitetônicos e hidráulicos;
- Informação quanto ao número de alunos, professores, funcionários, fluxo de pessoas e horários de trabalho.

Com objetivo de verificar os dados levantados na análise documental, foi realizado levantamento de campo, detalhando características físicas e funcionais da edificação, identificando os agentes consumidores. Também foram listados todos os equipamentos que fazem o uso de água, tais como torneiras, vasos sanitários, mictórios, chuveiro, equipamentos de cozinha, lavatórios e outros.

A partir da análise da série histórica do consumo de água obtida pelas contas da CESAN, foi possível entender a variação dos gastos de água de acordo com períodos do ano.

Os dados referentes ao consumo de água na edificação pelas contas da CESAN estão armazenados em planilhas eletrônicas conforme Quadro 2.

Quadro 2 - Exemplo de quadro onde armazena-se dados da CESAN

Referência (mês/ano)	Data Leitura Anterior	Data Leitura Atual	Leitura Anterior (m <sup>3</sup> )	Leitura Atual (m <sup>3</sup> )	Consumo (m <sup>3</sup> )	Dias de Consumo	Consumo Médio diário (m <sup>3</sup> )	Temp (°C)

Fonte: Guzzo 2017

#### 4.2.2 Etapa 2: Monitoramento e avaliação da demanda de água

A etapa 2 consiste na avaliação das vazões de água consumida nas diversas atividades realizadas na escola, ou seja, a demanda por água.

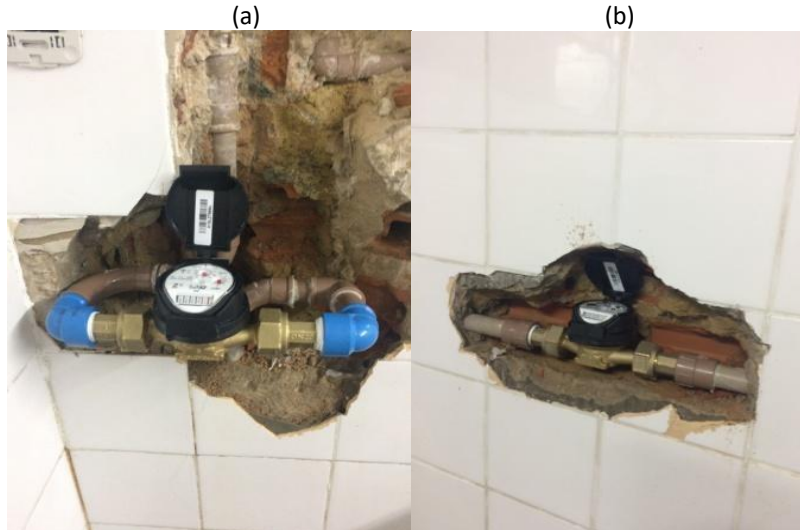
O objetivo da etapa 2 é medir o consumo de água principalmente nas atividades de usos menos nobres, como descarga das bacias sanitárias e torneiras para lavagem das áreas internas e externas, a fim de conhecer o volume necessário de água potável que pode ser substituído por outras fontes alternativas de qualidade inferior. E ainda, é possível obter o volume de água cinza produzido na edificação por meio das vazões consumidas nas pias de banheiros e bebedouro.

##### 4.2.2.1 Monitoramento

A EMEF Zilda Andrade possui elaborado a setorização do consumo de água, contando com dezessete hidrômetros para realização das medições de vazão consumidas em cada atividade. O monitoramento do consumo de água foi realizado por meio de leituras diárias, sempre às 10h. Assim, foi

possível conhecer a quantidade de água gasta nos diversos tipos de aparelhos hidrossanitários. Os hidrômetros instalados estão apresentados nas figuras 5 a 15.

Figura 5 - (a) e (b) – Hidrômetros (H1 e H2) instalados no banheiro feminino - Pavimento térreo



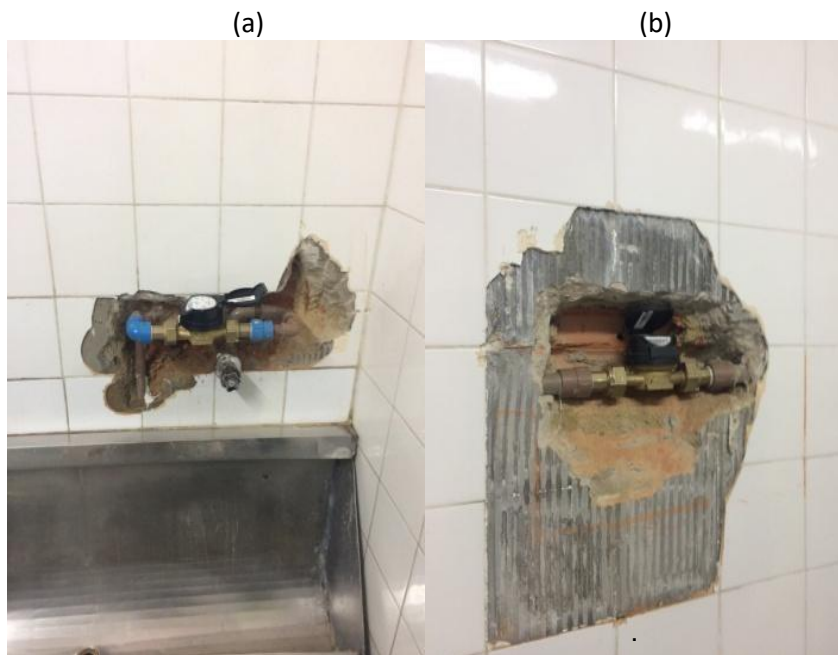
Fonte: Autoria própria (2018).

Figura 6 – (a) e (b) Hidrômetros (H3 e H4) instalados no bebedouro e torneira externa - Pavimento térreo



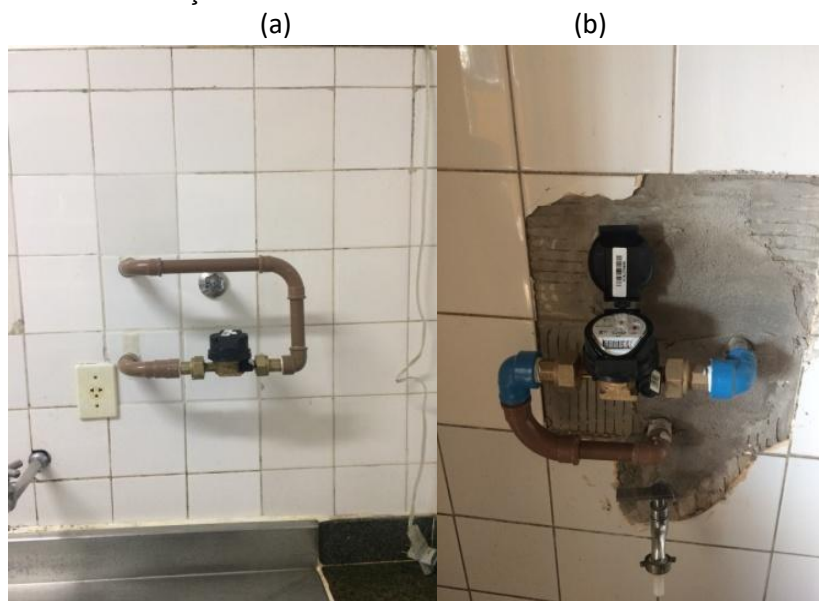
Fonte: Autoria própria (2018).

Figura 7 - (a) e (b) – Hidrômetros (H5 e H6) instalados no banheiro masculino - Pavimento térreo



Fonte: Autoria própria (2018).

Figura 8 - (a) e (b) – Hidrômetros (H7 e H8) instalados na cozinha e área de serviço - Pavimento térreo



Fonte: Autoria própria (2018).

Figura 9 - Hidrômetro (H9) instalado no banheiro/funcionários - Pavimento térreo



Fonte: Autoria própria (2018).

Figura 10 - Hidrômetro (H10) instalado no banheiro/sala dos professores – 2º Pavimento



Fonte: Autoria própria (2018).

Figura 11 - Hidrômetro (H11) instalado no bebedouro – 3º Pavimento



Fonte: Autoria própria (2018).

Figura 12 - (a) e (b) – Hidrômetros (H12 e H13) instalados no banheiro feminino – 3º Pavimento  
(a) (b)



Fonte: Autoria própria (2018).



Figura 13 - (a) e (b) – Hidrômetros (H14 e H15) instalados no banheiro masculino – 3º Pavimento



Fonte: Autoria própria (2018).

Figura 14 - Hidrômetro (H16) – CESAN



Fonte: Autoria própria (2018).

Figura 15 - Hidrômetro (H17) – Reservatório superior



Fonte: A autoria própria (2018).

Após as leituras diárias às 10h, foi possível elaborar a planilha de consumo diário de água por hidrômetro (Quadro 3) assim como a planilha de consumo mensal de água por cada setor (Quadro 4).

Quadro 3 - Planilha de consumo diário de água por hidrômetro

Histórico do consumo total diária de água								
Referência	Hidrômetro 01		Hidrômetro 02		Hidrômetro 03		Hidrômetro 04	
(dia/mês/ano)	Leitura diária	Volum e (m <sup>3</sup> )	Leitura	Volume (m <sup>3</sup> )	Leitura	Volume (m <sup>3</sup> )	Leitura Anterior	Leitura Atual (m <sup>3</sup> )
Volume por Hidrômetro (total m <sup>3</sup> por mês)		0,00		0,00		0,00		0,00
Volume total mensal consumido (m <sup>3</sup> ):								

Fonte: Adaptado de Amwua (2008).



Quadro 4 - Planilha de consumo mensal de água por setor

Consumo mensal de água por setor de utilização (m <sup>3</sup> )					
Mês / Ano	Medidor Geral (CESAN)	Setor 1 (Ex: H1 Cozinha)	Setor 2 (Ex: H2 - Lavatório – Banheiro Feminino)	Setor 3 (Ex: H3 - Mictório – Banheiro Masculino)	Setor 4 (Ex: H4 - Banheiro dos professores)
Média (m <sup>3</sup> )					
Porcentagem em	100%				

Fonte: Adaptado de Amwua (2008).

Após tratamento estatístico (item 3.5.2.2.) dos dados obtidos dispostos nos Quadros 3 e 4, foi possível calcular o consumo bruto de água potável por atividade, de acordo com o Quadros 5 a seguir:

Quadro 5 - Planilha de consumo de água por atividade

Atividade	Média consumo diário (m <sup>3</sup> ):	Média consumo mensal (m <sup>3</sup> ):	Média consumo anual (m <sup>3</sup> ):	Média consumo diário (%):
Banheiros sociais (vasos e mictórios)	A <sub>1</sub>	A <sub>1</sub> x 30	A <sub>1</sub> x 30 x 12	(A <sub>1</sub> / B) x 100
Pias	A <sub>2</sub>	A <sub>2</sub> x 30	A <sub>2</sub> x 30 x 12	(A <sub>2</sub> / B) x 100
Área de Serviço	A <sub>3</sub>	A <sub>3</sub> x 30	A <sub>3</sub> x 30 x 12	(A <sub>3</sub> / B) x 100
Bebedouros	A <sub>4</sub>	A <sub>4</sub> x 30	A <sub>4</sub> x 30 x 12	(A <sub>4</sub> / B) x 100
Cozinha	A <sub>5</sub>	A <sub>5</sub> x 30	A <sub>5</sub> x 30 x 12	(A <sub>5</sub> / B) x 100
Torneira externa	A <sub>6</sub>	A <sub>6</sub> x 30	A <sub>6</sub> x 30 x 12	(A <sub>6</sub> / B) x 100
Reservatório Superior	B	B x 30	B x 30 x 12	(B / C) x 100
CESAN	C	C x 30	C x 30 x 12	(C / C) x 100
Total medido	$D = \sum_{i=1}^6 A_i$	D x 30	D x 30 x 12	(D / B) x 100
Perdas Reservatório – Escola	E = B – D	E x 30	E x 30 x 12	(E / B) x 100
Perdas CESAN – Reservatório	F = C – B	F x 30	F x 30 x 12	(F / C) x 100
Perdas totais	G = C – D	G x 30	G x 30 x 12	(G / C) x 100

Fonte: Adaptado de Amwua (2008).

#### 4.2.2.2 Tratamento de Dados

Antes de qualquer análise, o conjunto de dados passou por dois passos de tratamento:

- Passo 1: Identificação de observações discrepantes (Outliers):

Outliers nada mais são que elementos do conjunto de dados que se diferenciam drasticamente dos demais ou apresentam grande afastamento dos demais, não obedecendo a um padrão. Barnett e Lewis (1994) adotaram uma abordagem estatística para agrupar as causas de ocorrência de outliers durante a amostragem de dados:

- Variedade inerente à população: os outliers são elementos que pertencem à população (Vazamentos);

- Erros de medição: Pode ser causada por erros humanos (digitação de dados incorretos) ou erros de máquinas (erro nos hidrômetros).

O trabalho de Garcia, 2012 considerou outlier toda observação a qual superou a equação (1):

$$Outlier \geq Q_3 + k(Q_3 - Q_1) \quad (1)$$

Onde:

$Q_1$  = Primeiro quartil

$Q_3$  = Terceiro quartil

$k = 1,5$

Desta forma, todos os outliers foram eliminados do banco de dados.

- Passo 2: Correção dos dados faltantes e discrepantes:

Os outliers desconsiderados, assim como os dados faltantes (não coletados ou coletados com erros), foram substituídos pelos valores médios de cada dia da semana. Por exemplo, a média dos dados da segunda feira foi utilizada para substituir os dados discrepantes e faltosos das segundas

feiras. Analogamente, o mesmo foi feito para os outros dias da semana.

Com isso, para análise estatística descritiva dos resultados utilizou-se o *software* Excel, obtendo os parâmetros analisados (média, mínimo, máximo, desvio padrão e coeficiente de variação). Foram gerados gráficos a partir do *software* estatístico 'R' do tipo *Box Plot* para os resultados referentes à variação do consumo sazonal, e a partir do *software* Excel para séries históricas para os dados de consumos diários, gráficos de pizza para a demonstração da distribuição do consumo de água na edificação, dentre outros.

#### 4.2.2.3 Identificação de Vazamentos

As análises de perdas e desperdícios devido aos vazamentos nas instalações e mau uso, respectivamente, somente são possíveis a partir do conhecimento da quantidade de água consumida em cada setor.

Para averiguar se há consumo de água nos setores mesmo sem o uso dos aparelhos hidrossanitários, detectando possíveis vazamentos, foi necessário registrar leituras em finais de semana, pois neste período a escola permanece fechada e com poucas pessoas trabalhando (2 porteiros no sábado e 2 porteiros no domingo).

As perdas nos finais de semana são consideradas perdas contínuas durante todo o consumo na edificação. Para quantificar as perdas contínuas é necessário estimar o consumo de água para cada funcionário de acordo com as equações (2) e (3).

Segundo Gonçalves (2006) a bacia sanitária consome 6,5 litros em cada descarga e a pia consome 1 litro por uso. Diante dos valores apresentados por Gonçalves (2006) e do computo do número de funcionários presentes na escola ( $N^{\circ}$  frequentadores), estabeleceu-se o consumo total de água nos finais de semana. (Equação 4).

$$\text{Consumo das pias} \left( \frac{m^3}{dia} \right) = 1 \left( \frac{l}{uso} \right) \times n^{\circ} \text{ frequentadores} \left( \frac{uso}{dia} \right) \times \frac{1}{1000}$$

(2)

$$\text{Consumo dos vasos } \left( \frac{\text{m}^3}{\text{dia}} \right) = 6,5 \left( \frac{\text{l}}{\text{uso}} \right) \times n^{\circ} \text{ frequentadores } \left( \frac{\text{uso}}{\text{dia}} \right) \times \frac{1}{1000}$$

(3)

$$C_{\text{total}} \left( \frac{\text{m}^3}{\text{dia}} \right) = \text{Consumo das pias} + \text{Consumo dos vasos}$$

(4)

Onde,

$C_{\text{total}}$  = Consumo total estimado para o final de semana ( $\text{m}^3/\text{dia}$ )

Com isso, para se obter as perdas contínuas, calcula-se a média de consumo medido nos finais de semana e diminui o consumo estimado pelos funcionários do final de semana.

$$\text{Perdas contínuas } \left( \frac{\text{m}^3}{\text{dia}} \right) = (C_{\text{média}}) - (C_{\text{total}})$$

(5)

Onde

$C_{\text{total}}$  = Consumo total estimado para o final de semana ( $\text{m}^3/\text{dia}$ )

$C_{\text{média}}$  = Média de consumo diário no final de semana medido por hidrômetros ( $\text{m}^3/\text{dia}$ )

Além disso, para reafirmar a ocorrência de vazamentos de forma qualitativa, aplica-se o teste do corante e o teste da caneta. O primeiro teste consiste na adição de tinta corante nas descargas de caixa de sobrepor de cada vaso sanitário e após alguns minutos é verificado se a água da bacia apresenta coloração (Figura 16). Caso ocorra, é proveniente de algum vazamento. O segundo teste consiste na secagem das paredes internas da bacia sanitária/mictório, onde é traçada uma linha com caneta de tinta solúvel em água e, após alguns segundos, é verificado se ocorrem interrupções na linha traçada pela água, caso ocorra, é proveniente de algum vazamento (FUJIMOTO; NUNES; ILHA, 2002).

A partir disso, para identificação qualitativa de vazamentos, utilizaram-se as seguintes metodologias para cada equipamento hidrossanitário disponível na

escola (Quadro 6):

Quadro 6 - Identificação qualitativa para vazamentos

<b>Equipamento hidrossanitário</b>	<b>Metodologia aplicada para identificação de vazamentos</b>
<b>Torneiras (lavatórios, pias e de uso geral)</b>	Identificação visual
<b>Bebedouros</b>	Identificação visual
<b>Chuveiros</b>	Identificação visual
<b>Bacias sanitárias</b>	Teste do corante
<b>Mictórios</b>	Teste da caneta

Fonte: Autoria própria (2019).

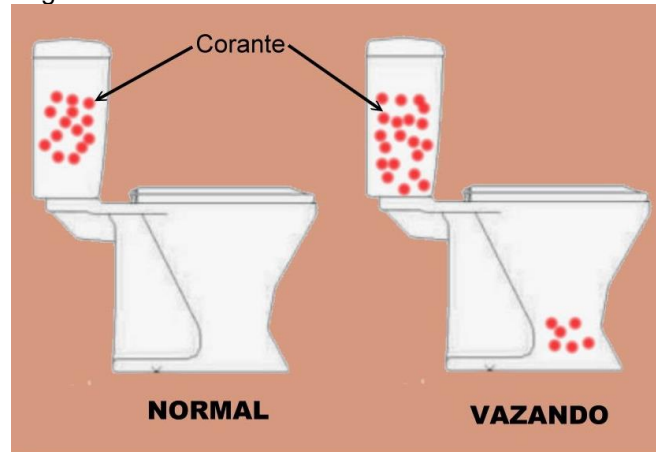
Para as torneiras, foi verificado se havia gotejamento mesmo depois de fechá-las bem. Verificou-se também a facilidade de abrir e fechá-las. Torneiras não fecham corretamente devido ao vedante que já se perdeu efeito. Algumas vezes a torneira inteira precisa ser trocada, mas existem casos em que apenas a substituição da borracha soluciona o problema.

Para os chuveiros, foi utilizado a mesma análise das torneiras, como gotejamento após o fechamento, facilidade de abrir e fechar.

Em relação aos bebedouros, verificou vazamentos após fechar, no caso de bebedouros de pressão (como os identificados na escola). Observar, após fechamento, o tempo que cessa a vazão de água, em casos de bebedouros com desgaste de pressão, água continua vazando, devido a pressão não mais fechar o canal de passagem de água do bebedouro.

O teste de Corante (Figura 16) foi utilizado nas bacias sanitárias. Trata-se de um teste em que um corante é colocado no poço da bacia, após decorrido um certo período de tempo, verifica-se se ocorreu mudança na coloração da água das bacias.

Figura 16 – Bacia Sanitária: método do corante



Fonte: disponível em <  
<https://www.sofazquemsabe.com/2013/10/como-detectar-vazamentos-agua-bacia-sanitaria-privada-banheiro.html>> Acesso em 05 abril de 2019

Nos mictórios, foi utilizado o método da caneta (Figura 17), neste teste, após a secagem das paredes sanitárias, é traçada uma linha com caneta com tinta solúvel em água abaixo da borda, sendo verificado se ocorrem interrupções na mesma pela água proveniente de algum vazamento.

Figura 17 – Mictório: método da Caneta



Fonte: Autoria própria (2019).

A Figura 18 mostra alguns dos equipamentos hidro sanitários avaliados na escola Zilda Andrade.

Figura 18 – Equipamentos hidro sanitários analisados



(A) Torneira da cozinha; (B) Bebedouro do primeiro andar; (C) Chuveiro do banheiro masculino do primeiro andar; (D) Bacia sanitária; (E) Mictório masculino e (F) Torneiras dos banheiros  
 Fonte: Autoria própria (2019).

Segundo Ilha e outros (2002) nos edifícios existentes já construídos é verificada grande incidência de patologias nos sistemas hidráulicos e sanitários. Tem-se que grande parte das patologias se manifesta por meio de vazamentos, os quais podem envolver grandes volumes de água desperdiçados.

Ao final desta análise, o volume real de água potável consumida em cada

setor consumidor da edificação é conhecido e, a partir deste, é possível calcular os indicadores reais de consumo de água descritos na próxima sessão.

#### 4.2.2.4 Indicadores de consumo de água potável

Para estabelecer o perfil de consumo de água na edificação em estudo é calculado indicadores. O uso de indicadores de consumo de água por metro quadrado ou por pessoa permite uma avaliação do desempenho ambiental e uma análise das perdas de água no sistema hidráulico (GOIS; RIOS; COSTANZI, 2015).

Com base nos dados obtidos do balanço hídrico, e informações coletadas referentes ao número de alunos, professores, funcionários e do fluxo de pessoas que transitam por dia, como também da área construída da escola, foram calculados os indicadores de consumo relacionados à conservação de água, sendo os principais indicadores, neste caso, dispostos a seguir:

- Indicador de consumo de água *per capita* -  $I_c$  (litros/dia/pessoa) – Equação 6.

$$I_c = \frac{C_{dia}}{N} \quad (6)$$

Lê-se:  $C_{dia}$  = média diária do consumo de água na edificação (litros/dia);  $N$  = média diária do fluxo de pessoas.

- Indicador de consumo diário de água por área bruta -  $I_{ca}$  (litros/dia/m<sup>2</sup>) – Equação 7.

$$I_{ca} = \frac{C_{dia}}{A} \quad (7)$$

Lê-se:  $C_{dia}$  = média diária do consumo de água na edificação (litros/dia);  $A$  = área bruta total da escola.

- Indicador de consumo de água por funcionários -  $I_{cf}$



(litros/dia/funcionário) – Equação 8.

$$I_{cf} = \frac{C_{dia}}{f}$$

(8)

Lê-se:  $C_{dia}$  = média diária do consumo de água na edificação (litros/dia);  $f$  = média diária do fluxo de funcionários.

- Indicador de consumo de água por professores -  $I_{cp}$  (litros/dia/professor) – Equação 9.

$$I_{cp} = \frac{C_{dia}}{p}$$

(9)

Lê-se:  $C_{dia}$  = média diária do consumo de água na edificação (litros/dia);  $p$  = média diária do fluxo de professores.

- Indicador de consumo de água por aluno –  $I_{cal}$  (litros/dia/aluno) – Equação 10.

$$I_{cal} = \frac{C_{dia}}{Al}$$

(10)

Lê-se:  $P_{cal}$  = média diária da produção de água na edificação (litros);  $Al$  = média diária do fluxo de alunos.

A determinação dos indicadores permite uma avaliação quanto ao grau de consumo de água, quando comparados com outras fontes bibliográficas. Pois, se a comparação dos indicadores revelar um valor real menor do que o valor de referência, o sistema está funcionando de forma eficiente, caso contrário, esse resultado indica possível desperdício.

#### **4.2.3 Etapa 3: Avaliação da oferta de água não potável para fins potáveis e estratégias de redução de água.**

A etapa 3 engloba avaliação das vazões de diferentes águas produzidas na

Escola com potencial de abastecimento da edificação, tal como águas cinza. Esta etapa também engloba avaliar o potencial da edificação em produzir águas pluviais. E por fim avaliar as diferentes estratégias de redução de água potável. Vale ressaltar que em um Plano de Conservação de Água, uma das primeiras estratégias a ser implementada é a substituição dos aparelhos hidrossanitários por aparelhos que apresentam maior economia.

#### 4.2.3.1 Estratégias de redução de água potável

Após identificar as demandas de água não potável na edificação conforme as atividades de usos menos nobres da água, são estabelecidas estratégias utilizando as fontes de águas alternativas para que estas substituam o uso de água potável na edificação. As estratégias estão descritas no Quadro 7 a seguir.

Quadro 7 - Descrição das estratégias

<b>Estratégias</b>	<b>Descrição</b>
Estratégia 1	Substituição de aparelhos hidrossanitários atuais por economizadores.
Estratégia 2	Uso de aparelhos economizadores + Reuso de água cinza.
Estratégia 3	Uso de aparelhos economizadores + Aproveitamento de água pluvial.

Fonte: Autoria própria (2019).

##### 4.2.3.1.1 Aparelhos economizadores

A estimativa de redução de consumo com a instalação de equipamentos economizadores foi calculada prevendo a substituição das torneiras das pias dos banheiros por torneiras hidromecânicas, com fechamento automático, assim como os mictórios. No entanto, para estimar o percentual de redução do consumo dos mictórios e das torneiras, utilizam-se os dados encontrados com fabricantes desta tecnologia. Com isso, utiliza-se a equação 11. (FASOLA, G.B.; GHISI, E.; MARINOSKI, A. K. BORINELLI, J. B.)

$$C_{novo} = C_{aparelho} - (PR * C_{aparelho})$$

(11)

Onde:

$C_{novo}$  é o novo consumo da torneira ou mictório (litros/dia)

$C_{aparelho}$  é o consumo total da torneira ou mictório antigo (litros/dia)

PR é o percentual de redução do aparelho economizador de acordo com o fabricante (%).

Segundo SABESP, 2009, O percentual de redução (PR) está entre 57% e 76% em relação às torneiras manuais. Para este trabalho adotamos uma torneira com PR igual à 65%.

Para as bacias sanitárias, é previsto a substituição da descarga dual, que despeja 3 ou 6 litros por acionamento. Considerando que o acionamento da descarga de 3 litros ocorre com maior frequência do que a de 6 litros, estima-se que 80% dos acionamentos seriam de 3 litros.

Assim, para estimativa da redução proveniente do sistema dual em bacias, de acordo com FASOLA, G.B. et al., utilizou-se a Equação 12:

$$C_{novo\ vs} = (f * a_6 * V_6) + (f * a_3 * V_3)$$

(12)

Onde:

$C_{novo\ vs}$  é o novo consumo diário do vaso sanitário (litros/dia)

f é a frequência do uso do vaso sanitário (vezes/dia)

$a_6$  é a porcentagem de utilização da descarga de 6 litros (20%)

$V_6$  é o volume da descarga igual a 6 litros

$a_3$  é a porcentagem de utilização da descarga de 3 litros (80%)

$V_3$  é o volume da descarga igual a 3 litros

#### 4.2.3.1.2 Água cinza

O potencial de economia de água potável obtido nas escolas por meio do reuso de águas cinzas é calculado considerando-se como oferta os efluentes das torneiras dos banheiros e bebedouros. Tal oferta de água foi utilizada neste estudo para diminuir a demanda diária das bacias sanitárias e mictórios.

Vale ressaltar que a cozinha também produz água cinza, porém sua produção não é reaproveitada devido à sua alta concentração de gordura.

#### 4.2.3.1.3 Produção de água cinza

A EMEF Zilda Andrade possui 8 banheiros sociais, sendo que 4 se encontram no térreo (1 feminino, 1 masculino, 1 para funcionários e 1 para portadores de necessidades físicas), 2 se encontram no segundo pavimento (1 masculino e 1 feminino para professores) e 2 se localizam no terceiro pavimento (1 feminino e 1 masculino).

As medições dos hidrômetros H2, H12 e H14 são referentes às vazões consumidas pelas pias dos banheiros Femininos e Masculinos do térreo e segundo andar. Nota-se que não é possível medir o consumo das pias dos banheiros de funcionários, de professores e de portadores de necessidades físicas devido às interligações das tubulações, referentes aos hidrômetros H9 e H10. Com isso, a estimativa de produção de água cinza destes banheiros tem como base a Equação 1 referente ao consumo de água nas pias dos banheiros, assim como a estimativa de produção de água negra tem como base a Equação 2, referente ao consumo de água nos vasos sanitários, deste trabalho.

O total de água consumida nos banheiros dos professores, funcionários e de portadores de deficiência é obtido a partir das equações 13 e 14:

$$\text{Água cinza (pias)} \left( \frac{m^3}{dia} \right) = 1 \left( \frac{l}{uso} \right) \times n^{\circ} \text{ frequentadores} \left( \frac{uso}{dia} \right) \times \frac{1}{1000} \quad (13)$$

$$\text{Água negra (vasos)} \left( \frac{m^3}{dia} \right) = 6,5 \left( \frac{l}{uso} \right) \times n^{\circ} \text{ frequentadores} \left( \frac{uso}{dia} \right) \times \frac{1}{1000} \quad (14)$$

Assim, somando-se as vazões medidas nos Hidrômetros H2, H12 e H14 as estimativas referentes às vazões consumidas pelas pias dos banheiros sociais (Equação 13) e com o H3 e H11, referentes aos bebedouros, é possível calcular o total de água cinza produzida pela edificação.

Vale ressaltar que o consumo estimado pela Equação 14 é adicionado no consumo total de vasos sanitários e mictórios da edificação, de acordo com o Quadro 5 do item 4.2.2.1.

#### 4.2.3.1.4 Água pluvial

Foram considerados os valores de precipitação da estação pluviométrica nº 83648 localizada na cidade de Vitória – ES, disponível pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), visto que esta é a estação em operação mais próxima da EMEF Zilda Andrade, estima-se o volume de água pluvial disponível e os meses de maior e menor oferta.

Para determinar o volume de água de chuva possível de ser coletado na escola, é preciso conhecer também as características da área de contribuição e do coeficiente de escoamento superficial da cobertura da edificação (Coeficiente de Runoff). Para isso, através do projeto arquitetônico, é computada a área total da cobertura onde se pretende captar a água da chuva, e identificado o tipo de revestimento da área de contribuição para posterior determinação do coeficiente de escoamento superficial.

O coeficiente de escoamento superficial ou Coeficiente de Runoff é a relação entre a vazão que escoar na superfície e o total precipitado. Esse coeficiente retrata o grau de impermeabilização da superfície (BAPTISTA; COELHO, 2003) (Tabela 5).

Tabela 5 – Coeficientes de Runoff

Característica da superfície	Coeficiente de Runoff –C
Telhados	0,75 – 1,00
Pavimentação asfáltica	0,70 – 0,95
Pavimentação com paralelepípedo	0,70 – 0,85
Pavimentação em concreto	0,80 – 0,95
Gramados – terrenos arenosos	0,05 – 0,20
Gramados – terrenos argilosos	0,13 – 0,35

Fonte: Adaptado de Baptista e Coelho (2003).

Diante dos dados coletados, é possível calcular o potencial de oferta de água pluvial conforme a Equação (15). Os primeiros milímetros de chuva captados pelo sistema de água pluvial devem ser descartados visto que estes fazem a limpeza da cobertura que usualmente está suja com poeiras, detritos, folhas, etc.

Neste estudo será adotado um descarte de escoamento inicial de 2mm, conforme recomendado pela norma NBR 15527 (ABNT 2007).

$$V_{oferta} = \left( \frac{CxAxP}{1000} \right) - \left( \frac{2xA}{1000} \right) \quad (15)$$

Lê-se:  $V_{oferta}$  = Volume da oferta de água da chuva ( $m^3$ ); C = coeficiente de escoamento; A = área de contribuição ( $m^2$ ); P = precipitação média mensal (mm).

A precipitação média mensal foi calculada apor meio da média aritmética (Equação 16).

$$P_{média\ mensal} = \left( \frac{\sum_{i=1}^{12} P_{mês}}{\text{número de anos da série histórica}} \right) \quad (16)$$

A Equação 15 (volume da oferta) é aplicada para cada precipitação média mensal encontrada, assim, é possível relacionar o volume médio ofertado anualmente de água da chuva com o volume médio anual de consumo de água potável pela escola

### 4.3 FLUXOGRAMA HÍDRICO

Após o estudo do consumo de água na edificação e definido as produções de diferentes correntes líquidas na edificação, foram estabelecidos os valores das vazões de entrada e saída do sistema para todos os cenários analisados e as possíveis economias de água potável.

A partir da definição destas vazões de entrada e saída de água da escola estudada, foi montado um fluxograma para melhor visualização para cada cenário, com auxílio do software STAN 2.5. Nesse fluxograma foi indicada a vazão de cada tipo de entrada e saída de água

## **5 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

### **5.1 AVALIAÇÃO TÉCNICA PRELIMINAR**

Toda a EMEF Zilda Andrade é abastecida por água potável da CESAN (Companhia Espírito Santense de Saneamento). De forma preliminar, as contas de água da escola referentes ao período de março/2017 a abril/2018, indicaram uma média mensal de consumo de água equivalente à 136,85 m<sup>3</sup>.



Tabela 6 - Série histórica do consumo de água (2015 / 2016) – CESAN

(continua)

Referência (mês/ano)	Data Leitura Anterior	Data Leitura Atual	Leitura Anterior (m³)	Leitura Atual (m³)	Consumo (m³)	Dias de Consumo	Consumo Médio diário (m³)	(°C)	Temperatura
jan/15	08/12/2014	07/01/2015	4.268	4.339	71	30	2,4		27,98
fev/15	07/01/2015	04/02/2015	4.339	4.364	25	28	0,9		28
mar/15	04/02/2015	06/03/2015	4.364	4.496	132	30	4,4		27,68
abr/15	06/03/2015	02/04/2015	4.496	4.639	143	27	5,3		26,19
mai/15	02/04/2015	05/05/2015	4.639	4.784	145	33	4,4		23,66
jun/15	05/05/2015	02/06/2015	4.784	4.918	134	28	4,8		23,36
jul/15	02/06/2015	03/07/2015	4.918	5.050	132	31	4,3		23,42
ago/15	03/07/2015	05/08/2015	5.050	5.182	132	33	4,0		23,16
set/15	05/08/2015	03/09/2015	5.182	5.339	157	29	5,4		25,08
out/15	03/09/2015	05/10/2015	5.339	5.546	207	32	6,5		25,75
nov/15	05/10/2015	05/11/2015	5.546	5.733	187	31	6,0		27,38
dez/15	05/11/2015	04/12/2015	5.733	5.898	165	29	5,7		28,13
jan/16	04/12/2015	06/01/2016	5.898	6.008	110	33	3,3		26,92
fev/16	06/01/2016	03/02/2016	6.008	6.059	51	28	1,8		28,93

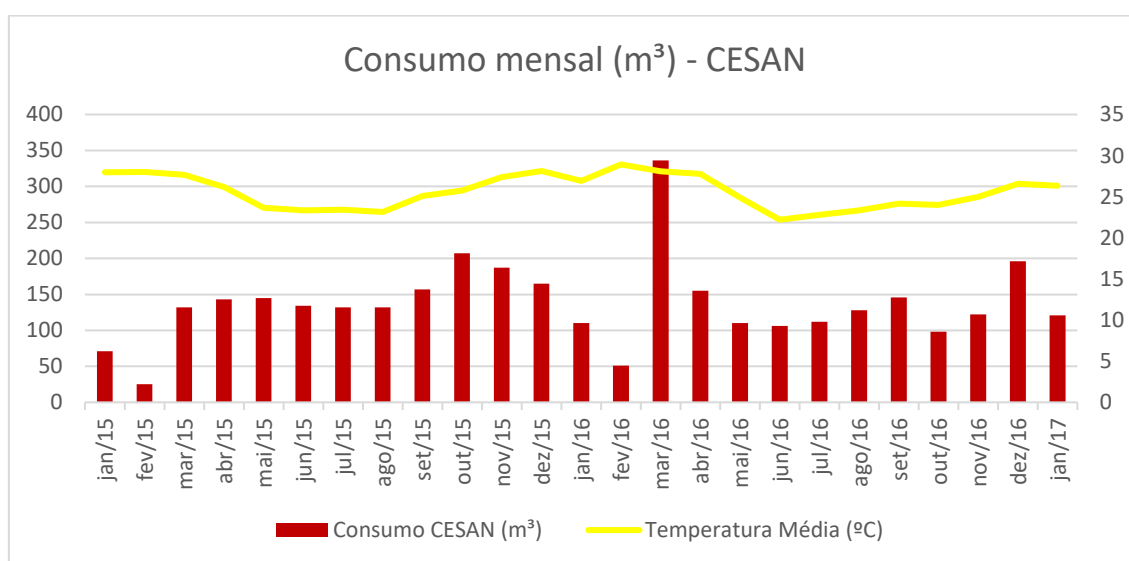
(continuação)

Referência (mês/ano)	Data Leitura Anterior	Data Leitura Atual	Leitura Anterior (m <sup>3</sup> )	Leitura Atual (m <sup>3</sup> )	Consumo (m <sup>3</sup> )	Dias de consumo	Consumo Médio diário (m <sup>3</sup> )	Temperatura (°C)
mar/16	03/02/2016	07/03/2016	6.059	6.395	336	33	10,2	28,11
abr/16	07/03/2016	06/04/2016	6.395	6.419	155	30	5,2	27,8
mai/16	06/04/2016	09/05/2016	6.419	70	110	33	3,3	24,89
jun/16	09/05/2016	07/06/2016	70	176	106	29	3,7	22,21
jul/16	07/06/2016	07/07/2016	176	288	112	30	3,7	22,81
ago/16	07/07/2016	08/08/2016	288	416	128	32	4,0	23,36
set/16	08/08/2016	06/09/2016	416	562	146	29	5,0	24,16
out/16	06/09/2016	06/10/2016	562	660	98	30	3,3	23,99
nov/16	06/10/2016	08/11/2016	660	782	122	33	3,7	24,98
dez/16	08/11/2016	08/12/2016	782	978	196	30	6,5	26,59
jan/17	08/12/2016	09/01/2017	978	1.099	121	32	3,8	26,35

Fonte: Autoria própria (2019).

De acordo com a figura 19, podemos ver que o consumo de água na EMEF Zilda Andrade varia conforme os meses do ano, apresentando maior consumo em meses quentes, outubro a dezembro, e menor consumo em meses em que a escola está de férias (janeiro e fevereiro). Nota-se um grande consumo de água em março/2016, cuja possível causa está em um vazamento da CESAN recorrente neste mês, de acordo com a diretora da escola.

Figura 19 - Consumo de água potável (CESAN) e temperatura (INMET) por meses – EMEF ZILDA ANDRADE



Fonte: Autoria própria (2019).

A partir dos dados obtidos pela diretoria da escola, foi possível fazer o levantamento do fluxo de alunos, professores e pessoas flutuantes no prédio da EMEF Zilda Andrade.

A escola possui 386 alunos matriculados, sendo que há em média a ausência de 10% deles durante as aulas, diariamente. Possui ao todo 51 funcionários, dos quais 23 deles são professores e uma circulação média de 15 pessoas por dia. Além disso, é concedido o espaço do prédio para realização de aulas de zumba nas segundas, terças e quintas feiras durante a noite, para 70 alunos. Com isso foi possível relacionar o consumo médio de água com o fluxo médio de pessoas.

Tabela 7- Quantidade de pessoas na edificação

<b>Dias</b>	<b>Alunos</b>	<b>Professores</b>	<b>Flutuantes</b>	<b>Funcionários</b>
<b>Segunda-feira</b>	418	23	15	28
<b>Terça-feira</b>	418	23	15	28
<b>Quarta-feira</b>	348	23	15	28
<b>Quinta-feira</b>	418	23	15	28
<b>Sexta-feira</b>	348	23	15	28
<b>Sábado</b>	-	-	-	2
<b>Domingo</b>	-	-	-	2
<b>Feriado</b>	-	-	-	2
<b>Férias</b>	-	-	-	15

Fonte: Autoria própria (2019).

## 5.2 CARACTERIZAÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA

### 5.2.1 Setorização do consumo de água

Considerando as atividades consumidoras de água foi realizado a setorização do sistema hidrossanitário da EMEF Zilda Andrade. Assim, a partir da instalação de 17 hidrômetros foi possível medir o consumo de água individual dos itens do Quadro 10.

Quadro 8 - Indicação de medição por hidrômetro

(continua)

	Local	Medição por hidrômetro
Térreo	Vasos - WC feminino	H1
	Pias - WC feminino	H2

(Continuação)

	Local	Medição por hidrômetro
Térreo	Bebedouro	H3
	Torneira externa	H4
	Mictório - WC Masculino	H5
	Vasos - WC Masculino	H6
	Cozinha	H7
	Área de Serviço	H8
	WC Acessível/Funcionários	H9
	1º Andar	WC Professores
2º Andar	Bebedouro	H11
	Pias e torneira - WC Feminino	H12
	Vasos - WC Feminino	H13
	Pias - WC Masculino	H14
	Vasos e Mictório - WC Masculino	H15
	CESAN	H16
	Reservatório Superior	H17

Fonte: Autoria própria (2019).

As medições tiveram início no dia 13 de março de 2017 pelo hidrômetro da CESAN. Os demais hidrômetros tiveram suas leituras iniciadas posteriormente, pois suas instalações aconteceram no dia 5 de junho de 2017. O hidrômetro do Reservatório Superior foi o último a ser instalado, no dia 17 de novembro de 2017, porém só foi possível realizar as medições do dia 15 de janeiro de 2018, devido à dificuldade de acesso ao local.

### 5.2.2 Estimativas de consumo de água

Como anteriormente dito, na sessão 4.2.3.1.3., as interligações das tubulações hidrossanitárias impossibilitaram medir o consumo segregado das pias e vasos dos banheiros de professores, de funcionários e de portadores de necessidades físicas, referentes aos hidrômetros H10 e H9, respectivamente.

É importante ressaltar que além de dois vasos sanitários (um feminino e um

masculino) e uma pia dentro da sala de professores, o H10 mede também consumo de água no bebedouro presente na sala. Para estimar o consumo deste bebedouro, pega-se a média diária do consumo do H10 e diminui as estimativas para a pia e os vasos sanitários. Além disso, estima-se que cada professor utilize a pia do banheiro para lavar a mão pelo menos 3 vezes ao dia, pois na sala dos professores também é consumido alimentos.

Já o H9 mede o consumo de dois banheiros, o de funcionários e o acessível, porém o banheiro acessível permaneceu fechado e inutilizado durante todo o período, logo, as estimativas são calculadas apenas para o banheiro de funcionários. Assim, da mesma forma que para o bebedouro medido no H10, para estimar o consumo do banheiro acessível (considerado como vazamento pois não há uso neste banheiro), pega-se a média diária do consumo de H9 e diminui as estimativas para o banheiro de funcionários.

Dessa forma, o total de água consumida nos banheiros dos professores, funcionários e de portadores de deficiência é obtida a partir das equações (13) e (14) e estão dispostos na Tabela 8:

Tabela 8 - Estimativas de consumo de água para H9 e H10

<b>Banheiro Professores (Hidrômetro 10)</b>	
Média do consumo de H10	<b>232</b> (L/dia)
Nº de frequentadores	23 usuários
Consumo de água da pia	69 (L/dia)
Consumo de água dos vasos	150 (L/dia)
Consumo no bebedouro	14 (L/dia)
<b>Banheiro Funcionários + Banheiro Acessível (Hidrômetro 9)</b>	
Média do consumo de H9	<b>137</b> (L/dia)
Nº de frequentadores	17 usuários
Consumo de água da pia	17 (L/dia)
Consumo de água dos vasos	111 (L/dia)
Consumo no banheiro acessível	9 (L/dia)

Fonte: Autoria própria (2019).

### 5.2.3 Distribuição do consumo de água

Por meio das séries históricas de consumo, após correções estatísticas, foi possível calcular a média diária, mensal e anual do consumo de cada atividade

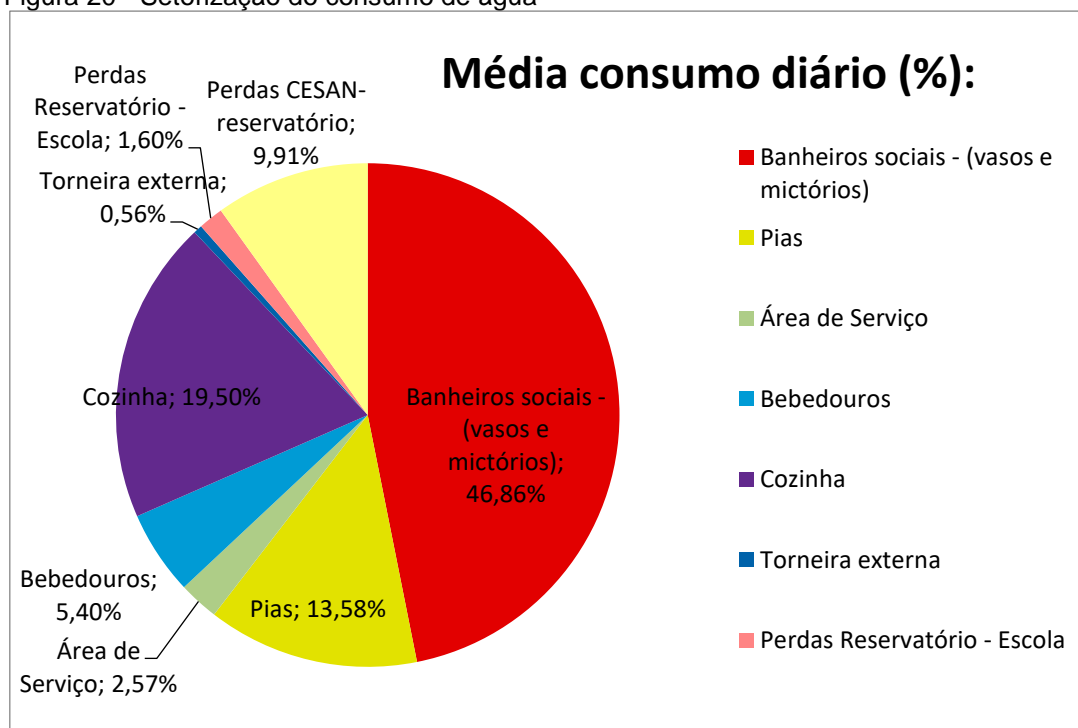
monitorada. Os resultados estão dispostos a seguir na tabela 9:

Tabela 9 - Consumo de água por atividade

Atividade	Média consumo diário (m³):	Média consumo mensal (m³):	Média consumo anual (m³):	Média consumo diário (%):
Banheiros sociais - (vasos e mictórios)	2,009	60,278	723,332	46,86
Lavatórios (pias)	0,582	17,474	209,690	13,58
Área de Serviço	0,110	3,309	39,710	2,57
Bebedouros	0,232	6,951	83,412	5,40
Cozinha	0,836	25,089	301,069	19,50
Torneira externa	0,024	0,716	8,594	0,56
Total medido	3,794	113,817	1365,807	88,48
Reservatório Superior	3,863	115,877	1390,523	90,09
CESAN	4,288	128,630	1543,558	100,00
Perdas Reservatório - Escola	0,069	2,060	24,716	1,60
Perdas CESAN-reservatório	0,425	12,753	153,035	9,91
Perdas CESAN - Escola	0,494	14,813	177,751	11,52

Fonte: Autoria própria (2019).

Figura 20 - Setorização do consumo de água



Fonte: Autoria própria (2019).

Na Figura 20 os resultados obtidos na tabela 9 são visualizados em um gráfico de pizza. De acordo com o projeto hidrossanitário da escola, não há ponto de consumo entre o hidrômetro da CESAN e o reservatório, logo, a partir deste monitoramento de consumo segregado, foi possível calcular que 9,91% do consumo total de água equivalem a perdas entre CESAN e reservatório. Tal valor é considerado muito alto para “perdas de água”.

Vale ressaltar que os projetos hidrossanitários nem sempre representaram a realidade de como as tubulações estão instaladas na edificação, pois durante o processo de instalação dos hidrômetros, nos deparamos com algumas inconsistências do projeto. Porém, outra possível causa para tais valores de perda, é devido à erros de medição do próprio hidrômetro da CESAN. Não é incomum que hidrômetros mais antigos, com falta de calibração, meçam valores diferentes dos da realidade de consumo de uma edificação.

Assim, para melhor representação do consumo real e global da escola, todas as análises de consumo global foram baseadas no consumo medido pelo H17, o hidrômetro referente ao consumo do reservatório, visto que este apresenta apenas 1,60% de perdas entre reservatório e o resto da edificação, em relação ao consumo total. Com isso, os novos valores de porcentagem estão dispostos a seguir:

Tabela 10 - Consumo de água por atividade ajustados

<b>Atividade</b>	<b>Média consumo diário (%):</b>
Banheiros sociais - (vasos e mictórios)	52,02
Pias	15,08
Área de Serviço	2,86
Bebedouros	6,00
Cozinha	21,65
Torneira externa	0,62
Total medido	98,22
Reservatório Superior	100,00
Perdas Reservatório – Escola	1,78

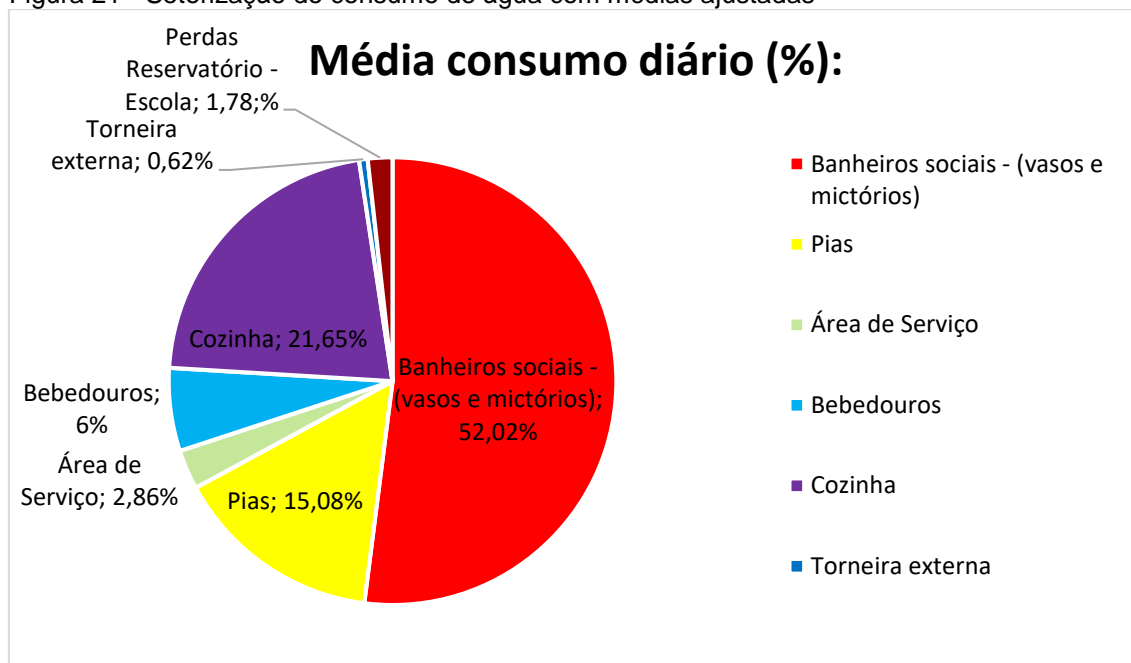
Fonte: Autoria própria (2019).

O monitoramento do consumo segregado de água indicou que os banheiros sociais, referentes aos vasos sanitários e mictórios, são os grandes consumidores de água da EMEF Zilda Andrade, responsável por 52,02% do



consumo total de água, seguido da cozinha (21,65%) e Pias (15,08%). Para melhor representação de consumo, obtivemos o gráfico da Figura 22:

Figura 21 - Setorização do consumo de água com médias ajustadas



Fonte: Autoria própria (2019).

Nota-se que esta grande atividade se assemelha às edificações públicas em geral, onde o uso dos ambientes sanitários é mais significativo e varia de 35% a 50% do consumo total. Pode ser comparada, também, à outros estudos. (Tabela 9).

Tabela 11 - EMEF Zilda Andrade x Outros estudos

Atividades	EMEF Zilda Andrade	CEMEI - YWASHIMA (2005)	EMEI - YWASHIMA (2005)	EMEF - YWASHIMA (2005)	SESI - CHAVES et. al (2015)
Vasos e mictórios	52,02%	27,7%	66,84%	82,4%	73,47%
Bebedouro	6%	0,09%	0,98%	-	-
Pias (banheiros +cozinha)	36,73%	38,76	19,77%	9,84%	11,309%

Fonte: Autoria própria (2019).

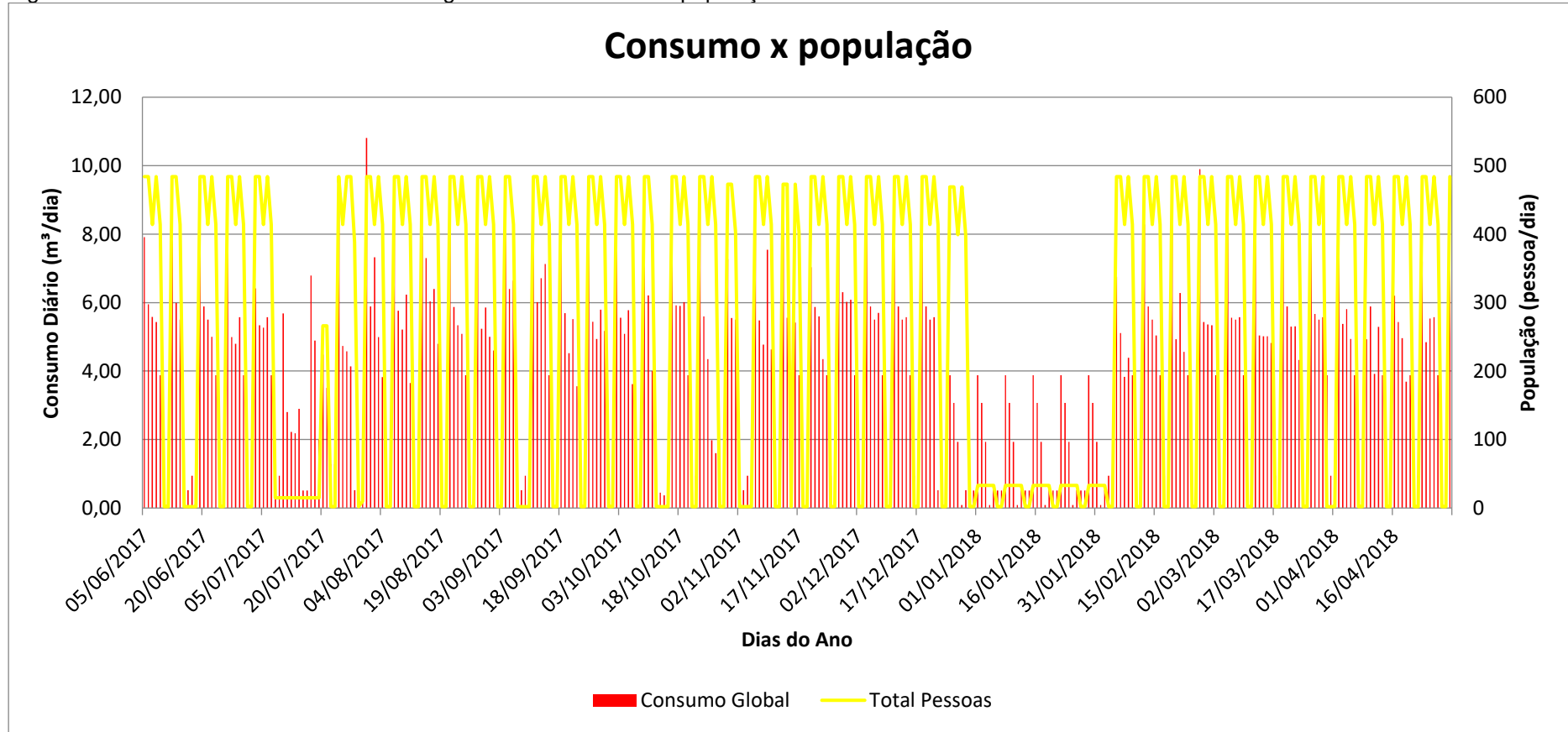
Observa-se que assim como outras escolas, o consumo de vasos sanitários e mictórios é o mais significativo, e o segundo maior consumidor são as pias. Vale ressaltar que alguns estudos não fizeram distinção entre pias de banheiro e pias localizadas na cozinha.

Destaca-se que o volume de água potável utilizada no consumo em vasos sanitários e mictórios pode ser substituído por outra fonte de água menos nobre, assim como torneiras utilizadas para lavagem externa.

#### **5.2.4 Histórico do consumo de água e da população**

O histórico do consumo de água do edifício foi obtido por meio de monitoramento diário. Após tratamento estatístico, na figura 22 pode ser visualizado o comportamento de consumo de água potável total na escola diariamente, além da série histórica da população.

Figura 22 - Série histórica do consumo de água e série histórica de população



Fonte: Autoria própria (2019).

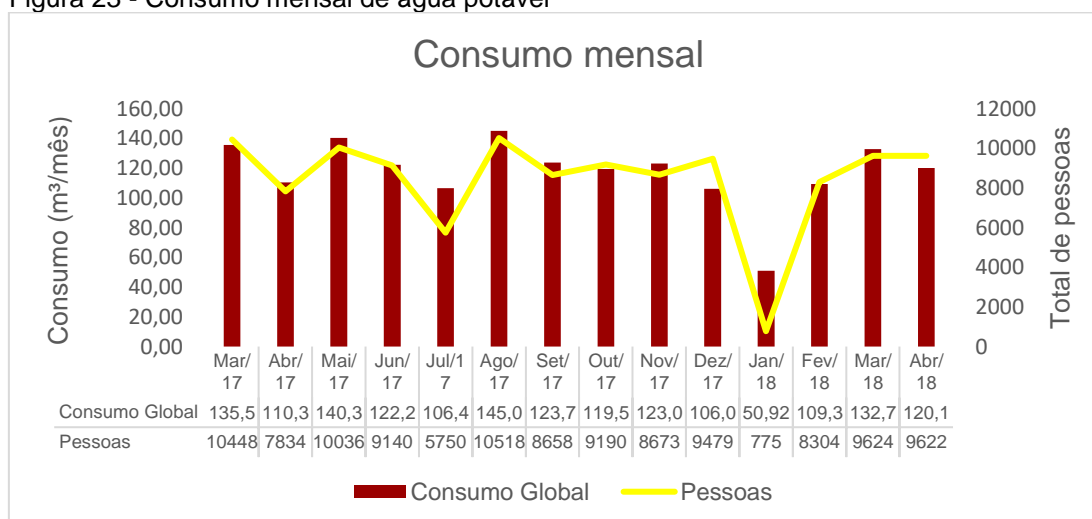
Nota-se que, apesar da grande variabilidade de consumo de água potável diária ao longo do período avaliado, o comportamento cíclico de picos e vales é devido à sazonalidade da ocupação do edifício em função da distribuição de férias, feriados e finais de semana.

Percebe-se o maior pico de consumo no dia 31/jul/2017 correspondente à uma segunda-feira, seguido do dia 26/fev/2018, também na segunda-feira. Há maior consumo entre outubro e dezembro, onde se encontra as maiores temperaturas durante o ano, e os menores consumos estão em julho e janeiro, meses dos quais a escola permanece de férias, com a presença de apenas alguns funcionários e professores no prédio. Este comportamento, como pode ser visto na figura 20 da sessão 5.1, se repete todos os anos.

### 5.2.5 Variação do consumo mensal monitorado

O consumo mensal total pode ser melhor visualizado na figura 23.

Figura 23 - Consumo mensal de água potável

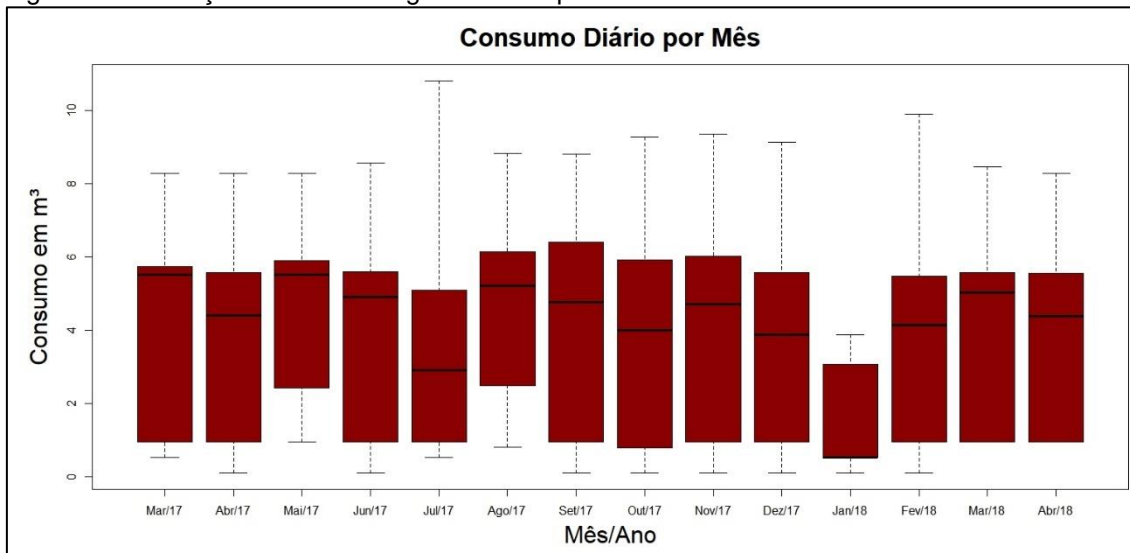


Fonte: Autoria própria (2019).

É possível observar que o consumo de água é proporcional à quantidade total de pessoas frequentadoras do edifício, onde os maiores consumos correspondem aos meses com maior frequência de pessoas circulando na escola, tais como março/2017, maio/2017 e agosto/2017.

A figura 24 apresenta a variação do consumo diário de água potável na edificação nos meses monitorados.

Figura 24 - Variação do consumo global diário por meses

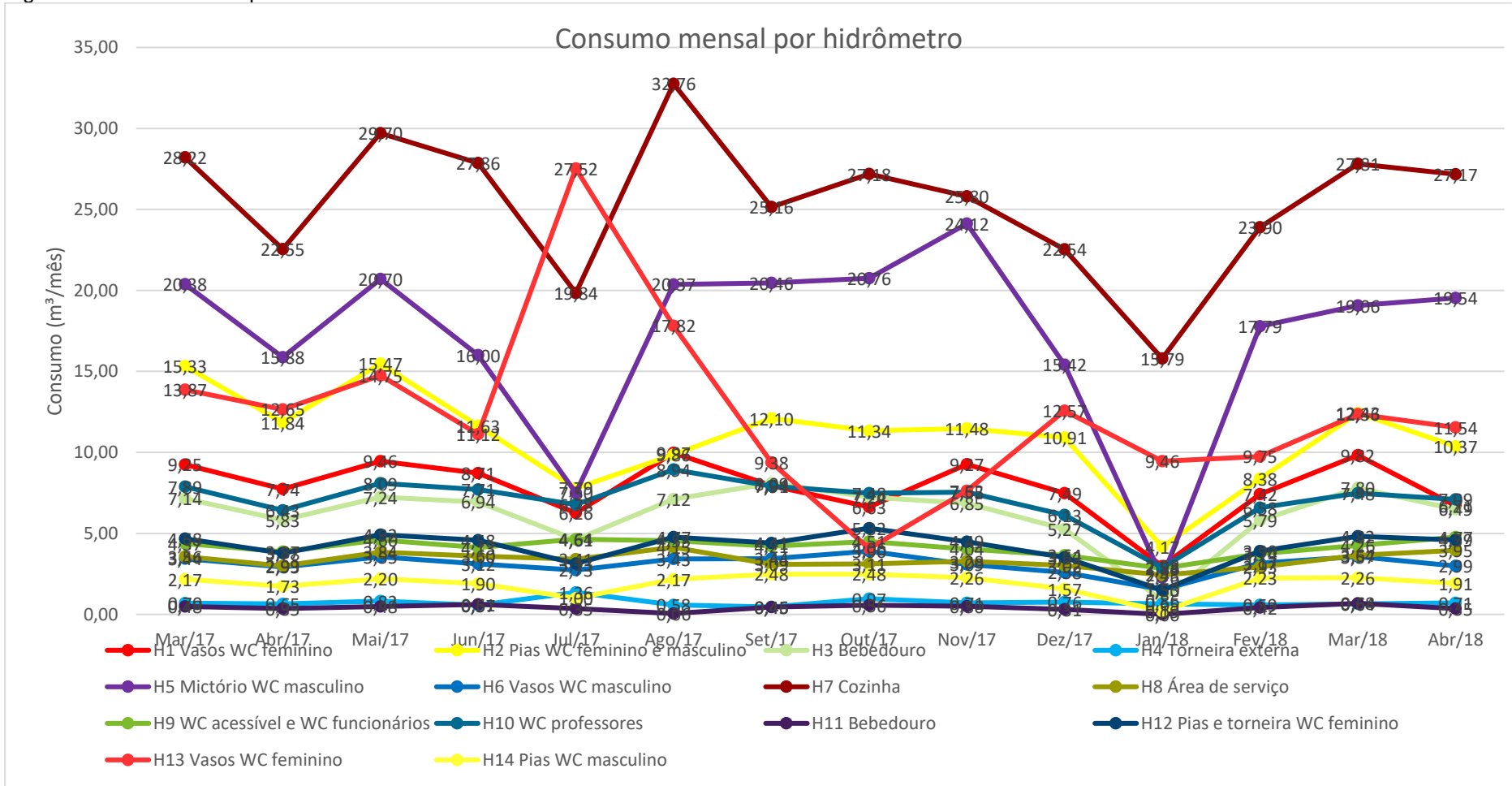


Fonte: Autoria própria (2019).

Com exceção do mês de janeiro/2018, no qual a escola permanece fechada, nota-se que a variação diária de consumo global durante os meses é semelhante. Porém é fácil notar que maio/2017 e agosto/2017, meses onde há maior consumo de água, apresentaram o consumo mínimo mais alto do que nos demais meses.

O comportamento mensal medido em cada hidrômetro se encontra a seguir na Figura 25:

Figura 25 Gráfico do comportamento mensal dos hidrômetros

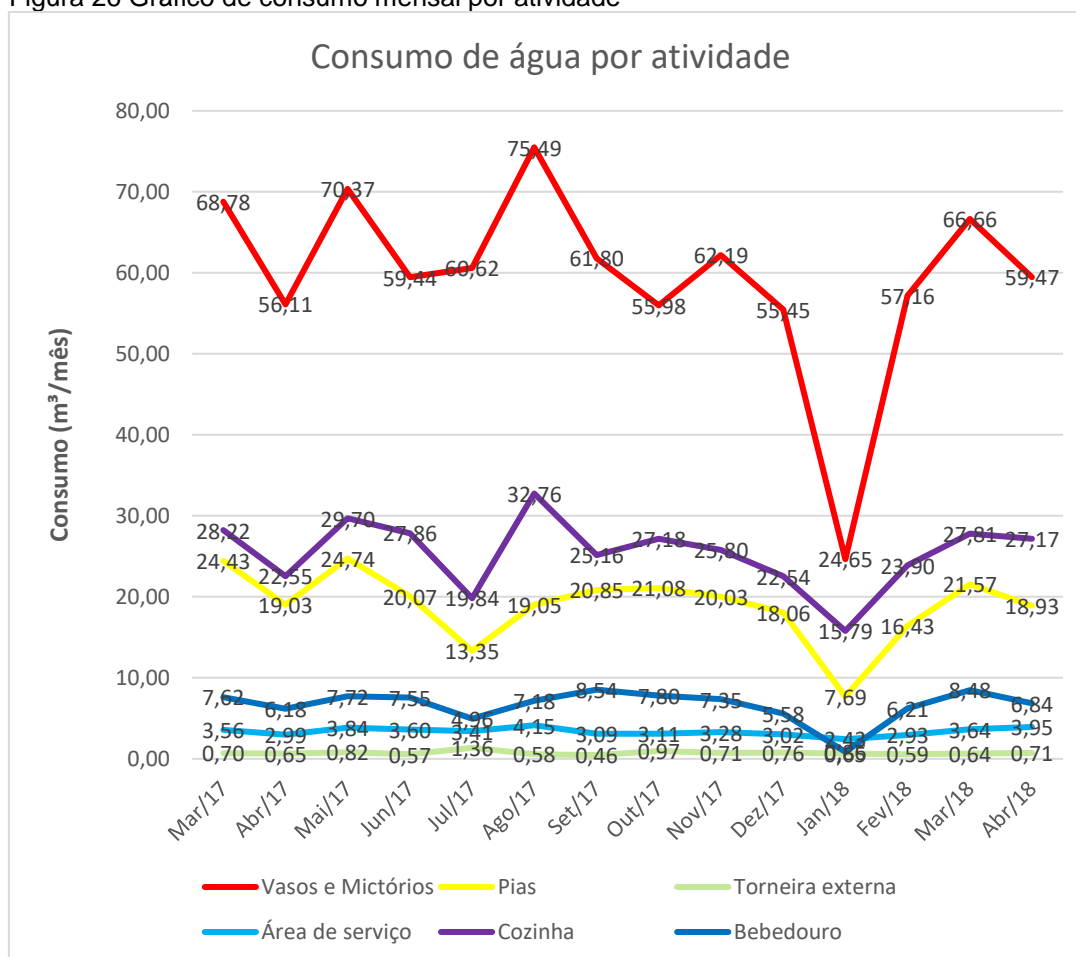


Fonte: Autoria própria (2019).

Destaca-se, a partir do gráfico mensal de cada hidrômetro, que no mês de julho/2017 o H13 (vasos do banheiro feminino) se comportou fora do padrão. Mesmo com o período de férias no mês, seu consumo passou de 11,12 m<sup>3</sup>/mês para 27,52 m<sup>3</sup>/mês devido à constantes vazamentos em suas bacias sanitárias, identificados nos testes da sessão 5.3.

Também, é possível identificar que o hidrômetro que mais consumiu água foi o H7, referente à pia da cozinha. Porém, ao separar os consumos por atividades, vemos que os maiores consumidores de água foram os vasos sanitários e mictórios (Figura 26).

Figura 26 Gráfico de consumo mensal por atividade



Fonte: Autoria própria (2019).

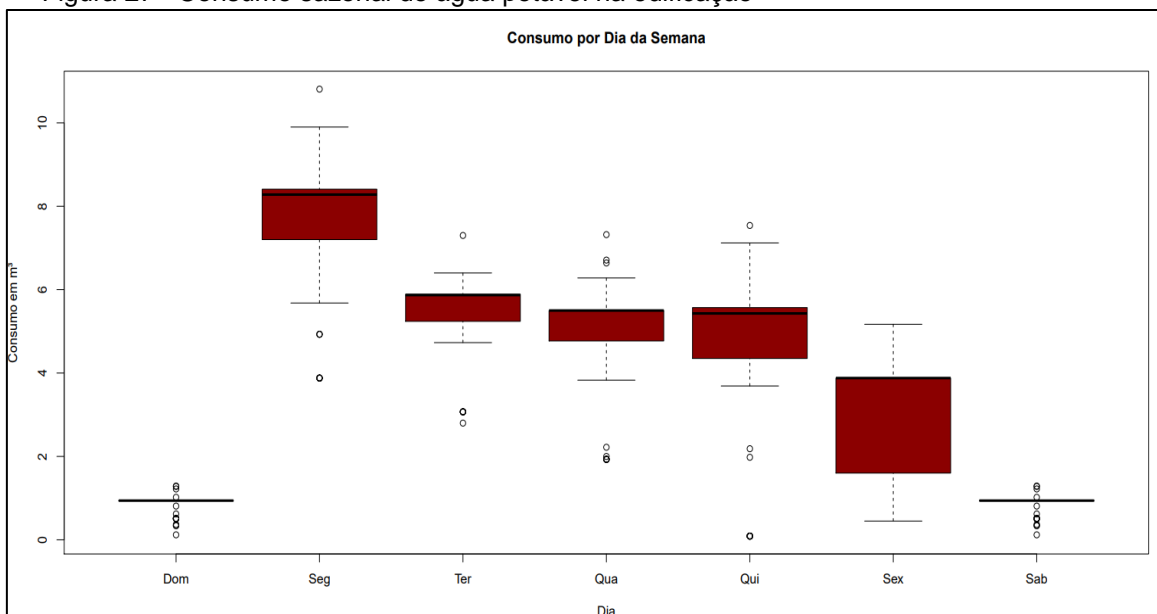
Em relação aos vasos sanitários do gráfico da figura 26, é importante ressaltar que apesar do mês de julho não ter um consumo alto (além do padrão), por

conta das férias, é concluído que este consumo deveria ser inferior, caso não houvesse o vazamento do H3 identificado na figura 25.

### 5.2.6 Variação do consumo de água ao longo da semana

Como as medições foram realizadas todos os dias às 10 da manhã, grande parte do consumo das segundas-feiras era automaticamente contabilizado como sendo consumo dos domingos, pois a lavagem do pátio e limpeza da escola, em geral, acontecem todas as segundas-feiras antes de 10h (mais precisamente às 7h). Para ajustar estes valores, foi considerado que o consumo de água de domingo era o mesmo que o consumo de sábado, pois nos dois dias a escola permanece fechada com apenas dois porteiros, e com isso, a diferença entre estes dias foi somado às segundas-feiras. Com isso, a Figura 27 apresenta, *por meio de gráfico Box-plot*, o consumo de água potável na escola ao longo da semana.

Figura 27 - Consumo sazonal de água potável na edificação



Fonte: Autoria própria (2019).

Verifica-se, na referida figura, que o dia de maior consumo é na segunda-feira,



associado às atividades de limpeza da escola e também, provavelmente, pela maior presença de alunos. Nota-se, ainda, uma queda de consumo na sexta-feira por ser o dia onde há maior número de faltas, de acordo com a diretora da escola.

### 5.3 IDENTIFICAÇÃO DE VAZAMENTOS

A Tabela 12 mostra a quantidade de equipamentos hidro sanitários avaliados na escola Zilda Ramaldes por tipologia.

Tabela 12 Quantidade de equipamentos hidro sanitários avaliados

<b>Equipamento hidro sanitário</b>	<b>Quantidade</b>
Torneiras	18
Bebedouros	2
Chuveiro	1
Mictórios	2
Bacias sanitárias	13

Fonte: Autoria própria (2019).

Após a realização da metodologia descrita na seção 4.2.2.2, obteve-se os resultados demonstrados nas seções 5.3.1 a 5.3.4.

#### **5.3.1 Teste do corante**

Com o teste do corante foi possível averiguar, visualmente, vazamentos das bacias sanitárias. A Figura 29 mostra o resultado obtido no teste do corante:

Figura 28 - Bacias sanitárias com vazamentos



(A) Bacia sanitária do Banheiro feminino do terceiro andar; (B) Bacia sanitária do banheiro masculino do terceiro andar; (C) Detalhe do vazamento da bacia.

Fonte: Autoria própria (2019).

Observou-se que das 13 bacias sanitárias monitoradas na escola, 3 apresentam vazamentos, totalizando 23% da quantidade total de bacias.

### **5.3.2 Teste da caneta**

Foi aplicado o teste da caneta nos mictórios. Ambos os mictórios apresentaram vazamentos discretos, conforme Figura 29

Figura 29 – Detalhes dos vazamentos discretos nos mictórios



(A) Mictório do banheiro masculino do terceiro andar; (B) Mictório do banheiro masculino do primeiro andar.

Fonte: Autoria própria (2019).

### 5.3.3 Identificação visual

Para os demais aparelhos hidrossanitários (torneiras, bebedouros e chuveiro) verificou se haviam gotejamento após fechar suas respectivas válvulas.

Em relação às torneiras, das 18 existentes na escola, 2 apresentavam vazamentos visíveis. Além disso, 9 delas apresentaram dificuldade ao serem fechadas, podendo assim, serem facilmente esquecidas abertas durante o período de uso pelos frequentadores da escola.

Quanto ao bebedouro do primeiro andar (Figura 30), este indicou vazamentos após uso, apresentando despejo de água mesmo após não estar pressionando os bocais.

Figura 30 – bebedouro defeituoso



Fonte: Aatoria própria (2019).

Já o chuveiro presente no banheiro masculino do primeiro andar não apresentou vazamento de nenhum tipo. Vale ressaltar que o uso deste aparelho é insignificante pois foi informado que ninguém o utiliza, frequentemente, na escola.

#### 5.3.4 Registro de hidrômetros nos finais de semana

Foram registradas leituras dos hidrômetros em alguns finais de semana, a fim de quantificar vazamentos em aparelhos que apresentam consumo mesmo diante à inatividade da escola. Assim, foi estimada as médias diárias de consumo na Tabela 13.

Tabela 13 - Média diária dos volumes diários nos finais de semana por setor

(Continua)

	Local	Média de consumo(litros/dia)
Térreo	Vasos - WC feminino	7,5
	Pias - WC feminino	3,3

		(continuação)
Térreo	Bebedouro	15,5
	Torneira externa	0,0
	Mictório - WC Masculino	0,8
	Vasos - WC Masculino	2,1
	Cozinha	17,7
	Área de Serviço	2,9
	WC Acessível/Funcionários	9,4
1º Andar	WC Professores	7,7
2º Andar	Bebedouro	0,0
	Pias e torneira - WC Feminino	1,5
	Vasos - WC Feminino	209,1
	Pias - WC Masculino	1,8
	Vasos e Mictório - WC Masculino	6,7
	TOTAL	285,9

Fonte: Autoria própria (2019).

Apesar da constatação de que há consumo em praticamente todos os hidrômetros, com exceção do bebedouro do segundo andar e da torneira externa utilizada para lavagem do pátio, observou-se nesse estudo que o consumo decorrente de vazamentos é apenas relevante para os vasos do banheiro feminino do segundo andar, quando comparado com outras referências bibliográficas (Tabela 14).

Tabela 14 - Perdas por tipo de vazamento e por tipo de aparelho

Aparelho / equipamento sanitário		Perda estimada
Torneiras	Gotejamento lento	10 litros por dia
	Gotejamento rápido	32 litros por dia
	Filete 2 mm	136 litros por dia
	Vazamento no flexível	0,86 litros por dia
Mictórios	Filetes visíveis	144 litros por dia
Bacia sanitária	Filetes visíveis	144 litros por dia

Fonte: Adaptado de Sabesp (Disponível em <[http://site.sabesp.com.br/uploads/file/clientes\\_servicos/tabela\\_vazamento.pdf](http://site.sabesp.com.br/uploads/file/clientes_servicos/tabela_vazamento.pdf)>. Acesso em 8 maio.2019).

Porém, o valor total de consumo de água de 285,9 litros/dia não nos dá o valor total de vazamento contínuo na edificação, visto que há presença de 2 funcionários, consumidores de água, em finais de semana. Para se obter o

vazamento contínuo deve-se estimar o consumo de água de cada funcionário, de acordo com as equações (2), (3), (4) e (5). Considerando que cada funcionário utiliza os aparelhos 3 vezes ao dia, obtemos os resultados a seguir:

$$\text{Consumo das pias} \left( \frac{\text{litros}}{\text{dia}} \right) = 1 \left( \frac{\text{l}}{\text{uso}} \right) \times 3 \left( \frac{\text{uso}}{\text{dia}} \right) \times 2 (\text{usuários}) = 6 \left( \frac{\text{litros}}{\text{dia}} \right) \quad (17)$$

$$\text{Consumo dos vasos} \left( \frac{\text{litros}}{\text{dia}} \right) = 6,5 \left( \frac{\text{l}}{\text{uso}} \right) \times 3 \left( \frac{\text{uso}}{\text{dia}} \right) \times 2 (\text{usuários}) = 39 \left( \frac{\text{litros}}{\text{dia}} \right) \quad (18)$$

$$C_{\text{total}} \left( \frac{\text{litros}}{\text{dia}} \right) = 6 + 39 = 45 \left( \frac{\text{litros}}{\text{dia}} \right) \quad (19)$$

$$\text{Perdas contínuas} \left( \frac{\text{litros}}{\text{dia}} \right) = (285,9) - (45) = 240,9 \left( \frac{\text{litros}}{\text{dia}} \right) \quad (20)$$

Com base nos testes do corante e nos valores encontrados nos registros dos hidrômetros nos finais de semana, é concluído que há vazamentos na edificação, principalmente no banheiro feminino do 2º andar, proveniente das bacias sanitárias.

Considerando a média do consumo total de água diária da EMEF Zilda Andrade referente ao Reservatório Superior igual à 3.863 litros por dia (tabela 7), vimos que 1,78% deste consumo (69 l/dia) corresponde a perdas entre o reservatório e a escola. Já os vazamentos provenientes dos aparelhos hidrossanitários (240,9 l/dia) apresentam 6,24 % do consumo total. Com isso, o consumo real de água para cálculo dos indicadores a seguir é de 3.553,1 litros por dia.

## 5.4 INDICADORES DE CONSUMO DE ÁGUA

Quando se trata de indicadores de consumo de água devemos considerar valores médios de consumo e do fluxo de pessoas no total, assim como o fluxo médio de professores, funcionários e alunos na escola.

De acordo com o item anterior, o consumo de água diário é de 3.553,1 litros. Já o fluxo médio de pessoas está disposto na tabela 15. Além disso, de acordo com o projeto arquitetônico da escola, a área total da edificação é de 1056,96 m<sup>2</sup>.

Tabela 15 - Fluxo médio de pessoas na escola por dia

Alunos	235 (alunos/dia)
Professores	15 (professores/dia)
Funcionários	28 (funcionários/dia)
Flutuantes	9 (flutuantes/dia)
Total	277 (pessoas/dia)

Fonte: Autoria própria (2019).

Com isso, podem-se calcular os seguintes indicadores:

- Média diária do consumo de água na edificação -  $C_{dia}$  (litros/dia)

$$C_{dia} = 3.553,1 \text{ L/dia}$$

(21)

- Indicador de consumo de água *per capita* -  $I_c$  (litros/dia/pessoa)

$$I_c = \frac{3.553,1}{277} = 12,8 \text{ L/dia.pessoa}$$

(22)

- Indicador de consumo diário de água por área bruta -  $I_{ca}$  (litros/dia/m<sup>2</sup>)

$$I_{ca} = \frac{3.553,1}{1056,96} = 3,35 \text{ L/dia.m}^2 \quad (23)$$

- Indicador de consumo de água por funcionários -  $I_{cf}$  (litros/dia/funcionário)

$$I_{cf} = \frac{3.553,1}{18} = 197,4 \text{ L/dia.funcionário} \quad (24)$$

- Indicador de consumo de água por professores -  $I_{cp}$  (litros/dia/professor)

$$I_{cp} = \frac{3.553,1}{15} = 236,9 \text{ L/dia.professor} \quad (25)$$

- Indicador de produção de água por aluno -  $I_{cal}$  (litros/dia/aluno)

$$I_{cal} = \frac{3.553,1}{235} = 15,1 \text{ L/dia.aluno} \quad (26)$$

Após a determinação dos indicadores pôde-se compará-los aos estudos realizados em escolas semelhantes (escolas de Ensino Fundamental) permitindo uma avaliação quanto ao grau de consumo de água (Tabela 16).

Tabela 16 - EMEF Zilda Andrade x Outros estudos

	EMEF Zilda Andrade	Barreto; Chicchi (2001)	Werneck (2006)	Ywashima (2005)	Cheng; Hong (2004)
(L/aluno.dia)	15,1	7,6 a 11,6	0,51 a 11,6	18,82 a 35,66	-
(L/pessoa.dia)	12,8	-	-	-	59,5

Fonte: Autoria própria (2019).



Nota-se que o consumo per capita por pessoa foi de 12,8 L/dia, mostrando que o sistema comporta-se de forma mais eficiente do que o sistema estudado por Cheng; Hong (2004). Ao compararmos o consumo per capita por alunos com os estudos de Chicchi (2001) e Werneck (2006), vemos que os alunos da EMEF Zilda Andrade consomem mais água potável, indicando possível desperdício de água. Porém, o valor de 15,1 litros/aluno/dia está dentro da faixa encontrada nas referências, visto que nas escolas estudadas por Ywashima (2005), os alunos de ensino fundamental consomem até 35,66 L/dia.

## 5.5 ESTRATÉGIAS DE REDUÇÃO DE ÁGUA POTÁVEL

As Tabelas 17 e 18 representam o cenário atual da escola, sem a adoção de nenhuma medida redutora de água. Lembrando que este consumo é 100% de água potável fornecida pela CESAN.

Tabela 17 - Média de consumo diário de água potável na escola

<b>Atividade</b>	<b>Média consumo diário (L/dia):</b>
Banheiros sociais - (vasos e mictórios)	2.009
Lavatórios (pias)	582
Área de Serviço	110
Bebedouros	232
Cozinha	836
Torneira externa	44
<b>Total</b>	<b>3.794</b>

Fonte: Autoria própria (2019).

Tabela 18 - Consumo mensal de água na edificação em m<sup>3</sup>

(continua)

Mês	Consumo total na escola (m <sup>3</sup> /mês)
Mar/17	133,306
Abr/17	107,510
Mai/17	137,192
Jun/17	119,090
Jul/17	103,521
Ago/17	139,196
Set/17	119,897
Out/17	116,115

Continuação	
Mês	Consumo total na escola (m <sup>3</sup> /mês)
Nov/17	119,359
Dez/17	105,409
Jan/18	52,071
Fev/18	107,220
Mar/18	128,799
Abr/18	117,064

Fonte: Autoria própria (2019).

Para reduzir o consumo de água potável disposto nas Tabelas 16 e 17, foram adotadas as estratégias a seguir:

### 5.5.1 Uso de aparelhos economizadores

Ao instalar uma torneira economizadora com PR (potencial de redução) de 65% obtemos o seguinte resultado:

$$C_{pias} = 582 - (0,65 * 582) = 204 \text{ L/dia} \quad (27)$$

Já para os vasos sanitários, para o cálculo de consumo estimado com aparelho economizador, utiliza-se a média do fluxo diário de pessoas (tabela 12) e considera-se que 20% dos acionamentos de descargas serão a de volume de 6L e 80% será a de volume de 3L. Assim obtemos o resultado a seguir:

$$C_{vasos} = ((f * a_6 * V_6) + (f * a_3 * V_3)) * n^{\circ} \text{ pessoas} \quad (28)$$

$$C_{vasos} = ((1 * 0,2 * 6) + (1 * 0,8 * 3)) * 277 = 997 \text{ L/dia} \quad (29)$$

O valor encontrado para as pias de 204 L/dia corresponde à um consumo de 35% de água em relação ao consumo anterior, já o valor de 997 L/dia dos vasos corresponde à um consumo de 49,6%.

A partir da redução de 65% de água nas pias e 50,4% de redução em vasos sanitários em média, é possível recalculer mês a mês um novo consumo de água caso a escola instalasse aparelhos economizadores (Tabela 19)

Tabela 19 - Economia de água com aparelhos economizadores

Mês	Vasos		Pias	
	Sem aparelhos economizadores (m³/mês)	Com aparelhos economizadores (m³/mês)	Sem aparelhos economizadores (m³/mês)	Com aparelhos economizadores (m³/mês)
Mar/17	68,779	34,66	24,427	15,878
Abr/17	56,115	28,28	19,025	12,366
Mai/17	70,370	35,47	24,742	16,082
Jun/17	59,440	29,96	20,070	13,046
Jul/17	60,616	30,55	13,350	8,677
Ago/17	75,494	38,05	19,047	12,381
Set/17	61,802	31,15	20,850	13,553
Out/17	55,975	28,21	21,080	13,702
Nov/17	62,189	31,34	20,030	13,020
Dez/17	55,449	27,95	18,060	11,739
Jan/18	24,648	12,42	7,693	5,000
Fev/18	57,160	28,81	16,430	10,680
Mar/18	66,662	33,60	21,567	14,019
Abr/18	59,468	29,97	18,925	12,301

Fonte: Autoria própria (2019).

Assim, podemos fazer um comparativo de quanto de água é economizada na edificação mês a mês ao adotar aparelhos economizadores (Tabela 20).

Tabela 20 - Economia de água com aparelhos economizadores na edificação

(continua)

Mês	Sem aparelhos economizadores (m³/mês)	Com aparelhos economizadores (m³/mês)	Economia na edificação(%)
Mar/17	133,306	90,642	32,00
Abr/17	107,510	73,018	32,08
Mai/17	137,192	93,629	31,75
Jun/17	119,090	82,583	30,65
Jul/17	103,521	68,783	33,56

(continuação)

Mês	Sem aparelhos economizadores (m <sup>3</sup> /mês)	Com aparelhos economizadores (m <sup>3</sup> /mês)	Economia na edificação(%)
Ago/17	139,196	95,084	31,69
Set/17	119,897	81,945	31,65
Out/17	116,115	80,973	30,26
Nov/17	119,359	81,503	31,72
Dez/17	105,409	71,585	32,09
Jan/18	52,071	37,153	28,65
Fev/18	107,220	73,118	31,81
Mar/18	128,799	88,186	31,53
Abr/18	117,064	80,943	30,86

Fonte: Autoria própria (2019).

Pela tabela 20, observa-se que a adoção de aparelhos economizadores equivale a uma economia que varia de 28,65% a 33,56% de água potável.

### 5.5.2 Uso de aparelhos economizadores e reuso de água cinza.

A oferta de águas cinzas é calculada considerando os efluentes das pias dos banheiros e bebedouros. Vale ressaltar que apenas cerca de 31% da água dos bebedouros são efluentes destinados à esgoto, pois 69% desta água é para consumo (ingestão). A demanda diária das bacias sanitárias, mictórios e torneiras utilizada para limpeza da escola é a demanda que pode ser substituída por águas cinzas por ter uso menos nobres, ou seja, que não há necessidade de ser água potável.

Tabela 21 - Oferta x Demanda de água cinza e potencial de economia por mês

Mês	Oferta de água cinza (m <sup>3</sup> /mês)	Demanda de água para reuso (m <sup>3</sup> /mês)	Relação Oferta/Demanda (%)	Economia total na edificação (%)
Mar/17	18,240	38,924	46,9	45,7
Abr/17	14,282	31,922	44,7	45,4
Mai/17	18,476	40,126	46,0	45,2
Jun/17	15,386	34,128	45,1	43,6
Jul/17	10,214	35,315	28,9	43,4
				(continua)

Mês	Oferta de água cinza (m³/mês)	Demanda de água para reuso (m³/mês)	Relação Oferta/Demanda (%)	Economia total na edificação (%)
Ago/17	14,605	42,774	34,1	42,2
Set/17	16,200	34,698	46,7	45,2
Out/17	16,120	32,291	49,9	44,1
Nov/17	15,298	35,333	43,3	44,5
Dez/17	13,468	31,726	42,5	44,9
Jan/18	5,267	15,502	34,0	38,8
Fev/18	12,605	32,329	39,0	43,6
Mar/18	16,647	37,877	44,0	44,5
Abr/18	14,422	34,632	41,6	43,2

Fonte: Autoria própria (2019).

De acordo com a tabela 21, a água cinza ofertada na escola pode reduzir em até 49,9% de água nos aparelhos hidrossanitários após a instalação de aparelhos economizadores. Já o potencial de economia de água potável total na edificação, ao combinar aparelhos economizadores e água cinza, varia entre 38,8% e 45,7%. Porém, é possível visualizar, também, que a oferta de águas cinzas não supre totalmente a demanda de água para reuso. A água cinza supriria apenas a demanda da água destinada à limpeza da escola (tabela 22), enquanto que o restante supriria parcialmente a demanda da água destinadas aos vasos sanitários e mictórios.

Tabela 22 - Oferta de água cinza x demanda de água para limpeza da escola

Mês	Total oferta de água cinza (m³/mês)	Demanda limpeza (m³/mês)
Mar/17	18,240	4,260
Abr/17	14,282	3,640
Mai/17	18,476	4,660
Jun/17	15,386	4,170
Jul/17	10,214	4,765
Ago/17	14,605	4,725
Set/17	16,200	3,550
Out/17	16,120	4,080
Nov/17	15,298	3,990
Dez/17	13,468	3,780
Jan/18	5,267	3,080
Fev/18	12,605	3,520
Mar/18	16,647	4,280
Abr/18	14,422	4,660

Fonte: Autoria própria (2019).

### 5.5.3 Uso de aparelhos economizadores e reaproveitamento de água de chuva.

A Tabela 23 abaixo expõe as médias mensais de chuva (mm) em Vitória nos últimos 30 anos e a oferta da mesma considerando a área de telhado da escola (630,51m<sup>2</sup>). Essa oferta foi calculada tendo como base a equação (15), do item 4.2.3.1.4.

Tabela 23 - Relação de médias mensais de chuva (INMET 83648) e a oferta mensal de água para reuso

Mês	Medias Mensais de chuva (mm/mês)	Oferta de água de chuva (m <sup>3</sup> /mês)
Mar/17	119	62,52
Abr/17	79	41,08
Mai/17	108	56,62
Jun/17	98	51,26
Jul/17	86	44,83
Ago/17	62	31,97
Set/17	85	44,29
Out/17	40	20,18
Nov/17	90	46,97
Dez/17	144	75,91
Jan/18	165	87,17
Fev/18	176	93,06
Mar/18	119	62,52
Abr/18	79	41,08

Fonte: Autoria própria (2019).

Com a média da demanda mensal das atividades em potencial para reaproveitamento de águas pluviais é possível comparar com a oferta de águas pluviais pela tabela 24. Os valores encontram-se em m<sup>3</sup> e estão sendo considerados o uso de aparelhos economizadores nos vasos sanitários e mictórios.

Tabela 24 - Oferta de água cinza x demanda de água para limpeza da escola

Mês	Oferta de água de chuva (m <sup>3</sup> /mês)	Demanda de água para reuso (m <sup>3</sup> /mês)	Relação Oferta/Demanda (%)	Economia total na edificação (%)
Mar/17	62,52	38,924	160,6	61,2
Abr/17	41,08	31,922	128,7	61,8
Mai/17	56,62	40,126	141,1	61,0
Jun/17	51,26	34,128	150,2	59,3
Jul/17	44,83	35,315	126,9	67,7
Ago/17	31,97	42,774	74,7	62,4
Set/17	44,29	34,698	127,6	60,6
Out/17	20,18	32,291	62,5	58,1
Nov/17	46,97	35,333	132,9	61,3
Dez/17	75,91	31,726	239,3	62,2
Jan/18	87,17	15,502	562,3	58,4
Fev/18	93,06	32,329	287,9	62,0
Mar/18	62,52	37,877	165,1	60,9
Abr/18	41,08	34,632	118,6	60,4

Fonte: Autoria própria (2019).

Diante dos resultados na tabela 24, nota-se um suprimento total de quase todas as demandas de água para reuso (com exceção dos meses de agosto e outubro), sendo janeiro a maior oferta, podendo suprir até 562,3% da demanda de água pluvial, devido ao período de férias escolares coincidir com o segundo mês de maior oferta anual. Por outro lado, um suprimento apenas parcial nos meses de agosto e outubro, quando a ofertas são as menores do ano.

É possível ver, também na tabela 24, a economia total na edificação ao se utilizar aparelhos economizadores junto com reuso de água de chuva. Diante do resultado, nota-se que, em média, 61% de toda água utilizada na escola tem potencial para ser água de reuso, ou seja, geraria uma economia de água potável igual à 61%.

Ademais, ao analisar a possibilidade da água de chuva suprir a demanda de água de reuso na escola sem a instalação de aparelhos economizadores, verificamos que somente a água da chuva não é suficiente para substituir toda

a demanda dos vasos, mictórios e água para limpeza da edificação

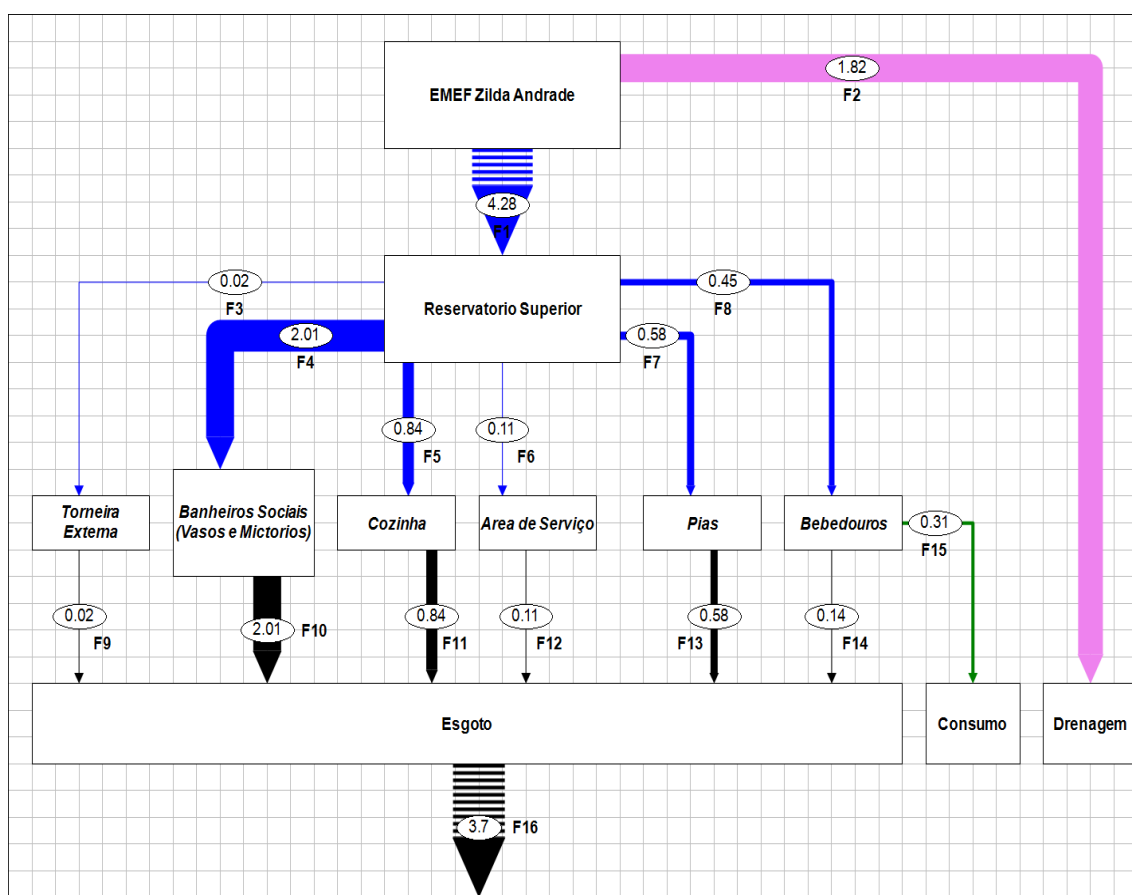
## 5.6 FLUXOGRAMA HIDRICO

Através dos dados coletados e tratados estatisticamente, foi elaborado, a partir do software STAN, fluxogramas com a finalidade de ilustrar todos os cenários com as correntes líquidas de entrada e de saída da edificação.

Afim de simplificar o fluxograma, os registros foram agrupados por atividade na escola (Toneira Externa, Vasos e Mictórios, Cozinha, Área de Serviço, Pias e Bebedouros)

Todos os valores são medias diárias, tendo 'm<sup>3</sup>' como unidade de medida.

Figura 31 CENARIO 1 - Situação atual

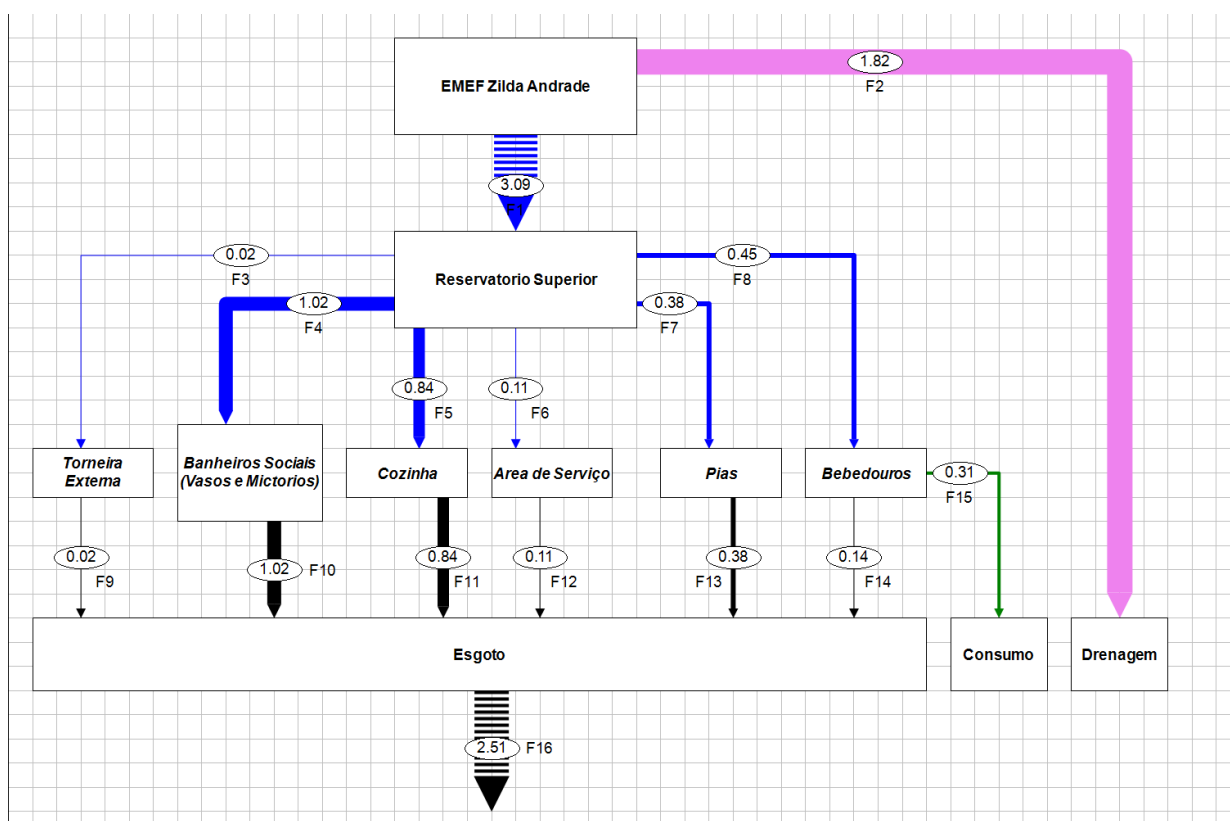


Fonte: Autoria própria (2019).



O cenário 1 (Figura 31) representa a situação atual da escola, sem apresentar nenhuma medida de conservação de água potável. Há alguns pontos notórios tais como a diferença entre F1 e a soma de F16 e F15, explicitando a ocorrência de vazamentos os quais foram citados anteriormente. Nota-se também que F2, referente à corrente líquida da água de chuva, passa direto para drenagem, sem nenhum tipo de aproveitamento, e todas as correntes que saem do reservatório são provenientes da CESAN (representado pelo azul escuro).

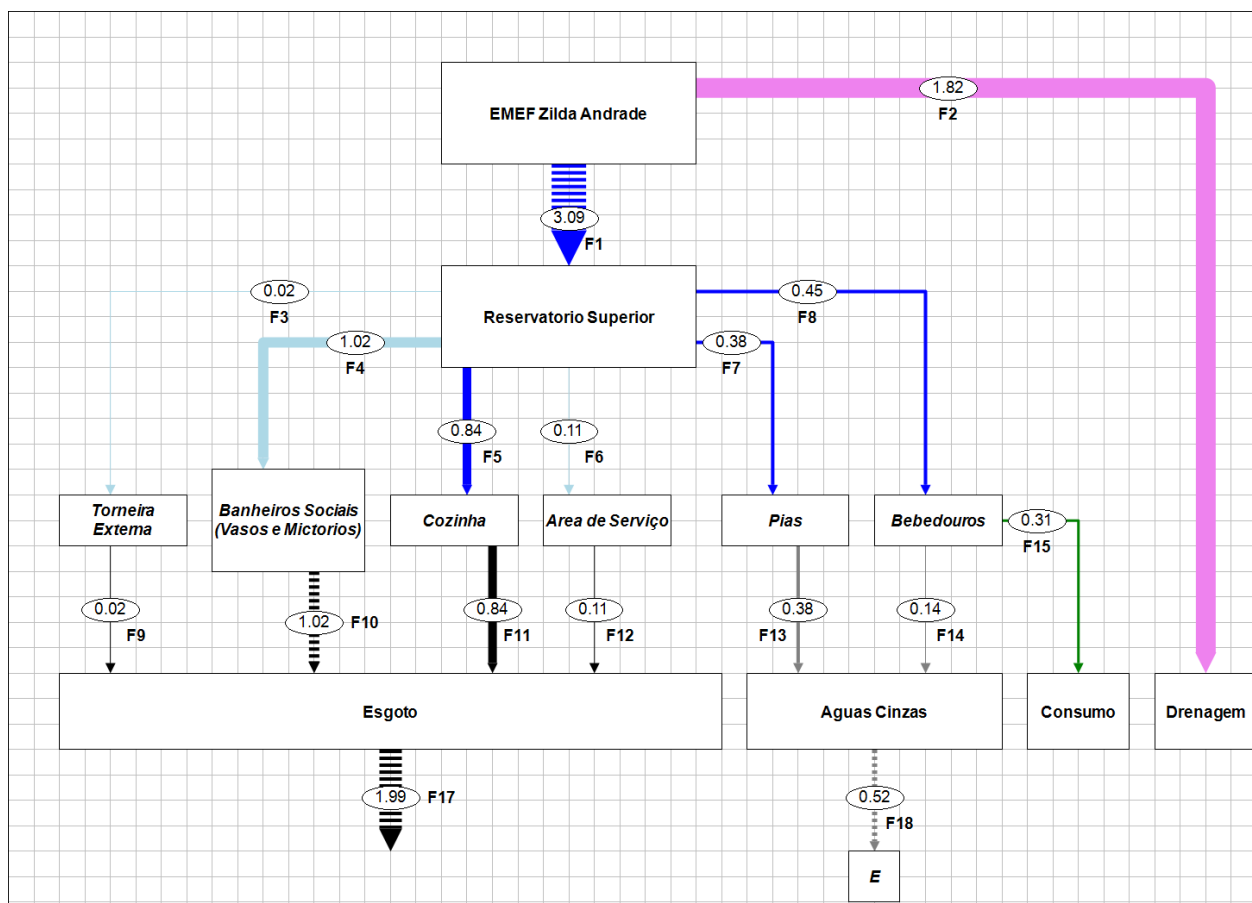
Figura 32 CENARIO 2 – Substituição de aparelhos hidrossanitários por aparelhos economizadores



Fonte: Autoria própria (2019).

No cenário 2 (Figura 32) nota-se redução de consumo nas correntes F4 e F7 devido à adoção de equipamentos economizadores, consequentemente a corrente F1, do reservatório, diminuiu.

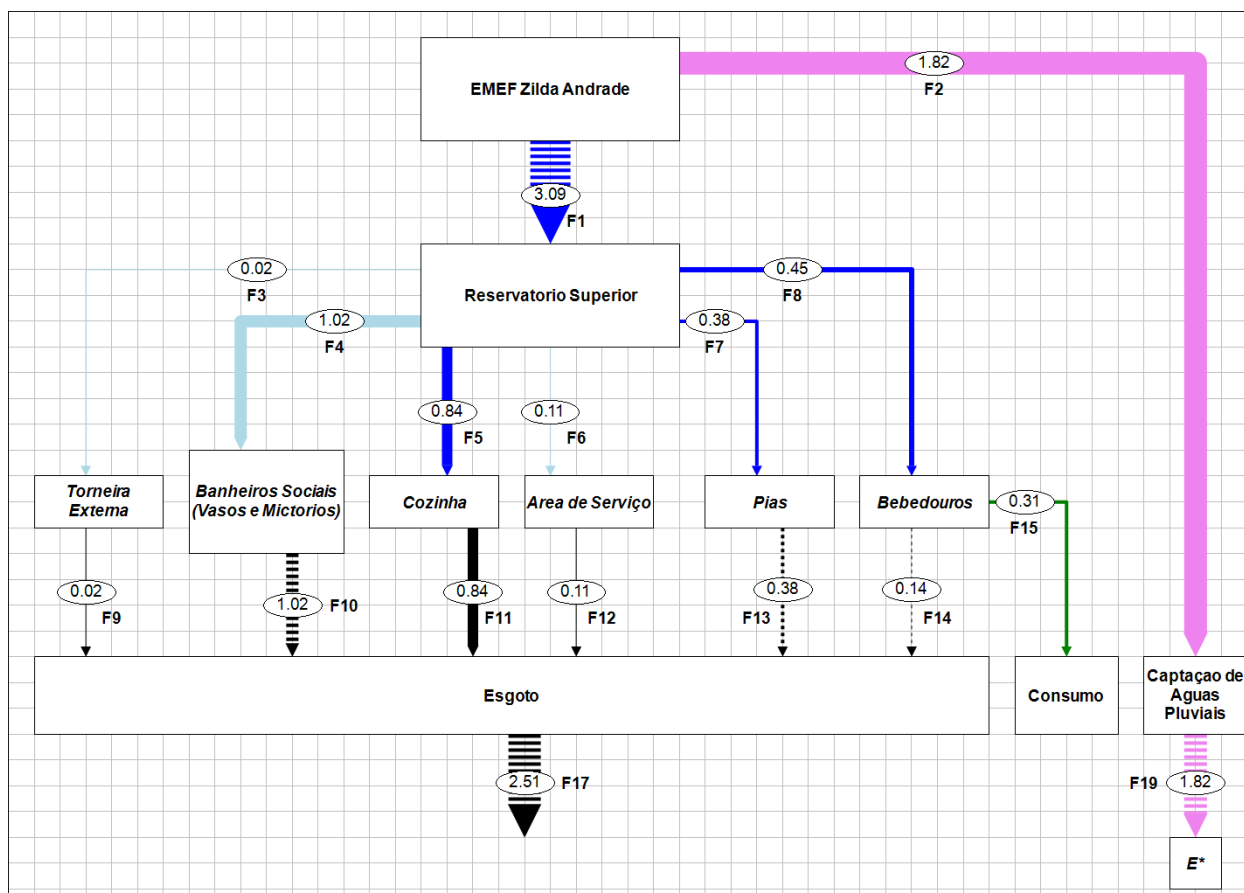
Figura 33 CENÁRIO 3 – Aproveitamento de Aguas Cinzas



Fonte: Autoria própria (2019).

O cenário 3 (Figura 33) apresenta um potencial reaproveitamento de águas cinzas, representado pelo F18, que se dá pela soma F13 e F14, provenientes das pias e bebedouros. Com isso, houve uma redução de F17 comparado com o primeiro cenário. Ademais, nesse cenário, há também o emprego de aparelhos economizadores nas torneiras, vasos e mictórios. As correntes F4 e F6 foram representadas em azul claro, como correntes as quais possuem potencial de reutilizar águas cinzas. As mesmas somam um total de 1.09m<sup>3</sup> enquanto F18 representa 0.52m<sup>3</sup>, ou seja, ainda restam cerca de 53% para suprir totalmente a demanda. Nota-se também que F2 passa direto para drenagem, sem nenhum tipo de tratamento assim como no primeiro cenário.

Figura 34– CENARIO 4 – Aproveitamento de águas pluviais



Fonte: Autoria própria (2019).

O cenário 4 (Figura 34) apresenta um potencial de reaproveitamento de águas pluviais, representado pela corrente F19. Nota-se também, assim como no cenário 3, redução na F17, água destinada ao tratamento de esgoto. Temos, também, F4 e F6 representados como correntes as quais possuem potencial de reuso por águas pluviais. Sendo 1.09 m<sup>3</sup> (F4+F6), a demanda, nesse cenário, a oferta (F19) atinge 1.82 m<sup>3</sup>, ou seja, supre em mais de 160% a demanda de águas de reuso.

## 6 CONCLUSÃO

Com o fim da pesquisa, percebe-se como se distribui o consumo de água em uma escola do município de Vitória. Os indicadores de consumo foram de 12,8 L/pessoa.dia, 3,35 L/dia.m<sup>2</sup>, 197,4 L/dia.funcionário, 236,9 L/dia.professor, 15,1 L/dia.aluno.

Assim como em outras tipologias semelhantes de edificação (escolas municipais de ensino fundamental), obteve-se como resultado que os aparelhos hidrossanitários que mais consomem água potável são as bacias sanitárias e mictórios, onde, juntos, chegam a consumir 52,02% da água total da escola.

Com a setorização de monitoramento de água também foi possível quantificar vazamentos contínuos devido à desperdícios e mau uso de cerca de 285,9 litros de água por dia.

A respeito das estratégias para redução do consumo de água potável, os aparelhos economizadores tornam-se uma alternativa viável. Apresentaram redução satisfatória na escola de até 33,56% de água potável.

O reuso de água cinza não se mostrou uma estratégia viável, mesmo com a combinação, pois não existem aparelhos na escola que ofertam grande volume de efluentes, tais como chuveiros (em uso) ou máquinas de lavar roupas. Os volumes disponíveis das torneiras de banheiro e bebedouros são irrisórios, se comparados ao consumo de água não potável de vasos, mictórios e limpeza, sendo apenas suficiente para suprir a demanda da limpeza.

Já o aproveitamento de água pluvial, junto com a instalação de aparelhos economizadores, é uma alternativa que promove um ótimo potencial de economia. Isso porque Vitória é uma cidade litorânea e de clima tropical úmido, onde as chuvas durante o ano são constantes.

Logo, a combinação que resultou em uma melhor economia foi a instalação de equipamentos economizadores em conjunto com o aproveitamento de água pluvial, chegando em média de 61% de economia.

## **7 RECOMENDAÇÕES FUTURAS**

Para que os resultados deste estudo sejam aperfeiçoados e tragam ainda mais conclusões são feitas as seguintes recomendações para trabalhos futuros:

- Estudar o comportamento do usuário de água
- Avaliar a economia de água perante a mudança de comportamento do usuário através de educação ambiental.
- Verificar a necessidade de tratamento de água pluvial
- Diagnosticar outras fontes alternativas de água para serem utilizadas na EMEF Zilda Andrade tais como água de condensação proveniente dos ares condicionados.
- Realizar estudo de viabilidade econômica da implantação de cada um dos cenários propostos neste estudo.

## 8 REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Conservação e Reúso da Água em Edificações. São Paulo: Prol, 2005. 152 p.

ALWI, S. R. W.; MANAN, Z. A.; SAMING, M. H.; MISRAN, N. A holistic framework for design of cost-effective minimum water utilization network. *Journal of Environmental Management*, p. 219-252, 2008.

AMWUA – ARIZONA MUNICIPAL WATER USERS ASSOCIATION. **Facility manager's guide to water management**. Versão 2.7. Arizona: AMWUA, 2008.

ANA, FIESP, SINDUSCON-SP, COMASP. Conservação e reúso de água em edificações. São Paulo, 2005.

ANDRADE, M.; MARINOSKI, A. K.; BECKER, H. R. Sistemas de Aproveitamento de Água de Chuva. Casa Eficiente: uso racional da água. 2010.

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.

AYRES ASSOCIATES. The Impact of Water Conserving Plumbing Fixtures on Institutional and MultiFamily Water Use. Tampa, Florida, EUA., 1993 ((Relatório preparado para: O Departamento da cidade de Tampa, seção de Conservação da Água).

BAPTISTA, M.; COELHO, M. M. L. P. **Fundamentos de engenharia hidráulica**. 2ª edição. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2003.

Barnett, V., and Lewis T.: *Outliers in Statistical Data*. 3rd edition. J. Wiley & Sons 1994, XVII. 582 pp.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Agência Nacional de Águas; FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO; SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO DO ESTADO DE SÃO PAULO. Conservação e reúso de águas em edificações. São Paulo: Prol, 2005

CHENG, C.L.; HONG, Y.T. Evaluating Water Utilization in Primary Schools.

Building and Environment, volume 39, nº 7, p. 837-845, Taipei, Taiwan. 2004.  
Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com>>. Acesso em: 2 de Agosto 2017

CHRISTOVA-BOAL, D.; EDEN, R. E.; MACFARLANE, S. An investigation into greywater reuse for urban residential properties. **Desalination**. v.106, n. 1-3, p. 391-397, 1996.

FASOLA, G.B.; GHISI, E.; MARINOSKI, A. K. BORINELLI, J. B. Potencial de economia de água em duas escolas em Florianópolis, SC. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 11, n. 4, p. 65-78, out./dez. 2011

FERNANDES, V. M. C.; FIORI, S.; PIZZO, H. Avaliação qualitativa e quantitativa do reuso de águas cinzas em edificações. Ambiente Construído, Porto Alegre, v.6, n.1, p. 19-30, 2006

FIESP/CIESP – Federação e Centro das Indústrias do Estado de São Paulo. **Conservação e reuso de água: Manual de orientações para o setor industrial**. São Paulo, 2004.

FREIRE, M. T. M. **O consumo racional de água no aeroporto internacional de Salvador, Bahia/Brasil**. Salvador, 2011

GANESAN, C.T. Wastewater Management of Buildings in Botswana, 1998, Roterdã, Holanda. International Symposium on Water Supply and Drainage for Buildings, Roterdã, Holanda. 1998. Disponível em: < <https://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB19823.pdf>>. Acesso em: 2 de Agosto de 2017

GARCIA, F.A.A. Tests to Identify Outliers in Data Series. Ph.D. Thesis, Pontifical Catholic University of Rio de Janeiro, Industrial Engineering Department, Rio de Janeiro, Brazil, 2012.

GHISI, E.; OLIVEIRA, S. M. Potential for Potable Water Savings by Combining the Use of Rainwater and Greywater in Houses in Southern Brazil. **Building and Environment**, v. 42, n. 4, p. 1731-1742, 2007.

GOIS, E. H. B. de.; RIOS, C. A. S.; COSTANZI, R. N. Evaluation of water conservation and reuse: a case study of a shopping mall in southern Brazil. **Journal of Cleaner Production**, p. 263-271, 2015.

GONÇALVES, R. F. **Uso Racional da Água em Edificações**. Rio de Janeiro:

Abes, 2006.

GUZZO, F. R. Estratégias para conservação de água potável através do aproveitamento de fontes não potáveis em uma edificação comercial de grande porte. Vitória, ES, 2017.

HESPANHOL, I. Potencial de reuso de água no Brasil: agricultura, indústria, município e recarga de aquíferos. Bahia Analise & Dados, **Sanvador**, v.13, n. especial, p 411-437, 2003

HESPANHOL, I; MIERZWA, J. C.; RODRIGUES, L.D.B.; SILVA, M. C. C. Manual de Conservação e Reúso de água na Indústria. Rio de Janeiro: DIM, 2006.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. **Dados Históricos**. Disponível em <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>.

JOUSTRA, C. M.; YEH, D. H. Demand- and source-driven prioritization framework toward integrated building water management (IBWM). **Sustainable Cities and Society**. p. 114-125, 2015.

MANO, R. S.; SCHMITT, C. M. Captação Residencial de Água Pluvial, para Fins Não Potáveis, em Porto Alegre: aspectos básicos da viabilidade técnica e dos benefícios do sistema. In: CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL, 1.; ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 10., São Paulo, SP, 2004.

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

MARINOSKI, D. L.; GHISI, E.; GOMEZ, L. A. Aproveitamento de água pluvial e dimensionamento de reservatório para fins não potáveis: Estudo de caso em um conjunto residencial localizado em Florianópolis – SC. In: I CONFERÊNCIA LATINOAMERICANA DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL, X ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2004, São Paulo. Anais... São Paulo: ENTAC, 2004

NOLDE, E. Greywater reuse systems for toilet flushing in multi-storey buildings: Over ten years of experience in Berlin. **Urban water**, v.1, n.4, p.275-84, 1999.



OLIVEIRA, L. H. Metodologia para a implantação de programa de uso racional de água em edifício. 1999. 344p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

PHILIPPI, L. S. et al. Reúso Combinado de Águas Cinzas (Grey Water) e Água de Chuva em Uma Unidade Residencial. Campo Grande: ABES, 2005.

PURA. Programa de uso racional da água. **Diretrizes de Gestão de Sistemas de Reservação de Água Potável**, versão 1.13. São Paulo, 2013. Disponível em <<http://www.pura.usp.br/pesquisa-e-extensao/dtrs/>>.

**Salvador, Bahia/Brasil.** 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Industrial, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2011.

SAUTCHÚK, C.A. Formulação de diretrizes para implantação de programas de conservação de água em edificações. Dissertação (Mestrado em Engenharia), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2004.

SIMIONI, W. I.; GHISI, E.; GÓMEZ, L. A. Potencial de Economia de Água Tratada Através do Aproveitamento de Águas Pluviais em Postos de Combustíveis: estudos de caso. In: Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável, 1.; Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 10., São Paulo, 2004. Anais... São Paulo: Entac, 2004.

TAMAKI, H. O. A medição setorizada como instrumento de gestão da demanda de água em sistemas prediais - estudo de caso: Programa de Uso Racional da Água da Universidade de São Paulo. 2003. 151 p. (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

TOMAZ, P. Aproveitamento de Água de Chuva: para áreas urbanas e fins não-potáveis. São Paulo: Navegar, 2003.

TUNDISI, J. G. et al. Conservação e uso sustentável de recursos hídricos, In: BARBOSA, F. A. Ângulos da água: desafios da integração. Belo Horizonte: Editora UFMG, 157-83 pp, 2008.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. **Global Environment Outlook 3: past, present and future perspectives.** Earthscan, United Kingdom, 2002.

WEBER, C. C.; CYBIS, L. F.; BEAL, L. L. Conservação da água aplicada a uma indústria de papelão ondulado. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 15, n. 3, p. 291-300, 2010.

YWASHIMA, L. A. Avaliação do Uso de Água em Edifícios Escolares Públicos e Análise de Viabilidade Econômica da Instalação de Tecnologias Economizadoras nos Pontos de Consumo. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo; Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

WERNECK, G. A. M.; BASTOS, L. E. G. A Água da Chuva Como Fonte de Recursos Hídricos para as Escolas de Barra do Piraí e os Reflexos Para o Sistema Municipal de Abastecimento. In: Conferencia Latino-Americana de Construção Sustentável, 1.; Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 11., São Paulo. Anais... São Paulo: Entac, 2006.