

## ANÁLISE DE UM SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS DA ESCOLA MUNICIPAL SÃO JORGE

BIGARELLA SCARIOT, Angelo.<sup>1</sup>  
MULLER JUNIOR, Nelson.<sup>2</sup>

### RESUMO

Nos dias de hoje, a sociedade tem uma grande preocupação em conservar os recursos hídricos, desse modo o uso das águas das chuvas tornou-se uma solução para desenvolver sistema de aproveitamento de águas que reduzem o uso da água potável. O objetivo deste artigo é desenvolver um sistema de aproveitamento das águas das chuvas em uma Escola, estimar os custos da implantação, bem como sua viabilidade econômica e sustentável. Para realizar a análise do sistema fez-se necessário o levantamento de dados da Escola como a média mensal de água potável consumida, demanda de água não potável, verificação da área construída e da área que será usada para captação, condições das tubulações de condução da captação existente, índices pluviométricos do município e escolha do local para instalação do reservatório. O uso da água coletada de toda a cobertura da Escola resultaria em um custo elevado da instalação do sistema, para garantir maior eficácia do sistema e não provocar desperdícios escolheu-se para área de captação de água a cobertura da quadra de esporte e do refeitório. Constatou-se que a instalação do sistema na Escola é importante em razão da sustentabilidade e economia financeira de água tratada, reduzindo o consumo de água potável, em até 58,9%. O uso de águas pluviais é fundamental para a humanidade, para ter uma expressiva redução no consumo de água potável.

**PALAVRAS-CHAVE:** Aproveitamento da água da chuva, Sustentabilidade, Redução do Uso de água Potável.

### 1 INTRODUÇÃO

A vida em no nosso planeta está diretamente ligada ao uso dos recursos hídricos. O aumento do consumo de água é influenciado pelo crescimento populacional acentuado, aliado ao uso impróprio e a indústria torna esse recurso mais escasso. Nos dias de hoje, a preocupação com o uso dos recursos hídricos está levando a humanidade pensar em formas para aproveitar melhor e de forma consciente esse recurso. A população tende a crescer com o passar anos, o que não acontece com os recursos hídricos, sendo assim, o ser humano precisa usá-lo de forma inteligente.

---

<sup>1</sup>Bacharel no Curso de Engenharia Civil no Centro Universitário Fundação Assis Gurgacz – FAG de Cascavel-PR. E-mail: angeloscariot@hotmail.com

<sup>2</sup>Professor da Faculdade Assis Gurgacz, em Cascavel, Engenheiro Civil graduado pela Universidade Federal do Paraná (UFPR), é especialista em Administração Pública pela Fundação Getúlio Vargas no Rio de Janeiro, E-mail: nmuller@sanepar.com.br

O alto consumo e a baixa disponibilidade dos recursos hídricos têm levado ao aproveitamento das águas das chuvas para fins não potáveis, sendo uma solução para economia do recurso, tanto econômico quanto sustentável.

A área de cobertura das escolas é um grande potencial para implantação de um sistema de captação das águas pluviais para fins não potáveis. Segundo Scherer (2003), para instalação de um sistema de água pluvial é necessário estudos para verificação do custo e benefícios do sistema.

O ser humano precisa planejar um novo consumo dos recursos hídricos e o trabalho justifica-se pela busca de uma forma de aplicação de um sistema de aproveitamento da água da chuva em uma Escola, por ser um recurso natural e necessitar ser mais bem aproveitada, para que no futuro tenhamos água e não sofrermos com sua falta. Esse sistema consiste em utilizar áreas das coberturas como telhados e sacadas para realizar a captação.

O uso de águas pluviais nas escolas proporcionará aos alunos avaliar na prática a gravidade da crise hídrica, bem como avaliar o sistema de captação de água da chuva como alternativa para uso da água em fins não potáveis e conseqüentemente levar seus conhecimentos para a vida (Reckziegel, Bencke, & Tauchen, 2010).

A água da chuva poderá ser destinada na Escola para limpeza de pisos e outros espaços, seu aproveitamento é uma maneira sustentável e econômica de reduzir o consumo de água potável? Este estudo estará limitado a corroborar com a viabilidade econômica e sustentável para o aproveitamento das águas das chuvas na Escola Municipal São Jorge, na cidade de São Jorge D'Oeste - Paraná. O trabalho iniciou por meio de levantamentos de alternativas para a instalação do mesmo, através de livros, normas e legislações e dados referentes à Escola.

Sobre o mesmo ponto de vista das informações o objetivo deste trabalho é instalar um sistema de aproveitamento da água da chuva para uso não potável na Escola Municipal São Jorge – Educação Infantil e Ensino Fundamental, localizada no município de São Jorge D'Oeste - Paraná.

O uso irracional da água potável tem contribuído para o alto consumo, sendo que o uso sustentável deste recurso é de suma importância para à preservação, em quantidade e qualidade. Para preservar a água potável é necessário utilizar técnicas de aproveitamento da água pluvial. Respondendo, a questão norteadora, os objetivos que se pretende com esse trabalho são: a) Ressaltar a importância da implantação de um sistema de captação da água da chuva na escola, para o meio ambiente. b) Realizar análise da demanda de água potável e não potável na Escola, para reduzir a fatura mensal.

Sistemas de aproveitamento de águas pluviais reduzem o uso da água potável e consequentemente o custo na conta de abastecimento, sendo seu uso sustentável contribuem para o meio ambiente (LIMA; MACHADO, 2008).

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A fundamentação do trabalho tem por objetivo descrever ideias, estudos e processos para direcionar o aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis.

### 2.1 A água

A água é utilizada com diferentes finalidades, ou seja, abastecimento humano, agricultura, geração de energia elétrica, criação de animais, navegação, atividades de recreação, paisagismo, limpeza e outros (COLLISCHONN; DORNELLES, 2013). Os recursos hídricos não são inesgotáveis, e devido às características de cada região em relação ao relevo ainda temos algumas regiões que não tem água potável e a população enfrenta diversos problemas de saúde (GUEDES, 2016).

#### 2.1.1. Disponibilidade da água

O Brasil possui cerca de 12% da água doce do planeta, mas esse recurso hídrico não é distribuído de forma equilibrada e a população sofre. A região Norte que é pouco povoada concentra a maior quantidade de água, enquanto as regiões próximas ao Oceano Atlântico possuem um número menor de recursos hídricos do país, porém maior densidade (REBOUÇAS, 2004). As áreas com menor disponibilidade de água pode ser corretamente abastecida se forem implantados sistemas de captação das águas das chuvas. No que se refere aos recursos hídricos, 97,3% da água encontra-se nos oceanos e mares. Observa-se assim, que apenas 2,7% é água doce, da qual, boa parte é própria para o consumo. No planeta Terra há cerca de 1.386 milhões de Km<sup>3</sup> de água sobre as formas líquida e congelada, como mostra a Figura 1.

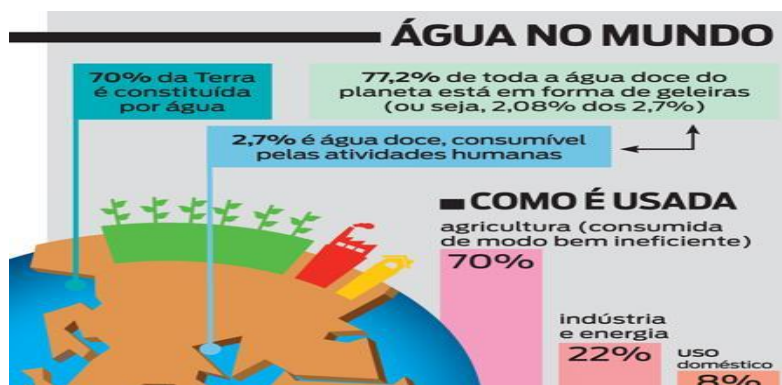
**Figura 1:** Percentual de água no planeta.

Fonte: Ministério de Meio Ambiente (MMA, 2016).

Enquanto em diferentes partes do mundo os recursos hídricos são abundantes, em outros eles são escassos e as pessoas sofrem com a falta destes.

### 2.1.2 Finalidade da água

A água é utilizada na agricultura para irrigação, para fins industriais, geração de energia, mineração, navegação, para necessidades básicas das pessoas, entre outras, como é possível observar na Figura 2. No Brasil e em outros países a agricultura, é a atividades que mais consome água, se comparada ao uso humano.

**Figura 02:** A água no mundo.

<https://www.revistaplaneta.com.br/o-custo-oculto-da-agua/2015>

O abastecimento industrial usa água em larga escala, o seu uso vai desde a utilização para o produto inicial até consumo final. No Brasil as usinas hidrelétricas, geram em torno de 90% da energia consumida (COLLISCHON; DORNELLES, 2013).

### 2.1.3 Desperdício

Usar a água de forma consciente evitando o desperdício, reutilizar a água potável e instalar sistemas para aproveitar as águas pluviais são possibilidades para reduzir à escassez, portanto, mudar hábitos é uma maneira simples para economizar. “Mesmo assim, a questão fundamental não é a quantidade de água que consumimos. O problema é o mau uso desse recurso. Isso, sim, pode agravar ainda mais a crise de abastecimento”, segundo Aldo Rebouças (USP). De acordo com a ONU em 2025, a escassez de água afetará uma grande parcela das pessoas no mundo. Diante deste contexto faz-se necessário a procura de novas alternativas para o uso da água de forma não potável, tendo a função de minimizar o problema e conscientizar a população.

### 2.1.4. Chuva

Quando as gotas se formam, reúnem substâncias tóxicas, portanto, a água da chuva não é considerada potável, mas ela pode ser recomendada para fins menos nobres, como lavar calçadas, carros, uso em vasos sanitários, irrigação de jardins entre outros.

### 2.1.5. Qualidade da água da chuva

Os sistemas de captação de águas das chuvas estão sujeitos à contaminação por causa da natureza da área coletora, sendo assim, a qualidade da água diminui quando esta passa sobre uma superfície de captação que pode ter sujeira, folhas ou excrementos fecais. Geralmente, a qualidade desta água é indicada para fins não potáveis. Nas zonas rurais, em relação aos fatores físico-químicos, a contaminação da água é baixa atendendo aos padrões de potabilidade para o consumo humano. Os riscos no consumo da água estão mais associados à contaminação microbológica, por depender tanto dos cuidados da área da coleta, como do manuseio correto (ANDRADE NETO, 2004). Alguns fatores têm influência direta na qualidade da água da chuva como: a localização geográfica de captação, o regime pluvial, o clima da região, densidade demográfica, tipo de solo, a vegetação do local, a intensidade de tráfego, superfície drenada, lavagem da superfície drenada e armazenamento, ambos têm forte influência referente à qualidade das águas pluviais.

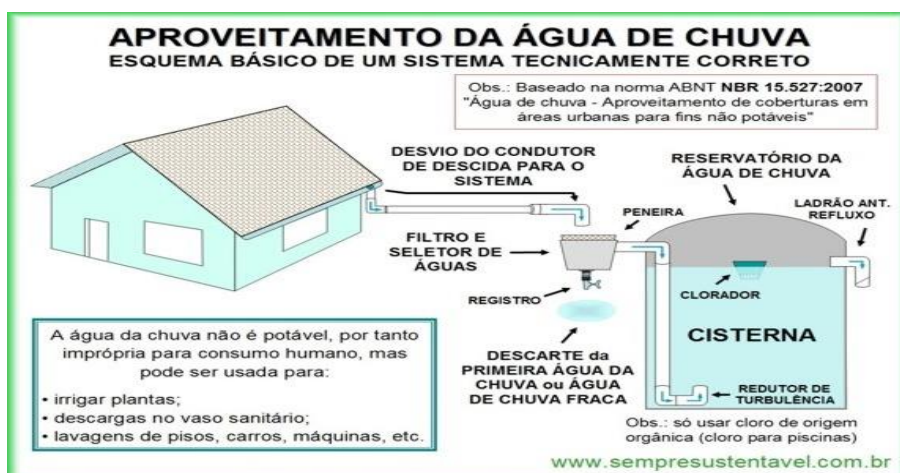
### 2.1.6 Aproveitamento da água da chuva

A NBR 15.527/2007 aborda aspectos para garantir a instalação correta de sistemas de aproveitamento das águas da chuva para uso não potável com tratamento adequado, tais como lavagem de pisos e ruas, carros, irrigação, drenagem de vasos sanitários e processos industriais. Ela é clara quando o assunto é o aproveitamento de águas de coberturas para fins menos nobres, onde somente a água do telhado pode ser coletada. Isso garante que poluentes dos mais diversos tipos, presentes no solo não vão parar junto com a água captada, pois, prejudicaria a qualidade da água. Esta água é menos nobre, portanto não deve ser utilizada para o consumo humano, como tomar banho, lavar louça e afins.

### 2.1.7. Sistema de captação da água da chuva em telhados

Para utilizar a água das chuvas para fins menos nobres, por meio de um sistema de aproveitamento de águas pluviais é preciso ter uma série de elementos, como a precipitação média local, a área de coleta, o coeficiente de escoamento, projeto dos sistemas complementares (grades, filtros, tubulações, etc.), projeto dos reservatórios e qualidade da água (ANA/FIESP & SindusCon – SP, 2005). Na Figura 3 a seguir, é possível observar a ilustração de um sistema predial de captação da água da chuva.

**Figura 3:** Sistema predial de captação da água da chuva



Fonte: [www.sempresustentavel.com.br](http://www.sempresustentavel.com.br).

A água da chuva captada é direcionada para calhas e conduzida por meio de tubos condutores até o reservatório, passando por um processo de filtragem, onde retém materiais

indesejáveis, mas não retém micróbios e contaminantes químicos antes de ser armazenada (BERTOLO, 2006). O armazenamento é feito em reservatórios de diferentes materiais como PVC, fibra de vidro, ferro-cimento ou alvenaria, essas caixas devem estar cobertas e abrigadas da incidência da luz solar. O sistema de cisternas subterrâneas além de manter a água em uma temperatura mais baixa, reduz a proliferação de bactérias (FERREIRA, 2014).

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1. Local a ser executado

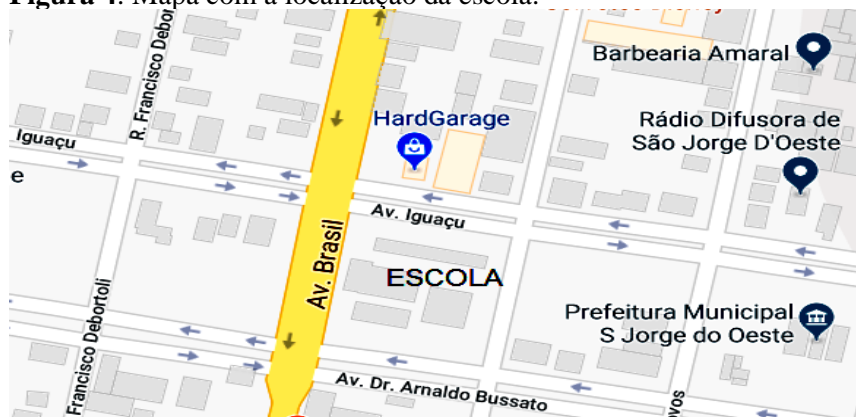
Trata-se da análise econômica e sustentável do uso da água da chuva para fins não potáveis na Escola Municipal São Jorge – Educação Infantil e Ensino Fundamental, localizado na Avenida Prefeito Adelarte Debortoli, 544, no centro da cidade de São Jorge D’ Oeste – Paraná.

O trabalho tem por objetivo específico dimensionar um sistema de aproveitamento da água da chuva para uso em descarga de bacias sanitárias, limpeza das calçadas, salas de aula, biblioteca, refeitório, quadra coberta e outros ambientes escolares que não requerem uso da água potável, e um posterior levantamento de custos de implantação de um sistema e análise de sua economia.

#### 3.1.2. Caracterização da amostra

O estudo do caso foi realizado em uma Escola Municipal, localizada no centro da cidade de São Jorge D’Oeste - Paraná, como é representado na Figura 4. A Escola atende 344 alunos e dispõe de uma quadra de esporte, 12 salas de aula, sala dos professores, cozinha, biblioteca, secretaria, sala da direção, banheiros, refeitório e pátio.

**Figura 4:** Mapa com a localização da escola.



Fonte: Google Maps (2019).

### 3.1.3 Dados da Escola

A coleta de dados da edificação será realizada de forma visual através de visitas técnicas na Escola, registro fotográfico do local e identificação como: número de alunos, despesa mensal com água potável, demanda por uso de água não potável, área do terreno construído e de cobertura, local do espaço físico para a colocação de um reservatório sem interferência de eventuais instalações já existentes e número de limpezas executadas na Escola num determinado período fixo.

### 3.1.4. Índice pluviométrico

Após a coleta de dados da edificação foi realizado o levantamento e análise do índice pluviométrico da região, resultado do somatório da quantidade da precipitação de água da chuva, num determinado local durante um dado período de tempo, obtido com consulta aos dados pluviométrica junto ao Sistema Meteorológico do Paraná – SIMEPAR, dados da cidade de São Jorge D' Oeste.

### 3.1.5. Dimensionamento do sistema de captação

O dimensionamento do sistema de captação da água da chuva partiu da verificação hidráulica dos componentes do telhado, como: área de captação, condutores verticais e horizontais e calhas. A área de captação da água das chuvas na Escola será o telhado e foram levantados os cálculos de suas áreas através de medições, podendo assim, calcular o quanto o telhado é capaz de coletar, portanto, definir o melhor espaço físico para coleta.

### 3.1.6. Dimensionamento dos reservatórios

O volume do reservatório será estimado através do acúmulo da água da chuva coletada, que será baseada no levantamento e análise dos índices pluviométrico local e áreas da cobertura da edificação.

Para o dimensionamento do reservatório serão observadas as metodologias de dimensionamento do Anexo A da NBR 15527 /2007, a saber: Método prático brasileiro, Método prático alemão, Método prático australiano e Método prático inglês. Foram observadas duas metodologias para efeito de comparação, levando em consideração os custos para implantação e



área disponível para instalação. Na escolha do método mais apropriado de dimensionamento devem-se considerar os dados pluviométricos da região, a área coletora, entre outros. É fundamental escolher o método mais adequado, visando à importância para viabilidade técnico-econômica.

### 3.1.7. Coeficiente de escoamento superficial

Coeficiente de escoamento superficial conhecido como coeficiente de Runoff (simbolizado por “C”), representa a relação entre o volume total do escoamento superficial e o volume total precipitado (ABNT, NBR 15527:2007). Varia de acordo com o material do telhado, a perda de água da chuva que irá ser considerada, é devida à limpeza do telhado, perda por evaporação, perdas na autolimpeza e outras.

### 3.1.8 Análise dos dados

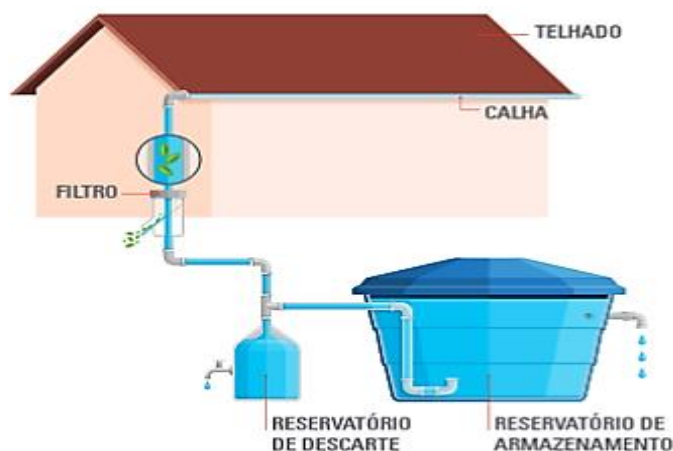
A análise dos dados foi realizada por meio da revisão bibliográfica, relacionando os dados coletados da construção e o aproveitamento das águas pluviais. Os dados foram tabulados em uma planilha para orçamentação do custo real a ser gasto na construção do sistema na Escola Municipal São Jorge – Educação Infantil e Ensino Fundamental, desta forma, proporcionará o uso econômico e sustentável da água na limpeza do local.

## 4 ANÁLISES E DISCUSSÕES

### 4.1. Componente

Os componentes usados no sistema incluem desde as bacias coletoras, as tubulações de condução da água captada, equipamentos de tratamento e descarte indo até o reservatório final, como mostra Figura 5, onde serão considerados e abordados critérios e normas no dimensionamento desses componentes.

**Figura 5:** Esquema simplificado do aproveitamento de água pluvial.



Fonte: IPT, 2015. Ilustração adaptada.

#### 4.1.1. Área de estudo

Nesta etapa do trabalho para realizar a análise de um sistema de aproveitamento de águas pluviais, fez-se necessário o levantamento de dados da Escola através de visitas técnicas e identificação do local como: número de alunos e funcionários, despesas com água potável, leituras de hidrômetro, verificação da área construída e da área de captação, condições das tubulações de condução da captação existente, índices pluviométricos da área de estudo e escolha do local para instalação do reservatório sem interferência de eventuais instalações já existentes, indicado na Figura 6.

**Figura 6:** Localização no mapa da escola São Jorge.



Fonte: Google Maps (2019).

#### 4.1.2. Levantamento e análise de dados pluviométricos

O levantamento e análise dos dados pluviométricos do local foi obtido através da consulta pluviométrica junto ao Sistema Meteorológico do Paraná – SIMEPAR, dados da cidade de São Jorge D' Oeste, através do endereço eletrônico [www.simepar.br](http://www.simepar.br), onde se levantou os dados pluviométricos anual da cidade em um período de 10 anos, Tabela 1. É importante analisar, em um período de 10 anos os dados de precipitação do local para fazer assim o dimensionamento adequado (TELLES, p. 448, 2013).

**Tabela1:** Precipitações da estação pluviométrica no município em 10 anos.

Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos					
AGUASPARANÁ - Instituto das Águas do Paraná					
Sistema de Informações Hidrológicas - SIH					
Alturas de precipitação - Resumo Anual (mm)					
Estação:	IOLÓPOLIS	Código:	2552045	Entidade:	AGUASPARANÁ
Município:	São Jorge d'Oeste	Instalação:	26/01/1976	Extinção:	
Tipo:	P	Bacia:	Iguaçu	Sub-bacia:	7
Altitude:	550,000 m	Latitude:	25° 43' 00"	Longitude:	52° 55' 00"
<b>2008</b>		1618			07/08/2008
<b>2009</b>		2105,4			16/10/2009
<b>2010</b>		1799,9			13/01/2010
<b>2011</b>		1942,4			19/08/2011
<b>2012</b>		1558,8			26/04/2012
<b>2013</b>		2547,4			21/06/2013
<b>2014</b>		2711,1			08/06/2014
<b>2015</b>		2500,3			10/10/2015
<b>2016</b>		1961,0			21/05/2016
<b>2017</b>		2273,9			18/11/2017
<b>MÉDIA</b>		<b>2101,82</b>			
<b>MÍNIMA</b>		<b>1558,8</b>			
<b>MÁXIMA</b>		<b>2711,1</b>			
<b>D. PADRAO</b>		<b>374,9</b>			

Fonte: Instituto das Águas do Paraná.

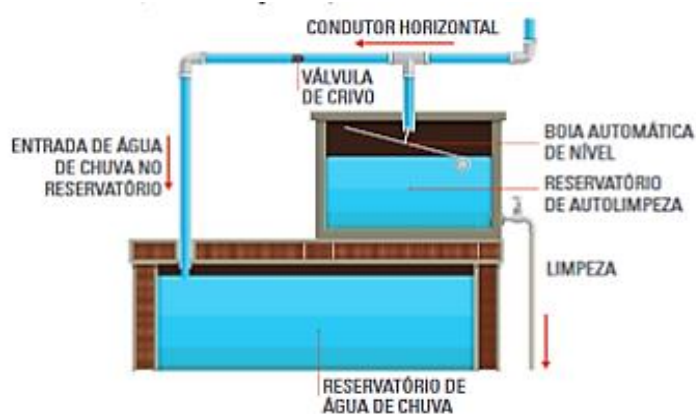
#### 4.1.3. Definição das superfícies de captação de água da chuva

No estudo, foi considerado como área de captação somente os telhados, visto que, possibilitam a captação da água de melhor qualidade e mais limpa e com alguma inclinação facilitam a captação da água de chuva reduzindo as perdas. As coberturas das edificações podem ser de diversos materiais como telha cerâmica, fibrocimento, concreto armado, zinco, ferro galvanizado plástico, entre outros, a cobertura em estudo é de telha de cerâmica.

A determinação da área de captação deve preferencialmente seguir as diretrizes da ABNT NBR 10844:1989 – Instalações prediais de águas pluviais. A instituição de ensino possui uma área total de telhado de 1.776,8 m<sup>2</sup> para coleta da água. A captação a partir de toda a cobertura da edificação resultaria em maior custo da instalação e desperdício da água captada. Desta forma, para garantir maior eficácia do estudo escolheu-se a área da quadra de esportes e do refeitório para coleta de água. Sendo assim, a área de captação adotada no projeto totalizou 722,5 m<sup>2</sup>.

Os sólidos grosseiros (galhos, fezes secas de animais, folhas, etc.) que porventura tenham sido carregados pela chuva logo após o início da precipitação serão retidos por meio de filtros, como mostra a Figura 7, e dimensionados de acordo com a área de filtração. A primeira água da chuva será descartada, desviada do reservatório, pois promove a limpeza da superfície de captação. A ABNT NBR 15527:2007 recomenda adotar 2 mm por metro quadrado nos casos em que o projetista não disponha de informações que justifiquem a adoção de outro valor. A utilização de reservatório de descarte com limpeza automática é a forma mais simples de descartar o primeiro volume de água da chuva.

**Figura 7:** Descarte da água da primeira chuva.



Fonte: DACACH, 1990. Ilustração adaptada.

Inicialmente será realizada uma investigação da água, a fim de detectar indicativos de que os sistemas de retenção de materiais grosseiros não estão funcionando adequadamente, ou seja, possíveis anormalidades, como cor, aumento da turbidez e pequenas folhas.

#### 4.1.4. Definição dos locais de implantação dos reservatórios

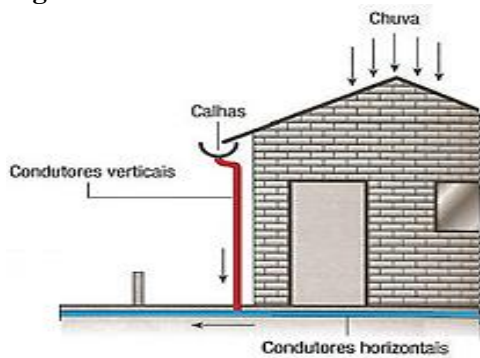
Nessa etapa do trabalho a definição do local de implantação dos reservatórios de água coletada para fins não potáveis da edificação em estudo foi determinada considerando a melhor posição para colocação do reservatório no espaço escolar, bem como os pontos de consumo e distância dos locais de captação da água chuva.

#### 4.1.5. Localização e dimensionamento dos dispositivos de condução de águas pluviais

A localização do reservatório na instituição foi definida com base na edificação do projeto, e o dimensionamento do sistema partiu da verificação hidráulica dos componentes do telhado e

posteriormente foi feito o sistema de condução das águas, composto por: condutores horizontais e verticais, calhas, filtro e bomba. O dimensionamento dos dispositivos de condução da água da chuva até o reservatório foi realizado considerando a NBR 10844 – Instalações Prediais de Águas Pluviais (ABNT, 1989). Na Figura 8 a seguir, é possível observar a ilustração de um sistema predial de condução das águas pluviais.

**Figura 8:** Calha e condutores.



Fonte: <https://www.guiadaengenharia.com/aguas-pluviais/>.

#### 4.1.6. Calha

Um sistema de calhas está ligado diretamente ao tipo e tamanho do telhado. Para que a calha consiga drenar com segurança o volume de água, o dimensionamento do projeto precisa ser proporcional à área de contribuição.

#### 4.1.7. Vazão na calha

De posse das áreas de contribuição e da intensidade pluviométrica, podemos calcular a vazão de projeto para as calhas. A vazão na calha é definida conforme equação da NBR 10844/89.

$$Q = I \times A / 60$$

Onde:

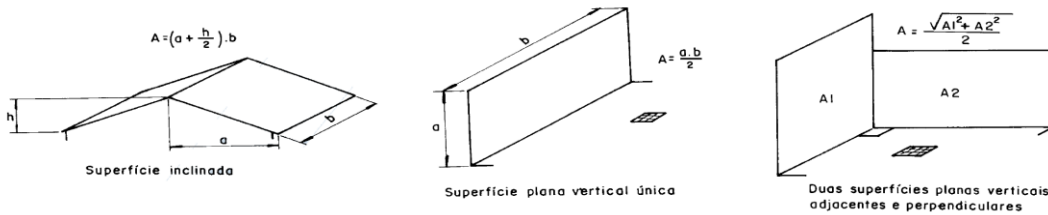
Q = vazão de pico (litros/min)

I = intensidade pluviométrica (mm/h)

A = área de contribuição (m<sup>2</sup>)

Para o retorno são usados o tempo de cinco ou vinte e cinco anos, dependendo do risco a ser assumido. No pré-dimensionamento é adotado o valor de I = 150 mm/h. Faremos uso das fórmulas representadas na Figura 9, para calcular a área de contribuição.

**Figura 9:** Indicações para cálculos da área de contribuição.



Fonte: NBR10844/89

#### 4.1.8. Dimensionamento da calha

O material constituinte das calhas definirá o coeficiente de rugosidade, indicado na Tabela 2 da calha. Para o dimensionamento da calha será usado à fórmula de Manning-Strickler.

$$Q = 60000 \times (A/n) \times R^{(2/3)} \times S^{0,5}$$

Onde:

Q= vazão de pico (L/min)

A = área da seção molhada (m<sup>2</sup>)

n= coeficiente de rugosidade de Manning ( concreto= 0,013, plástico = 0,011)

R= raio hidráulico

P= perímetro molhado(m)

S = declividade da calha (m/m)

**Tabela 2:** Coeficiente de rugosidade da calha.

Material	Coeficiente de rugosidade n de Manning
Plástico, fibrocimento, aço, metais não ferrosos.	0,011
Ferro fundido, concreto analisado, alvenaria revestida	0,012
Cerâmica, concreto alisado	0,013
Alvenaria de Tijolos não revestida	0,015

Fonte: ABNT NBR 10.844/89.

#### 4.1.9. Condutores verticais

Para dimensionar os condutores verticais definiu-se o comprimento necessário dos condutores e para não ser preciso à colocação de um reservatório inferior enterrado, os condutores verticais não descem até o chão, ou seja, vão até uma determinada altura. O dimensionamento do coletor vertical foi através do diâmetro, conforme Tabela 3. O diâmetro dos condutos verticais foi indicado pela norma NBR 10844/89, sendo assim adotou-se o mínimo estabelecido de 70 mm.

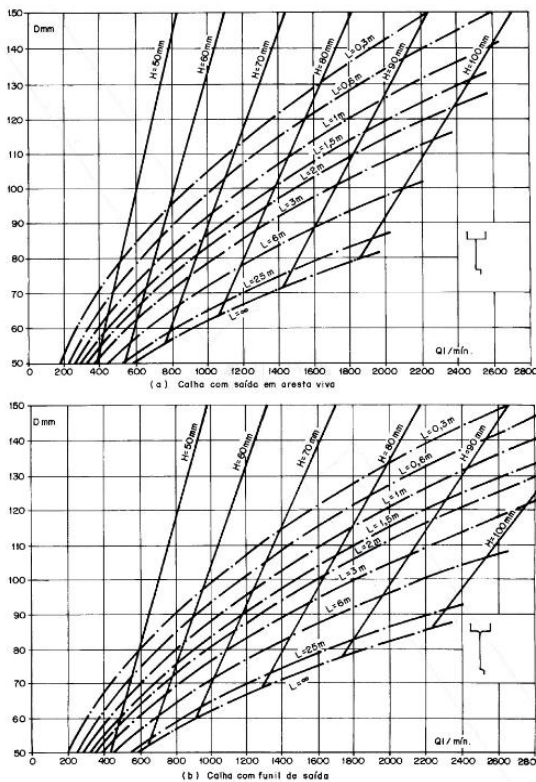
**Tabela 3** – Área de cobertura para condutores verticais de seção circular.

Diâmetro (mm)	Vazão (L/s)	Área de Cobertura (m <sup>2</sup> )
50	0,57	17
75	1,76	53
100	3,78	114
125	7,00	212
150	11,53	348
200	25,18	760

Fonte: Adaptado de BOTELHO & RIBEIRO Jr. (1998).

A NBR 10.844/89 apresenta dois gráficos para se determinar a vazão de um condutor vertical, conforme a Figura 10.

**Figura 10:** Ábacos para a determinação de diâmetros de condutores verticais.



Fonte: Google, 2019.

#### 4.2.1.1. Condutores horizontais

Para o dimensionamento dos condutores horizontais foi usado à equação de Manning, adotando-se tubos em PVC e com formato circular Tabela 4, pois tem baixo custo, são leves, resistentes a corrosão e o escoamento com altura da lâmina de altura igual a 2/3 do diâmetro interno do tubo, ou seja 0,66D (NBR 10844/89), e com declividade de no mínimo 0,5%.

**Tabela 4:** Capacidade de condutores horizontais de seção circular.

	Diâmetro interno (D) (mm)	n = 0,011				n = 0,012				n = 0,013			
		0,5 %	1 %	2 %	4 %	0,5 %	1 %	2 %	4 %	0,5 %	1 %	2 %	4 %
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	50	32	45	64	90	29	41	59	83	27	38	54	76
2	75	95	133	188	267	87	122	172	245	80	113	159	226
3	100	204	287	405	575	187	264	372	527	173	243	343	486
4	125	370	521	735	1.040	339	478	674	956	313	441	622	882
5	150	602	847	1.190	1.690	552	777	1.100	1.550	509	717	1.010	1.430
6	200	1.300	1.820	2.570	3.650	1.190	1.670	2.360	3.350	1.100	1.540	2.180	3.040
7	250	2.350	3.310	4.660	6.620	2.150	3.030	4.280	6.070	1.990	2.800	3.950	5.600
8	300	3.820	5.380	7.590	10.800	3.500	4.930	6.960	9.870	3.230	4.550	6.420	9.110

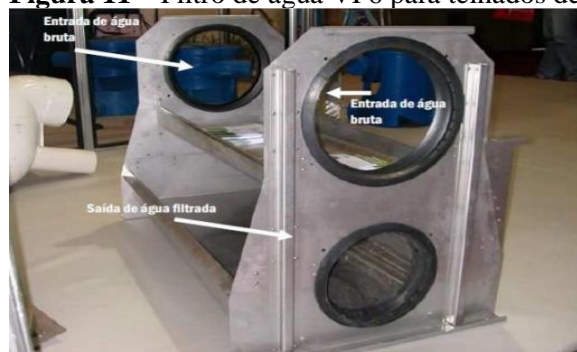
Fonte: NBR 10844/89.

#### 4.2.1.2. Filtro

Após a captação da água através das calhas, o volume de água é conduzido pelos condutores para um filtro. O escolhido foi o VF6 com capacidade de até 2350m<sup>2</sup> de captação.

O filtro é construído de duas entradas laterais com diâmetro de 250 mm para conexão de tubulações que trazem água bruta. Essa água bruta se acumula em um patamar presente no filtro, até que atinge uma altura onde a água começa a escoar para o lado passando por diversas palhetas que funcionam como uma peneira, permitindo a passagem da água limpa para a parte inferior do filtro. A água com impurezas que não passam por essas palhetas é desconsiderada. Na parte interna desse filtro existe uma saída de 200 mm de diâmetro para conduzir a água filtrada em direção ao reservatório. O filtro será mostrado na Figura 11.

**Figura 11** – Filtro de água VF6 para telhados de até 2350 m<sup>2</sup>.



Fonte: (ECOCASA, 2019).

Deve-se instalar o filtro dentro de uma caixa de alvenaria, polipropileno ou metálica, a qual deve ter uma saída no fundo com 250 mm de diâmetro, por onde é direcionada a água com as impurezas que não passaram pelo filtro. Como deve ser a caixa mostrada na Figura 12.



**Figura 12** - Caixa de instalação do filtro.



Fonte: (ECOCASA, 2019).

#### 4.2.1.3. Bomba

Após o armazenamento da água no reservatório inferior, acontece o bombeamento da água para o reservatório superior que foi fixado com capacidade de 5000L. A bomba escolhida mostra-se na Figura 13.

**Figura 13:** Bomba

BOMBAS D'ÁGUA PERIFÉRICAS AMANCO



MODELO: QB60

Q = 35 L/min.

Hmáx. = 22 m

½ HP - 0,37 Kw

110/220 V - 60Hz

Sucção máx. = 7m

Fonte: (ECOCASA, 2019).

#### 4.2.1.4. Dimensionamento dos reservatórios

Foi realizado por meio dos métodos apresentados na NBR 15527 – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisito (ABNT, 2007), o dimensionamento do reservatório para acumulação das águas pluviais, de acordo com a vazão, demanda área de captação, precipitação pluviométrica e material usado na cobertura. A norma recomenda que no projeto sejam considerados os dispositivos de esgotamento, ventilação, cobertura, inspeção e segurança, e que a água seja protegida do calor e luz solar.

O dispositivo para armazenamento da água de chuva, não pode provocar desperdício e ficar ocioso por um longo período, deve atender os objetivos finais de implantação de um sistema em função da variação dos dados pluviométricos do local (AMORIM; PEREIRA, 2008). O material do telhado e o coeficiente de escoamento têm influência na qualidade da água captada, de acordo com a Tabela 5. Utilizou-se como coeficiente de escoamento o valor 0,9, este, corresponde à telha de cerâmica, existente na edificação.

**Tabela 5:** Tipos e características dos materiais constituintes dos telhados.

<b>Tipo</b>	<b>Coeficiente de escoamento</b>	<b>Observações</b>
Folhas do forro galvanizado	Maior que 0,90	Qualidade da água excelente. A superfície é excelente e nos dias quentes, a alta temperatura ajuda a esterilizar a água.
Telha cerâmica	0,60 a 0,90	Se vitrificada, apresenta melhor qualidade. Caso contrário, pode apresentar mofo. Pode existir contaminação das junções das telhas.
Telhas de cerâmica amianto	0,80 a 0,90	Telhas novas podem contribuir para águas coletadas de boa qualidade. Não existe nenhuma evidência de que a ingestão da água que passe por essas telhas cause algum efeito cancerígeno.
Orgânico (Sapê)	0,20	Qualidade da água ruim (>200CF/100ml). Pouca eficiência da primeira da primeira chuva. Alta turbidez devido a presença de matéria orgânica dissolvida e em suspensão.

Fonte: Lopes, 2012 apud Thomas e Martinson, 2007.

O dimensionamento correto das calhas e dos condutores é necessário para que não haja transbordamento de água, e o sistema atinja a capacidade esperada e não traga problemas aqueles que dependem desse sistema (GHISI, 2005). Quanto maior o coeficiente de escoamento aplicado maior será o escoamento e a segurança do sistema.

De acordo com a NBR15. 527/2007 cabe ao projetista avaliar qual o método mais adequado e que atende melhor as necessidades desejadas para o sistema, em vista disto, o dimensionamento pode variar de acordo com a região, índices pluviométricos e demanda a ser atendida.

#### 4.3. Método de cálculo

##### 4.3.1. Método de Azevedo Neto

Este método apresentado pela equação, desconsidera a demanda e considera somente período de estiagem (mensal) e o volume capitado.

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

Onde:

P = precipitação média anual (mm);

T = número de meses de pouca chuva ou seco;

A = área de coleta em projeção, expresso em metros quadrados (m<sup>2</sup>);

V = volume aproveitável de água da chuva e o volume de água do reservatório, expresso em litros (L).

Para o cálculo do reservatório pelo método de Azevedo Neto necessita-se somente da precipitação média anual, da área de captação de água da chuva e o número de meses de pouca incidência de chuva. A norma não especifica como determinar o número de meses de pouca chuva e como nenhum ano utilizado para o estudo esteve com a precipitação inferior a 35% da média, utilizou-se o valor de 1 (um) para os meses de pouca chuvas.

Pelo método de Azevedo Neto, verifica-se a necessidade de reserva de 128,3 m<sup>3</sup>, atendendo assim a demanda requerida pela instituição. A precipitação média anual considerada foi de 2113,55mm (2009- 2018), para obter o número de meses de pouca chuva consideraram-se os meses com precipitação menor que 80 mm e a área de captação de 722,5 m<sup>2</sup>.

#### 4.3.2 Método Prático Inglês

É um método empírico no qual se toma o menor valor de volume do reservatório adotando 6% do volume anual de consumo ou de precipitação aproveitável.

$$V \text{ adotado} = \text{mínimo entre (V e D)} \times 0,06 \text{ (6\%)}$$

Onde:

V = volume aproveitável de água de chuva anual (L);

D = demanda anual da água não potável (L).

O cálculo do volume do reservatório pelo método Prático Alemão é realizado utilizando o menor valor entre 6% da demanda anual de água potável e 6% do volume de água pluvial anual.

#### 4.3.3 Método Prático Inglês

O dimensionamento do reservatório pelo Método Prático Inglês, segue-se a NBR 15527(ABNT,2007).

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

Onde:

P = precipitação média anual (mm);

A = área de coleta em projeção (m<sup>2</sup>);

V = volume de água aproveitável e volume de água do reservatório (L).

Utilizando o método Prático Inglês para o cálculo do reservatório, obteve-se um valor de 76,35 m<sup>3</sup> de reserva. Nesse método considera-se apenas o valor da precipitação média anual e o valor da área de captação.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

### 5.1. Análise de custos

Para o sistema dimensionado, estimou-se um orçamento através do levantamento dos materiais necessários de acordo com o projeto e mão de obra envolvida na implantação do sistema para atendimento a demanda. A obtenção dos valores unitários das peças referidas foi por meio de consultada em algumas empresas da região, já que os valores têm variação conforme o fabricante e a empresa pesquisada. Mostra-se na Tabela 6, abaixo.

O retorno monetário é estimado por meio de cálculos estudados previamente, provando a viabilidade econômica do projeto.

**Tabela 6:** Orçamento.

PEÇAS	Preço Unitário	Quantidade	Custo Total
Valvula de pé com crivo	15,9	1	15,9
Joelho's	3,7	22	81,4
Calha pluvial (6m)	50,45	28	1412,6
Tubo esgoto (6m)	228,15	10	2281,5
Tê's	12,5	8	100
Luva's	2,9	45	130,5
Redução's	23,5	4	94
Filtro de Água VF6	8280	1	8280
Bomba de agua 1/2 hp	178,5	1	178,5
Caixa filtro	478	1	478
Reservatório inferior	2999	1	2999
Reservatório Superior	1699	1	1699
<b>TOTAL</b>		<b>17750,4</b>	

Fonte: Autor, 2019.

O valor total dos componentes necessários para instalação do sistema será em torno de R\$ 17.750,40. Porém, todos os fornecedores dos componentes foram verificados, e nos orçamentos estão inclusos as taxas de frete. Também deve-se levar em conta, os valores dos componentes utilizados para instalação dos tubos e conexões.

No processo de levantamento de custo total do sistema de captação estimou-se de forma aproximada um custo oriundo de mão de obra para a execução dos serviços. Esse valor ficou fixado em 30% do custo com o material, Tabela 7.

**Tabela 7:** Custo mão de obra.

Custo com material	Custo com mão de obra ( 30% do custo com material)	Custo Total
17750,4	5325,12	23075,52

Fonte: Autor, 2019.

A empresa que realizará o serviço forneceu um orçamento para instalação completa do sistema de captação e distribuição, o total da mão de obra para instalação será de R\$ 5.325,12. Dessa forma, o investimento total do projeto, com as taxas extras especificadas já inseridas, será de R\$23.075,52.

O consumo de água não potável estimado na edificação foi calculado com base nos dados fornecidos pela Escola, resultando em um total de 53,88 m<sup>3</sup> que pode ser substituído pelas águas pluviais, para limpeza do piso no refeitório, cozinha e banheiros, onde é diária, foram considerados 20 dias úteis em um mês.

Para o cálculo do consumo médio mensal de água potável da escola foi levantado os gastos mensais com água fornecidos pela instituição. Analisando os dados, conclui-se que para o período

estudado, o consumo médio mensal da escola corresponde a 93 m<sup>3</sup>. A demanda de água potável, proveniente da limpeza e abastecimento das caixas de descarga, é em torno de 53,88 m<sup>3</sup>, com a instalação de um sistema de aproveitamento de águas da chuva o potencial de economia é de 59,80%.

No entanto, o projeto preliminar permite uma análise de custos que serão necessários para utilização do potencial de captação da água pluvial da Edificação. Após a instalação do sistema, com todos os componentes necessários dimensionados de acordo com as normas brasileiras e toda a instalação executada, o período de retorno do investimento pode ser calculado comparando os custos de execução do sistema com o impacto causado pelo sistema na redução do valor pago pelo uso de água potável.

O investimento para implantação do sistema é de R\$ 23.075,52 e o valor da economia anual gerado por ele é de R\$ 2942,16, o que demoraria em torno de sete anos e dez meses para se pagar e tem-se a possibilidade do aumento na taxa da conta de água pela distribuidora local, assim esse tempo de retorno tende a diminuir. Isto demonstra que a implantação do projeto torna-se viável financeiramente.

### 5.1.2. Resultados esperados

Um sistema de aproveitamento de água da chuva proporciona resultados satisfatórios para os usuários, seja em relação a sustentabilidade, ou em questões econômicas, trazendo benefícios diretos e indiretos para os usuários bem como impacto ambiental positivo para sociedade como um todo.

Com a implantação deste projeto pode-se identificar a economia de água potável após a instalação de um sistema de aproveitamento de água da chuva, indicar o método da construção e levantar os custos dos materiais necessários com maior incidência no local. Com o projeto disponibiliza-se água pluvial para limpeza dos pisos e janelas do prédio, bem como para a irrigação dos gramados, proporcionando o uso sustentável da água. Os resultados obtidos mostram a viabilidade da implantação do sistema, com o período de retorno estimado em sete anos e dez meses.

Comprovadamente o gargalo na economia de água potável na Escola está na limpeza dos prédios e no uso dos sanitários. Estas atividades não necessitam de água potável e, portanto, podem utilizar a água da chuva, proporcionando uma economia significativa de água potável e energia

elétrica, evitando investimento na construção de novos reservatórios e perfuração de novos poços artesianos.

Como resultado de curto prazo, além de agregar valores e conceitos de sustentabilidade, espera-se também que o modelo de aproveitamento de água aqui proposto possa ser visto como referência para estes alunos, os quais futuramente estarão em postos de planejamentos e decisões a respeito de modelos gerenciais de recursos naturais em empresas de grande porte.

## REFERÊNCIAS

AMORIM, Simar Vieira de; PEREIRA, Daniel José de Andrade. **Estudo comparativo dos métodos de dimensionamento para reservatórios utilizados em aproveitamento de água pluvial.** Revista Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 53-66, Abr./Jun. 2008.

ANA / FIESP & SindusCon (2005). **Conservação e reuso da água em edificações.** São Paulo.

ANDRADE NETO, C. O. de. **Proteção Sanitária das Cisternas Rurais.** In: SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 11, 2004, Natal, Brasil. **Anais...**Natal: ABES/APESB/APRH, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10844** – Instalações prediais de águas pluviais, 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527:** Água da chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos. Rio de Janeiro, 2007.

BERTOLO, E. J. P. **Aproveitamento da Água da Chuva em Edificações.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Porto: Universidade do Porto, 2006.

COLLISCHONN, Walter; DORNELLES, Fernando. **Hidrologia:** para engenharia e ciências ambientais. Porto Alegre: CD.G, 2013.

FERREIRA, Antônia D. D. **Habitação autossuficiente: interligação e integração de sistemas alternativos.** Rio de Janeiro: Interciência, 2014.

GHISI, Enedir. GUGEL, Eloir C. Notas de aula do curso de construção de Instalações I – instalações prediais de águas pluviais. Curso de Construção Civil Da Universidade Federal de Santa Catarina 2005.

LIMA, R. P.; MACHADO, T.G. **Aproveitamento de Água Pluvial:** análise do custo de implantação do sistema em edificações, 2008. 46p. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil com Ênfase Ambiental) - Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos, Barretos, SP, 2008.

REBOUÇAS, Aldo Rebouças. **Uso Inteligente da Água.**São Paulo. Escrituras, 2004.

REBOUÇAS, Aldo da C.; BRAGA, Benedito; TUNDISI, José G. **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação.** 3. ed. São Paulo: Escrituras, 2006.

Reckziegel, C.R., Bencke, G. M., & Tauchen, J. A. (2010) **Cisternas para o aproveitamento de água da chuva:** uso não potável em escolas municipais de Horizontina. Disponível em: < [http://www.fahor.com.br/publicacoes/saep/2010\\_cisternas\\_escolas\\_horizontina.pdf](http://www.fahor.com.br/publicacoes/saep/2010_cisternas_escolas_horizontina.pdf) > Acessado 11 de mar. de 2019.

SCHERER, F. A. **Uso Racional da Água em Escolas Públicas:** Diretrizes Para Secretarias de Educação. Dissertação (Mestrado). Curso de Pós-Graduação em Engenharia da construção Civil, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

TOMAZ, P. **Aproveitamento da Água de chuva para Áreas Urbanas e fins não potáveis.** Navegar Editora, 180p. Guarulhos, 2003.